

ISSN 2078-4481

ВЕСТНИК

**Херсонского национального
технического университета**

1(40)

Херсон 2011

HERALD

**KHERSON NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY**

ВЕСТНИК

**ХЕРСОНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Редакционная коллегия:

д.т.н., профессор, заслуженный
деятель науки и техники Украины
Бардачев Ю.Н.

— главный редактор

д.т.н., профессор Сарибеков Г.С.
к.т.н., профессор Рогальский Ф.Б.

— заместитель главного редактора

— заместитель главного редактора

к.т.н., доцент Розов Ю.Г.

— заместитель главного редактора

д.ф.-м.н., профессор Блинов Э.И., д.т.н., профессор Валько Н.И., д.ф.-м.н.,
профессор Гандель Ю.В., д.х.н., профессор Кричмар С.И., д.т.н. Кузьмина Т.О.,
д.т.н., профессор Костогрыз А.П., д.т.н., профессор Луняка К.В., д.э.н., профессор
Мармуль Л.А., д.э.н., профессор Миколайчук Н.С., д.т.н., профессор
Мищенко А.В., д.т.н., профессор Михайлик В.Д., д.х.н., профессор Новиков А.А.,
д.х.н., профессор Повстяной М.В., д.т.н., профессор Прохорова И.А., д.э.н.,
профессор Савина Г.Г., д.т.н., профессор Сошко А.И., д.и.н., профессор Сусоров
В.Д., к.э.н., профессор Труш В.Е., д.т.н., профессор Ходаков В.Е., д.ф.-м.н.
профессор Хомченко А.Н., д.т.н., профессор Чугин В.В., д.т.н., профессор
Чурсина Л.А.

СОДЕРЖАНИЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Богданов А.В. Вероятностная плоская прямоугольная система координат	8
Богданов А.В. Вероятностная модель геометрии Лобачевского	12
Ковальов Ю.Г., Царенко О.М. Розрахунок фазових рівноваг в системі Pb-Sn-Te-Se з незначним вмістом Se в твердій фазі.....	17
Кричмар С.И., Безпальченко В.М. Газовый сенсор для обнаружения оксидов азота.....	22
Федотова О.Н. Современное мировоззрение в аспекте стратегии управления	26

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

Ардашев В.А., Лянная А.В., Луняка К.В. Выбор системы охлаждения серверной ХНТУ.....	32
Ашралова О.С., Сошкіо В.А. О влиянии полимерных материалов на обработку алюминиевого сплава Д16	37
Безовська М.С., Зеленько Ю.В., Яришкіна Л.О., Шевченко Л.В. Розробка загальної схеми регенерації відпрацьованих олив залізниць.....	43
Бергер Е.Э. Синтез формообразующих устройств	48
Дмитрієв Д.О., Фіранський В.Б. Експериментальні дослідження пружних характеристик стрижневої ланки механізмів паралельної структури.....	53
Казак В.Н., Огырь А.Г. Возможные пути повышения устойчивости вертолета в режиме висения.....	61
Кондрашов С.Г. Проектирование сверл с равномерной загрузкой режущей кромки.....	66
Костогрыз А.П., Вильшун И.Н., Трифонова О.Ф. Влияние конструктивных факторов механизмов технологических систем на вибрационные характеристики.....	69
Луняка К.В., Казюк В.Я., П'ятак О.В. Підвищення ефективності хімоводоочищення на Херсонській ТЕЦ.....	73
Малєєв В.О. Аналіз процесів підтоплення та затоплення територій Херсонщини.....	77
Малыгин А.В., Кондрашов С.Г., Симинченко И.П., Лапиков Л.В. Разработка САПР круглых протяжек	83
Подольський М.І. Нові приводи поступального переміщення верстатів на основі механізмів паралельної структури з штангами керовано-змінної та постійної довжини.....	87
Проценко В.О., Луняка К.В. Енергоємність з'єднувальних муфт з осовою паралельною установкою прямих канатів	90
Розов Ю.Г. К анализу начального этапа деформирования трубной заготовки в операциях обжима и раздачи	94
Русанов С.А., Луняка К.В., Вус Д.М., Ступак Є.С. Моделювання гідродинаміки рідини в смонствях з мішалками та відбивними перегородками.....	99
Самарін О.С. Дослідження подрібнювача зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич»	104

ЭЛЕКТРОНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Бараненко Р.В., Тверезовский В.С., Крючковский Д.А. Технические аспекты проектирования устройства преобразования изменения управляющего напряжения в изменение емкости	108
Войцеховский А.Н., Китаев А.В., Войцеховский С.А., Евдокимов А.В., Шутков С.В. Исследование поверхностного эффекта	111
Глухова В.И., Китаев А.В., Войцеховский А.Н., Войцеховский С.А. Общность предпосылок и результатов при определении характеристик трансформаторов и электрических машин по данным каталогов	116
Казак В.Н., Мазур Т.А., Редька А.И. Методы управления асинхронным каскадом в процессе запуска ГТД	123
Казак В.М., Новачук Л.В. Шляхи підвищення ефективності енергозбереження за допомогою методів когнітивного моделювання та прогнозного графу	128
Китаев А.В., Войцеховский А.Н., Войцеховский С.А. Исследование магнитное поля двухпроводной линии	132
Колєбанов О.К., Чаусовский Г.О., Кошелик Л.А., Юрченко К.О. Застосування бездротової мережі Wi-Fi для вдосконалення системи моніторингу і контролю основних параметрів суднових рефрижераторних контейнерів.....	139
Лебеденко Ю.О., Рудакова Г.В. Математична модель матричного перетворювача як складової автономної енергетичної системи.....	145
Новиков А.А., Новикова Л.В. Динамическая модель формирования аморфной псевдосверхрешетки под воздействием электромагнитного излучения	151
Одищов В.В. Математичне моделювання з використанням електронно-обчислювальної машини і передбачення фізичних властивостей додекаборидних фаз зі структурою UB ₁₂	160

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Завальнюк И.П. Моделирование управления экструзией неоднородных материалов в условиях интенсификации	164
Кулик А.Я. Адаптація пристроїв передавання до параметрів каналу зв'язку	170
Петренко Т.Г., Резниченко Ю.С., Стрельченко М.П. Особенности выявления знаний в данных временных рядов.....	174
Рогальский Ф.Б. Стратификация социотехнических систем в регионе	182
Рябенский В.М., Голобородько А.Н., Аль-сууд Махмуд Мухаммад. Алгоритм управления движением электрода ЭГУ для запрессовки трубных соединений	188
Сайко В.В. Разработка модели потребительской активности популяции на основе концепции клеточных автоматов	198
Точилин С.Д., Точилин Д.С. Производительность INTERNET-приложений поиска в данных MYSQL и PostgreSQL	204
Шерстюк В.Г. Построение многоагентной логико-когнитивной модели совместного перемещения подвижных объектов	208

ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Власенко Н.А., Короленко В.О., Стоянова О.В. Дослідження конкурентноспроможності виробництва консервів «Кра баклажанна»	216
Зайка М.О., Яришкіна Л.О. Дослідження можливості використання запорізького водосховища як джерела питного водопостачання	222
Кузьміна Т.О., Тіхосова Г.А. Інтенсифікація мікробіологічних процесів приготування лляної трести.....	227
Кулігін М.Л., Чумаков Г.А. Використання ультразвуку для інтенсифікації процесів підготовки бавовняних тканин. Частина I.	233
Луняка К.В., Карманов В.В., Літвіненко О.В., Русанов С.А. Досліджування процесу змішування при приготуванні комбікормів	239
Погожих Н.И., Одарченко Д.Н. Электрофизические свойства томатов как сигнатура обратимости при замораживании	243
Широкий Є.І., Стоянова О.В., Короленко В.А., Рацук М. Є. Технологічні аспекти сучасних методів зберігання коренеплодів на прикладі моркви.....	248
Широкий Є.І., Куліш О.М. Вода, как сырье для пищевых производств.....	252

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бездітко Ю.М. Особливості фінансового забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств	256
Бездітко Ю.М., Піралієв Е.В. Проблеми та перспективи адміністрування податку на додану вартість	264
Бірюченко С.Ю. Особливості локального регулювання доходу персоналу підприємства.....	268
Дикий О.В. Посткризова фінансова архітектура світу	272
Костіна Н.М., Черепанова О.В. Становлення та розвиток організаційних підходів до впровадження програмно-цільового методу управління бюджетними ресурсами в Україні	276
Сідельникова Л.П., Недайборщ І.В. Підвищення ефективності державного фінансового контролю щодо використання бюджетних ресурсів в Україні	279
Чебан Т.М., Земська Г.О. Дефініції визначення поняття та класифікації центрів відповідальності у сучасній теорії та практиці управлінського обліку	282
Чебан Т.М., Земська Г.О. Професійна сертифікація бухгалтерів за програмою CAP/CIPA як інструмент реалізації концепції «навчання впродовж життя» (LLL)	287
Чумак П.О. Экспортный потенциал регионов Украины у сучасних конкурентних умовах	291

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Нятин Н.Л., Ходаков Д.В. Анализ соответствия системы высшего образования региона потребностям в кадровом потенциале.....	295
--	-----

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Андронova Е.В., Курак В.В. Вольтамперные характеристики гетероструктур р-GaSb/n-InAs, сформированных жидкофазной эпитаксией.	300
Костіна Н.М., Осіпова А.В. Визначення ролі бюджету у забезпеченні соціально-економічного розвитку держави	303
Литвинова М.Б., Штанько А.Д., Селиверстов И.А., Селиверстова С.Р. Определение времени жизни не основных носителей тока в кристаллах Cd _{1-x} Zn _x Te люминесцентным методом.....	306
Степаненко О.О. Побудова верстату з комп'ютерним керуванням.....	309

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

УДК 519.95

А.В. Богданов

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ПЛОСКАЯ ПРЯМОУГОЛЬНАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ

У роботі продовжені дослідження залежності виду плоских фігур від кількості незалежних перемінних у них. Приведено доведення основних формул плоских геометричних фігур і аналіз їхнього виду в припущенні 3-х дійсних перемінних. Інші перемінні враховуються як мнимі.

Введение. В работе [1] все геометрические фигуры (в дальнейшем фигуры) разделены на простейшие и сложные, состоящие из простейших фигур. Все простейшие фигуры разделены на четыре ранга по количеству независимых точек в них. Соотношение между простейшими фигурами определяется числом сочетаний, определяемых правилами комбинаторики. Основой для выражения вида фигур аналитическими выражениями является метод системы координат. Прямоугольные системы координат относятся к простейшим незамкнутым и прямолинейным фигурам, подчиняющихся правилам, полученным в работе [1]. Использование 4-х свойств пространства (кратчайшего расстояния и 3-х его направлений) совместно для точек осей координат и исследуемых фигур позволяет получить аналитические выражения для фигур.

В данной работе рассмотрены только плоские фигуры, аналитические выражения для которых учитывают как число сочетаний, так и число перестановок независимых переменных. Это позволяет учесть как отрицательные, так и мнимые множества чисел (точек) и соответствующие им фигуры.

Актуальность предлагаемой работы заключается в новом, более общем, подходе к зависимости уравнений прямолинейных и криволинейных фигур в комплексной и декартовой системах координат от количества независимых переменных в них. Новым результатом данного подхода является значительное упрощение математического аппарата при одновременном углублении понимания математической сущности геометрических фигур.

Целью работы является получение уравнений фигур в прямоугольных системах координат, как с действительными, так и с мнимыми осями координат, при использовании только трёх независимых переменных величин.

Постановка задачи. Понятие рационального числа однозначно связано с кратчайшим расстоянием точки на числовой прямой до начала координат, точки "0" [2, 3]. Числовая прямая состоит из двух независимых лучей, называемых осями координат, соответствующих двум независимым множествам чисел (точек): положительных и отрицательных (рис.1). Число направлений вектора \overline{AB} (луча, оси координат), соответствующих положительному и отрицательному множествам чисел, равно числу перестановок точек (A) и (B).



Рис. 1.

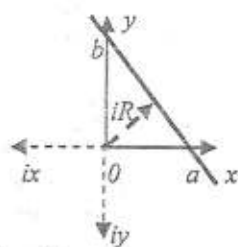


Рис. 2.

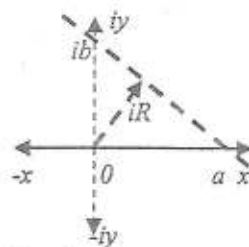


Рис. 3.

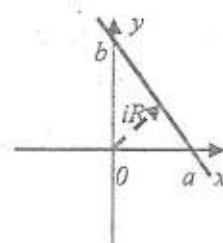


Рис. 4.

Для обозначения единого направления на числовой прямой условились, что в отрицательном луче возрастание значений чисел происходит не от "0" до " $-\infty$ ", а наоборот - от " $-\infty$ " до "0". Длина отрезка – вероятностная величина, определяется двумя независимыми множествами точек на числовой прямой, а значит произведением этих множеств. Эти множества имеют одинаковое количество точек, а направления – противоположные, т.е. длина отрезка определяется квадратом кратчайших расстояния между точками – (a^2).

Решение задачи.

1. Прямолинейные фигуры. Плоская прямоугольная система координат может содержать не более трёх действительных точек [1] или двух действительных осей координат (рис. 2, 3). Положение любой точки в такой системе координат однозначно определяется или её двумя кратчайшими расстояниями до соответствующих осей координат (координатами точки) или её радиус-вектором. Положение прямой определяется или двумя её точкам пересечения с осями координат или её кратчайшим расстоянием до начала координат (радиус-вектором прямой). Координаты точек на рис. 2,

в зависимости от квадранта, могут соответствовать действительным, комплексным или мнимым числам, а на рис. 3 – комплексным числам. Т.к. $i^2 = -1$, то для исключения мнимых осей координат достаточно вместо кратчайшего расстояния на них рассматривать длины соответствующих отрезков (a^2). Мнимые оси координат переходят в отрицательные оси $(-x, -y)$. Назовём прямоугольную систему координат, содержащую мнимые оси координат, комплексной плоскостью (рис. 2, 3), а не содержащую мнимых осей - декартовой (или квадратичной) системой координат (рис. 4).

Однозначное определение точки двумя способами (рис. 4): с помощью отрезка, соединяющего точку с началом координат или с помощью суммы двух независимых (взаимно перпендикулярных) координат (длин отрезков) в декартовой системе координат получило название теоремы Пифагора:

$$a_x^2 + a_y^2 = a^2 \tag{1}$$

В плоских системах координат уравнения прямолинейных и криволинейных фигур 2-го порядка содержат три независимых переменных (начало координат, x, y) и три постоянные величины. Одна из трёх постоянных величин, обычно, равна кратчайшему расстоянию между началом системы координат и фигурой или её элементами (R), а две другие – координаты точек пересечения фигуры с осями координат (a, b) . В зависимости от выбранной системы координат все величины могут быть как действительными, так и мнимыми, как положительными, так и отрицательными.

Таблица 1

Определения и аналитические выражения для плоских геометрических фигур

№	Наименование и уравнение фигуры	Определение фигуры
1	Уравнение прямой в отрезках $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$ (2)	Длина отрезка - это простейшая замкнутая одномерная фигура, состоящая из множества точек, сумма расстояний которых до двух заданных точек (концов отрезка) с конечным расстоянием между ними: 1) минимальна по сравнению из соответствующей суммой расстояний всех других точек пространства вне отрезка; 2) постоянна по величине для всех точек отрезка; 3) равна его длине. В уравнении (2а) $d = ab$ - свободный член уравнения, равный удвоенной площади образуемого треугольника.
	Общее уравнение прямой $bx + ay = d$ (2а)	
2	Эллипс $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ (3)	Эллипс - это замкнутая двумерная фигура, состоящая из множества точек, сумма расстояний которых до двух заданных точек (фокусов эллипса) с конечным расстоянием между ними: 1) минимальна по сравнению из соответствующей суммой расстояний всех других точек пространства вне эллипса; 2) постоянна для всех точек эллипса; 3) равна длине большого диаметра эллипса.
	Мнимый Эллипс $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = -1$ (3а)	
1	Окружность $x^2 + y^2 = R^2$ (4)	Окружность - это замкнутая двумерная фигура, состоящая из множества точек, сумма квадратов независимых (взаимно перпендикулярных) расстояний которых до двух заданных точек (концов диаметра окружности): 1) минимальна по сравнению из соответствующей суммой квадратов расстояний всех других точек пространства вне окружности; 2) постоянна для всех точек окружности; 3) равна квадрату длины диаметра.
	Мнимая окружность $x^2 + y^2 = -1$ (4а)	
3	Гипербола $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ (5)	Гипербола - это две раздельные двумерные фигуры (ветви гиперболы), состоящие из множества точек, разность расстояний которых до двух заданных точек (фокусов гиперболы) с конечным расстоянием между ними: 1) постоянна для всех точек гиперболы; 2) равна минимальному расстоянию между ветвями гиперболы.
4	Парабола $x^2 = 2py$ (6)	Парабола - это двумерная фигура, состоящая из множества точек, расстояния которых до заданной точки (фокуса параболы) и прямой (директрисы параболы) с конечным расстоянием между ними: 1) равны друг другу для всех точек параболы; 2) равны минимальному расстоянию между параболой (её вершиной) и директрисой.
	Обратная парабола $x^2 = -2py$ (6а)	

Уравнение прямой в отрезках (2) и общее уравнение прямой (2а) определяют по отрезку, отсекаемому осями координат на прямой (табл. 1). Выражая свободный член общего уравнения прямой (d) через кратчайшее её расстояние до начала координат (R), получаем т.н. нормальное уравнение прямой:

$$bx + ay = R \cdot \sqrt{a^2 + b^2} \quad \text{или} \quad x \cos \alpha + y \sin \alpha = R \quad (26)$$

где: α – угол между радиус-вектором и осью ox .

Каждой точке комплексной плоскости (рис. 3) однозначно соответствует комплексное число: $Z = x + iy$, где x, y – координаты данной точки. Уравнения прямой в декартовой системе координат и комплексной плоскости выражается через модуль (абсолютную величину) комплексного числа

$R = |Z| = \sqrt{x^2 + y^2}$. Произведение модуля комплексного числа, соответствующего ближайшему расстоянию прямой до начала координат, на длину отрезка, отсекаемого осями координат на прямой, равно свободному члену общего уравнении прямой или удвоенной площади треугольника, образованного прямой и осями координат.

2. Криволинейные фигуры второго порядка. Для определения криволинейных фигур второго порядка (окружности, эллипса, гиперболы и параболы) достаточно предположить, что одна из мнимых точек M отрезка F_1F_2 становится независимой (действительной), т.е. не лежит на прямой, проходящей через отрезок F_1F_2 . Если ближайшие расстояния точки M до точек F_1 и F_2 независимы между собой (взаимно перпендикулярны), то множество точек M описывает окружность, а если зависимы (через направление в пространстве), то эллипс.

Определение эллипса (табл.1) аналогично определению отрезка, но с учётом третьей независимой переменной [1]. Уравнение эллипса получается при замене всех величин в уравнении прямой (2), на их квадраты (3), учитывающие зависимость от третьей независимой переменной, определяющей кривую. В эллипсе три действительные точки (рис. 5): два фокуса и любая из точек эллипса (например, точка пересечения эллипса с осью абсцисс).

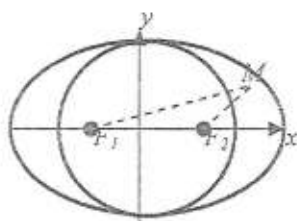


Рис. 5.

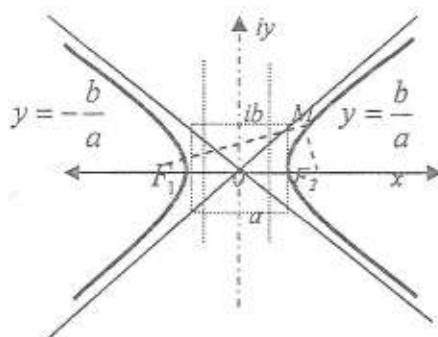


Рис. 6.

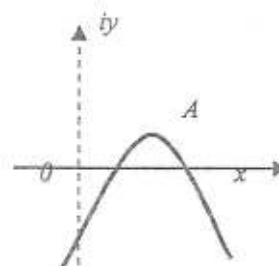


Рис. 7.

При равенстве отрезков, отсекаемых кривой на осях координат ($a = b$), уравнение эллипса переходит в уравнение окружности (4). Расстояния точек окружности до концов её диаметра независимы (взаимно перпендикулярны). При замене ($x \rightarrow ix, y \rightarrow iy$), из (3,4) получаем, соответственно, уравнения для мнимых окружности и эллипса (3а, 4а).

Если ось абсцисс рассматривать не как одну ось, а как две противоположно направленные оси, то ось ординат будет мнимой (рис. 6). Действительными точками гиперболы являются, аналогично, как и в эллипсе, два фокуса и точки гиперболы M . Определение гиперболы отличается от определения эллипса заменой суммы расстояния точек фигуры до начала координат их разностью (табл.1). Т.к. действительных переменных на плоскости может быть только три, то замена в декартовой системе координат двух противоположных лучей отрезком, соответствующим расстоянию между ветвями гиперболы, приводит к образованию мнимого эллипса, расположенного между двумя вершинами гипербол. Подстановка мнимой оси ординат вместо действительной ($y \rightarrow iy$) позволяет из уравнения эллипса (3) получить, в зависимости от знака оси абсцисс, уравнение для каждой из двух ветвей гиперболы (5). Каждая из ветвей гиперболы описывается тремя разными переменными (двумя фокусами, расположенных на разных осях координат и, собственно, точками самой гиперболы) и соответствуют двум отдельностям. Отрезок на осях абсцисс между вершинами ветвей гиперболы можно рассматривать как большую ось мнимого эллипса, который при $a = b$ переходит в мнимую окружность.

Формулы (6, 6а) содержат три переменных (начало координат, y, x^2) и соответствуют параболам, координаты вершин которых совпадают с началом координат. При значениях координат вершины параболы, отличных от нуля в формулах параболы появляется постоянная величина (c), соответствующая, как и в случае с прямой, площади фигуры, отсекаемой в данном случае абсциссой от

параболы. Координаты вершины A параболы равны $x_A = \frac{b}{2a}$, $y_A = \frac{b^2 - 4ac}{4a}$. Количество переменных в формуле такой параболы возрастает до четырёх (начало координат, x , y , x^2):

$$-y = ax^2 + bx + c \quad (7)$$

Минус в левой части формулы означает, что направление оси параболы противоположно оси координат, а правая часть формулы соответствует обычному квадратному уравнению. Неизвестная (x) в квадратном уравнении находится путём нахождения квадратного корня из левой и правой частей данного уравнения (переход из системы координат, представленной на рис. 4 до системы координат,

представленной на рис. 3). В зависимости от знака подкоренного выражения $\sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{4a}}$, значения (x)

могут соответствовать как действительным, так и комплексным числам, а система координат становится декартовой или комплексной (рис. 7).

Площадь замкнутых криволинейных фигур 2-го порядка (окружности и эллипса) определяется аналогично определению площади треугольника. Площадь треугольника [1] равна половине суммы произведений его сторон на кратчайшее расстояние любой точки внутри треугольника до его сторон. Площадь окружности равна половине произведения её длины $2\pi r$ на кратчайшее расстояние r любой точки окружности до некоторой заданной точки, называемой центром окружности, т.е. $S_o = \pi r^2$. В отличие от окружности точки эллипса определяются не одним расстоянием до центра окружности, а двумя расстояниями до двух центров эллипса, а поэтому площадь эллипса определяется формулой: $S_e = \pi ab$. Определение площадей эллипса и окружности следует из определения соответствующих кривых, в третьем условии которых слово "равно" необходимо заменить словом "меньше". Уравнение площадей эллипса и окружности следуют из уравнений (3, 4) соответствующих кривых, в которых знак "=" необходимо заменить знаком "<".

Связь между описаниями площадей эллипса и окружности (по аналогии с прямой) может быть выражена через кратчайшее расстояние их точек до центра окружности (в случае окружности) и до расстояния между двумя вершинами эллипса (в случае эллипса), умноженных на длину соответствующих "периметров" (табл. 1).

Функциональная зависимость на плоскости предполагает три переменные: аргумент, функцию и, собственно, сам вид функциональной зависимости. Криволинейные фигуры 2-го порядка (окружности, эллипсы, гиперболы и параболы), а также площади окружности и эллипса также описываются с помощью трёх переменных, что свидетельствует об их принадлежности к простейшим фигурам.

Выводы. Проведённые исследования показали, что элементы плоских фигур, а также аналитическое описание их, должны содержать три действительные фигуры (переменных числа), а остальные элементы плоских фигур должны быть мнимыми. Учёт этого правила позволяет объяснить математический смысл теоремы Пифагора, переход от комплексной до декартовой системы координат, аналогию при определении и нахождении уравнений прямолинейных и криволинейных геометрических фигур. Образование двух ветвей гиперболы обусловлено добавлением отрицательной оси ординат, приводящей к увеличению числа независимых переменных на координатной плоскости в сравнении с эллипсом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов А.В. Вероятностная аксиоматика геометрии // Науковий Вісник ХДМІ. – Херсон: ХДМІ. – 2010. – № 2(3). – С. 124.
2. Боровик В.Н., Яковец В.П. Курс вищої геометрії: Навчальний посібник – Суми: ВТД "Університетська книга", 2004. – 464 с.
3. Кожухов И.Б., Прокофьев А.А. Универсальный справочник по математике. – М.: Лист Нью, 2003. – 544 с.

БОГДАНОВ Александр Васильевич – к.ф.-м.н., доцент Херсонского филиала Европейского университета.

Научные интересы:

- математика, математические модели в экономике;
- физика, физика твёрдого тела.

УДК 519.95

А.В. Богданов

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ГЕОМЕТРИИ ЛОБАЧЕВСКОГО

На основі аксіоматики імовірнісної геометрії побудовано модель геометрії Лобачевського і її зв'язок з Евклідовою геометрією та геометрією сфери. У роботі уточнено або дано нове тлумачення відомих визначень (дотичної, абсолютної геометрії, розбіжних прямих і т.д.). Побудована модель вигідно відрізняється від відомих моделей наочністю, логічністю, простотою.

Введение. Вид и свойства простейших геометрических фигур (в дальнейшем фигур) однозначно описываются с помощью 4-х независимых переменных величин (точек): положения (кратчайшего расстояния) точки и трёх независимых (взаимно перпендикулярных) направлений в пространстве [1]. Представление двух параллельных прямых на плоскости, которые не пересекаются и каждая из которых определяется двумя обыкновенными точками, не могут образовать простейшей фигуры, т.к. на одной плоскости не может быть более 3-х действительных точек. Определение двух параллельных прямых на плоскости, как прямых имеющих только одну общую несобственную (находящуюся в бесконечности) точку, которую человек в принципе не может представить или измерить, удовлетворяет как проективной геометрии, так и 5-му постулату Евклида. Определение двух параллельных прямых, как прямых на плоскости, при пересечении которых третьей прямой образуются внутренние и по одну сторону расположенные углы, сумма которых равна 180° , возможно только при условии, когда одна из прямых будет мнимой.

Исследование зависимости величины угла между одной из двух параллельных прямых на плоскости и кратчайшим расстоянием между ними позволило в 1829 г. Н.И. Лобачевскому создать новую геометрию, названную впоследствии его именем [2, 3]. Сама зависимость между линейными и угловыми величинами получила название функции Лобачевского. Геометрия Лобачевского, а также её модели (Кэли-Клейна, Пуанкаре, Бельтрами-Пуанкаре и т.д.) сыграли определяющую роль в достижениях физики и других естественных наук в XX веке. Общим недостатком всех моделей является их чрезвычайная сложность, обусловленная отсутствием исследований зависимости между действительными и мнимыми величинами, присутствующими в них.

Целью работы является разработка вероятностной модели геометрии Лобачевского и её связь с геометрией Евклида и сферической геометрией в предположении, что расстояния и углы в такой геометрии соответствуют бесконечно малым величинам и на одной плоскости не может быть более 3-х действительных точек. Очевидным положительным эффектом такой модели геометрии Лобачевского является значительное её упрощение без потери понимания её математического содержания.

Постановка задачи. Согласно вероятностному смыслу длины, каждой точке числовой прямой, кроме иррациональных чисел, "0", " ∞ " и " $-\infty$ ", которые нельзя однозначно представить в виде дроби из натуральных чисел, соответствует рациональное (от латинского слова *ratio* - отношение) число. Множество рациональных чисел состоит из двух зависимых множеств: множества натуральных чисел от "1" до M , где M – самое большое используемое целое число и равного ему по численности множества дробных чисел, расположенных между двумя последовательными натуральными числами или между "1" и "0". Пусть число M – самое большое из используемых чисел, а соответствующее ему расстояние до точки "0" на числовой прямой, равно бесконечности. Величину обратную числу M и соответствующий ему отрезок $\Delta = 1/M$ назовём бесконечно малым числом (расстоянием Δx). Бесконечно близко расположенные и независимые точки имеют свойства, аналогичные для действительных точек. Две бесконечно близко расположенные точки определяют нулевой вектор (вектор, имеющий направление в пространстве, но не имеющий длины), а три – кривизну линии второго порядка). Функциональная зависимость $y = f(x)$ возникает при трёх переменных (y, x, f) и соответствует причинной связи между переменными (y, x) или событиями. Корреляционная зависимость $y = f(x, t)$ возникает при четырёх переменных y, f, x, t и соответствует отсутствию причинной связи между переменными (x, t) или событиями.

Арифметические действия между бесконечно малыми числами (расстояниями) и другими рациональными числами имеют свои особенности. Результат прибавления или вычитания " Δ " (или " Δx ") к другому рациональному числу – иррациональное число, определяемое величиной числа M . Результат умножения любого рационального числа на бесконечно малое число – бесконечно малое число, а деления – бесконечно большое число. Произведение бесконечно малых чисел (расстояний) самих на себя увеличивает их ранг, а деление – уменьшает. Линии (прямолинейные, криволинейные, двумерные или трехмерные) считаются непрерывными, если между двумя её соседними точками

бесконечно малое расстояние.

Решение задачи. Для связи линейных и угловых величин рассмотрим окружность, центр которой совмещён с началом координат, а ось ординат пересекает окружность в точке A (рис.1).

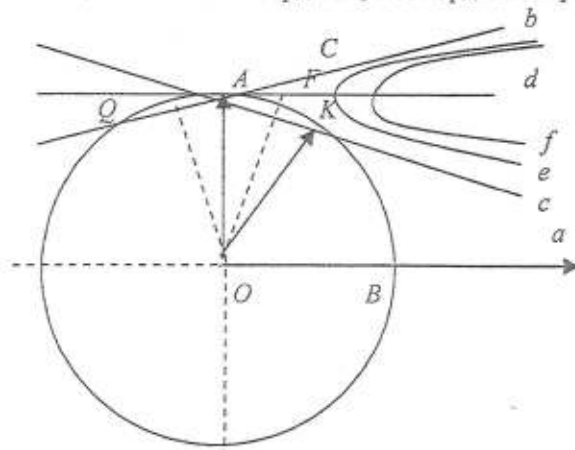


Рис. 1.

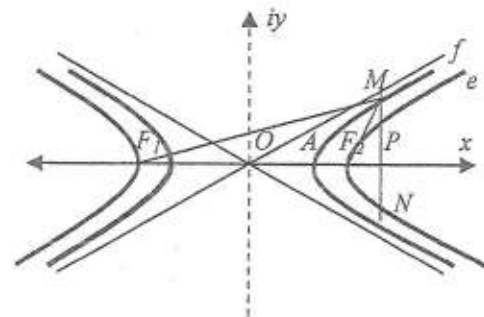


Рис. 2.

Проведём две прямые b и c , проходящие через точку A и точки Q и K , расположенные на окружности симметрично и на бесконечно малом расстоянии Δl от неё и назовём их касательными к данной окружности. Данное определение касательной соответствует определению геометрического смысла производной. В зависимости от расположения граничных точек на касательной, последняя может быть прямой, лучом, бесконечно малым отрезком, нулевым вектором или просто вектором. К любой точке кривой линии при данном значении Δl можно провести две и только две касательные. Прямые, имеющие две общие точки с криволинейными замкнутыми и выпуклыми фигурами называются секущими. Касательные являются частным случаем секущих.

Из подобия треугольников следует, что касательные b и c пересекают ось абсцисс в "+ ∞ " или "- ∞ ", соответственно, т.е. являются параллельными к ней [1]. Согласно 5-му постулату Евклида, обе касательные b и c образуют с радиусом окружности OA углы меньше прямого угла. Касательные b и c в отдельности параллельны прямой a , но между собой не параллельны, т.к. не имеют общей точки, находящейся в бесконечности. Прямую, имеющую только одну общую точку с окружностью (A) и перпендикулярную к радиусу окружности, проведённого к данной точке, назовём касательной согласно геометрии Евклида. Очевидно, что данная касательная будет биссектрисой к прямым b и c и будет мнимой, т.к. имеет только одну действительную точку.

Пусть окружность состоит из n точек, расстояние между которыми равно $\Delta l = AK$. Длина окружности $L = n \Delta l$. Кратчайшее расстояние от начала координат до Δl равно k . Как угол между кратчайшим расстоянием до прямой k и осью oy - β , так и Δl являются бесконечно малыми и связаны между собой выражением $\sin(\beta) = \Delta l / 2R$ (рис.1). Количество бесконечно малых отрезков Δl можно выразить в градусной мере $2\beta n = 360^\circ$. Отсюда длина окружности $L = \pi D$, где D - диаметр окружности, $\pi = 3,142\dots$, иррациональное число, определяемое выражением $\pi = \frac{180^\circ}{\beta} \sin \beta$.

Соотношения $\sin(\beta) = \Delta l / 2R$ и $\frac{\beta}{180^\circ}$ являются мерами линейных и угловых величин. Число π равно

отношению меры угла к мере длины. Величина числа π не зависит от радиуса окружности и однозначно определяется выбором β или Δl . Величина числа π (количества цифр, определяющих его) однозначно определяет зависимость между бесконечно малыми величинами β и Δl . Наличие такой зависимости позволяет на конечной плоскости рассматривать бесконечно малые или бесконечно большие величины. Зависимость величины угла от расстояния называется функцией Лобачевского, а геометрия, построенная на этой зависимости - геометрией Лобачевского.

В зависимости от выбора мерности пространства и количества возможных действительных точек в рассматриваемой модели всю геометрию можно разделить на три геометрии: Евклида, Лобачевского и сферы. В геометрии Евклида прямые (a) и (d), расположенные в одной плоскости, называются параллельными, если сумма внутренних углов, образуемых при пересечении их третьей прямой (OA) и расположенных по одну сторону от этой прямой равна 180° .

В геометрии Лобачевского рассматриваются три действительные прямые a, b и c , но прямые b и c пересекаются с прямой a в бесконечности и являются параллельными ей. Между собой прямые b и c считаются непараллельными (расходящимися). Радиус окружности в геометрии Лобачевского мнимый, т.к. описывается только одной действительной точкой A .

В сферической геометрии вместо окружности рассматривается сфера, а прямыми в такой геометрии называются окружности, имеющие радиус сферы и принадлежащие ей. Прямые и радиус сферы в трёхмерном пространстве действительные, т.к. описываются 4-я независимыми переменными. Основные формулы фигур в сферической геометрии приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные формулы фигур в геометриях Евклида, Лобачевского и сферы

	Плоскость	Сфера	Плоскость Лобачевского
Длина окружности	$L = 2\pi R$ (1)		$L = 2\pi R \operatorname{ch} \frac{r}{R}$ (1a)
Площадь круга (сферы)	$S = \pi R^2$ (2)	$S = 4\pi R^2$ (2a)	$S = 4\pi R^2 \operatorname{sh}^2 \frac{r}{R}$ (2б)
Площадь треугольника		$S_{\Delta} = 2R^2(\alpha + \beta + \gamma - \pi)$ (3)	$S_{\Delta} = R^2(\pi - (\alpha + \beta + \gamma))$ (3a)
Теорема синусов	$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$ (4)	$\frac{\sin \frac{a}{R}}{\sin \alpha} = \frac{\sin \frac{b}{R}}{\sin \beta} = \frac{\sin \frac{c}{R}}{\sin \gamma}$ (4a)	$\frac{\operatorname{sh} \frac{a}{R}}{\sin \alpha} = \frac{\operatorname{sh} \frac{b}{R}}{\sin \beta} = \frac{\operatorname{sh} \frac{c}{R}}{\sin \gamma}$ (4б)
Теорема косинусов	$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$ (5)	$\cos \frac{c}{R} = \cos \frac{a}{R} \cos \frac{b}{R} + \sin \frac{a}{R} \sin \frac{b}{R} \cos \gamma$ (5a)	$\operatorname{ch} \frac{c}{R} = \operatorname{ch} \frac{a}{R} \operatorname{ch} \frac{b}{R} + \operatorname{sh} \frac{a}{R} \operatorname{sh} \frac{b}{R} \cos \gamma$ (5б)
Теорема Пифагора	Если $\gamma = 90^\circ$, то $c^2 = a^2 + b^2$ (6)	Если $\gamma = 90^\circ$, то $\cos \frac{c}{R} = \cos \frac{a}{R} \cos \frac{b}{R}$ (6a)	Если $\gamma = 90^\circ$, то $\operatorname{ch} \frac{c}{R} = \operatorname{ch} \frac{a}{R} \operatorname{ch} \frac{b}{R}$ (6б)
Выражение углов треугольника через его стороны		$\cos \gamma = \frac{\cos \frac{c}{R} - \cos \frac{a}{R} \cos \frac{b}{R}}{\sin \frac{a}{R} \sin \frac{b}{R}}$ (7)	$\cos \gamma = \frac{\operatorname{ch} \frac{a}{R} \operatorname{ch} \frac{b}{R} - \operatorname{ch} \frac{c}{R}}{\operatorname{sh} \frac{a}{R} \operatorname{sh} \frac{b}{R}}$ (7a)
Выражение сторон треугольника через его углы		$\cos \frac{c}{R} = \frac{\cos \gamma + \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha \sin \beta}$ (8)	$\operatorname{ch} \frac{c}{R} = \frac{\cos \gamma + \cos \alpha \cos \beta}{\sin \alpha \sin \beta}$ (8a)

Предполагая, что в геометрии Лобачевского ось абсцисс совпадает с действительной прямой d , а прямая a , как и ось ординат – мнимые, получим комплексную плоскость (рис. 2). Такая комплексная

плоскость характерна для описания гиперболы в которой прямые b и c – асимптоты. Пусть F_1, F_2 симметрично расположенные от начала координат фокусы гиперболы. Выбирая точки M в плоскости углов такие, чтобы между ними было бесконечно малое расстояние и выполнялось условие $\left| \overline{F_1 F_2} \right| = \left| \overline{F_1 M} \right| - \left| \overline{F_2 M} \right|$, получим фигуру называемую прямой [1] в плоскости Лобачевского и

гиперболой, описываемой уравнением $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$, в комплексной плоскости. Каждой точки F на оси абсцисс соответствует отдельная прямая (f, e) . Все эти прямые не пересекаются и не параллельны между собой, но имеют только один общий перпендикуляр (k) . Согласно геометрии Лобачевского такие прямые называются расходящимися.

Для нахождения формул фигур в геометрии Лобачевского вычислим площадь, отсекаемую от гиперболы прямой (пл. AMP) путём интегрирования уравнения гиперболы [4]

$$OAM = \text{пл. } OPM - \text{пл. } AMP = s = \frac{ab}{2} \ln \left(\frac{x}{a} + \frac{y}{b} \right) \quad (9)$$

В простейшем случае равносторонней гиперболы $x^2 - y^2 = a^2$ из (1a) и (3) находим:

$$\frac{x}{a} = \frac{e^{\frac{s}{a^2}} + e^{-\frac{s}{a^2}}}{2} = ch \frac{s}{a^2}; \quad \frac{y}{a} = \frac{e^{\frac{s}{a^2}} - e^{-\frac{s}{a^2}}}{2} = sh \frac{s}{a^2}; \quad \frac{y}{x} = \frac{e^{\frac{s}{a^2}} - e^{-\frac{s}{a^2}}}{e^{\frac{s}{a^2}} + e^{-\frac{s}{a^2}}} = th \frac{s}{a^2} \quad (10)$$

где: $s/2$ - площадь геометрического сектора, отсекаемого прямой MN в окружности диаметром OM . $\frac{s}{a^2}$

$= \angle AOM = \alpha / 2$. По аналогии с прямолинейными треугольниками $ch \frac{s}{a^2}$, $sh \frac{s}{a^2}$ и $th \frac{s}{a^2}$

называются, соответственно, гиперболическими косинусом, синусом и тангенсом. Аналогия $\sin \alpha$, $\cos \alpha$ и $\operatorname{tg} \alpha$ с $ch \frac{s}{a^2}$, $sh \frac{s}{a^2}$ и $th \frac{s}{a^2}$ для равносторонней гиперболы приводит к идентичности

формул фигур в сферической геометрии и геометрии Лобачевского (табл. 1). Тригонометрические функции переходят в соответствующие гиперболические при замене $\sin \alpha$ на $i \operatorname{sh} \alpha$ или $\operatorname{tg} \alpha$ на $i \operatorname{th} \alpha$.

При бесконечно малом приращении угла наклона касательных α , называемого в геометрии Лобачевского углом параллельности прямых, из (4) следует, что его тангенс аналогичен функции

Лобачевского $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = e^{\frac{k-R}{R}}$, где k – ближайшее расстояние касательной до начала координат; R –

радиус кривизны плоскости Лобачевского. Аналитические выражения для описания фигур в сферической геометрии и геометрии Лобачевского отличаются заменой радиус-вектора из мнимой величины на действительную, т.е. $iR \rightarrow R$. Отсюда, геометрию Лобачевского называют геометрией на сфере мнимого радиуса, а Лобачевский называл свою геометрию мнимой.

Общей частью геометрий Евклида и Лобачевского является абсолютная геометрия. Абсолютной геометрией называют геометрию плоскости, в которой выполнены аксиомы связи, порядка, конгруэнтности и непрерывности [3]. Указанные аксиомы не могут быть выполнены для несобственных точек (находящихся на бесконечности). Отсюда, абсолютная геометрия – это геометрия на основе обыкновенных точек. Предлагаемая модель геометрии Лобачевского не противоречит условиям "евклидности" геометрии:

1) Если на плоскости выполнены аксиомы абсолютной геометрии и для какой-либо прямой (a) и точки A , вне этой прямой существует ровно одна прямая, не пересекающая (a) , то на этой плоскости выполнена аксиома параллельности Евклида.

2) Если на плоскости выполнены аксиомы абсолютной геометрии и сумма углов какого-либо треугольника равна 180° , то на этой плоскости выполнена аксиома параллельности Евклида.

Выводы. На основе аксиоматики вероятностной геометрии построена модель геометрии Лобачевского и её связь с Евклидовой геометрией и геометрией сферы. В работе уточнены или дано новое толкование известных определений (касательной, абсолютной геометрии, параллельных и

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов А.В. Вероятностная аксиоматика геометрии // Науковий Вісник ХДМІ. – Херсон: ХДМІ. – 2010. – № 2(3). – С.133.
2. Боровик В.Н., Яковець В.П. Курс вищої геометрії: Навчальний посібник – Суми: ВТД "Університетська книга", 2004. – 464 с.
3. Кожухов И.Б., Прокофьев А.А. Универсальный справочник по математике. – М.: Лист Нью, 2003. – 544 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1973. – 872 с.

БОГДАНОВ Александр Васильевич – к.ф.-м.н., доцент Херсонского филиала Европейского университета.

Научные интересы:

- математика, математические модели в экономике;
- физика, физика твёрдого тела.

УДК 621.315.592

Ю.Г. Ковальов, О.М. Царенко

РОЗРАХУНОК ФАЗОВИХ РІВНОВАГ В СИСТЕМІ Pb-Sn-Te-Se З НЕЗНАЧНИМ ВМІСТОМ Se В ТВЕРДІЙ ФАЗІ

Методами математичного моделювання у системі Pb-Sn-Te-Se досліджено фазові діаграми в області складів з незначним вмістом селену у діапазоні температур 775 К–873 К. Теоретично обґрунтовано методику розрахунку складів рівноважних фаз, основу якої можуть становити експериментальні дані про фазові рівноваги в системі Pb-Sn-Te.

Вступ. Сполуки $A^{IV}B^{VI}$ та тверді розчини на їх основі є вузькощілинними напівпровідниками, що використовуються при розробці базових елементів приладів, призначених для роботи в ІЧ-діапазоні. Використання чотирьохкомпонентних твердих розчинів $Pb_{1-x}Sn_xTe_{1-y}Se_y$, за рахунок вибору відповідного складу підрешіток, дозволяє вирощувати епітаксійні шари (ЕШ) з наперед визначеними шириною забороненої зони та параметром кристалічної решітки, що є важливим при розробці ізоперіодних багаточастотних гетероструктур [1]. Метод рідинної епітаксії є відносно дешевим та простим способом одержання якісних ЕШ та гетероструктур на їх основі. Контроль за складом, а отже і параметром кристалічної решітки, є досить важливим при процесах росту достатньо тонких епітаксійних плівок без використання товстих буферних шарів.

Для опису фазових діаграм у системі Pb-Sn-Te-Se часто використовується модель простих регулярних розчинів [2], що добре узгоджується з експериментальними даними. При цьому кожного разу при розрахунку складу рівноважної твердої фази чисельними методами розв'язується система трансцендентних рівнянь для рівноважної діаграми станів (РДС). Проте, більш точні дані фазових рівноваг можна отримати тільки експериментально. Для багаточастотних систем кількість таких експериментів можна суттєво скоротити, використовуючи поряд з експериментальними даними попередні розрахунки складів за тією чи іншою теоретичною моделлю, яка описує фазові рівноваги між рідкою та твердою фазами.

Розрахунок міжфазових рівноваг зручно проводити таким чином, щоб отримати під час росту заданий склад ЕШ з визначеними електрофізичними властивостями. Враховуючи, що електрофізичні властивості отриманих структур певною мірою можуть залежати і від температури епітаксії, то вихідними параметрами є склад твердої фази та температура процесу росту.

Аналіз досліджень у даному напрямку. Як показують експериментальні дослідження [3], в системі Pb-Sn-Te-Se в області складів зі значним вмістом селену в твердій фазі існує можливість незалежного розрахунку складів підрешіток. Це дало можливість авторам [4], на основі експериментальних даних, запропонувати методику розрахунку потрібного складу розчину-розплаву $(Pb_{1-x}Sn_x)_{1-w}(Te_{1-u}Se_u)_w$, що має рівноважну тверду фазу, ізоперіодну з підкладкою PbSe. Даний метод автори застосовували при вирощуванні структур для гетеролазерів ІЧ-діапазону із рідкої фази з незначним вмістом Te. Проте, очевидно, що дана методика не може бути використана в області складів з переважним вмістом телуру в підрешітці халькогенів.

Мета та завдання. Зазначене обумовлює потребу дослідити систему Pb-Sn-Te-Se в області складів з концентрацією Se в твердій фазі ($y \leq 0,08$) та виявити особливості, на підставі яких можна було б розробити ефективний метод розрахунку рівноважних складів. Враховуючи низький вміст селену, в основу цих досліджень доцільно покласти порівняння чотирьохкомпонентної системи з підсистемою Pb-Sn-Te, враховуючи повний її опис в літературі [5].

Основний матеріал та результати.

Теоретичний аналіз рівноважної діаграми станів. Розглянемо фазові рівноваги для області складів з незначним вмістом селену в рівноважній твердій фазі [2]. Визначимо коефіцієнт розподілу K_i елемента X_i ($i=Pb, Sn, Te, Se$) системи Pb-Sn-Te-Se наступним чином:

$$K_i = \frac{X_i^S}{X_i^L} \quad (1)$$

де X_i^S , X_i^L – вміст елемента X_i відповідно в твердій $Pb_{1-x}Sn_xTe_{1-y}Se_y$ та рідкій $(Pb_{1-x}Sn_x)_{1-w}(Te_{1-u}Se_u)_w$ фази. Тоді можна записати:

$$\frac{K_{Pb}}{K_{Sn}} = \frac{X_{Pb}^S}{X_{Pb}^L} \cdot \frac{X_{Sn}^L}{X_{Sn}^S} = \frac{(1-x) \cdot v}{x \cdot (1-v)}, \quad \frac{K_{Se}}{K_{Te}} = \frac{X_{Se}^S}{X_{Se}^L} \cdot \frac{X_{Te}^L}{X_{Te}^S} = \frac{(1-u) \cdot y}{u \cdot (1-y)} \quad (2)$$

Із системи рівнянь РДС [2], підставивши значення констант отримуємо:

$$\ln\left(\frac{K_{Sn}}{K_{Pb}}\right) = \left(-0,246 - 804 \cdot \frac{w}{T} + 0,754 \cdot w - 37,4 \cdot \frac{1}{T}\right) + \left(-1910 \cdot \frac{v \cdot (1-w)}{T} + 703 \cdot \frac{x}{T}\right) + \left(-197 \cdot \frac{y}{T} - 1,61 \cdot w \cdot u + 754 \cdot \frac{w \cdot u}{T} + 0,502 \cdot y\right), \quad (3)$$

$$\ln\left(\frac{K_{Se}}{K_{Te}}\right) = \left(1,48 - 4170 \cdot \frac{w}{T} + 1,36 \cdot w - 986 \cdot \frac{1}{T}\right) + \left(1510 \cdot \frac{y}{T}\right) + \left(-197 \cdot \frac{x}{T} + 754 \cdot \frac{v \cdot (1-w)}{T} - 1,61 \cdot (1-w) \cdot v + 0,502 \cdot x\right). \quad (4)$$

Проаналізуємо отримані рівності. Згідно наших розрахунків для температур епітаксії 775 К-880 К загальний вміст халькогенів w знаходиться в межах до 5 ат.%. При низькому рівні ($u, y \ll 1$), можна записати:

$$\frac{K_{Sn}}{K_{Pb}} \cong \exp\left(-0,246 - 804 \cdot \frac{w}{T} + 0,754 \cdot w - 37,4 \cdot \frac{1}{T}\right) \times \exp\left(-1910 \cdot \frac{v \cdot (1-w)}{T} + 703 \cdot \frac{x}{T}\right) \times \left(1 + \left(-197 \cdot \frac{y}{T} - 1,61 \cdot w \cdot u + 754 \cdot \frac{w \cdot u}{T} + 0,502 \cdot y\right)\right) \cong \exp\left(-0,246 - 804 \cdot \frac{w}{T} + 0,754 \cdot w - 37,4 \cdot \frac{1}{T}\right) \times \exp\left(-1910 \cdot \frac{v \cdot (1-w)}{T} + 703 \cdot \frac{x}{T}\right), \quad (5)$$

$$\frac{K_{Se}}{K_{Te}} \cong \left(1 + \left(1,48 - 4170 \cdot \frac{w}{T} + 1,36 \cdot w - 986 \cdot \frac{1}{T}\right)\right) \times \left(1 - \left(1510 \cdot \frac{y}{T}\right)\right) \times \left(1 + \left(-197 \cdot \frac{x}{T} + 754 \cdot \frac{v \cdot (1-w)}{T} - 1,61 \cdot (1-w) \cdot v + 0,502 \cdot x\right)\right) \cong K_0(T, w) + K_1(T, w) \cdot x + K_2(T, w) \cdot y. \quad (6)$$

Як видно з рівності (5), розподіл у підрешітці металів повинен слабо залежати від вмісту підрешітки халькогенів. Для відношення коефіцієнтів халькогенів для певних складів з рівності (6) можна припустити про можливість його наближення у вигляді лінійного поліному відносно складу ЕШ. Отже, якщо в ЧТР $Pb_{1-x}Sn_xTe_{1-y}Se_y$ вміст селену незначний, то існує можливість суттєво спростити розрахунки рідкої фази.

Дослідження відношення коефіцієнтів розподілу у підрешітках. Для перевірки наших гіпотез зробимо чисельні розрахунки в діапазоні температур 775 К-875 К. Врахуємо, що із (2) можна отримати наступні залежності:

$$x = \frac{\frac{K_{Sn}}{K_{Pb}} \cdot v}{1 - v + \frac{K_{Sn}}{K_{Pb}} \cdot v}, \quad y = \frac{\frac{K_{Se}}{K_{Te}} \cdot u}{1 - u + \frac{K_{Se}}{K_{Te}} \cdot u} \quad (7)$$

Проаналізуємо отримані рівності (7) за допомогою залежностей відношень коефіцієнтів розподілу між елементами в кожній з підрешіток від складу рідкої фази, розрахованих з системи рівнянь [2] за допомогою програми "Maple 9" для області складів з незначним вмістом Se. Як показують результати розрахунків, для $w=1,4\%$, 3% , $4,4\%$ відношення коефіцієнтів розподілу в підрешітці металів практично не залежить від вмісту селену в рідкій фазі при ($u \leq 0,08$), оскільки $\frac{K_{Pb}}{K_{Sn}}(u)$ при сталому загальному вмісту халькогенів у розчині-розплаві (w) та співвідношенні металів (v) добре апроксимується лінійними залежностями, з досить малими кутовими коефіцієнтами. При цьому $\frac{K_{Pb}}{K_{Sn}}$ в основному визначається співвідношенням металів у рідкій фазі та загальним вмістом халькогенів, який для діапазону складів рідкої фази $0,1 \leq v \leq 0,4$ та $0,001 \leq u \leq 0,08$ переважно й визначає температуру міжфазної рівноваги. Тому можна стверджувати, що розподіл елементів у підрешітці металів згідно формули (7) в діапазоні температур $775\text{ K} - 873\text{ K}$ практично не залежить від співвідношення халькогенів (u) у розчині-розплаві, при незначному вмісті селену у рідкій фазі ($u \leq 0,08$). Це дає можливість при визначеній температурі росту ЕШ використовувати дані про розподіл металів у системі Pb-Sn-Te.

Аналізуючи одержані залежності відношення коефіцієнтів розподілу халькогенів від складу розчину-розплаву, отримали, що його величина коливається в межах від 0,9 до 1,5. Слід відмітити, що для області складів ($0,1 \leq v \leq 0,4$ або $0,001 \leq u \leq 0,04$) величина знаменника у формулі (7) не перевищує і більше ніж на 1,2%, що дозволяє значно спростити даний вираз, не втративши точності:

$$u = \frac{K_{Te}}{K_{Se}} \cdot y = \left(\frac{K_{Se}}{K_{Te}} \right)^{-1} \cdot y \quad (8)$$

Для аналізу залежності відношення коефіцієнтів розподілу халькогенів у підрешітці від складу твердої фази розраховуємо для температур 775 K , 810 K , 873 K відповідні їм рівноважні склади рідкої фази. Як видно з наведених для температури 873 K залежностей (рис. 1), а для інших температур рисунки подібні, вид графіків дозволяє встановити аналітичні залежності відношення коефіцієнтів розподілу халькогенів від довільного складу твердої фази у вигляді лінійного поліному:

(для 775 K),

$$\frac{K_{Se}}{K_{Te}} = -1,54 \cdot x + 2,1 \cdot y + 1,22 \quad (9)$$

(для 810 K),

$$\frac{K_{Se}}{K_{Te}} = -1,59 \cdot x + 2,1 \cdot y + 1,24 \quad (10)$$

(для 873 K).

$$\frac{K_{Se}}{K_{Te}} = -1,43 \cdot x + 2,1 \cdot y + 1,24 \quad (11)$$

При вмісті Se $u \leq 0,04$, відношення коефіцієнтів розподілу халькогенів по формулах (9)-(11) можна обраховувати, округлюючи на рівні другого знаку після коми. Така точність, ураховуючи типові їх значення, є достатньою для практичного використання. Для інших температур відповідні залежності можна встановити аналогічно.

Порівняння результатів з літературними даними. Отримані результати подібні до наведених у

[3,4] для складів ЧТР $Pb_{1-x}Sn_xTe_{1-y}Se_y$ з набагато меншим параметром решітки (ізоперіодних з BaF_2 або $PbSe$), в області із значним вмістом селену, які пояснювалися співпаданням солідусів у системах $Pb-Sn-Te$ та $Pb-Sn-Se$ при температурі 873 К [3]. В цих роботах автори, аналізуючи дані фазових рівноваг у системі $Pb-Sn-Te-Se$, з малим вмістом телуру в твердій фазі (порядку декількох процентів у підрешітці халькогенів), показали, що температура рівноваги не залежить від вмісту телуру у рідкій фазі, а залежить від співвідношення металів у розчині-розплаві та вмісту селену. Це дещо відрізняється від отриманих нами результатів, розрахованих за моделлю простих регулярних розчинів, для області складів з незначним вмістом Se в розчині-розплаві. Оскільки температура рівноваги у наших розрахунках в основному визначалася загальним вмістом халькогенів, таку розбіжність можна пояснити немонотонною залежністю температури рівноваги від співвідношення халькогенів у розчині-розплаві для даної області складів.

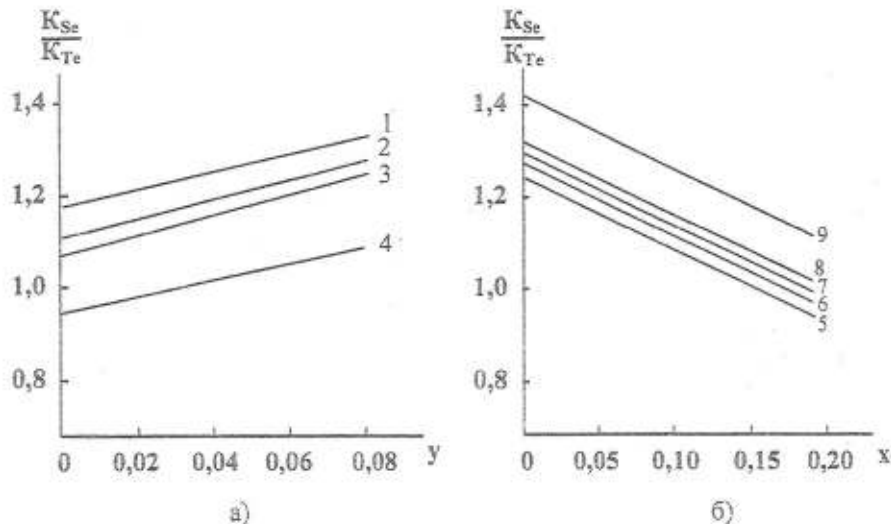


Рис. 1. Залежність відношення коефіцієнтів розподілу халькогенів від y (а) при $x=\text{const}$ ($x=0,05$ (1); $0,1$ (2); $0,12$ (3); $0,2$ (4)) та x (б) при $y=\text{const}$ ($y=0,01$ (5); $0,02$ (6); $0,03$ (7); $0,04$ (8); $0,08$ (9)) при 873 К.

Метод розрахунку рівноважного складу розчину-розплаву. Враховуючи сказане вище, для певної температури вміст олова в рідкій фазі X_{Sn} , X_{Pb} можна обирати згідно фазових рівноваг у системі $Pb-Sn-Te$, таким, який би забезпечував потрібний склад підрешітки металів.

Враховуючи велику кількість експериментальних досліджень фазових рівноваг у системі $Pb-Sn-Te$, можна досить точно обрахувати вміст металів у рідкій фазі. За загальний вміст халькогенів у розчині-розплаві X_w візьмемо відповідний вміст телуру в даній системі.

Тоді для X_{Se}^L та X_{Te}^L , які б забезпечували вміст Se у твердій фазі в кількості y , отримуємо наступні рівності:

$$X_{Se}^L = \frac{y}{1-y} \cdot \frac{K_{Te}}{K_{Se}} \cdot \frac{X_w}{1 + \frac{y}{1-y} \cdot \frac{K_{Te}}{K_{Se}}} = X_w \cdot y \cdot \frac{K_{Te}}{K_{Se}} = X_w \cdot y \cdot \left(\frac{K_{Se}}{K_{Te}} \right)^{-1} \quad (12)$$

$$X_{Te}^L = \frac{X_w}{1 + \frac{y}{1-y} \cdot \frac{K_{Te}}{K_{Se}}} \cong X_w \cdot (1-y) \cdot \frac{K_{Te}}{K_{Se}} = X_w \cdot (1-y) \cdot \left(\frac{K_{Se}}{K_{Te}} \right)^{-1} \quad (13)$$

Використовуючи експериментальні дані про фазову рівновагу в системі $Pb-Sn-Te$ та розрахувавши за моделлю простих розчинів для будь-якої визначеної температури залежність відношення коефіцієнтів розподілу халькогенів, у вигляді подібному до формул (9)-(11), можна обчислювати склад рівноважної рідкої фази, для довільного складу ЕШ.

Висновки. Аналіз рівнянь РДС показав, що метод розрахунку фазових рівноваг у системі Pb-Sn-Te-Se для росту ізоперіодних з підкладкою епітаксійних плівок $Pb_{1-x}Sn_xTe_{1-y}Se_y$ із розчину-розплаву $(Pb_{1-v}Sn_v)_{1-w}(Te_{1-u}Se_u)_w$ при температурах 775 К–873 К у області складів $0 \leq v \leq 0,4$ та $0 \leq u \leq 0,08$ може бути суттєво спрощеним. Так, склад підрешітки металів практично не залежить від складу підрешітки халькогенів (при $y \leq 0,04$), при цьому температура рівноваги, з точністю важливою для практичного використання, визначається загальним вмістом халькогенів та співвідношенням металів у розчині-розплаві. Залежність відношення коефіцієнтів розподілу халькогенів $\frac{K_{Se}}{K_{Te}}$ від складу твердої фази (x, y), числові значення якого коливаються в межах 0,95–1,45, при визначеній температурі наближається до вигляду лінійного поліному.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Жовнир Г.И., Царенко О.Н., Домбругов М.Р. Жидкофазная эпитаксия твёрдых растворов халькогенидов свинца-олова // Обзоры по электронной технике, Серия 6, Материалы. Вып.4(1611). – М.: ЦНИИ "Электроника". – 1991. – 36 с.
2. Домбругов М.Р., Жовнир Г.И. Расчёт фазовых равновесий в системе Pb-Sn-Te-Se // Изв. АН СССР, Неорган. матер. – 1988. – Т. 24, № 2. – С. 336-338.
3. McCann P. J., Fuches J., Feit Z., Fonstad C. G. Phase equilibria and liquid phase epitaxy growth of PbSnSeTe lattice matched to PbSe//J. Appl. Phys. – 1987. – Vol. 62, № 7. – P. 2994-3000.
4. Phase equilibrium for the liquid-phase epitaxial structure of the PbSeTe-PbSnSeTe / O. I. Davarashvili, M. I. Erukashvili, N. P. Kekelidze, M.R. Metckhvarishvili, V.P. Zlomanoy, A.P. Shotov, V.A. Aliev , e.a. – Institute of Physics, Azerbaijan National Academy of Sciences. J. Transactions. – 2000. – Vol XX, № 2. – P. 72-76.
5. Абрикосов Н.Х., Шелимова Л.Е. Полупроводниковые материалы на основе соединений $A^{IV}B^{VI}$. – М.: Наука, 1975. – 196 с.

КОВАЛЬОВ Юрій Григорович – молодший науковий співробітник кафедри фізики та методики її викладання у Кіровоградському державному педагогічному університеті ім. В. Винниченка.

Наукові інтереси:

– технологія вузькощілинних сполук $A^{IV}B^{VI}$.

ЦАРЕНКО Олег Миколайович – к.т.н., професор кафедри фізики та методики її викладання у Кіровоградському державному педагогічному університеті ім. В. Винниченка.

Наукові інтереси:

– технологія напівпровідникових твердих розчинів у системі Pb-Sn-Te-Se для приладів ІЧ-оптоелектроніки.

УДК 543.272.3

С.И. Кричмар, В.М. Безпальченко

ГАЗОВЫЙ СЕНСОР ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА

Запропонована конструкція санітарного електрохімічного газового сенсору для виявлення домішків оксидів азоту в атмосфері на рівні, що перевищує ГДК у декілька сотен разів. Показано можливість досягти межі виявлення на рівні 10^{-9} % об. В якості вторинного пристрою можливо використовувати промислові низькоомні потенціометри.

Введение. Диоксид азота образуется в атмосфере не только благодаря естественным процессам окисления азота в воздухе, например, при грозовых разрядах, но и в городских районах при выхлопах автотранспорта. Он вместе с органическими компонентами образует токсичный пероксиацетилнитрат. Кроме того, контроль за содержанием окислов азота необходим при мониторинге атмосферы рабочей зоны, в местах хранения и транспортировки окислителей ракетного топлива, в химической технологии при получении особо чистых газов. Российской промышленностью выпускаются электрохимические газоанализаторы, предназначенные для контроля токсичных газов в воздухе рабочей зоны помещений и открытых площадок, в частности ДАХ-М-хх-NO₂-10 на диоксид азота с пределом обнаружения 3 мг/м³, что в 2 раза чувствительнее ПДК – 5 мг/м³ [1]. Представляет интерес обнаружение оксидов азота при более низких концентрациях. В [2] описан амперометрический датчик на основе нафтона с электродами NiO и углеродным с чувствительностью по диоксиду азота примерно в 50 раз выше, чем в [1]. В [3] описан газовый сенсор, представляющий собой концентрационный гальванический элемент с увлажненными электродами на основе йод-йодидной системы. Предел обнаружения газа составляет $2 \cdot 10^{-7}$ % об., что примерно в 500 раз превышает ПДК.

Задача настоящей работы – найти техническое решение конструкции, предельно использующее естественные параметры системы и сравнить с теорией. Упростить конструкцию сенсора, не потеряв чувствительности, сделать возможным использовать в качестве вторичного прибора промышленные регистрирующие потенциометры.

В предлагаемом конструктивном решении (рис. 1) примесь, сорбированная из газа электролитом, смачивающим индикаторный электрод сенсора, вызывает изменения состояния йод-йодидной системы [4].

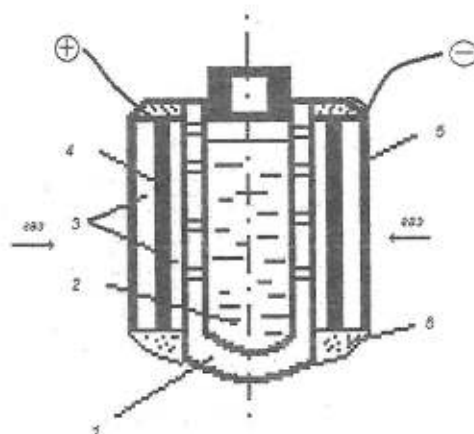


Рис. 1. Сенсор:

1 – перфорированный корпус, 2 – электролит – раствор йодида калия, 3 – электролитический ключ, 4 – электрод сравнения, 5 – индикаторный электрод, 6 – изоляционный материал из акрилонитрила

Образующийся в результате взаимодействия с диоксидом азота йод, практически полностью электрохимически восстанавливается на индикаторном электроде. На электрод сравнения, расположенный под индикаторным, примесь, таким образом, не воздействует. На индикаторном электроде реакции взаимодействия диоксида азота с водным раствором йодида калия можно записать следующим образом:



Присутствие атмосферного кислорода приводит к реакции:



HIO реагирует, в свою очередь, с HI с образованием молекулярного йода:



Таким образом, суммарная химическая реакция в растворе имеет вид:



Монооксид азота немедленно окисляется до диоксида азота по реакции:



снова вызывает реакцию 5.

В итоге имеем:



Избыток кислоты (снижение pH в электролите) приводит к образованию молекулярного йода в растворе йодида калия независимо от наличия в газовой фазе оксидов азота (реакция 4). Таким образом, повышение кислотности приводит к повышению фонового сигнала. Это явление наблюдалось при испытании различных моделей сенсоров.

В качестве корпуса сенсора использован корпус пластмассового шприца на 5 мл, в котором в средней части выполнено ряд отверстий диаметром 2 мм. Электроды представляли собой ленты углеродной ткани ТМП-4. В качестве электролитического ключа использовалась прессованная бумага. Предлагаемое конструктивное решение позволило исключить использование фильтра электрода сравнения, так как здесь фильтром является индикаторный электрод и слой бумаги 3 (рис. 1). Сопротивление изготовленного опытного образца в зависимости от температуры составляло 100 – 160 Ом (табл. 1). Что позволяет использовать для измерений сигнала в качестве измерительного прибора промышленные потенциометры с малым внутренним сопротивлением, например, ЭПП-09.

Теоретически чувствительность сенсора может быть оценена из следующих соображений. Диоксид азота в присутствии кислорода воздуха реагирует с йодидом калия, вызывая образование эквивалентного количества трийодида по схеме реакций (1-7). Оценку проведем, используя для расчета диффузионного тока I второй закон Фика и закон Фарадея:

$$I = \frac{SzFDc_0}{\delta}, \quad (8)$$

где I – ток на электрод (А) с эффективной поверхностью S (см²), D – эффективный коэффициент диффузии йода (см²/с) в пленке жидкости δ (см), покрывающей волокна электрода, z – число электронов, участвующих в процессе электровосстановления, F – число Фарадея, c_0 – концентрация йода на внешней границе жидкостной пленки (моль/см³). Если считать, что примесь, например, диоксида азота полностью реагирует на границе раздела фаз газ-жидкость с образованием йода, то тогда концентрация йода c_0 связана с концентрацией примеси в газовой фазе c_{Γ} соотношением:

$$c_0 = \frac{c_{\Gamma}}{V_m}, \quad (9)$$

где V_m – молярный объем, моль/см³, c_r – относительная концентрация загрязнителей в газе (см³/см³). Тогда формула 8 приобретает вид:

$$I = \frac{SzFDc_r}{\delta V_m} \tag{10}$$

Представим оценку чувствительности сенсора σ в виде:

$$\sigma = \frac{c_r}{I} \tag{11}$$

Если, $F = 96500$ Кл/моль, $V_m = 2,24 \cdot 10^4$ см³/моль, $z = 2$, $D = 1 \cdot 10^{-5}$ см²/с, $S = 10$ см², $\delta = 1 \cdot 10^{-2}$ см (в первом приближении поверхность электрода из графитовой ткани с диаметром волокон $2 \cdot 10^{-2}$ см представляет собой совокупность выступов типа полусфер, поэтому по порядку величины толщина диффузионного слоя соответствует радиусу волокна), в этом случае, оценка для $\sigma \approx 10$ А⁻¹.

В таблице 1 приведены сравнительные данные характеристик сенсора при определении диоксида азота в воздухе.

Таблица 1

Сравнительные характеристики сенсора

Сопротивление сенсора, Ом	Величина сигнала, 10 ⁻⁷ А	Концентрация диоксида азота, % об.		Чувствительность сенсора, % об./А	
		Теория	Опыт	Теория	Опыт
110	6,0	6,0·10 ⁻⁶	5,0·10 ⁻⁶	10	8,33
105	11,2	1,1·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁵	10	8,93
120	8,4	8,4·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁵	10	11,9
118	18,0	1,8·10 ⁻⁵	2,0·10 ⁻⁵	10	11,11
160	13,2	1,3·10 ⁻⁵	4,0·10 ⁻⁵	10	30,3

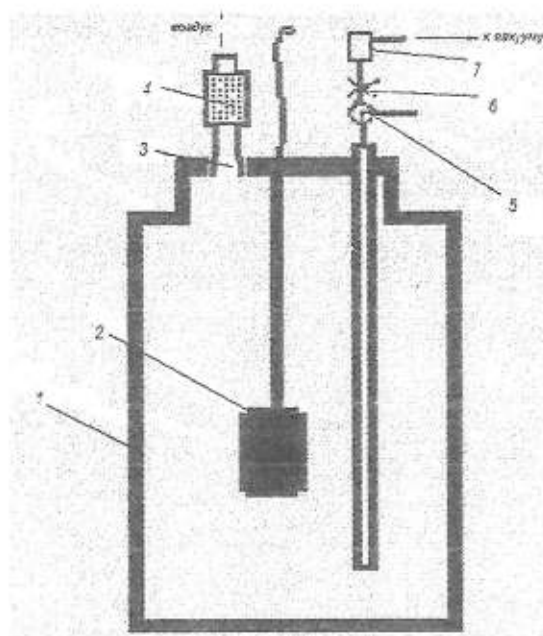


Рис. 2. Камера для моделирования атмосферы:

- 1 – стеклянный сосуд объемом 10 л, 2 – сенсор, 3 – отверстие для поступления очищенного воздуха и для ввода пробы концентрированного газа, 4 – фильтр, 5 – трехходовой кран, 6 – регулируемый дроссель, 7 – измеритель скорости газа

Опыты проведены в камере для моделирования атмосферы (рис. 2) в разные дни при комнатных температурах в пределах 18-25⁰С. Среднеквадратичная ошибка из 5 параллельных измерений газовой

смеси с концентрацией диоксида азота $5,0 \cdot 10^{-6}$ % об. составляет 6 %. Такую точность определения можно считать удовлетворительной. Исходя из изложенного, предел обнаружения (величина, допускающая ошибку 30 %) находился на уровне 10^{-7} % об.

Выводы. Предложенное конструктивное решение позволяет согласно теоретическим оценкам полностью преобразовать концентрацию в газе в полезный сигнал. При дальнейшем усовершенствовании конструкции сенсора может быть достигнут предел обнаружения до 10^{-9} % об., что важно для современных технологий получения особо чистых газов. В заключении отметим, что йод-йодидная система чувствительна не только к окислителям, например, диоксид азота, озон, но и к восстановителям – сероводород, аммиак, амины, диоксид серы, органические сульфиды. Для того чтобы система реагировала на восстановители достаточно, чтобы электролит содержал небольшой избыток трийодида калия. В случае избытка трийодида калия в электролите наличие восстановителя в анализируемом газе вызывает понижение сигнала сенсора согласно схеме:



В дальнейшем предполагается испытать модель сенсора, в котором будет обеспечено поддержание заданной концентрации избытка трийодида калия в электролите, что обеспечит надежное выделение сигнала от восстановителя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сайт <http://kipkomplekt.ru/index.php>.
2. A. Fort, C. Lotti, M. Mugnaini, R. Palombari, S. Rocchi, V. Vignoli. A two electrode C-NiO Nafion amperometric sensor for NO₂ detection//Microelectronics Journal archive. Volume 40. – Issue 9. – 2009. – Pages 1308-1312.
3. Кричмар С.И., Безпальченко В.М., Мишекин А.А. Санитарный газовый сенсор для обнаружения диоксида азота в газах // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. – № 3.
4. Патент Украины на корисну модель № 38558 Електрохімічний газовий сенсор//Бардачов Ю.М., Кричмар С.Й., Безпальченко В.М. МПК (2006) G01N27/26.– Опубл. 12.01.2009. Бюл. № 1, 2009 р.

КРИЧМАР Савва Иосифович – д.х.н., профессор кафедры органического и биохимического синтеза Херсонского национального технического университета, действительный член Нью-Йоркской АН.

Научные интересы:

- физическая химия;
- электрохимия;
- инструментальные методы химического анализа.

БЕЗПАЛЬЧЕНКО Виолетта Михайловна – к.т.н., доцент кафедры физической и неорганической химии Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

- инструментальные методы химического анализа.

УДК 502: 35

О.Н. Федотова

СОВРЕМЕННОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ В АСПЕКТЕ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ

Широко використовувані системи автоматизованого управління не можуть функціонувати без участі людини, яка ухвалює рішення. Наявність ситуації інформаційного вибуху примушує оператора приймати рішення в умовах недостатності інформації. Тому важливо знати закони розвитку людської свідомості в умовах системи "Людина-Всесвіт", щоб забезпечити еволюційний розвиток життя на Землі.

Введение. Чтобы управлять (в любой области деятельности), надо хорошо представлять цели, знать технологии их достижения и иметь средства осуществления. При этом в любой момент времени необходимо иметь информацию о текущем состоянии объекта управления, чтобы иметь возможность принять решение в нестандартной ситуации или при необходимости обычной корректировки.

Современное общество, которым необходимо управлять, описывается крайне пессимистическими характеристиками. Ученые говорят о глобальном системном кризисе [1, с. 2-4], который затрагивает и энергетику, и экологию, и здравоохранение, и социально-духовную сферу. Развивается кризис кредитно-финансовой системы.

В 1992 году был опубликован известный документ "Предостережение ученых мира человечеству" [2, с. 83], в котором говорилось: "Человеческое общество и природа вступили в состояние противоречия. Деятельность человечества наносит огромный и зачастую непоправимый ущерб окружающей среде и жизненно важным ресурсам. Если не взять под контроль многие из наших повседневных действий, то они поставят под серьезную угрозу то будущее, которого мы желаем человеческому обществу, растительному и животному царствам, и могут изменить живой мир настолько, что он будет не способен поддерживать жизнь в том виде, в каком мы ее знаем. Нужны срочные фундаментальные перемены..."

Вообще философы давно говорят о наличии ситуации "информационного взрыва". В институте кибернетики им. В.М. Глушкова на основе эмпирических исследований раскрыли содержание этого термина [3]. Во-первых, если не использовать никаких средств для сбора и обработки информации, то населения земного шара не достаточно для эффективного управления современным производством (а значит, и обществом). Во-вторых, чем больше людей вовлекается в процессы управления, тем больше информации необходимо обрабатывать, так как возникает огромная (по квадратичному закону) шумовая составляющая.

Можно было бы сказать, что использование мощной современной вычислительной техники и микропроцессорных систем решает проблему управления. Однако в условиях неожиданных нестандартных ситуаций невозможно обойтись без участия человека. Именно поэтому так много не автоматических, а автоматизированных систем управления, в которых человек включается, как структурное звено, принимающее решение. Например, мастера – управляющего процессом плавки стало заменить практически невозможно, невозможно передать ЭВМ опыт и интуицию мастера. Так же следует отметить, что не существует математических моделей, которые в деталях описывали бы все нюансы принятия решений на верхних уровнях управления.

Кроме того, известно, что решения задач нестандартного типа зачастую находятся в смежных областях знаний. С этой точки зрения информация, которую нужно обработать, носит еще и разнообразный характер.

Следует отметить, что ситуация "информационного взрыва" развивается, так как процесс развития производственных отношений не прекращается, и сейчас каждые 1-2 года объем освоенной человечеством информации удваивается.

Таким образом, очевидно, что, строго говоря, решение по управлению какой-либо ситуацией делается в условиях недостаточности информации.

В свете сказанного выше становится понятно, что первостепенным оказывается мировоззрение человека: его представления об окружающем мире, о законах функционирования этого мира, цели, которые ставятся, и критерии управления, которые используются.

Основная часть В настоящее время не только эзотерики, но и ученые говорят о возможности "конца истории" или "конца человечества". Надо сказать, что на протяжении человеческой истории были тупиковые ситуации, и всегда в этих случаях появлялись новые знания, расширялись границы понимания Природы и разрабатывались новые технологии.

Наиболее объективным знанием, которое подтверждает возможность "конца человечества", является "Тайная доктрина" Е.П. Блаватской. В частности, в [4, с. 102] говорится: "Все Пралайн

(периоды Не-Бытия) периодичны и следуют за Манвантарами (периодами Бытия) в правильной последовательности, подобно тому, как ночь следует за днем для каждого человеческого существа, для животного и растения". Все Проявления в Космосе имеют зарождение, нарастание, кульминационную точку и убывание, осуществляемое циклично. Однако, кроме объективных причин "конца" существуют и субъективные причины – невыполнение законов Космического Развития. Эзотерическим знанием и древней астрономией накоплены примеры исчезновения цивилизаций и целых планет по причине несоответствия их функционирования Целям Космоса.

В настоящее время целый ряд научных учреждений занимается изучением вопросов, связанных с функционированием системы "Человек - Земля - Вселенная", выявляя общие закономерности взаимодействия и осуществляя синтез научных и мировоззренческих позиций. Наиболее значимыми (с точки зрения автора) являются международный институт теоретической и прикладной физики РАЕН, институт солнечно-земной физики СОРАН, институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн ИЗМИРАН, объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН.

Уже знают о влиянии лучей Луны на людей, их психику, на магнитные бури, наводнения и растительный мир.

На сегодняшний день ученым о процессах, происходящих во Вселенной? [5]

1. В апреле 1998 г. закончился процесс переориентации оси вращения Земли. (По эзотерической литературе это всегда связано с наступлением новой космической эпохи). Сейчас ось вращения Земли ориентирована на созвездие Водолея.

2. В созвездии Стрельца, недалеко от центра нашей Галактики, обнаружена звезда, мощность излучения которой в 10 млн раз превышает мощность излучения Солнца.

3. 3 марта 2000 г. произошло столкновение двух огромных групп галактик, в результате чего родилась колоссальная космическая система.

4. Полярная Звезда, служившая ориентиром у путешественников, оказалась переменной звездой-гигантом с размерами, превышающими размеры Солнца более чем в 40 раз.

5. 17 июня 2000 г. в пространстве Космоса обнаружена простая молекула сахара.

6. 24 февраля 1987 г. (впервые после 1604 г.) открыта первая сверхновая звезда. На 22 июня 2000 г. зафиксировано 70 сверхновых звезд.

7. За последние 1,5 года магнитное поле Солнца увеличилось более чем в 2 раза.

8. В энергетическом потоке космического излучения появились сложные сигналы, источник которых является как минимум четырехмерным. Неизвестные сигналы проявляют регулярный техногенный характер.

Процессы, происходящие на Солнце в октябре – ноябре 2003 года, заставили геофизиков срочно собраться в институте Солнца (г. Болдер, Канада) для обсуждения событий, которые не укладываются в существующую модель физики Солнца. Высказывались предположения, что само Солнце, да и Солнечная система в целом выходит на уровень нового космофизического неравновесия [6, с. 44].

Профессор, доктор геолого-минералогических наук, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН А.Н. Дмитриев в [6, с. 37] также говорит о процессе переполосовки геомагнитного поля Земли. Палеонтологам известно более чем 400 переполосовок на Земле. Переполосовка магнитного поля происходит 1 раз за 800 000 – 1 200 000 лет. В настоящее время процесс сближения полюсов происходит с ускорением, и есть оценки, которые говорят, что инверсия произойдет в ближайшие 40 лет.

Инверсия геомагнитного поля приведет к пересозданию Земли, т.е. планетофизические процессы подчинятся новому набору законов, который тесно сопряжен с новыми процессами во всей Солнечной системе.

Таким образом, очевидно, что фиксируемые учеными факты действительно характеризуют глобальные изменения в пространстве Вселенной. Ученые признали, что Человек, Земля и Вселенная представляют собой части единой Системы. На научно-педагогической конференции "Идеи Живой этики и Тайной Доктрины в современной науке и практической педагогике" академик, директор Международного института теоретической и прикладной физики РАЕН А.Е. Акимов представил видение Мироздания в следующих положениях [1]:

1. Человек, Земля и другие планеты представляют единую систему Вселенной, между элементами которой происходит постоянный энергетический обмен. Каждый объект является концентрированной энергией и построен по однотипной структуре, которая (очень упрощенно) представляет собой "матрешку", содержащую 7 тел.
2. Структура "матрешки" хорошо согласовывается с семью ведическими уровнями Мироздания и теорией физического вакуума.
3. Физический вакуум Космоса представляет собой поле торсионного сигнала. Торсионное поле – это поле кручения, которое порождается спином или угловым моментом вращения.

4. Проведено научное согласование теории физического вакуума и семи ведических уровней мироздания.
5. Мозг человека является источником и приемником торсионного излучения, т.е. человек по природе своей изначально приспособлен для энергетического обмена с Космосом.
6. Пространство Вселенной обладает свойствами голограммы, и из любой точки пространства можно почерпнуть информацию обо всем.
7. Определены характеристики торсионного поля:
 - уникальная проникающая способность – нет материальных сред, которые не были бы прозрачными для торсионного сигнала;
 - наличие эффекта памяти: под воздействием торсионного облучения происходит поляризация физического вакуума, и образуются устойчивые метастабильные состояния (фантомы материальных объектов);
 - скорость распространения торсионного сигнала приближается к бесконечности;
 - распространение торсионного сигнала через любые среды происходит без потерь;
 - торсионное поле является переносчиком информации, а не энергии;
 - торсионное поле в общем случае описывается 24 независимыми компонентами;
 - одноименные торсионные заряды притягиваются.

В [7, с. 38] Акимов А.Е. говорит: “Сознание и материя на уровне торсионных полей оказались неразрывными сущностями. С этих позиций стало очевидным, что сознание выступает в качестве посредника, объединяющего, с одной стороны, все поля, весь чисто материальный мир, а с другой стороны – все уровни Тонкого Мира: душу, дух высших Иерархов, в том числе Учителей, Абсолют, Космический Разум”.

Оценивая значимость новой научной парадигмы, А.Е. Акимов продолжает: “Создание новой концепции – Теории физического вакуума и, как следствие, создание торсионных технологий исключает апокалиптический сценарий для Земной Цивилизации. Торсионная технология позволяет найти выход из всех тупиков технократического общества, поскольку охватывает все сферы человеческой деятельности” [7, с. 60]. Но для этого новое физическое видение Мира должно стать достоянием каждого человека, так как деятельность каждого формирует результат общества в целом.

Каждому человеку необходимо осознать реальность своего существования одновременно в проявленном (физическом) мире и Тонком (энергетическом) мире; необходимо признать наличие Творца Вселенной и Иерархии Учителей, которые с Тонкого Плана “ведут” человечество; необходимо вместить в сознание мысль о вечности собственного Жизненного Потока и законах развития себя, как структуры “дух – душа – тело”.

Современному человеку достаточно легко понять суть взаимодействия человека и космоса на модели радиоприемника: чтобы приемник принял радиоволну нужной радиостанции, необходимо его настроить, и тогда из всевозможных радиопередач можно слушать выбранную. Чтобы человеческий мозг смог принять “волну Учителя”, он должен получить сознательный импульс настройки. Для этого, в первую очередь, человек должен знать о реальности такого процесса.

Из всех типов мировоззрений, которыми пользуется человечество, только религиозное мировоззрение основывается на вере в существование (одного или нескольких) богов, т.е. на той или иной разновидности сверхъестественного. До недавнего времени религия противостояла научному мировоззрению.

В настоящее время начались процессы объединения науки и религии. Весной 1998 года в Свято-Даниловом монастыре в Троицко-Сергиевой Лавре собрался Всемирный Русский Народный Собор во главе со Святейшим Патриархом Московским и Всея Руси Алексием II, на котором присутствовали президент РАН Ю. Осипов, академик РАН В. Фортов, академик РАНН Н.П. Бехтерева, директор Российского Федерального Центра ВНИИЭФ академик Р.И. Ильяев и др.

Состоялись слушания по теме “Вера и знание: проблемы науки и техники на рубеже столетий”. По сути, этот Собор легализовал союз науки и религии.

В аспекте наших лекций интересно отметить заявление академика В. Фортова: “Наука (и другие сферы деятельности) должна управляться нравственными законами. Это заповеди, которые 2000 лет назад были сформулированы в Нагорной проповеди” [7, с. 51].

В сентябре 1993 года в Чикаго состоялся Форум Мировых Религий, на котором присутствовало около 1000 депутатов от 300 различных конфессий. Участники пришли к выводу о едином корне всех религий, что исключает основу каких-либо противоречий на религиозной почве. [8, с. 50].

Очевидно, что настало время совершенно нового, интегрированного мировоззрения, в котором соединились бы наука и все религиозные направления, так как все религии рассматривают человека в связи с жизнью невидимого энергетического Мира, и каждая из них является отражением истины, которое давалось для определенного времени и народа.

Таким образом, появилось объективное основание рассматривать и систему “Человек – Земля –

согласуется с описанными законами. Согласно неукоснительному выполнению закона постоянного развития, человек обязан через действия в физическом мире учиться и развиваться. Согласно закону реинкарнации, все обстоятельства настоящей жизни обусловлены действиями человека в предыдущих рождениях, чтобы он смог совершенствоваться в уже освоенных видах деятельности, узнавать новые и, конечно, человек должен исправить ошибки, совершенные им в более ранние воплощения.

Таким образом, закон кармы является законом осуществления причинно-следственных связей. Сложность понимания состоит в том, что причинно-следственные связи распространяются не только на протяжении настоящей жизни, но действуют в рамках Полной Жизни человека. Кроме того, человек развивается в условиях свободы выбора: он имеет право совершить правильное (соответствующее законам Космической Природы) или неправильное действие. Поэтому так часто невозможно понять реальные причины конкретных ситуаций. Поэтому так сложно человеку с обычным "западным" мировоззрением определить критерии истинности и ситуаций, и взаимоотношений, и поведения.

Закон целесообразности как бы усиливает действие законов развития, реинкарнации и кармы, и говорит о том, что действительно не существует случайностей. Каждая самая простая ситуация обусловлена предыдущими действиями и мыслями.

Закон свободной воли выражается в разрешении Творца самому человеку выбирать, какими ценностными критериями руководствоваться при принятии решения и как поступать в конкретной ситуации. Надо знать, что Учителя дают возможность прорасти всем "зернышкам", заложенным в человеке, и хорошим, и плохим. И только сам человек выбирает, по какой дороге ему идти и к какой цели ему стремиться.

Народная мудрость суть закона двойственности отражает пословицей «Нет худа без добра!» Закон двойственности имеет несколько аспектов проявления:

- Самой структурой пространства, в котором существует Земля (и соответственно, человечество), обусловлено одновременное существование проявленного (материального) и не проявленного (энергетического) миров. Естественно, человеку необходимо учитывать законы обоих миров, чтобы не нарушать гармонии Природы; тренировать свое тело-Материю и развивать свое сознание-Дух.

- Наличие Миров Света и Тьмы, обуславливает возможность выбора и подчинение своей деятельности критериям Божественного эволюционного или инволюционного Планов Творца.

- Существование Мужчины и Женщины и обусловленного притяжения между ними заставляет человека искать "точки соприкосновения", чтобы при наличии психофизиологических и социальных различий познавать и развивать Любовь – самую могущественную Силу во Вселенной.

Закон равенства Начал символизирует равенство в системе Мироздания Духа и Материи, которые не только равноправны, но и едины, являясь двумя полюсами одного и того же Первичного Элемента [10, с.79]. Дух есть утонченная или разряженная Материя, а Материя есть уплотненный или кристаллизованный Дух.

Дух есть Отец всего существующего, а Материя есть Мать всего существующего. Результатом слияния Отца – Духа с Матерью – Материей есть Вселенная и все, что в ней существует. Поэтому нельзя отдавать предпочтение одному из этих Начал и не признавать значение другого.

“Отец и Мать” суть мужское и женское Начала в коренной природе. Это те противоположные полюсы, которые проявляются во всем, на каждом плане Космоса.

На уровне человеческого сознания закон равенства Начал характеризует равенство мужчины и женщины в праве быть творцом. Или другими словами: “Только равноправное сотворчество мужчины и женщины обеспечивает их эволюционное развитие и получение Божественного результата”.

Закон сотворчества выражается в том, что в своем развитии человеку необходимо научиться видеть в другом человеке “частичку Бога”, уважать право другого человека быть таким, какой он есть, и все решения принимать таким образом, чтобы достигать оптимальных результатов для всех участников ситуации.

Для человека закон сотворчества проявляется, естественно, во всех отношениях: “я – родители”; “я – коллеги”; “я – жена (муж)” и т.д.

Закон жертвы есть основной закон и главный принцип развития Жизни в Мироздании [10, с.175]. Первичной жертвой называется действие Логоса (или Единого, Творца), когда Он из состояния блаженного покоя в точке Источника начинает производить эманации, которые производят все сущее в пространстве необъятного Космоса.

Для человека понятие жертвы сначала соотносится с материальными неудобствами, страданиями. Но постепенно формируется понимание: кто сам ничем не жертвует и живет паразитом за счет другого, тот не имеет права на жизнь. В своем развитии человек от жертвы, как страдания, через промежуточную стадию жертвы, как долга, начинает проявлять самопожертвование и героизм во имя эволюции Жизни на Земле и в Космическом пространстве.

Е.И. Рерих в Агни Йоге пишет, что человеку на пороге Нового Мира необходимо соединить

интеллектуальные знания и эмоциональное отношение к ним. Другими словами, при принятии решения человек должен руководствоваться не только логикой ума, но и чувствами сердца, т.е. человеку необходимо развить в себе чувствознание.

Энергетическая структура человека такова, что только через сердце возможно услышать голос Учителя из Тонкого (энергетического) Мира и только через сердце возможно научиться жить “здесь и сейчас”, каждую минуту соответствуя законам функционирования системы Человек – Земля – Вселенная (соответствуя Плану Творца).

Можно утверждать, что “выход” на сотворчество с Высшим Планом Жизни является одной из главных целей существования человека на Земле.

Когда человек именно в сотворчестве сначала с Иерархией Учителей, а затем в сотворчестве с Создателем осуществляет свои планы, не может не быть Гармонии и Красоты. А значит, будут удовлетворены все потребности Человека, живущего на Земле.

Выводы:

1. Современная цивилизация находится в состоянии “информационного взрыва”.
2. В настоящее время происходит масштабное преобразование системы Вселенной, у человечества начинается новый этап развития.
2. Человек принимает решение по управлению какой-либо ситуацией в условиях недостаточности информации.
3. Деятельность человека не должна нарушать законов функционирования системы “человек – Земля – Вселенная” в общем и обеспечивать выполнение законов развития человеческого сознания в частности. Для этого человеку необходимо знать эти законы.
4. Если законы развития человеческого сознания во Вселенной будут реализовываться в деятельности человека на Земле, будет реализована гармония и процветание во всех сферах жизни.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Акимов А.Е. Облик физики и технологий в начале XXI века: Выступление на науч. – пед. конф. “Идеи Живой Этики и Тайной Доктрины в современной науке и практической педагогике”, г. Екатеринбург, 8 августа 1997 г. –2-е изд., испр. и доп. М.: Шарк, 1999 – 78 с.
2. Друнвало Мельхиседек. Древняя Тайна Цветка Жизни. Том 1. Пер. с англ. под ред. И.В. Сутокской.– К.: “София”, 2004.– 248 с.
3. Глушков В.М. Введение в АСУ. – К.: 1974.
4. Блаватская Е.П. Тайная Доктрина [В 4 кн. Кн. 2]. Война богов / Е.П.Блаватская.- М.: ООО “Издательство АСТ”; Донецк: “Сталкер”, 2003. –504 с.
5. Агни Йога о тайнах звездного неба. – Киев.: Содружество “Сердце”, 2000. – 640 с.
6. Дмитриев А.Н., Русанов А.В. Пришествие эпохи огня.- Новосибирск-Томск: издательство “Твердыня”, 2004.– 72 с.
7. Физика веры / Виталий и Татьяна Тихоплав - М.: АСТ: Астрель; СПб: ИГ «Весь», 2005.– 246 с.
8. Яницкий И.Н. Физика и религия.- М.: Изд-во Русск. Физич. Общ-ва “Общественная польза”, 1995.– 65 с.
9. Шри Шримад А.Ч. Бхактиведанта Свами Прабхупада. Бхагават – Гита как она есть. Т. II.- Вильнюс.: АО «Литуанус», – 1990.
10. Клизовский А. И. Основы миропонимания Новой Эпохи. Т. II. -Рига: Виеда, – 1991.

ФЕДОТОВА Ольга Николаевна – к.т.н., доцент кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– системы управления, теория информации; синтез науки и религии в современном мировоззрении.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНАЯ МЕХАНИКА

УДК 004.3'124:621.175:644.1

В.А. Ардашев, А.В. Лянная, К.В. Луняка

ВЫБОР СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СЕРВЕРНОЙ ХНТУ

Розглядаються різноманітні системи кондиціонування повітря у серверних кімнатах. Проведено оцінку ефективності різноманітних систем і запропоновано центральну СКВ зі змінною витратою повітря для кондиціонування приміщення центрального сервера ХНТУ.

Введение. На сегодняшний день существует несколько видов систем охлаждения, которые в разной степени используются для кондиционирования воздуха в серверных. Это прецизионные кондиционеры, сплит-системы, каналные кондиционеры, многозональные системы кондиционирования воздуха (СКВ).

Среди преимуществ *прецизионных кондиционеров* можно назвать надежность; точность поддержания температурно-влажностного режима (ТВР); установка такого кондиционера исключает наличие застойных зон внутри помещения за счет оснащенности мощным вентилятором; способность не только кондиционировать, но и очищать воздух; возможность бесперебойной работы кондиционера даже при низких наружных температурах.

Сплит-система является более дорогой, но малогабаритной системой, предназначенной для круглогодичной бесперебойной работы. Такая система несколько отлична по конструкции и при низких температурах наружного воздуха требует установки дополнительного низкотемпературного комплекта.

Канальные кондиционеры за счет своей конструкции обеспечивают более эффективный отвод теплоты непосредственно от греющихся частей сервера, но являются более дорогим вариантом, нежели прецизионный, кроме того, среди недостатков можно назвать неудобство расположения в помещении, где необходим постоянный доступ к блокам, установленным внутри стойки.

Многозональные СКВ также являются круглогодично работающими системами. Среди недостатков – большая площадь, необходимая под установку данных систем, но он компенсируется за счет выноса некоторых отдельных элементов системы на крышу здания. Среди достоинств можно выделить простоту конструкции; удобство проектирования; относительно невысокую стоимость как компонентов, так и всей системы; обеспечение высокой точности поддержания ТВР в помещении; возможность размещения и кондиционирования не только серверной, а и всего здания в целом.

Постановка задачи. Целью данного исследования является выбор и проектирование системы кондиционирования воздуха в помещении, где находится центральный сервер ХНТУ, которая соответствовала бы требованиям, предъявляемым к серверным помещениям данного типа и имеющимся условиям эксплуатации.

Решение задачи. В настоящее время в серверной ХНТУ установлена сплит-система DAIKIN с низкотемпературным комплектом. При существующей мощности сервера система функционирует полноценно, однако, при запланированных расширениях и увеличении мощности в ближайшее время данная система не обеспечит достаточного теплоотвода от греющихся частей, что опасно выходом из строя центрального сервера. Поэтому необходима модернизация или замена существующей системы более надежной.

Помещение серверной небольшое по площади, насыщенное аппаратурой, поэтому необходимо применять наиболее компактные СКВ. Учитывая эти особенности работы центрального сервера ХНТУ, выбираем три наиболее доступные по конструкции схемы охлаждения.

Центральная СКВ с зональными воздухонагревателями (рис. 1) может работать полностью на наружном воздухе, с первой рециркуляцией или с двумя рециркуляциями. Наружный воздух обрабатывается в центральном кондиционере 2 и поступает в зональные воздухонагреватели 5, устанавливаемые на ответвлениях к каждому помещению 1 от общей сети воздуховодов. Система подходит для помещений с высокими нагрузками по скрытой теплоте, для существующих зданий с водяными системами отопления.

В зональных воздухонагревателях воздух нагревается до необходимой температуры приточного воздуха, значение которой определяется нагрузкой на СКВ для данного помещения. Температура воздуха внутри помещения поддерживается автоматически с помощью клапана 8 (рис. 1) на обратном трубопроводе теплоносителя зонального воздухонагревателя 7 с исполнительным механизмом, который соединен с датчиком температуры в помещении. Для каждого помещения может быть задано и точно поддерживаться свое значение температуры воздуха, при этом величина относительной влажности в

помещениях будет определяться влажноступлениями в помещении и не может поддерживаться на заданном уровне.

В центральных системах с зональными воздухонагревателями неизбежен перерасход приточного воздуха в центральном кондиционере, и как следствие повышенные технологические показатели за годовой цикл (расходы теплоты, холода, воды на увлажнение) по сравнению с другими системами.

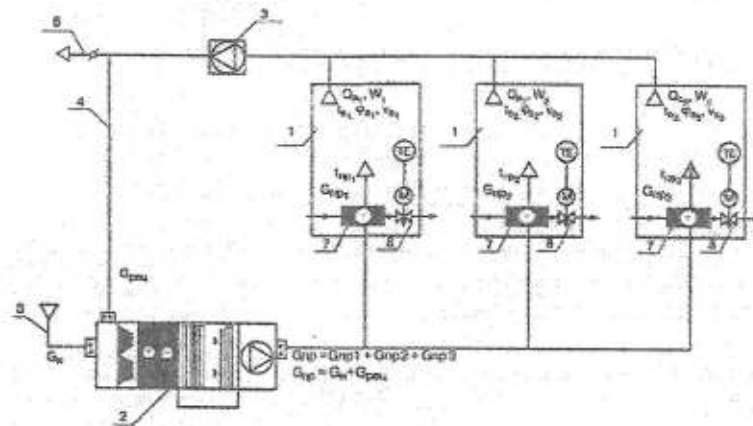


Рис. 1. Принципиальная схема центральной системы кондиционирования воздуха с зональными подогревателями:

- 1 – помещения; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – циркуляционный воздуховод; 5 – воздухозабор; 6 – вытяжной воздуховод; 7 – зональный воздухонагреватель; 8 – регулирующий клапан

Обработка воздуха в *центральной двухканальной системе кондиционирования воздуха* (рис. 2) осуществляется в два этапа: первоначально воздух обрабатывается в центральной установке кондиционирования воздуха 2, затем поток воздуха делится на два канала 6 и 8, в которых устанавливается соответственно воздухонагреватель 7 и воздухоохладитель 9. Поддержание заданной температуры воздуха в помещении обеспечивается смешением подогретого и охлажденного потока воздуха в необходимом соотношении так, чтобы получить необходимую температуру приточного воздуха, при этом расход воздуха, поступающего в помещение, остается неизменным. В помещениях устанавливаются датчики температуры, соединенные с исполнительным механизмом регулирующего клапана смесительного устройства 10.

Применение двухканальных систем кондиционирования воздуха дает возможность снизить расходы теплоты и холода по сравнению с центральными системами, но они все равно превышают минимально неизбежные значения. Из-за отсутствия производства двухканальных смесителей эта схема не получила широкого распространения в Украине. Такие системы очень популярны в последнее время в Соединенных Штатах, особенно для зданий гостиниц.

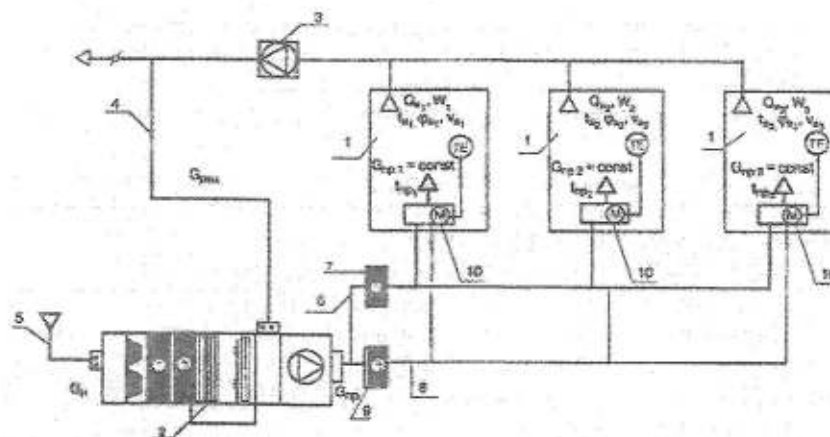


Рис. 2. Принципиальная схема двухканальной системы кондиционирования воздуха:

- 1 – помещения; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – рециркуляционный воздуховод; 5 – воздухозабор; 6 – канал нагревания воздуха; 7 – воздухонагреватель; 8 – канал охлаждения воздуха; 9 – воздухоохладитель; 10 – смесительное устройство с исполнительным механизмом

В многозональных СКВ с переменным расходом воздуха (рис. 3) каждая зона или помещение оснащены воздушным регулирующим клапаном 5, плавно изменяющим расход приточного воздуха в зависимости от изменений температуры воздуха в помещении. При уменьшении количества теплоты, поступающей в помещение, сокращается подача в него воздуха. Регуляторы избыточного давления воздуха 6, установленные в помещениях, должны сократить производительность вытяжных вентиляторов, чтобы сохранить в помещениях необходимое там повышенное давление. Надежность работы системы обеспечивается с помощью блока управления 8.

Системы с переменным расходом могут работать с постоянной и переменной производительностью вентилятора. В системе с постоянной производительностью вентилятора осуществляется перепуск воздуха из приточного воздуховода в рециркуляционный, при этом производительность системы не изменяется и не снижается потребление электроэнергии вентилятором. В системе предусмотрен клапан 7 на обводной линии, который рассчитывается на пропуск 80 % подачи вентилятора за вычетом суммы минимальных расходов воздуха для каждой зоны, определяемых по санитарной норме. В системе с переменной производительностью вентилятора производительность приточных и вытяжных вентиляторов регулируется путем изменения числа оборотов электродвигателя. Эта система в энергетическом отношении более эффективна по сравнению с системами постоянной производительности.

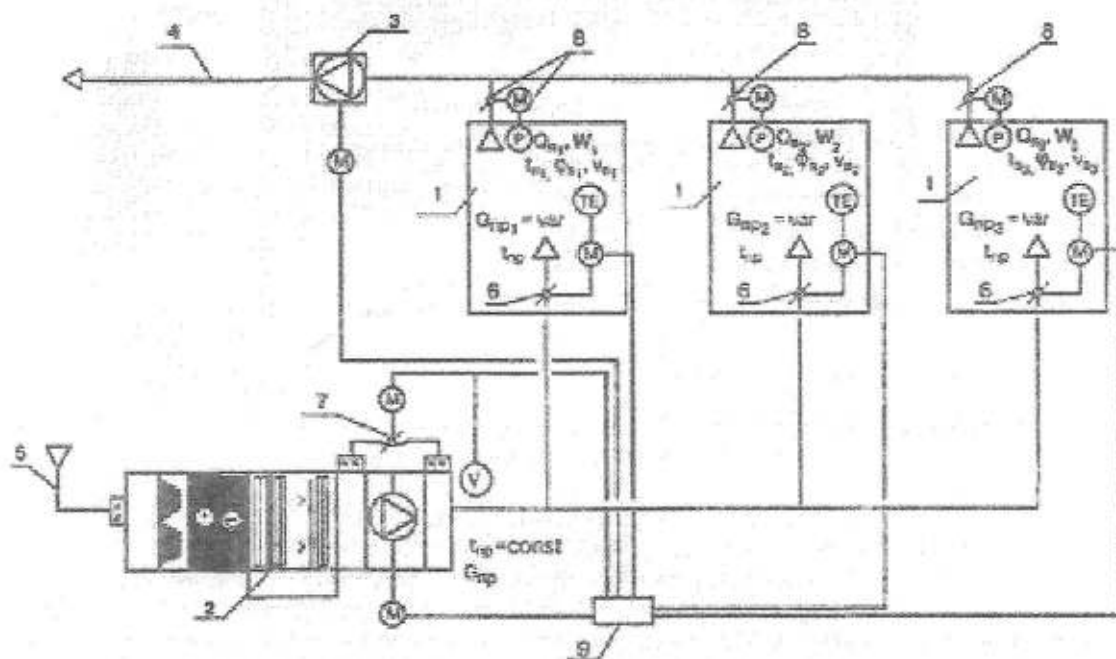


Рис. 3. Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха с переменным расходом:

- 1 – помещения; 2 – центральный кондиционер; 3 – вытяжной вентилятор; 4 – вытяжной воздуховод;
- 5 – воздухозабор; 6 – регулирующий клапан на приточном воздуховоде с исполнительным механизмом и датчиком температуры; 7 – клапан на обводной линии вентилятора; 8 – клапан избыточного давления;
- 9 – микропроцессорный блок управления

Кроме вышеуказанных существует также много других различных вариантов систем кондиционирования, которые являются комбинированными вариантами уже предложенных.

Учитывая условия работы центрального сервера ХНТУ, а также необходимость установки дополнительного охлаждения в помещении серверной, небольших размеров помещения, наиболее приемлемой будет схема охлаждения, которая показана на рис. 3.

Анализ результатов проведенных исследований позволил выбрать принципиальную схему кондиционирования воздуха с переменным расходом, т.к. при работе сервера наличествует изменение температуры воздуха в помещении не только в зимний/летний период, а и в течение суточной работы. Поэтому есть необходимость автоматизированного регулирования процесса подачи воздуха в серверную с изменением расхода воздуха в зависимости от температуры внешней поверхности модуля Блейд (рис. 4).

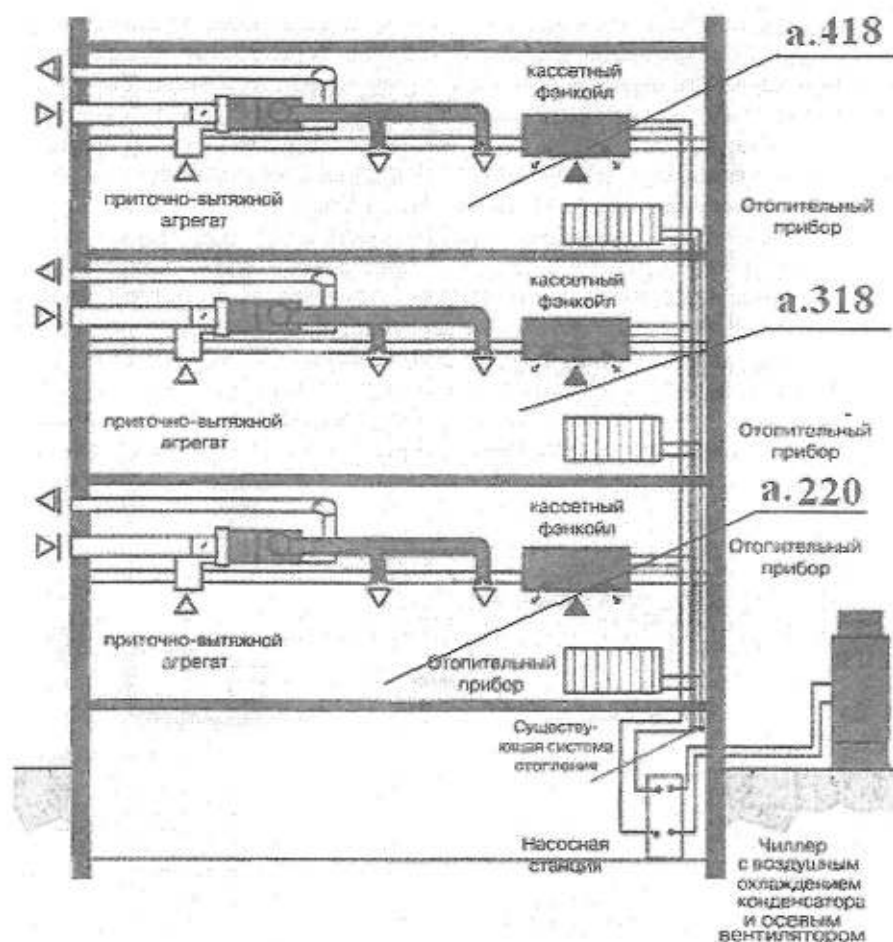


Рис. 4. Схема установки чиллеров и фанкойлов в системы кондиционирования воздуха с переменным расходом (привязка к корпусу № 1 ХНТУ)

Выводы. На основании анализа литературных источников и проведенных исследований предлагается центральная система кондиционирования с переменным расходом воздуха для помещения центрального сервера ХНТУ и дает возможность обеспечить эффективный теплоотвод от греющихся частей сервера как в зимнее, так и в летнее время. Разработанная система позволяет повысить уровень надежности работы серверной, кроме того, появляется возможность кондиционирования не только помещения серверной, но и нескольких соседних помещений, повышается экономичность системы. СКВ с переменным расходом воздуха позволяет регулировать уровень тепло- и влагопоступлений в несколько помещений одновременно независимо друг от друга, что дает ей значительные преимущества перед уже установленной в данный момент системой.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фанкойлами. М.: Евроклимат, 2003. – 400 с.
2. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: «Авок Северо-Запад», 2005. – 400 с.
3. Роткон Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании РЭА. – М.: Сов. радио, 1976. – 232 с.
4. Зигель Л. Измерение теплового сопротивления – ключ к обеспечению нормального охлаждения полупроводниковых компонентов // Электроника. – 1978. – № 14. – С. 43-51.

АРДАШЕВ Виктор Алексеевич – к.т.н., доцент кафедры оборудование химических производств и предприятий строительных материалов Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– оборудование химических производств.

ЛЯННАЯ Александра Владимировна – магистр кафедры оборудование химических производств и предприятий строительных материалов Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– оборудование химических производств.

ЛУНЯКА Клара Васильевна – д.т.н., профессор, зав. кафедрой оборудование химических производств и предприятий строительных материалов Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– оборудование химических производств.

УДК 621.9.04

О.С. Ашралова, В.А. Сошко

О ВЛИЯНИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОБРАБОТКУ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16

У статті розглянуто результати досліджень використання полімерної плівки в якості мастильно-охолоджуючого технологічного засобу при різанні алюмінієвого сплаву Д16. Приведено дані про зміну усадки стружки після обробки в різних середовищах.

Введение. Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) оказывают заметное влияние на износ инструмента, величину его фактических передних и задних углов, силы и температуру резания и другие факторы, определяющие качество обработанной поверхности. Это обусловлено комплексным воздействием их смазочных, охлаждающих и других свойств. Эффективность применения СОТС во многом зависит от условий их применения, которые могут включать в себя способ подвода СОТС в зону резания, устройство для подвода и способы их активации.

Постановка задачи. Специфика обработки алюминиевых сплавов заключается в том, что, как правило, лимитирующим параметром является уровень шероховатости обработанной поверхности.

Трудность обеспечения высокого качества поверхности объясняется склонностью алюминиевых сплавов к фрикционному переносу и, в частности, к интенсивному наростообразованию на лезвии режущего инструмента в широком диапазоне изменения режимов резания, что вызывает нестабильность стружкообразования и увеличение шероховатости обработанных поверхностей.

Известными способами уменьшения шероховатости при резании алюминиевых сплавов являются использование режимов резания за пределами интенсивного наростообразования, а также применение эффективных СОТС. Однако большое число операций сложно выполнить на режимах, исключающих наростообразование, а СОТС, создающиеся на базе различных высококонцентрированных присадок, в том числе с хлором, фосфором и другими элементами, не всегда отвечают санитарно-гигиеническим и противопожарным нормам [1].

Решение задачи. Высокая эффективность и универсальность полимерсодержащих СОТС обусловлена обязательным наличием в их составе высокомолекулярных соединений. Известно, что использование полимеров в различных технологических процессах обработки, в том числе в качестве активных компонентов СОТС для различных видов обработки, обусловлено способностью полимеров активировать процесс поверхностного деформирования и разрушения твердых тел.

Активность полимерной присадки объясняется спецификой поведения высокомолекулярных соединений при высоких температурах, которые возникают в зоне пластических деформаций диспергируемого твердого тела [2].

Существенное влияние на протекание пластической деформации оказывают химический состав и механические свойства обрабатываемого металла, толщина срезаемого слоя и другие, не менее активно действующие факторы. Именно они и определяют конкретное проявление пластической деформации и внешний вид стружки [3].

Активирующее действие полимерсодержащих сред определяется химической природой, молекулярной массой и концентрацией полимера в среде. Известно [4], что эффективность действия полимерсодержащих СОТС существенно зависит от режимов резания и в большей степени проявляется при их ужесточении, поэтому процесс стружкообразования является нестабильным.

Таким образом, с изменением условий резания процесс образования и внешний вид срезаемой стружки существенно изменяются. По характеру этих изменений можно судить о протекании процесса пластической деформации в конкретных условиях механической обработки.

Повышение требований к производительности операций механической обработки металлов, в частности, точением, сделало особенно актуальной проблему повышения режимов обработки при обеспечении заданного качества обработанных поверхностей деталей. Одним из путей обеспечения указанной интенсификации является рационализация применения СОТС.

Полимерсодержащие среды могут создаваться на основе растворов и дисперсий высокомолекулярных соединений, то наиболее распространенными способами подачи СОТС в зону резания являются полив напорной струей смазочно-охлаждающей жидкости зоны обработки, либо распыление дисперсий высокомолекулярных соединений на контактирующие поверхности обрабатываемого материала и инструмента [4].

Такие способы подачи непременно сопровождаются затратами на производство концентратов СОТС, их транспортировку к машиностроительному предприятию и прочее. К тому же, имеют место трудности обеспечения в производственных условиях нужного направления струи смазочно-охлаждающего технологического средства на режущую кромку инструмента, необходимость их тщательной очистки, чтобы исключить засорение сопла, необходимость оснащения станка специальной насосной станцией, сильное разбрызгивание жидкости [5].

Реализация способа подачи осуществлялась путем наматывания полимерсодержащей клейкой ленты на обрабатываемую металлическую заготовку перед операцией точения. При проведении эксперимента в качестве полимерсодержащей была применена полипропиленовая клейкая лента. Заготовка – пруток алюминиевого деформируемого сплава Д16 Ø25 мм. Механическая обработка проводилась на токарно-винторезном станке модели 16К20 резцом с твердосплавной пластиной Т15К6 с различными режимами резания.

Было установлено, что использование полипропиленовой клейкой ленты в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства приводит к образованию сливной стружки при точении с глубиной резания больше 0,7мм (рис.1, 2). При этом продольная усадка уменьшается практически в 2 раза (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость продольной усадки стружки от значения продольной подачи при точении на воздухе ξ_1 и в полипропилене ξ_2 ($n=800$ об/мин, $S=0.2$ мм/об)

t, мм	ξ_1	ξ_2
0.7	0.619	0.399
0.9	0.613	0.306
1.1	0.519	0.295
1.3	0.403	0.244

Графическим интерполированием полученных значений (рис. 3.) было подтверждено уменьшение усадки стружки при точении заготовки в присутствии полипропилена по сравнению с точением на воздухе.

Качество поверхности прутка, полученной в результате обработки с полимером, значительно лучше, чем поверхности, полученной после точения на воздухе (рис. 4, 5).



Рис. 1. Стружка, образовавшаяся при точении ($n=800$ об/мин, $S=0.2$ мм/об, $t=0.9$ мм) (а) на воздухе; (б) в полипропилене

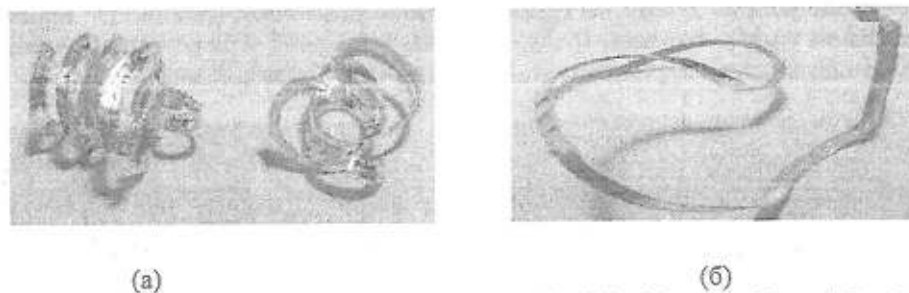


Рис. 2. Стружка, образовавшаяся при точении ($n=800$ об/мин, $S=0.2$ мм/об, $t=1.1$ мм) (а) на воздухе; (б) в полипропилене

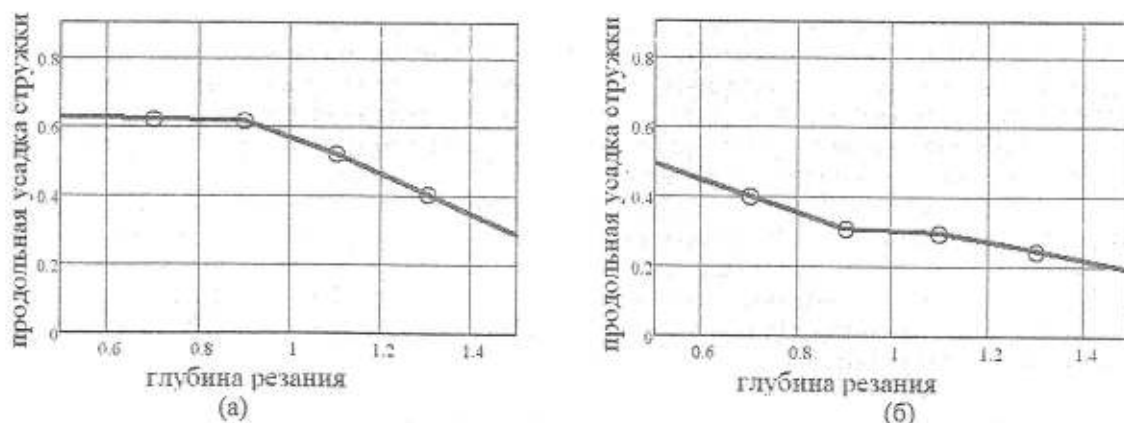


Рис. 3. Зависимость продольной усадки стружки от глубины резания при точении (а) на воздухе; (б) в полипропилене

○ - экспериментальные значения; — - интерполяционная кривая

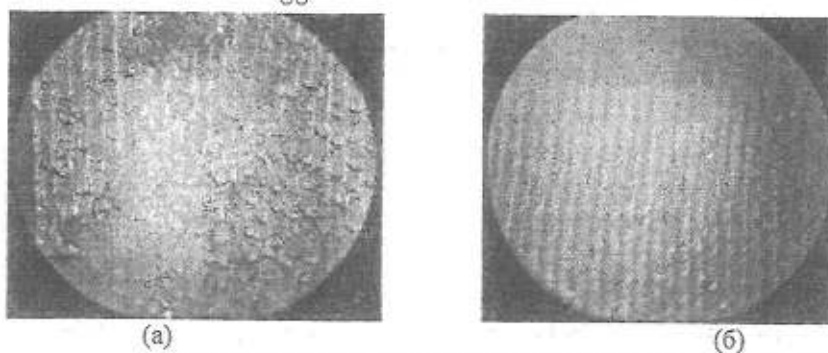


Рис. 4. Поверхность, полученная после точения (n=800 об/мин, S=0.2 мм/об, t=0.9мм, увеличение 50) (а) на воздухе; (б) в полипропилене

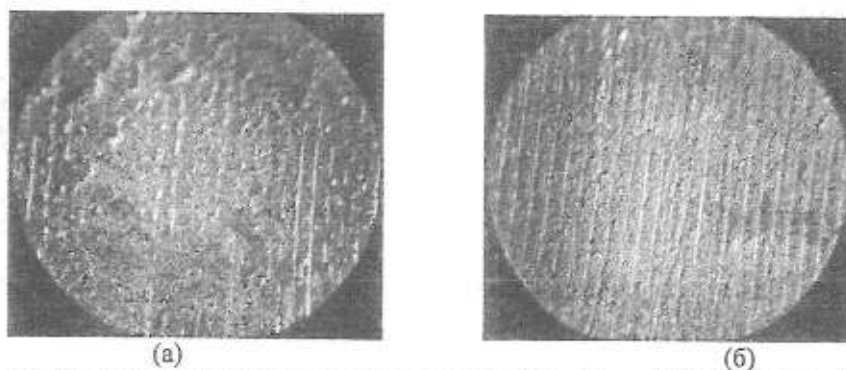


Рис. 5. Поверхность, полученная после точения (n=800 об/мин, S=0.2 мм/об, t=1.3мм, увеличение 50) (а) на воздухе; (б) в полипропилене

С увеличением подачи радиус завивания стружки увеличился (рис. 6, 7). Также увеличилась величина продольной усадки стружки. Но при подаче S=0.3мм/об в присутствии полипропилена, по сравнению с точением на воздухе, усадка уменьшилась почти в 2 раза (таблица 2).

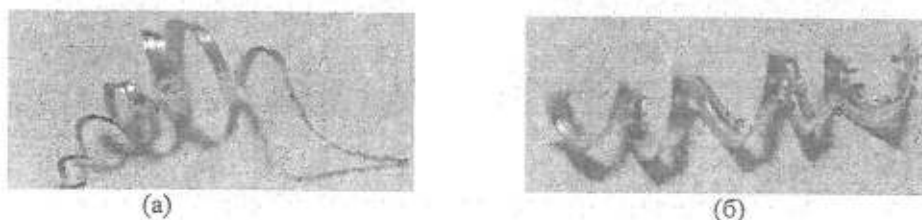


Рис. 6. Стружка, образовавшаяся при точении (n=800 об/мин, S=0.1 мм/об, t=0.5мм) (а) на воздухе; (б) в полипропилене

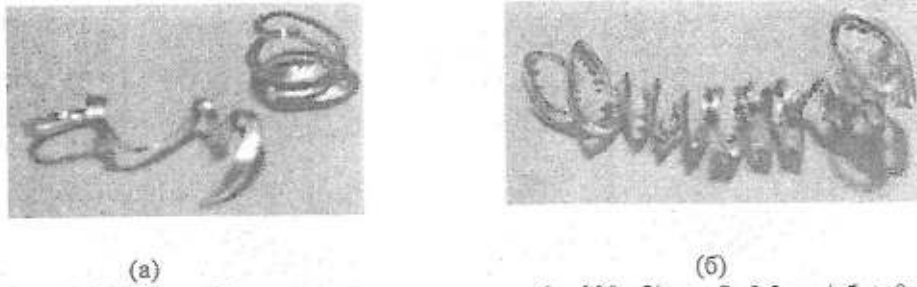


Рис. 7. Стружка, образовавшаяся при точении ($n=800$ об/мин, $S=0.3$ мм/об, $t=0.5$ мм)
(а) на воздухе; (б) в полипропилене

Таблица 2

Зависимость продольной усадки стружки от значения продольной подачи при точении на воздухе ξ_1 и в полипропилене ξ_2 ($n=800$ об/мин, $t=0.5$ мм)

S, мм /об	ξ_1	ξ_2
0.2	0.36	0.31
0.25	0.375	0.349
0.3	0.91	0.542

Графическим интерполированием полученных значений (рис. 8.) было подтверждено уменьшение усадки стружки при точении заготовки в присутствии полипропилена по сравнению с точением на воздухе.

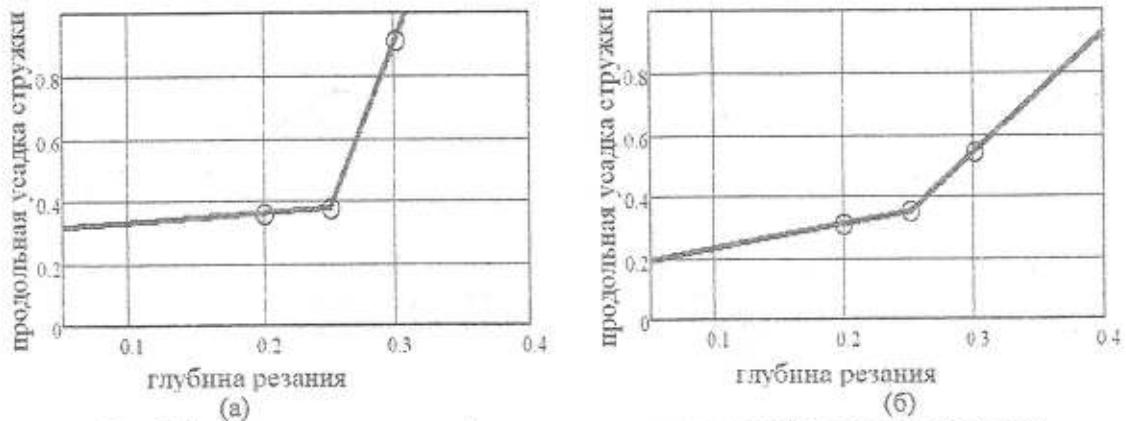


Рис. 8. Зависимость продольной усадки стружки от значений подачи при точении
(а) на воздухе; (б) в полипропилене

○ - экспериментальные значения; — - интерполяционная кривая

Заметно улучшение качества поверхности, полученной при механической обработке прутка с применением полипропилена. Причем, увеличение подачи приводит к образованию поверхности значительно лучшего качества, чем после точения на сравнительно небольших подачах (рис. 9, 10).

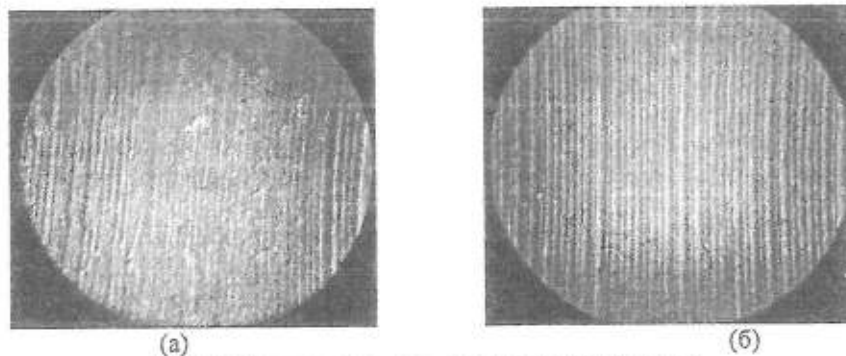


Рис. 9. Поверхность, полученная после точения
($n=800$ об/мин, $S=0.1$ мм/об, $t=0.5$ мм, увеличение 50)
(а) на воздухе; (б) в полипропилене

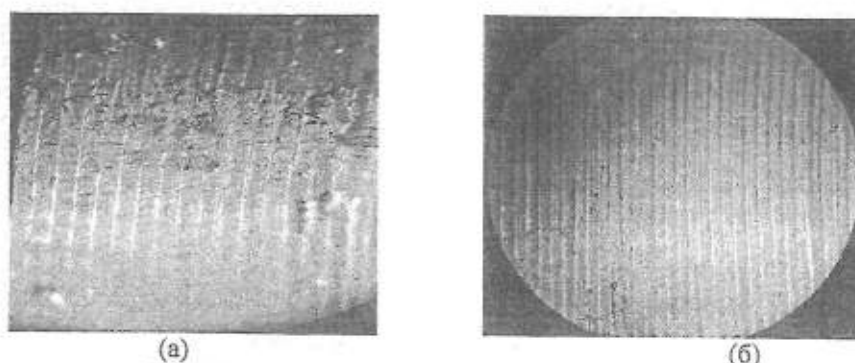


Рис. 10. Поверхность, полученная после точения
($n=800$ об/мин, $S=0.3$ мм/об, $t=0.5$ мм, увеличение 50)
(а) на воздухе; (б) в полипропилене

В зоне обработки макрорадикалы образуют с каталитически активной поверхностью металла хемосорбционные силы связи, энергия которых, примерно на порядок выше физических. Можно полагать, что при влиянии на макромолекулярную цепь различных инициаторов (температура, механические напряжения и т.д.) образуются короткоживущие промежуточные соединения высокой химической активности, которые не дают конечных продуктов немедленно, а участвуют в различных процессах переходного характера не только в полимерной системе, но и на каталитически активной поверхности металла.

Считается, что под действием высоких температур и локальных контактных нагрузок макроцепь полимера деструктурирует, вплоть до полного ее разложения с образованием химически активных продуктов распада. Именно присутствие таких высокоактивных низкомолекулярных веществ в зоне резания и обуславливает проявление максимального эффекта в технологической операции механической обработки.

Протекающая деструкция макроцепи полимера в зоне резания металла происходит с выходом водорода и углеводородных сред высокой активности и концентрации, то есть реакция термомеханодеструкции полимерной присадки происходит с высокой скоростью и носит «взрывной» характер [3].

Выводы. Использование полипропиленовой клейкой ленты при точении алюминиевого сплава Д16 позволяет получить поверхность с шероховатостью (как видно на снимках) значительно меньшей, чем после обработки на воздухе. Уменьшение усадки стружки свидетельствует об уменьшении степени пластических деформаций в зоне резания.

Приведенные данные показывают, что наиболее вероятным объяснением значительного изменения усадки стружки может быть исключительное влияние полипропилена, который деструктурирует с последующей дегидрогенизацией образующихся низкомолекулярных соединений на поверхности чистого металла с образованием водорода. Основные продукты деструкции в условиях резания проникают в узкий зазор между заготовкой и стружкой, с одной стороны, и режущим инструментом, с другой стороны, и взаимодействуют с поверхностью чистого металла, непрерывно образующейся в ходе резания.

Описанная техника использования полипропиленовой ленты в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства требует дальнейших исследований, поскольку необходимо определение силовых характеристик обработки, а именно, изменение сил резания при точении в полипропилене по сравнению с точением на воздухе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аксенов А.Ф. Трение и изнашивание металлов в углеводородных жидкостях. М.: Машиностроение, 1977. – 149 с.
2. Смазочно-охлаждающие технологические средства в механической обработке металлов. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. / Сошко А.И., Сошко В.А. – Херсон: Олди-плюс, 2008. – 390 с.
3. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с., ил.
4. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. С.Г. Энтелеса, Э.М. Берлинера. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с., ил.
5. Худобин Л.В., Бердичевский Е.Г. Техника применения смазочно-охлаждающих технологических средств в металлообработке. – М., «Машиностроение», 1977. – 189 с. ил.

АЩРАЛОВА Ольга Сергеевна – студентка магистратуры кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– физико-химическая механика материалов.

СОШКО Виктор Александрович – к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– физико-химическая механика материалов.

УДК 628.477:656.2

М.С. Безовська, Ю.В. Зеленко,
Л.О. Яришкіна, Л.В. Шевченко

РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ОЛИВ ЗАЛІЗНИЦЬ

У структурних підрозділах залізничного транспорту щорічно утворюється та накопичується велика кількість нафто- та мастиловміщуючих відходів. Метод утилізації того чи іншого виду відходів залежить від його конкретного типу, кількості та властивостей.

Вступ. Проблема утворення, накопичення та подальшого поводження з різноманітними типами відходів усіх класів небезпеки постала на сьогодні в Україні дуже гостро. В цих умовах спостерігається підвищення вимог до якості навколишнього природного середовища, на яке, безумовно, впливає утворення та розміщення відходів. Усі галузі народного господарства, у тому числі транспортна, потребують постійної уваги і підтримки для збереження екологічної рівноваги у природному середовищі, що може бути забезпечене завдяки раціональному використанню матеріальних ресурсів. Одним із найпріоритетніших питань у таких умовах стає екологічна безпека на залізничному транспорті.

Актуальність тематики. Утворення відходів є значною проблемою для підприємств та структурних підрозділів залізниць. Поміж інших відходів великими обсягами утворення відрізняються відпрацьовані оливи різних типів – моторні, трансмісійні, індустріальні, компресорні. Якщо відслідковувати динаміку утворення цього типу відходів на Придніпровській залізниці, то можемо бачити, що у період з 2004 по 2007 роки їх накопичилось більше, ніж 630 т. Найбільшими вкладниками є підприємства локомотивного господарства, на яких, наприклад, лише у 2006 р. утворилося близько 183 т відпрацьованих олив. Після вилучення відпрацьованої оливи з технологічного процесу підприємства її зберігають у спеціальних резервуарах до подальшої утилізації або передачі для утилізації чи регенерації іншим підприємствам.

При зберіганні відпрацьованих олив підприємства мають дотримуватись вимог ГОСТ 1510-84 [1], а також технічних умов на відпрацьовані нафтопродукти, ретельно перевіряти справність і особливо герметичність резервуарів (рис.1) і арматури для попередження потрапляння вологи та сторонніх предметів, періодично очищувати ємкості від осаду, що утворюється в результаті відстоювання оливи.

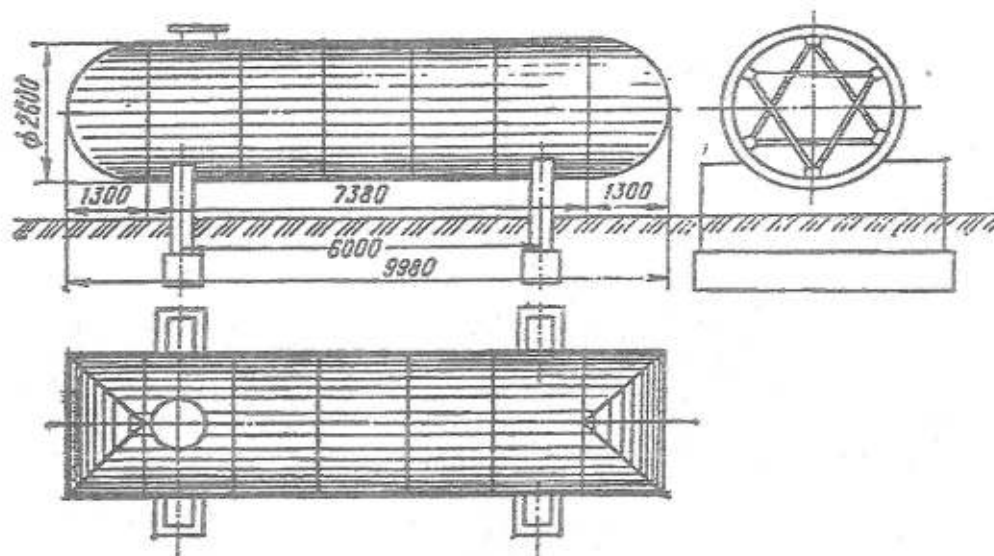


Рис. 1. Горизонтальний резервуар для зберігання нафтопродуктів

Крім того, зберігання на території підприємства відпрацьованих олив несе в собі не тільки потенційний ризик з боку пожежонебезпеки, але й з боку екологічної безпеки підприємства.

Постановка задачі. Вище зазначені фактори зумовили необхідність розробки нової технології та регенераційного блоку, які б могли широко застосовуватись на підприємствах залізничної інфраструктури. Нами проводилися дослідження в області відновлення якості відпрацьованих моторних

олив локомотивних депо Придніпровської залізниці, зокрема оливи М-14В₂, яка допускається до використання в двигунах тягового рухомого складу тепловозів і дизель-поїздів, а також компресорної оливи КС-19, яку застосовують у якості всесезонної для змащення вузлів тертя компресорів тепловозів і дизель-поїздів.

Свої особливості має робота та поступове забруднення моторних оливи, що працюють на тепловозах і дизель-поїздах підприємств залізничного транспорту. Мазильні матеріали, що використовуються у вузлах тертя локомотивів, знижують втрати потужності на тертя, відводять тепло і захищають вузли тертя від корозії та у багатьох випадках є ущільнюючим середовищем. Двигуни внутрішнього згоряння, встановлені на тепловозах і дизель-поїздах, працюють у широкому діапазоні частоти обертання колінчастого валу при змінних навантаженнях і різноманітних температурних режимах [2].

Особливо негативним явищем є потрапляння до оливи навіть у незначній кількості палива або води. При потрапленні дизельного палива в оливу, в першу чергу, знижується її в'язкість, адгезія і температура спалаху. Неповне згоряння палива викликає потрапляння у картер смолисто-сажистих часток, що забруднюють оливу та інтенсифікують лако- і нагароутворення. При потрапленні води руйнується оливна плівка в підшипниках колінчастого валу і антифрикційний шар підшипників, посилюється зношення і корозія деталей двигунів, з'являються згустки, що забивають оливопровід та ускладнюють потрапляння оливи до деталей. Також вода утворює стійку емульсію з оливою, що не тільки погіршує якість оливи, а й ускладнює її подальшу регенерацію.

Компресорні оливи використовують для змащення циліндрів, клапанів компресорів та холодильних машин. При старінні таких оливи переважно проходять процеси окиснення, т.я. температура повітря сягає 120-230 °С при значному тиску. У результаті окиснення утворюються нагари, лаки і осадки, значно зростає вміст смол (збільшується від 4 % у свіжій до 6,5 % у відпрацьованій оливі). Процеси окиснення у таких оливах відрізняються від тих, що можна спостерігати у двигунах внутрішнього згоряння, де переважають процеси термічного розкладання. Саме тому у вимогах, викладених у ТУ та ДСТУ на компресорні оливи, значну роль відіграє вимога до термоокислювальної стабільності. Також у процесі експлуатації цих оливи у них значно збільшується вміст води через інтенсивну її конденсацію з повітря.

Основними напрямками переробки відпрацьованих оливи є спільна переробка у суміші з нафтою на нафтопереробних заводах та цільова їх переробка з отриманням компонентів мастил (регенерація). Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані (рис. 2).



Рис. 2. Методи регенерації відпрацьованих оливи різних типів

На практиці для отримання кращого ефекту треба застосовувати комбінацію різних методів з використанням спеціальних присадок, що у найбільшій мірі забезпечує якісне очищення відпрацьованих олив та для доведення отриманого продукту до норм ТУ по всіх параметрах. Лише у цьому випадку зможемо говорити про отримання повністю відновленого продукту. Для більшості держав регенерація з отриманням кондиційних мастильних матеріалів є найкращою можливістю організувати в країні на власній сировинній базі виробництво цієї важливої для багатьох сфер народного господарства продукції. Крім того, регенерація дозволяє ефективно позбутися від небезпечних відходів виробництва, уникнувши при цьому витрат на їхнє знищення, заощадити природні й трудові ресурси, капіталовкладення, матеріали й електроенергію, підвищити ступінь забезпеченості держави власними ресурсами за рахунок використання вторинних.

Сірчано-кислотне очищення – найстаріший і до цих пір найживаніший на ряді підприємств нафтової промисловості метод видалення з оливних дистилатів асфальтосмолянистих речовин, кисневмісних і сірковмісних сполук та інших небажаних домішок. Недоліком використання сірчаної кислоти є присутність в очищеній оливі залишків кислоти та сульфосполук, що негативно впливають на фізико-хімічні характеристики оливи та збільшують її корозійну активність. Крім того, продуктом використання сірчано-кислотного методу є кислий гудрон, що важко утилізується. Видалення кислих сполук потребує значної витрати часу та коштів, а також супроводжується втратою до 50 % оливи [3, 4].

На сьогодні відпрацьовані оливи найчастіше застосовуються без регенерації як паливо і котельне паливо безпосередньо на залізничних підприємствах або передаються для подальшого використання або регенерації іншим підприємствам. Наприклад, відпрацьовані оливи можуть застосовуватись для змащування форм на заводах залізобетонних виробів, будівельних комбінатів та інших потреб замість відповідних свіжих нафтопродуктів [5, 6].

Для очищення (регенерації) відпрацьованих олив застосовують найчастіше фізичні методи: відстоювання, фільтрацію та центрифугування. Для кращого очищення відпрацьованих олив використовуються фільтри та центрифуги. Але такі найпростіші способи, що використовуються сьогодні для відновлення відпрацьованих олив на залізниці, не дають повноцінного ефекту.

У зв'язку з необхідністю екологізації та спрощення технології регенерації олив, а саме вилучення сірчаної кислоти зі схеми очистки, нами проводився підбір її ефективного замітника. Зокрема було випробувано ряд поверхнево-активних речовин.

Результати досліджень. При розробці загальної схеми відновлення експлуатаційної якості відпрацьованих моторних і компресорних олив ми виходили з результатів проведених лабораторних досліджень щодо випробування різних методів очищення та оптимізованого варіанту обраної технології, а саме з температурних умов, кількості реагентів та часу їх контактування з оливою.

Результатом досліджень стала розроблена нами універсальна схема відновлення якості відпрацьованих олив, зокрема моторної оливи М-14В₂ і компресорної КС-19, (рис. 3), у якій застосована суміш поверхнево-активних речовин та кислого реагента-замінника.



Рис. 3. Схема очистки відпрацьованої моторної оливи

Вихід очищеного продукту при використанні такої схеми складає близько 85-90 % для моторної і 90-92 % для компресорної оливи. Максимальна ступінь очистки склала для оливи М-14В₂ 95 %, для оливи КС-19 – 86 %.

При відновленні первісних властивостей відпрацьованих олив необхідно не тільки привести основні їх експлуатаційні параметри до норм відбракування, але й перевищити їх та досягнути норм ТУ. Зокрема, широковідомим методом є підбір окремих присадок або пакетів присадок різного призначення. Тому для покращення якості відновлених олив і, зокрема, підвищення значення рН після очистки до них додатково додавали американський кондиціонер для олив (присадку) фірми «Техні Люб Компані».

Отримано результати перевірки основних експлуатаційних показників відпрацьованих моторної і компресорної олив та порівняння їх зі значеннями по очищеній оливі та бракувальними показниками наведені у таблицях 1–2.

Таблиця 1

Порівняння основних параметрів відпрацьованої та очищеної оливи М-14В₂

Фізико-хімічні властивості	Бракувальний показник	Досліджувана олива після бракування	Значення параметра для оливи після очистки із додаванням присадки
Забрудненість, $\tau \text{ см}^{-1}$	1300,00	1305,00	64,18
pH	$\leq 5,50$	6,90	7,10
Температура спалаху у відкритому тиглі, °C	Нижче 170,00	180,00	223,00
В'язкість при 100 °C, $\text{мм}^2/\text{с}$	11,50...16,50	12,48	14,00
Лужне число, мг КОН/ г	$\leq 0,60$	3,16	1,88
Вміст води, %	$\geq 0,06$	Сліди (<0,03)	Сліди (<0,03)

Таблиця 2

Порівняння основних параметрів відпрацьованої та очищеної оливи КС-19

Фізико-хімічні властивості	Бракувальний показник	Досліджувана олива після бракування	Значення параметра для оливи після очистки із додаванням присадки
Забрудненість, $\tau \text{ см}^{-1}$	1300,00	181,00	27,24
Температура спалаху у відкритому тиглі, °C	Нижче 180,00	179,00	191,01
В'язкість при 100 °C, $\text{мм}^2/\text{с}$	Нижче 15	14,50	15,30
Лужне число, мг КОН/ г	$\leq 0,35$	0,72	0,75
Вміст води, %	$\geq 0,03$	Сліди (<0,03)	Сліди (<0,02)

Висновки. У ході роботи було вивчено динаміку утворення різних відходів лінійних підрозділів залізниць, особливу увагу приділяли нафтовміщуючим відходам. Після обробки даних було зроблено висновок, що найбільші об'єми утворення характерні для відпрацьованих мінеральних олив (моторних і компресорних). Проведений літературний огляд методів регенерації відпрацьованих моторних і компресорних олив дозволив зробити висновок про те, що фізико-хімічні методи є найбільш перспективними, зокрема використання різних типів сучасних поверхнево-активних речовин (ПАР). Тому у практичній частині роботи було досліджено саме ці методи відновлення первинних властивостей відпрацьованих олив, що використовуються на підприємствах залізничного транспорту, зокрема моторної оливи М-14В₂ і компресорної оливи КС-19.

Отримані в результаті проведених досліджень дані дозволили розробити нову універсальну технологію і регенераційну установку, яка може бути рекомендована для впровадження безпосередньо на підприємствах залізничної інфраструктури як регенераційний вузол. Також для доочистки вперше пропонується використовувати замість центрифугування селективний фільтр зі спіненого металу – газару на основі міді (розробка Національної металургійної академії України, м. Дніпропетровськ). Використання новітніх схем регенерації відпрацьованих олив призведе до значного зменшення накопичених обсягів цих поширених відходів, отримання значної матеріальної вигоди, а також раціонального використання природних ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение: ГОСТ 1510-84. – Межгосударственный стандарт – [Дата введения 1986-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 34 с.
2. Кононов В.Е. Тепловозы. Механическое оборудование. Устройство и ремонт / Кононов В.Е., Хуторянский Н.М., Скалин А.В. – М.: Желдориздат, Трансинфо, 2005. – 568 с.
3. Никулин Ф.Е. Утилизация и очистка промышленных отходов. – Л.: Судостроение, 1980. – 232 с.
4. Шашкин Й.И., Брай И.В. Регенерация отработанных масел. – М.: Химия, 1970. – 304 с.
5. Зеркалов Д.В. Екологізація енергоспоживання. – К.: ТОВ „Міжнар. фін. агенція”, 1998. – 273 с.
6. Зеркалов Д.В. Економія нафтопродуктів / Д. В. Зеркалов. – К.: ТОВ „Міжнар. фін. агенція”, 1998. – 197 с.

БЕЗОВСЬКА Марина Сергіївна – асистент кафедри хімії та інженерної екології Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Наукові інтереси:

- управління та поводження з нафтовмісними відходами залізничних підприємств.

ЗЕЛЕНЬКО Юлія Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри хімії та інженерної екології Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Наукові інтереси:

- ліквідація аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті.
- утилізація нафтовмісних відходів залізничного транспорту та їх повторне використання.

ЯРИШКІНА Лариса Олександрівна – к.х.н., завідувач кафедри хімії та інженерної екології Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Наукові інтереси:

- ліквідація аварійних розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті;
- нейтралізація розливів: аміаку, нафтопродуктів, метанолу, хлору, кислот (хлористої, сірчаної, фтористоводневої);
- моніторинг забруднення вод поверхневих природних водойм. Очистка природних та стічних вод.

ШЕВЧЕНКО Людмила Василівна – к.х.н., доцент кафедри неорганічної хімії Дніпропетровського національного університету імені О. Гончара.

Наукові інтереси:

- утилізація та рекуперація відходів підприємств залізничної галузі.

УДК 515.2

Е.Э. Бергер

СИНТЕЗ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Приведены методы синтеза формообразующих устройств, для механической обработки деталей с криволинейными поверхностями и возможности дальнейшей разработки конструкций таких механизмов.

Введение. Комплексная механизация и автоматизация процессов обработки деталей со сложными криволинейными профилями требуют разработки и внедрения соответствующих методов и устройств, обеспечивающих требуемое относительное перемещение заготовки и инструмента. При этом наиболее прогрессивными являются бескопирные, кинематические методы, при которых инструмент и заготовка связаны определенными кинематическими цепями, то есть формообразующими механизмами.

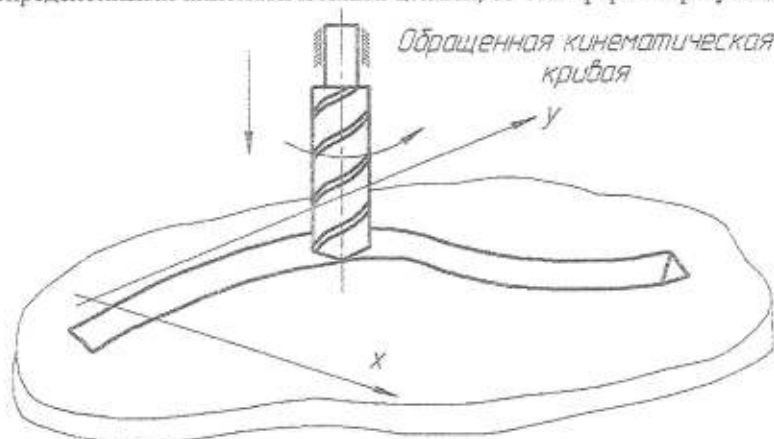


Рис. 1

Постановка задачи. В основе этих механизмов лежат направляющие механизмы, рабочий орган которых совершает сложное движение по заданной криволинейной траектории. Однако при обработке деталей такое сложное движение режущего инструмента вызывает конструктивные трудности, снижает надежность и точность обработки. Следовательно, механическая обработка требует создания устройств, у которых по аналогии с большинством металлообрабатывающих станков заготовка (деталь) подвижна, а режущий инструмент совершает лишь вращательное или поступательное движение относительно неподвижной оси (рис. 1) или оси, совершающей простейшие движения – прямолинейное или круговое.

Основная часть. В настоящее время разработано два метода синтеза таких устройств – метод инверсии и метод вращающейся стойки.

В основе метода инверсии лежит кинематическое обращение движения или, как его называют в ТММ, инверсия. Он состоит в том, что исходный механизм, обеспечивающий перемещение точки подвижного звена (шатуна) по некоторой кривой подвергается следующему преобразованию:

– неподвижное звено – стойка OC – раскрепляется, то есть раскрепляется два связанных с опорой шарнира O и C . При этом, бывшая ранее неподвижной, плоскость стойки (система координат XOY) становится подвижной и совершает сложное движение. То есть к исходному механизму мы добавили две степени подвижности. Чтобы не изменялась степень свободы механизма, необходимо ранее подвижное звено AB (шатун) вместе с шатунными точками M и M_1 закрепить и сделать неподвижным (рис. 2).

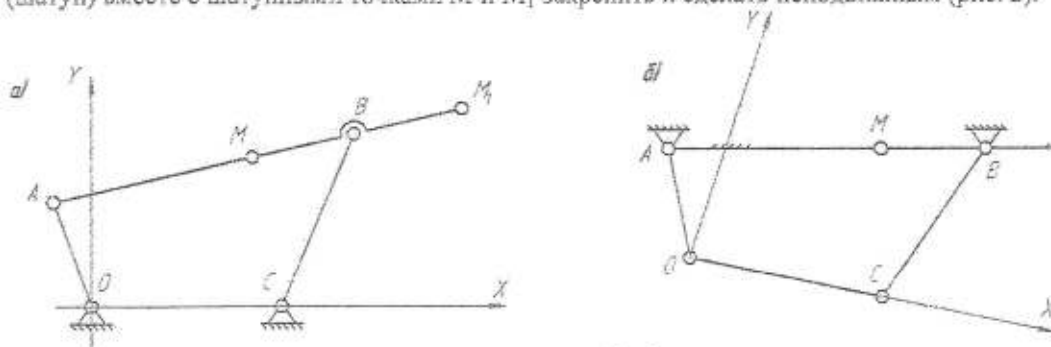


Рис. 2

Геометрия механизма и относительное перемещение его звеньев при этом сохраняется. Следовательно, неподвижные точки M и M_1 обращенного механизма будут описывать на подвижной плоскости XOY те же кривые, которые воспроизводились на плоскости XOY , этими же точками, связанными с шатуном исходного механизма. Поэтому такие кривые называются обращенными шатунными кривыми.

Если теперь с подвижной плоскостью механизма XOY связать деталь (заготовку), то она будет совершать определенное движение относительно неподвижных точек M и M_1 шатуна. Через эти точки проходит ось режущего инструмента, например, вращающейся фрезы или движущихся возвратно-поступательно резца или долбяка. То есть получаем устройство для обработки криволинейных профилей, обеспечивающие подачу заготовки на инструмент, ось которого неподвижна (рис. 1).

Пример 1. Пусть требуется получить механизм для воспроизведения конхоиды Никомеда и огибания параболы на подвижной плоскости.

Берем за основу известный конхоидаальный циркуль (рис. 3а), точки M_1, M_2 которого описывают заданную кривую, а прямая OX огибают параболу. Подвергая ее инверсии, получаем механизм, у которого неподвижные точки M_1, M_2 и неподвижная прямая AX обеспечивают образование требуемых кривых относительно подвижной плоскости XOY – рис. 3 б.

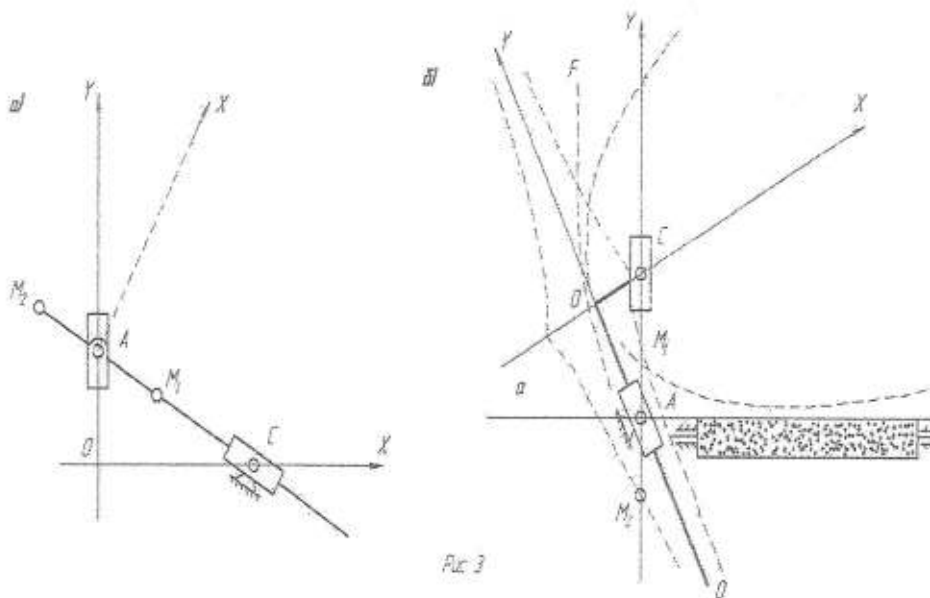


Рис 3

Пример 2. Известно, что механизм рейки, обрабатывающий колесо (рис. 4а) и точки, связанные с рейкой, описывают эвольвенты круга (в частном случае – спираль Архимеда – точка M), а прямая CM огибают эвольвенту круга.

Преобразовав этот механизм по методу инверсии, получаем механизм колеса, котящегося по рейке (рис. 4б). Очевидно, что неподвижные точки C и M плоскости YCX и прямая CX будут образовывать указанные кривые относительно подвижной плоскости связанной с колесом.

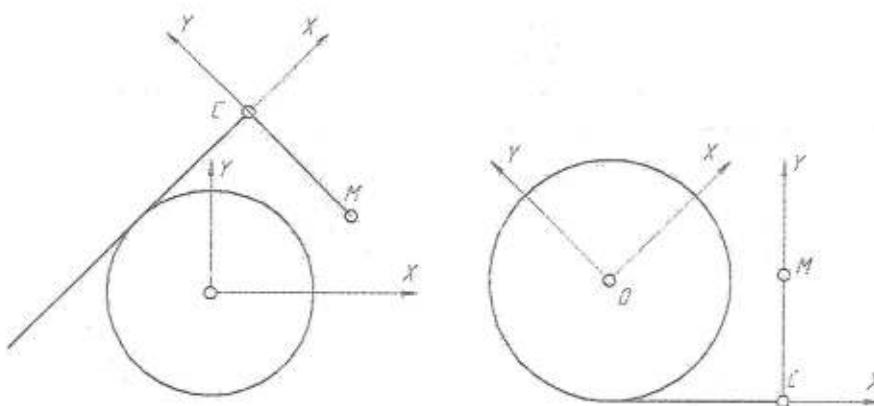


Рис 4

УДК 515. 2

Е.Э. Бергер

СИНТЕЗ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Приведены методы синтеза формообразующих устройств, для механической обработки деталей с криволинейными поверхностями и возможности дальнейшей разработки конструкций таких механизмов.

Введение. Комплексная механизация и автоматизация процессов обработки деталей со сложными криволинейными профилями требуют разработки и внедрения соответствующих методов и устройств, обеспечивающих требуемое относительное перемещение заготовки и инструмента. При этом наиболее прогрессивными являются бескопирные, кинематические методы, при которых инструмент и заготовка связаны определенными кинематическими цепями, то есть формообразующими механизмами.

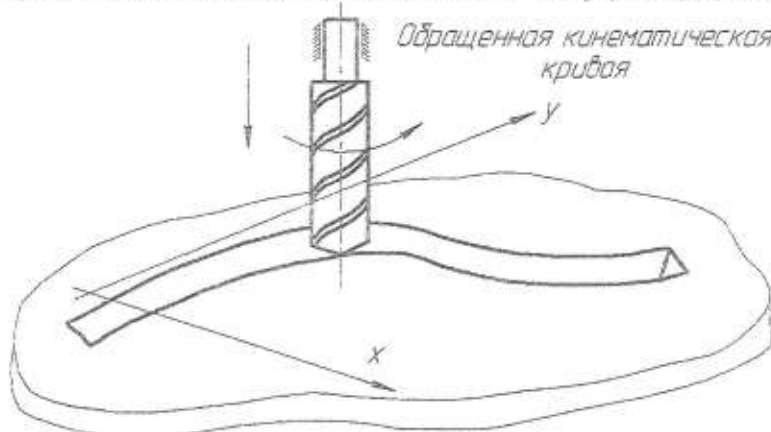


Рис. 1

Постановка задачи. В основе этих механизмов лежат направляющие механизмы, рабочий орган которых совершает сложное движение по заданной криволинейной траектории. Однако при обработке деталей такое сложное движение режущего инструмента вызывает конструктивные трудности, снижает надежность и точность обработки. Следовательно, механическая обработка требует создания устройств, у которых по аналогии с большинством металлообрабатывающих станков заготовка (деталь) подвижна, а режущий инструмент совершает лишь вращательное или поступательное движение относительно неподвижной оси (рис. 1) или оси, совершающей простейшие движения – прямолинейное или круговое.

Основная часть. В настоящее время разработано два метода синтеза таких устройств – метод инверсии и метод вращающейся стойки.

В основе метода инверсии лежит кинематическое обращение движения или, как его называют в ТММ, инверсия. Он состоит в том, что исходный механизм, обеспечивающий перемещение точки подвижного звена (шатун) по некоторой кривой подвергается следующему преобразованию:

– неподвижное звено – стойка OC – раскрепляется, то есть раскрепляется два связанных с опорой шарнира O и C . При этом, бывшая ранее неподвижной, плоскость стойки (система координат XOY) становится подвижной и совершает сложное движение. То есть к исходному механизму мы добавили две степени подвижности. Чтобы не изменялась степень свободы механизма, необходимо ранее подвижное звено AB (шатун) вместе с шатунными точками M и M_1 закрепить и сделать неподвижным (рис. 2).

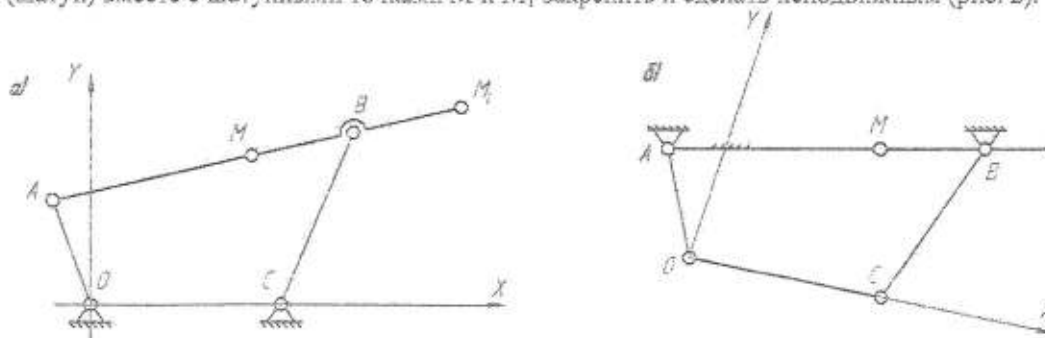


Рис. 2

В металлообрабатывающих станках, во многих автоматах карусельного типа применяется такое относительно перемещение изделия и инструмента – изделие вращается, а инструмент перемещается прямолинейно.

Метод вращающейся стойки состоит в том, что для синтеза формообразующих устройств с указанным относительным перемещением заготовки и инструмента необходимо стойку раскрепить и соединить ее с основанием шарнирно с возможностью ее вращения вокруг некоторого центра. В частном случае этим центром может быть принят один из шарниров стойки, например С. При этом у исходного механизма появляется одна дополнительная степень подвижности. Чтобы устранить эту лишнюю подвижность, нужно к исходному механизму присоединить группу, имеющую степень свободы, равную минус 1.

Такой группой может служить:

- крестообразный ползун (одно звено с двумя поступательными парами) – рис. 5а.
- ползун с шарниром (одно звено с одной вращательной и одной поступательной парой) – рис. 5б.
- кривошип (одно звено с двумя вращательными парами) – рис. 5в.

Особого внимания в синтезе машин карусельного типа заслуживает способ преобразования, при котором звено COD, связанное с вращающейся плоскостью, является ведущим и обобщение координаты исходного и полученного механизма оказываются одинаковыми. Для выполнения поставленного условия необходимо раскрепить стойку исходного механизма так, чтобы она вращалась вокруг шарнира O и присоединить звено P к кривошипу OA, т. е. закрепить кривошип. Такое преобразование показано на примере шарнирного 4-звенника (рис. 6а) и центроидного планетарного механизма (рис. 6б).

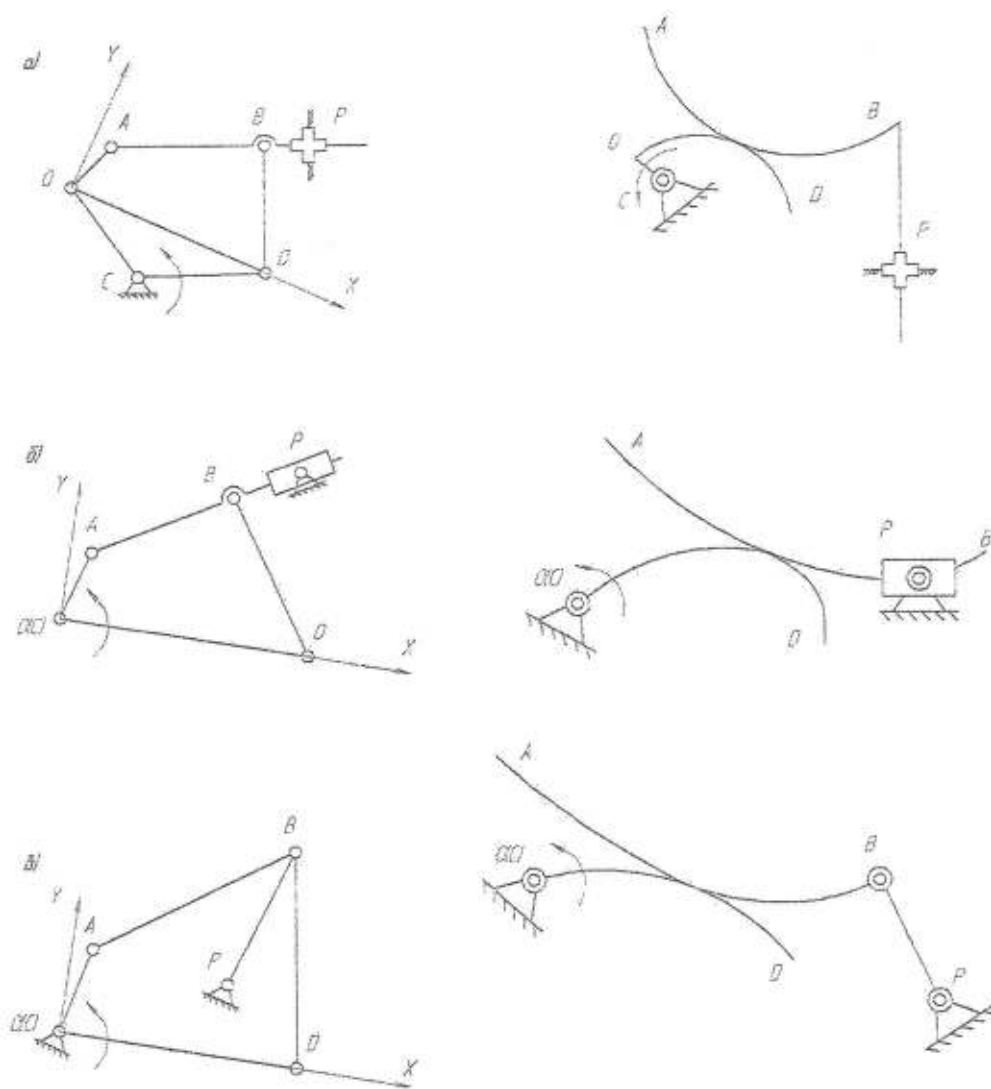


Рис 5

Таким образом, в общем случае преобразованный механизм можно получить и без введения дополнительных звеньев. Для этого достаточно в исходном механизме звено, связанное со стойки шарниром, закрепить и вращать стойку вокруг второго шарнира (рис. 6).

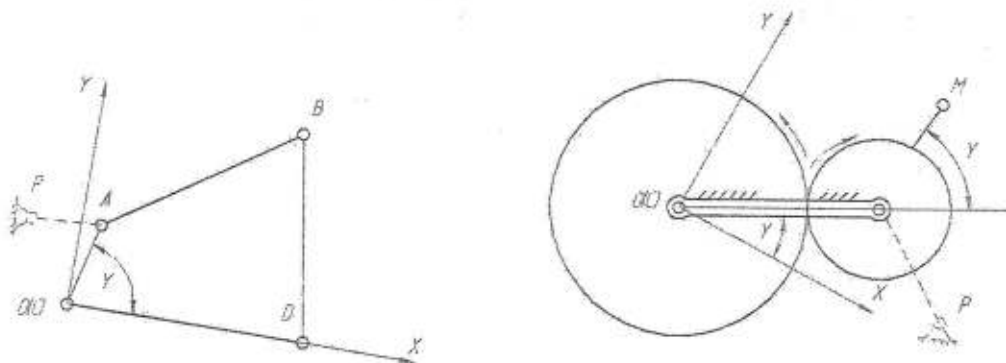


Рис 6

В результате получаем механизм, у которого шатунные точки M, M_1 описывают относительно вращающейся плоскости XOY связать заготовку, а с точкой M или M_1 ось режущего инструмента, то получим формообразующее устройство для обработки криволинейных профилей на вращающейся заготовке.

Пример 1. Преобразуем указанным методом механизм конхоидального циркуля, показанный на рис. 3а. В результате получаем механизм с прямолинейно движущимся звеном 1 и поворотным рычагом 2 (рис. 7).

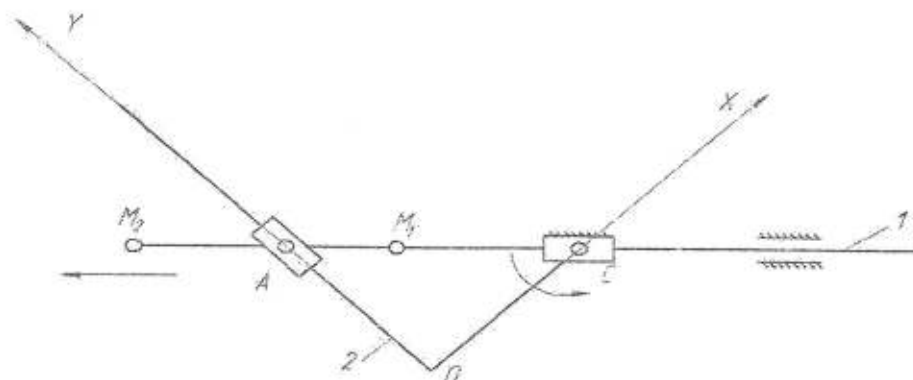


Рис 7

На поворотной плоскости XOY точки M_1, M_2 звена 1 описывают конхоиды Никомеда, а прямая OX огибает параболу.

Пример 2. На рис. 4б плоскость колеса XOY совершает сложное движение. Закрепив центр колеса шарнирно и раскрепив рейку, получим механизм, показанный на рис. 8. В этом механизме плоскость XOY вращается, а рейка совершает прямолинейное движение. При этом точки C, M описывают на вращающейся плоскости эвольвенту круга и спираль Архимеда, а прямая CM огибает эвольвенту круга.

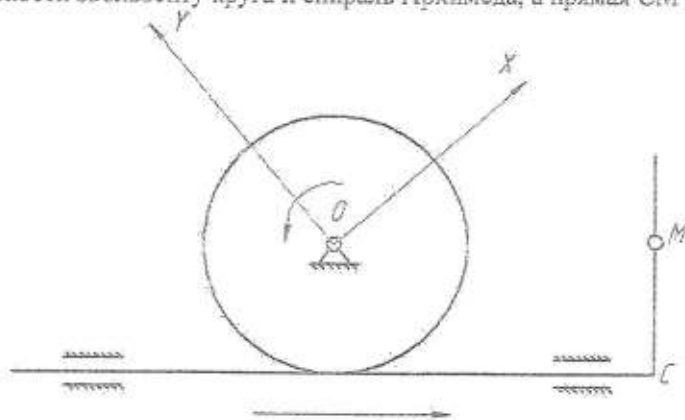


Рис 8

Выводы. На основе анализа методов синтеза бескопирных формообразующих устройств возможна дальнейшая разработка конструкции и проектирование механизмов для обработки сложнопольных деталей и манипуляторов промышленных роботов, а также исследования и конструкторские разработки по внедрению этих устройств в производственную практику с целью механизации и автоматизации технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Добровольский В.В. Теория механизмов для образования плоских кривых. М. АН СССР, 1953. – 146 с.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов для воспроизведения плоских кривых. М. АН СССР, 1959. – 260 с.
3. Материалы патентной литературы, Бергер Э.Г., Бергер В.Э. и др. авт. св. № 630096, № 648452, № 1100150, № 1100151.

БЕРГЕР Евгений Эмильевич – к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– технология машиностроения, технологическая оснастка для металлорежущих станков.

УДК 621.9.0

Д.О. Дмитрів, В.Б. Фіранський

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРИЖНЕВОЇ ЛАНКИ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Розроблено і виготовлено стрижньову ланку – штангу постійної довжини для механізмів паралельної структури. Виконано розрахунок характеристик жорсткості штанги і випробування на розтяг-стиск. Отримано силові дані для модульного конструювання нових каркасних компоновок верстатів з паралельною кінематикою.

Вступ. Механізми паралельної структури (МПС) конструктивно виконуються у вигляді просторових стрижневих ферм, які мають незначну масу рухомих елементів, що обумовлює отримання високих швидкостей та прискорень виконавчого органу (ВО). Це зумовлює інтенсивні динамічні навантаження у приводах та ВО просторового механізму навіть при незначних масах рухомих елементів.

В МПС переміщення вихідної ланки, на якій може встановлюватися або заготовка, або інструмент, здійснюється кількома кінематичними ланцюгами. Кожний кінематичний ланцюг – це ланки, з'єднані одна з одною зв'язками, які дозволяють вільне переміщення ланок відносно одна одної і з'єднання, в якому встановлюються керовані приводи. Паралельність роботи кінематичних ланцюгів полягає в тому, що кожний кінематичний ланцюг повинен забезпечити переміщення вихідної ланки по керованим координатам і обмежити її переміщення по некерованим [2-5].

Постановка проблеми. Існуючі методики синтезу кінематичних схем МПС не дозволяють однозначно обрати його кінематичну схему, тому що одні і ті ж переміщення вихідної ланки можуть бути виконані з використанням різних кінематичних схем.

Оскільки в МПС кінематичні ланцюги, що з'єднують основу з вихідною ланкою, працюють паралельно, то в залежності від розташування їх початкових ланок на основі припустимі переміщення в кожному кінематичному ланцюгу. Крім того, можуть бути різними і типи з'єднань. Дослідження просторового механізму паралельної структури звичайно обмежують розглядом його кінематичних характеристик та деяких спеціальних властивостей, не приймаючи до уваги значні відхилення його жорсткісних та дисипативних параметрів. У значній мірі ці властивості обумовлюються конструкцією приводів лінійних переміщень, які в просторовому механізмі паралельної структури є елементами несучої системи.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Перевага в жорсткості традиційних верстатних систем перед МПС забезпечується, насамперед, використанням масивних станин і напрямних, що, в свою чергу, знижує функціональність і гнучкість обладнання в цілому. Жорсткість верстатів-гексаподів з шестиступеневим МПС на телескопічних штангах змінної довжини недостатня для умов потужного фрезерування, особливо це проявляється поблизу меж робочої зони, чинником чого є велика довжина штанг [8, 9]. Тому авторами [5] внесено пропозиції по створенню високопродуктивних компоновок верстатів з МПС, побудованих на модульному принципі із розташуванням модулів у каркасних несучих системах з геометриєю багатограників. Дослідження каркасних компоновок верстатів з МПС проводяться в НУУУ "Київський політехнічний інститут" під керівництвом професора Ю.М. Кузнецова і ставлять за мету вдосконалення та розширення технологічних характеристик верстатного обладнання з МПС.

Кінематичний ланцюг становить основу кожного механізму. Найважливішою характеристикою кінематичного ланцюга є число ступенів вільності, під чим розуміють число узагальнених координат, тобто незалежних між собою параметрів, що визначають положення системи в обраному просторі. Узагальненими координатами механізму називаються незалежні між собою координати, завданням яких визначається положення всіх ланок відносно основи. Число узагальнених координат механізму дорівнює його числу ступенів вільності або по іншій термінології – ступеня рухливості механізму. Кожний кінематичний ланцюг, що з'єднує вихідну ланку з основою, незалежно від інших ланцюгів може уявляти механізм, що має задану кількість ступенів вільності. При цьому кількість ступенів вільності для кожного кінематичного ланцюга спільно з приєднаною до нього вихідною ланкою повинна бути не менше кількості ступенів вільності вихідної ланки. Дана умова є необхідною, але недостатньою для працездатності МПС.

В рамках нової концепції каркасних компоновок верстатів з МПС [5] запропоновано і запатентовано декілька виконань свердлильно-фрезерних верстатів з будовою три і чотириграної піраміди, дослідні зразки яких зараз виготовляються під керівництвом професора Ю.М. Кузнецова. Дані

компоновки побудовані по принципу розподілення ступеня рухливості між МПС і традиційними функціональними модулями для переміщень заготовки або інструменту, що приводить до використання в МПС переважно коротких штанг постійної довжини з мінімальною їх кількістю і спрощенню кінематики верстату в цілому без втрат його сукупної функціональності.

Мета дослідження. Отримати числові значення пружних характеристик кінематичних ланцюгів МПС, що входять до складу верстатного обладнання нового покоління, визначити силові межі і навантажувальні умови функціонування просторових стрижневих механізмів у нових каркасних компоновках верстатів з паралельною кінематикою. Об'єктом експериментальних досліджень є штанга постійної довжини для багатопільового свердлильно-фрезерного верстату пірамідальної компоновки з МПС (патент України № 86533).

Характеристикою, що цікавить є жорсткість конструкції штанги при розтязі і стиску. Ця характеристика необхідна для оцінки існуючої конструкції штанги, знаходження в ній "проблемних" місць, якщо вони є, і подальшого вибору оптимальної конструкції шляхом оптимізації даної чи розробки нової, а також при розробці математичної моделі верстата в цілому.

Основна частина. Дані наведені в статті є результатом спільних досліджень, що проводяться в рамках договору "Про партнерство, співробітництво і науковий обмін між НТУУ "Київський політехнічний інститут і ХНТУ" від 05.09.2008.

МПС в пірамідальній компоновці має просторову структуру (рис. 1). Штанги механізму встановлені у сферичних опорах. Штанги 4 є ланками зв'язку між повзунами напрямної 3 поступального руху та рухомою платформою, на якій встановлено мотор-шпindel 5 з патроном та інструментом 6 і призначені для передачі руху від крокового двигуна до ВО верстату.

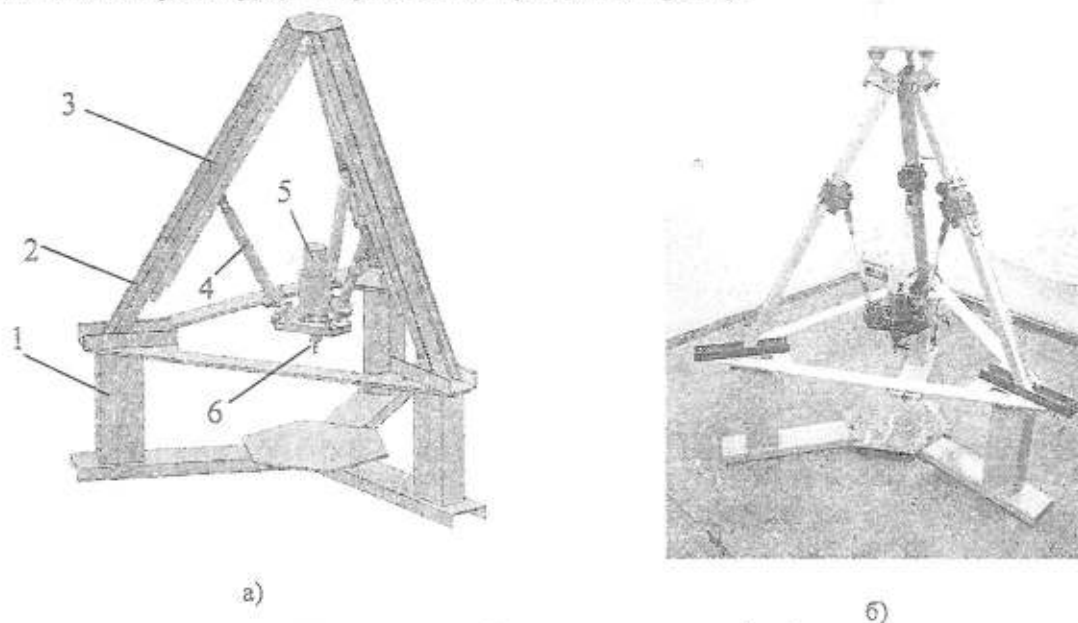


Рис. 1. Трикоординатний свердлильно-фрезерний верстат пірамідальної компоновки з МПС і штангами постійної довжини (патент України № 86533): а) – САД модель; б) – виготовлений дослідний макет в ХНТУ: 1 – основа; 2 – каркас; 3 – напрямна з приводом подачі; 4 – штанга; 5 – мотор-шпindel; 6 – затискний патрон з інструментом

Дослідний зразок верстату (рис.1, б) був демонтований із експериментальної моделі верстата, що знаходиться в процесі складання на факультеті машинобудування Херсонського національного технічного університету. Штангу (рис. 2) спроектовано і виготовлено в ХНТУ, а експериментальні дослідження пружних характеристик штанги проводились у Механіко-машинобудівному інституті НТУУ "Київський політехнічний інститут".

Штанга є збіркою і складається з п'яти основних деталей (рис. 2): дві шарові опори (верхні) 1 від автомобіля ВАЗ (ВАЗ 2107 і ВАЗ 2108-09-099), дві втулки 2 і цільного стержня 3. Для фіксації різьбових з'єднань передбачено контргайки 4 (4 шт.). Довжина штанги $L = 570$ мм.

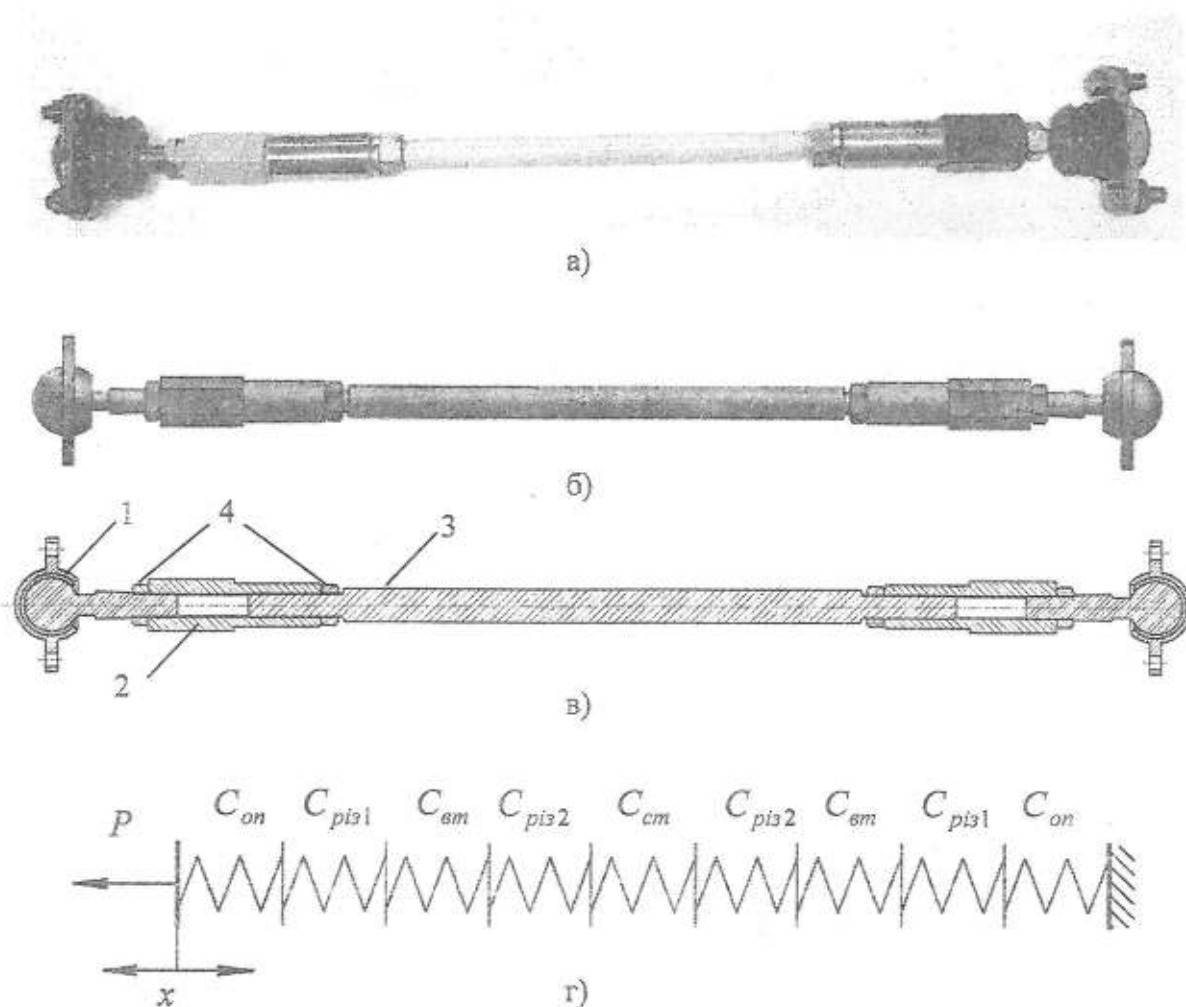


Рис. 2. Штанга постійної довжини: а) – виготовлений зразок; б) і в) – 3D і 2D CAD модель конструкції штанги, відповідно; г) – розрахункова схема. 1 – шарова опора; 2 – втулка; 3 – стержень; 4 – контргайка

Всі елементи конструкції штанги з'єднані послідовно. За умови рівності потенційної енергії жорсткість штанги постійної довжини необхідно рахувати за формулою:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}, \tag{1}$$

де $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ – жорсткості послідовно з'єднаних елементів.

Після аналізу конструкції штанги (рис. 2.31, а) була складена розрахункова модель (рис. 2.31, б). Формула (2.31) набула вигляду:

$$\frac{1}{C_{шт}} = \frac{1}{C_{он}} + \frac{1}{C_{pis1}} + \frac{1}{C_{вт}} + \frac{1}{C_{pis2}} + \frac{1}{C_{ст}} + \frac{1}{C_{pis2}} + \frac{1}{C_{вт}} + \frac{1}{C_{pis1}} + \frac{1}{C_{он}}, \tag{2}$$

де $C_{он}$ – жорсткість шарових опор; C_{pis1} – жорсткість різьбових з'єднань M14×1,5; $C_{вт}$ – жорсткість втулок; C_{pis2} – жорсткість різьбових з'єднань M14×2; $C_{ст}$ – жорсткість стержня.

Для визначення жорсткості штанги було проведено експеримент: штангу навантажували розтягуючим зусиллям $P = 5200$ Н.

Визначимо жорсткість конструкції штанги на розтяг. Видовження стержня [6]:

$$\Delta l_{ст} = \frac{P \cdot l_{ст}}{E \cdot F_{ст}}, \quad \Delta l_{ст} = \frac{5200 \cdot 330}{2 \cdot 10^5 \cdot 176,6} = 0,058 \text{ мм.} \tag{3}$$

де P – розтягуюче зусилля, Н; l_{cm} – довжина деталі, мм; E – модуль пружності, Н/мм²; F_{cm} – площа поперечного перерізу деталі, мм².

Площа поперечного перерізу стержня:

$$F_{cm} = \frac{\pi \cdot d_{cp}^2}{4}, \quad F = \frac{3,14 \cdot 15^2}{4} = 176,6 \text{ мм}^2, \quad (4)$$

де d_{cp} – середній діаметр стержня, мм.

$$\text{Теоретична жорсткість стержня складе } C_{cm} = \frac{P}{\Delta l_{cm}} = \frac{5200}{0,058} = 89655 \text{ Н/мм.}$$

Видовження втулки також визначасмо за формулою (3).

Площа поперечного перерізу втулки:

$$F_{вт} = \frac{\pi \cdot (D_{cp}^2 - d_{cp}^2)}{4}, \quad F_{вт} = \frac{3,14 \cdot (28^2 - 14^2)}{4} = 461,6 \text{ мм}^2, \quad (5)$$

де D_{cp} – середній діаметр втулки, мм; d_{cp} – середній діаметр отвору, мм.

$$\text{Тоді з формули (3) отримаємо } \Delta l_{вт} = \frac{5200 \cdot 100}{2 \cdot 10^5 \cdot 461,6} = 0,008 \text{ мм.}$$

$$\text{Жорсткість втулки складе } C_{вт} = \frac{P}{\Delta l_{вт}} = \frac{5200}{0,008} = 650000 \text{ Н/мм.}$$

Контактні деформації у витках різьби [7]:

$$\Delta l_{piz} = e_{piz} \cdot P, \quad (6)$$

де e_{piz} – піддатливість різьбового з'єднання, мм/Н; P – розтягуюче зусилля, Н.

Піддатливість різьбового з'єднання:

$$e_{piz} = \frac{0,49}{d \cdot E} \cdot \sqrt{1,44 + 9,28 \frac{S}{d_0}}, \quad (7)$$

де S – крок різьби, мм; d_0 і d – середній і зовнішній діаметри різьби, мм; E – модуль пружності, Н/мм².

В штанзі є 4 різьбових з'єднання: два М14×2 і два М14×1,5.

З формули (7) маємо:

$$\begin{aligned} \text{- різьба М14×2} \quad e_{piz1} &= \frac{0,49}{14 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot \sqrt{1,44 + 9,28 \frac{2}{12,701}} = 3,129 \cdot 10^{-6} \text{ мм/Н;} \\ \text{- різьба М14×1,5} \quad e_{piz2} &= \frac{0,49}{14 \cdot 2 \cdot 10^5} \cdot \sqrt{1,44 + 9,28 \frac{1,5}{13,025}} = 2,837 \cdot 10^{-6} \text{ мм/Н.} \end{aligned}$$

Тоді з формули (6):

$$\text{- різьба М14×2} \quad \Delta l_{piz1} = 3,129 \cdot 10^{-6} \cdot 5200 = 0,032 \text{ мм;}$$

$$\text{- різьба М14×1,5} \quad \Delta l_{piz2} = 2,837 \cdot 10^{-6} \cdot 5200 = 0,028 \text{ мм.}$$

Жорсткість різьбових з'єднань складе:

$$\text{- різьба М14×2} \quad C_{piz1} = \frac{P}{\Delta l_{piz1}} = \frac{5200}{0,032} = 162500 \text{ Н/мм;}$$

$$\text{- різьба М14×1,5} \quad C_{piz2} = \frac{P}{\Delta l_{piz2}} = \frac{5200}{0,028} = 185714 \text{ Н/мм.}$$

Так як конструкція сферичної опори є специфічною, то для розрахунку її жорсткості неможливо застосувати класичні контактні задачі [1, 6, 7]. Тому було вирішено провести теоретичні дослідження з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ) засобами САПР.

Для проведення теоретичних досліджень за допомогою МКЕ створено розрахункову тривимірну модель сферичної опори (рис. 3, а) в системі автоматизованого проектування SolidWorks. Модель сферичного шарніру складається з 3-ох деталей: корпус 1, палець 2 і вкладиш 3.

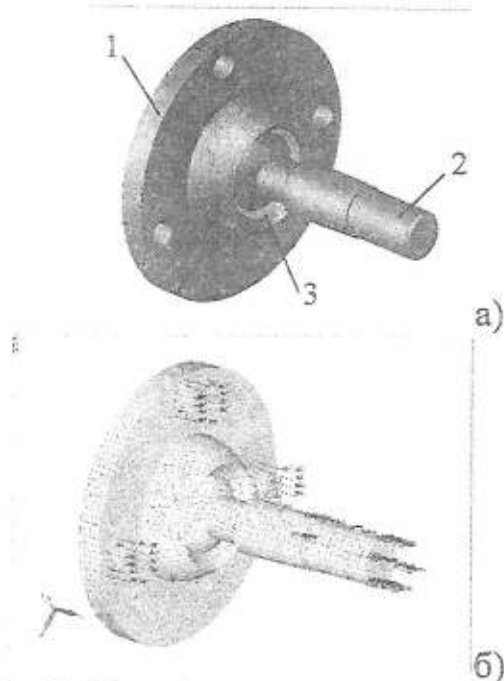


Рис. 3. Тривимірний розрахунковий модель сферичної опори: а) – в системі SolidWorks; б) – в системі Femap

Для здійснення розрахунків було використано систему Femap, куди і була потім імпортована тривимірний модель.

Femap – незалежний від САПР пре- і постпроцесор від Siemens PLM Software для проведення інженерного аналізу МКЕ. Femap є сполучною ланкою між користувачем і вирішувачем – ядром, що здійснює обчислення в завданнях інженерного аналізу. Система Femap, інтегрована з вирішувачем NX Nastran, і є незалежним середовищем для моделювання, імітації й оцінки результатів аналізу характеристик виробу [11]. Потім у системі Femap були задані механічні властивості матеріалів деталей, накладені обмеження, сили затиску, зусилля розтягу, побудована сітка (рис. 3, б).

Обмеження: корпус – жорстке закріплення по площині (контакт по поверхні задньої сторони) і фіксація від прокручування відносно осі X (по кріпильним отворам); палець – фіксація від прокручування відносно осі X. Зусилля розтягу: $P = 5200$ Н.

Механічні властивості матеріалів деталей. Так як знайти конкретні марки матеріалів деталей не вдалось, то з відомих даних і власних міркувань були прийняті орієнтовні матеріали: для корпусу і пальця – Сталь 30 ГОСТ 1050-88; вкладиш – високоміцна пластмаса Імпет 2700 GV1/45 Специфікація Hoechst.

Сталь 30:

Модуль пружності $E = 2,1 \cdot 10^5$ Н/мм²

Коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,33$

Густина 0,0000078 кг/мм³

Межа міцності на розрив 560 Н/мм²

Границя текучості 280 Н/мм²

Пластмаса Імпет 2700 GV1/45:

Модуль пружності $E = 0,17 \cdot 10^5$ Н/мм²

Коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,28$

Густина 0,00000174 кг/мм³

Межа міцності на розрив 185 Н/мм²

Границя текучості 181 Н/мм²

Примітка. На тривимірній розрахунковій моделі прийняте значення $P = 2600$ Н у зв'язку з тим, що площа, на якій діє сила розтягу, розділена на дві рівні частини.

Сили затиску. На шарову опору діють наступні сили від затискних елементів: притискаюче зусилля зі сторони 3-ох гвинтів (на корпус) і зусилля затиску від контргайки (на палець).

Притискаюче зусилля 1-го гвинта приймаємо за умови: сума зусиль від усіх гвинтів повинна перевищувати силу розтягу $P = 5200$ Н. Достатнє зусилля притискання від 1-го гвинта $P_{гв} = 1734$ Н.

Примітка. На тривимірній розрахунковій моделі прийняте значення $P_{гв} = 867$ Н у зв'язку з тим, що площа контакту шайби з корпусом розділена на дві рівні частини.

Виходячи з конструкції штанги видно, що сила затиску контргайки, яка створюється під дією крутного моменту $M_{КРmax}$, буде мати розподілений характер по поверхні втулки, тому в розрахунках використовуємо розподілене навантаження як одну з граничних умов. Максимальне значення сили q_{max} розраховуємо за умови міцності для гвинтового затискного пристрою [10]

$$q_{max} = \frac{[\sigma_s]}{S} \cdot \left(\frac{d}{C}\right)^2 \quad (8)$$

де q_{max} – розподілена сила затиску (Н/м²); d – номінальний діаметр гвинта різьби (м); $[\sigma_s]$ – границя міцності при розтяганні (стисканні) (МПа); S – площа поверхні, на яку діє розподілена сила (м²); C – коефіцієнт запасу.

Максимальне значення крутного моменту $M_{КРmax}$, який можна прикласти до контргайки розраховуємо за формулою:

$$M_{КРmax} = r_{cp} \cdot q_{max} \cdot S \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + \frac{1}{3} \cdot f \cdot q_{max} \cdot S \cdot \frac{D_n^3 - d_n^3}{D_n^2 - d_n^2} \quad (9)$$

де r_{cp} – середній радіус різьби (м); α – кут підйому різьби (град.); ρ – кут тертя у різьбі; f – коефіцієнт тертя; D_n – зовнішній діаметр різьби; d_n – внутрішній діаметр різьби. Після підстановки значень у формулу (9) отримаємо спрощену формулу для визначення $M_{кр\max}$

$$M_{кр\max} = 0.2 \cdot d \cdot q_{\max} \cdot S, \tag{10}$$

З формули (10) при відомому значенні моменту затиску знаходимо силу затиску контргайки. Приймаємо значення $q = 10550$ Н.

В результаті розрахунків було отримано величини переміщень, деформацій та напружень точок сферичної опори при розтязі (рис. 4).

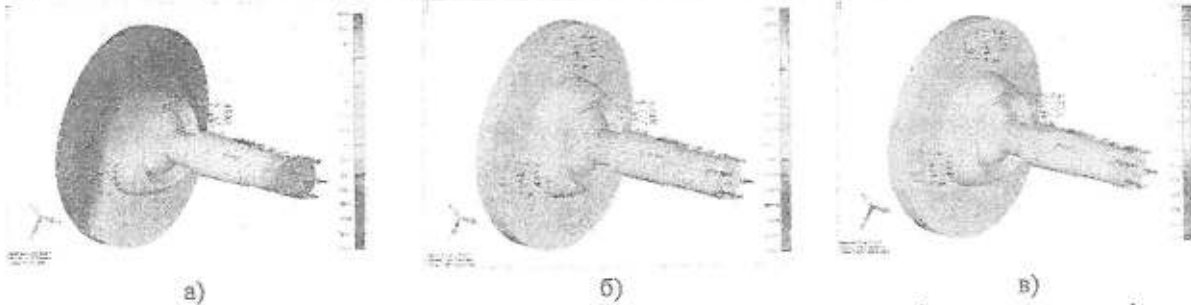


Рис. 4. Результати теоретичних досліджень шарової опори на розтяг в деформованому стані:

а) – переміщення; б) – деформації; в) – напруження

Переміщення кінця пальця шарової опори склало $\Delta l_{от} = 0,34$ мм.

$$\text{Жорсткість сферичної опори } C_{от} = \frac{P}{\Delta l_{от}} = \frac{5200}{0,34} = 15294 \text{ Н/мм.}$$

Підставивши отримані в результаті розрахунків значення жорсткостей в формулу (2), було одержано значення жорсткості штанги $C_{шт} = 5950$ Н/мм.

Визначення жорсткості конструкції штанги при стиску. Так як формули для визначення переміщень та контактних деформацій в елементах конструкції штанги однакові як на розтяг, так і на стиск, то отримані значення жорсткостей при розтягу використаємо і для стиску, крім значення жорсткості шарової опори (площа контакту деталей опори при стиску є більша, ніж при розтягу). Також потрібно перевірити на стійкість стержень, так як він має малу площу поперечного перерізу і значну довжину.

$$\text{Умова стійкості [6]} \quad \sigma \leq [\sigma_{ст}], \tag{11}$$

де σ – нормальні напруження, МПа; $[\sigma_{ст}]$ – границя стійкості, МПа.

$$\text{Нормальні напруження } \sigma = \frac{P}{F}, \quad \sigma = \frac{5200}{176,6} = 29,45 \text{ МПа.}$$

де P – сила розтягу/стиску, Н; F – площа поперечного перерізу, мм².

$$\text{Границя стійкості } [\sigma_{ст}] = \varphi \cdot [\sigma], \quad [\sigma_{ст}] = 0,29 \cdot 160 = 46,6 \text{ МПа.}$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження, $[\sigma] = 160$ МПа (сталь); φ – поправочний коефіцієнт, $\varphi = 0,29$ (Ст. 3).

Відповідно (11)

$$\sigma = 29,45 \leq [\sigma_{ст}] = 46,4 \text{ – стійкість забезпечено.}$$

Як і при розтягу була промодельована та досліджена шарова опора на стиск (рис. 5).

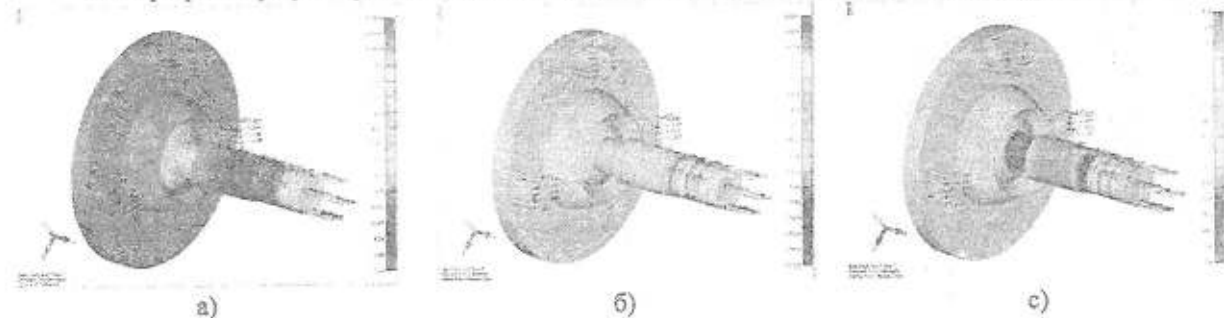


Рис. 5. Результати теоретичних досліджень шарової опори на стиск у деформованому стані:

а) – переміщення; б) – деформації; в) – напруження

Переміщення кінця пальця шарової опори складало $\Delta l_{op} = 0,07$ мм.

$$C_{op} = \frac{P}{\Delta l_{op}} = \frac{5200}{0,07} = 68333 \text{ Н/мм.}$$

Підставивши отримані в результаті розрахунків значення жорсткостей в формулу (2) було одержано значення жорсткості штанги $C_{шт}^+ = 15018$ Н/мм.

З результатів розрахунків випливає, що жорсткість штанги на стиск в 2,52 рази більша ніж на розтяг.

Результати розрахунків дали змогу впевнитися в працездатності запропонованої конструкції та попередньо визначити поведінку штанги в статичних умовах навантажень.

Експериментальне дослідження штанги на розтяг. Методика випробувань передбачає випробування в статичі з дослідженням жорсткісних характеристик. Штанги у верстатах цього типу працюють в умовах розтягу-стиску, тому випробування штанг постійної довжини дають картину поведінки їх у роботі.

Випробування штанги в статичі виконуються на стенді (рис. 6).

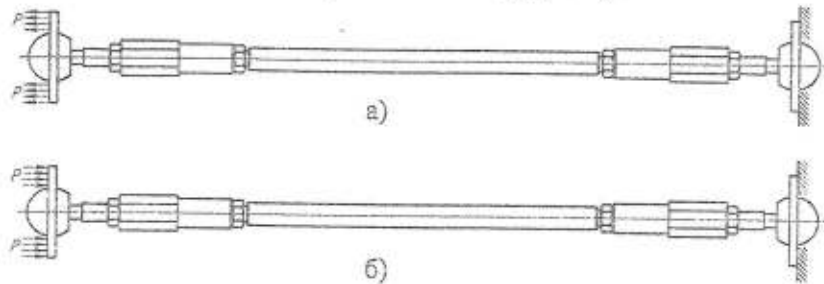


Рис. 6. Схема виміру жорсткості конструкції штанги при: а) – розтязі; б) – стиску

ВО в верстаті розташований в підвішеному стані, тому штанги у ньому працюють в основному на розтяг (від ваги власне рухомої платформи, мотор-шпинделя і патрона з інструментом). Враховуючи вище сказане і проблему, пов'язану з неможливістю провести вимір жорсткості конструкції штанги при стиску із застосуванням існуючого в наявності пристосування для закріплення штанги на стенді, було вирішено провести дослідження лише при розтязі.

Для виміру жорсткості конструкції штанги при розтязі виконали наступне:

- до обох кінців штанги, а власне до шарових опор, пригвинтили пристосування, які потрібні в подальшому для встановлення на стенді;
- штангу з встановили на стенд TIRATEST-2300 і закріпили її кінці – один до нерухомої частини, а інший до рухомої частини стенда (рис. 7);
- так як задати розтягуюче зусилля на стенді неможливо, то було задано переміщення рухомої частини на 1 мм;
- видовження штанги фіксували на діаграмі розтягу (рис. 8).

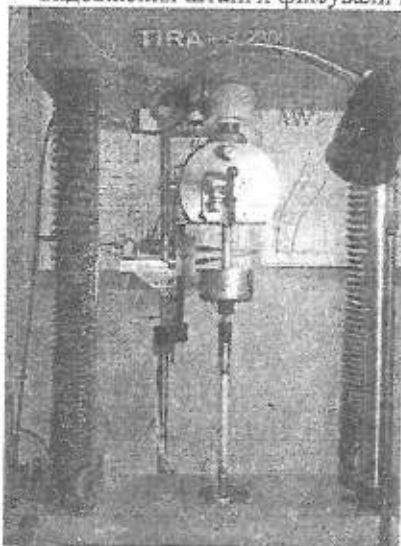


Рис. 7. Вимір жорсткості штанги на стенді TIRATEST-2300

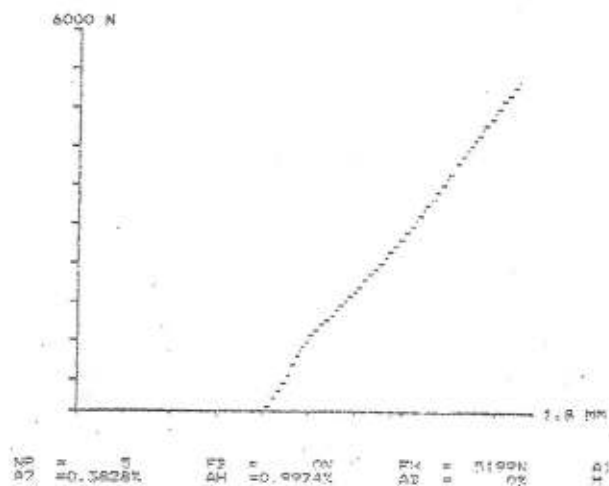


Рис. 8. Діаграма видовження штанги

Аналізуючи діаграму, видно, що при розтягуючому зусиллі $P = 5200$ Н штанга видовжилась на $\Delta l = 1$ мм. Жорсткість штанги склала $C_{шт}^- = 5200$ Н/мм.

Висновки. Виконано порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень штанги постійної довжини. Аналізуючи отримані результати в ході проведення теоретичних та експериментальних досліджень, можна зробити наступні висновки:

При проведенні теоретичних розрахунків встановлено, що жорсткість штанги на розтяг $C_{шт.т}^- = 5950$ Н/мм (видовження штанги $\Delta l/t = 0,874$ мм).

При проведенні експериментальних досліджень на розтяг при зусиллі $P = 5200$ Н штанга видовжилась на $\Delta l_e = 1$ мм. Жорсткість штанги $C_{шт.е}^- = 5200$ Н/мм.

Розбіжність теоретичних та експериментальних даних при розтягу штанги постійної довжини становить 12,6 %.

При проведенні теоретичних розрахунків на стиск встановлено, що жорсткість штанги $C_{шт.т}^+ = 15018$ Н/мм.

З результатів теоретичних розрахунків випливає, що жорсткість штанги на стиск в 2,52 рази більша, ніж на розтяг.

Напрямки подальших досліджень. Теоретичні і експериментальні дослідження розподілу жорсткості МПС по робочій зоні виконавчого органу в верстатах каркасних компоновок.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Александров В.М., Ромалис Б.Л. Контактные задачи в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1986. – 176 с.
2. Афонин В.Л., Подзоров П.В., Слепцов В.В. Обработка оборудования на основе механизмов параллельной структуры / Под общей редакцией В.Л. Афонина. М.: Учебное пособие. Издательство МГТУ СТАНКИН, Янус – К., 2006. – 452 с.
3. Глазунов В.А., Колисков А.Ш., Крайнев А.Ф. Пространственные механизмы параллельной структуры. – М.: Наука, 1991.
4. Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Склярів Р.А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449 с.
5. Кузнецов Ю.М., Дмитрієв Д.О., Діневич Г.Ю. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури / Під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456 с.
6. Корнілов О.А. Опір матеріалів: Підруч. для студ. техн. спец. вищ. навч. закл. – 3-е вид., перероб. і доп. – К.: Логос, 2003. – 551 с.
7. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность. Руководство и справочное пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. Под ред. С.В. Серенсена. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.
8. Серков Н.А., Вайнштейн И.В., Мерзляков А.А., Сироткин Р.О. Результаты экспериментальных исследований механизма параллельной структуры на примере станка «Гексамех-1» // Вестник научно-технического развития Национальная Технологическая Группа. – 2008. – №.5 (9). – С. 67-88.
9. Струтинський В.Б., Кириченко А.М. Теоретичний аналіз жорсткості шестикоординатного механізму паралельної структури // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2009. – № 57. – С. 198 -207.
10. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., Машиностроение, 1983. – 277 с.
11. <http://www.plm.automation.siemens.com/ru.ru>.

ДМИТРИЄВ Дмитро Олексійович – к.т.н., доцент Херсонського національного технічного університету, докторант НТУУ "Київський політехнічний інститут".

Наукові інтереси:

– розвиток теорії проектування і композитики верстатів з паралельною кінематикою.

ФІРАНСЬКИЙ Володимир Борисович – аспірант кафедри конструювання верстатів і машин НТУУ "Київський політехнічний інститут".

Наукові інтереси:

– створення високопродуктивних і високоточних інструментальних систем для верстатів з паралельною кінематикою, конструктивне вдосконалення їх вузлів і елементів.

УДК 629.735.45(045)

В.Н. Казак, А.Г. Огырь

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЕРТОЛЕТА В РЕЖИМЕ ВИСЕНИЯ

У рамках даної роботи представлено шляхи підвищення стійкості вертольота в режимі висіння. У роботі розглянуто характеристики стійкості та керованості вертольота в режимі висіння в залежності від схеми розташування несучих гвинтів. На основі проведеного аналізу визначено основний метод підвищення динамічної стійкості.

З метою ефективного управління вертольота в режимі висіння виділено шляхи, що підвищують демпфірування, а отже, і динамічну стійкість вертольота.

Введение. В настоящее время, согласно данным специалистов, вертолеты составляют около 40-50% парка всех летательных аппаратов мира, находящихся в эксплуатации. Темпы роста парка гражданских вертолетов составляют около 15% в год. Столь широкое распространение вертолеты получили благодаря определенным преимуществам по сравнению с другими типами летательных аппаратов.

Актуальность исследований. Актуальность данного исследования связана с тем фактом, что на сегодняшний день дальнейшее совершенствование вертолетной техники повышает конкурентоспособность ее применения по сравнению с самолетами в транспортных перевозках на малые и средние расстояния, а также с другими видами транспорта. При этом именно повышение устойчивости вертолета на режиме висения является одним из основных пунктов улучшения системы управления вертолета в целом.

Постановка задач. В процессе исследования были поставлены следующие задачи:

- исследовать режим висения вертолета;
- проанализировать устойчивость вертолета на режиме висения;
- выявить пути повышения устойчивости вертолета на режиме висения.

Вертолет – это летательный аппарат, который может взлетать вертикально вверх без разбега и совершать вертикальную посадку без пробега, неподвижно висеть в воздухе, допуская поворот вокруг вертикальной оси в любую сторону, производить полет в любом направлении со скоростями от нуля до максимальной. При вынужденной остановке двигателей в полете вертолет может совершить планирующий спуск и посадку, используя самовращение (авторотацию) несущих винтов [1].

Среди этих преимуществ вертолета над другими летательными аппаратами одним из важнейших является способность вертолета держаться в воздухе на одном месте, т.е. висеть. Движение вертолета в режиме висения можно представить как сумму периодического и аperiodического движений, при этом периодическое движение является неустойчивым с периодом колебаний 15–20 с [2].

Режим висения может быть использован при погрузке или выгрузке грузов в тех случаях, когда приземлиться не представляется возможным или при необходимости вести какие-либо наблюдения с воздуха, находясь на одном месте. Из-за близости земли и неустойчивости вертолета на висении этот режим является одним из наиболее трудных по технике пилотирования.

Вертолет, как и все летательные аппараты, для обеспечения нормального полета должен обладать заданной устойчивостью и управляемостью.

Под устойчивостью вертолета будем понимать его способность без вмешательства со стороны летчика восстанавливать равновесие, нарушенное какой-либо внешней причиной или внутренними процессами, иными словами, способность вертолета самостоятельно сохранять заданный режим полета.

Вертолеты обладают плохими характеристиками устойчивости и управляемости. Например, в режиме поступательного полета производные моментов демпфирования и устойчивости по скорости изменяются незначительно, однако здесь сказывается влияние производной момента по углу атаки, приводящее к неустойчивости продольного движения вертолета. При поступательном полете движение крена, как и на самолете, сильно связано с движением рыскания. Крен вертолета вызывает боковую скорость, которая приводит к появлению угла скольжения. Из-за производных моментов по углу скольжения боковое движение вертолета при достаточно больших скоростях устойчиво [3].

В области малых скоростей движение вертолета более неустойчиво, чем на режиме висения. На режиме висения вертолет статически устойчив по углам крена и тангажа, а также продольной и боковой составляющим воздушной скорости.

Этого однако нельзя сказать о динамической устойчивости. При парировании возмущений движение вертолета к исходному положению носит характер расходящихся колебаний, т.е. на режиме висения вертолет динамически неустойчив.

По углу рыскания и высоте полета вертолет на режиме висения нейтрален [3].

Вследствие инерции вращательного и махового движения лопастей одновинтового вертолета происходит некоторое отставание наклона конуса вращения от наклона вала. Этот угол отставания создает демпфирующий момент, противодействующий к наклону всего вертолета и, следовательно, уменьшающий колебательные движения и улучшающий динамическую устойчивость вертолета. Здесь уместно отметить, что наклон оси конуса вращения относительно конструктивной оси винта, повышающий статическую устойчивость несущего винта по скорости, является причиной ухудшения динамической устойчивости вертолета [4].

У вертолета с продольным расположением несущих винтов можно говорить о лучшей устойчивости в продольном направлении, чем у одновинтового вертолета классической схемы, так же как у вертолета с поперечным расположением винтов – лучшей устойчивости в поперечном направлении. У этих вертолетов за счет больших плеч тяг винтов при колебательных движениях будут возникать большие дополнительные демпфирующие моменты относительно центра тяжести, которые подобны демпфирующим моментам, возникающим при вращательном движении обычного самолета [4].

В связи с этим на вертолете, в первую очередь, нужно решать задачу обеспечения устойчивого движения при пилотировании. Отсюда следует, что обязательный элемент вертолетных систем управления – подсистема повышения устойчивости, которую целесообразно не выключать в течении всего времени полета, от взлета до посадки.

Часто основным элементом автоматического стабилизирующего управления вертолета является гироскоп. Поскольку сам по себе несущий винт можно рассматривать как гироскоп, возможно использование стабилизирующего гироскопа, который воспринимал бы те же инерционные силы, которые действуют и на несущий винт. Такая система стабилизации может быть целиком механической, либо она может использовать гироскоп в качестве датчика, управляющие сигналы которого обрабатываются электрогидравлическими приводами [5].

Рассмотрим далее несущий винт со стабилизирующим гироскопом, где в качестве обратной связи используются моменты на втулке. Такая система может быть применена на безшарнирном несущем винте для парирования больших моментов на втулке, вызываемых порывами ветра. Момент на втулке безшарнирного винта равен [6]:

$$\begin{bmatrix} -\gamma \frac{2C_{M_y}}{\sigma\alpha} \\ \gamma \frac{2C_{M_x}}{\sigma\alpha} \end{bmatrix} = (v^2 - 1) \begin{bmatrix} \beta_{yx} \\ \beta_{ys} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $\gamma \frac{2C_T}{\sigma\alpha}$ – балансировочное значение коэффициента тяги,

M_y, M_x – моменты по тангажу и крену соответственно,

v – частота махового движения лопастей,

$\begin{bmatrix} \beta_{yx} \\ \beta_{ys} \end{bmatrix}$ – низкочастотная реакция гироскопа.

Обратная связь по моменту на втулке эквивалентна обратной связи по наклону плоскости концов лопастей. Момент на втулке или наклон плоскости концов лопастей передается на гироскоп, создавая на последнем моменты [6]:

$$\begin{bmatrix} M_{yx} \\ M_{ys} \end{bmatrix} = K_\beta \begin{bmatrix} \cos \Delta\psi_\beta & -\sin \Delta\psi_\beta \\ \sin \Delta\psi_\beta & \cos \Delta\psi_\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{yx} \\ \beta_{ys} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где K_β – коэффициент усиления обратной связи;

$\Delta\psi_\beta$ – угол опережения управления.

Таким образом, в результате действия момента на втулке создается наклон плоскости управления, пропорциональный наклону плоскости гироскопа, т.е. управление несущим винтом осуществляется так, чтобы парировать момент на втулке, возникший из-за внешних возмущений. Эта обратная связь, однако, уменьшает эффективность управления и демпфирование несущего винта, которые также создаются моментами на втулке. Но гироскоп может воспринимать угловые скорости вертолета и тем самым вводить демпфирование по тангажу и крену. При управлении же летчик может непосредственно прикладывать моменты к гироскопу [6]. Проанализируем характеристики подобной системы с обратной

связью по наклону плоскости концов лопастей с использованием низкочастотной модели гироскопа и несущего винта. Основные черты поведения такой системы видны и при рассмотрении шарнирного винта.

Безшарнирный винт обеспечивает более высокую эффективность управления, чем шарнирный, и еще более высокое демпфирование по тангажу и крену. Большое демпфирование связано с повышенной чувствительностью к порывам ветра, так что скоростной вертолет с безшарнирным винтом часто нуждается в какой-либо автоматической системе управления для подавления влияния порывов ветра.

Низкочастотная реакция шарнирного винта ($\nu=1$) на режиме висения равна:

$$\begin{bmatrix} \beta_{lc} \\ \beta_{ls} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\theta_{ls} \\ \theta_{lc} \end{bmatrix} + 8M_{\mu} \begin{bmatrix} \dot{x}_{am} - u_n \\ \dot{y}_{am} + v_n \end{bmatrix} + \frac{16}{\gamma} \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_y \\ -\dot{\alpha}_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_x \\ \dot{\alpha}_y \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Низкочастотная реакция гироскопа с демпфированием во вращающейся системе координат определяется соотношением [6]:

$$\begin{bmatrix} \beta_{zc} \\ \beta_{zs} \end{bmatrix} = -\frac{1}{C_{gp}\Omega_z} \begin{bmatrix} M_{zx} \\ M_{zy} \end{bmatrix} + \frac{2I_z}{C_{gp}} \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_y \\ -\dot{\alpha}_x \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где C_{gp} – механическое демпфирование движения гироскопа относительно вала;

Ω_z – угловая скорость гироскопа;

α_y, α_x – углы отклонения вала по тангажу и крену соответственно;

I_z – момент инерции.

Для шарнирного винта наклон плоскости управления пропорционален наклону плоскости гироскопа без фазового сдвига:

$$\begin{bmatrix} -\theta_{ls} \\ \theta_{lc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\theta_{ls} \\ \theta_{lc} \end{bmatrix}_{упр} + K_z \begin{bmatrix} \beta_{zc} \\ \beta_{zs} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Моменты, приложенные к гироскопу, пропорциональны наклону плоскости концов лопастей, также без фазового сдвига [6]:

$$\begin{bmatrix} M_{zx} \\ M_{zy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{zx} \\ M_{zy} \end{bmatrix}_{упр} + K_{\beta} \begin{bmatrix} \beta_{lc} \\ \beta_{ls} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

При учете моментов, прикладываемых летчиком для управления несущим винтом, полный закон управления для системы (с применением низкочастотной модели гироскопа) имеет вид:

$$\begin{bmatrix} -\theta_{ls} \\ \theta_{lc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\theta_{ls} \\ \theta_{lc} \end{bmatrix}_{упр} + K_z \left\{ \frac{2I_z}{C_{gp}} \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_y \\ -\dot{\alpha}_x \end{bmatrix} - \frac{1}{C_{gp}\Omega_z} \left(K_{\beta} \begin{bmatrix} \beta_{lc} \\ \beta_{ls} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M_{zx} \\ M_{zy} \end{bmatrix}_{упр} \right) \right\}. \quad (7)$$

Полный коэффициент усиления по наклону плоскости концов лопастей равен $\frac{K_z K_{\beta}}{C_{gp}\Omega_z}$. Моменты

на гироскопе не должны быть большими, поэтому усиление должно создаваться за счет $\frac{K_z}{C_{gp}}$, а не K_{β} .

Желательно поэтому иметь низкое, но конечное демпфирование во вращающейся системе координат и высокое передаточное число от наклона плоскости автомата перекося к наклону плоскости гироскопа. После подстановки закона управления [6] получаем следующую реакцию махового движения:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \beta_{Ic} \\ \beta_{Is} \end{bmatrix} = \frac{1}{1+K} \left\{ \begin{bmatrix} -\theta_{Ic} \\ \theta_{Ic} \end{bmatrix}_{\text{упр}} + 8M_{\mu} \begin{bmatrix} \dot{x}_{cm} - u_n \\ \dot{y}_{cm} + v_n \end{bmatrix} + \frac{16}{\gamma} \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_y \\ -\dot{\alpha}_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_x \\ \dot{\alpha}_y \end{bmatrix} \right\} - \\ - \frac{K}{1+K} \frac{1}{K_{\beta}} \begin{bmatrix} M_{zx} \\ M_{zy} \end{bmatrix}_{\text{упр}} + \frac{K}{1+K} \frac{2I_z \Omega_z}{K_{\beta}} \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_y \\ -\dot{\alpha}_x \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $K = \frac{K_z K_{\beta}}{C_{\text{вр}} \Omega_z}$.

При большом K имеем:

$$\begin{bmatrix} \beta_{Ic} \\ \beta_{Is} \end{bmatrix} = -\frac{1}{K_{\beta}} \begin{bmatrix} M_{zx} \\ M_{zy} \end{bmatrix}_{\text{упр}} + \frac{2I_z \Omega_z}{K_{\beta}} \begin{bmatrix} \dot{\alpha}_y \\ -\dot{\alpha}_x \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Таким образом, система управления с обратной связью по моменту на втулке уменьшает прямую реакцию несущего винта на отклонение управления, движения вала и порывы ветра. При этом реакция на непосредственное изменение циклического шага уменьшена, но винтом можно управлять, прикладывая моменты к гироскопу.

Характеристики винта с обратной связью по моменту на его втулке подобны характеристикам бесшарнирного винта. Обратная связь уменьшает реакцию винта на внешние возмущения и сами силы на несущем винте, обусловленные движением вертолета (а также устойчивость по скорости и неустойчивость по углу атаки), но обеспечивает демпфирование угловых перемещений, заменяющее демпфирование от несущего винта [6].

Для улучшения устойчивости вертолета может быть использована упругая деформация кручения лопасти под воздействием инерционных и аэродинамических шарнирных моментов при надлежащем смещении центра масс и центра давления сечения лопасти относительно центра жесткости. К примеру, смещение центра масс сечения вперед увеличивает демпфирование вертолета по тангажу. При вращении вертолета и несущего винта по тангажу с угловой скоростью θ_B в сечении лопасти, перемещающемся со скоростью Ω_B , действует кориолисова сила, направленная вниз на наступающей стороне и вверх – на отступающей. Эта сила, приложенная в центре масс лопасти, создает шарнирный момент. Реакция на кручение лопасти при смещении центра масс вперед относительно центра жесткости соответствует изменению циклического шага с частотой оборотов, такому же, как и при отклонении продольного управления ($\theta_{Is} < 0$ при $\theta_B > 0$), что означает увеличение продольного демпфирования [6].

Еще одним из вариантов повышения устойчивости вертолета в режиме висения может быть применение многофункционального хвостового оперения. Сущность данного метода заключается в установке вдоль одного борта хвостовой балки вертолета продольных ребер жесткости. Они прикреплены поперечными накладками к хвостовой балке через упругодиссипативные прокладки. Внутреннее трение материала прокладок обеспечивает гашение изгибных волн на хвостовой балке. Комбинация пространственной установки ребер позволяет демпфировать как вертикальные, так и горизонтальные колебания. Кроме того, на висении и малых скоростях полета ребра создают парирующий момент, частично компенсирующий реактивный момент несущего винта [7].

Результаты исследований. Главным средством улучшения динамической устойчивости является создание демпфирующих моментов.

В качестве же средств, повышающих демпфирование, а следовательно, и динамическую устойчивость вертолета, могут быть использованы:

- изменение массовой характеристики лопасти за счет ее утяжеления, играющее очень существенную роль в устойчивости вертолета;
- подбор аэродинамически более устойчивых профилей лопасти, рациональная конструкция лопасти и т.д.;
- введение в систему управления лопастями различных гироскопических сервоуправляющих устройств;
- увеличение момента инерции фюзеляжа, т.е. увеличение разнеса масс частей вертолета, которое несколько повышает динамическую устойчивость.

Выводы. Таким образом, на вертолете, в первую очередь, нужно решать задачу обеспечения устойчивости вертолета в различных режимах полета. Поэтому при построении системы управления вертолетов большое внимание должно уделяться надежности подсистемы повышения устойчивости.

Основным же методом повышения динамической устойчивости на режиме висения является создание демпфирующих моментов, которое достигается рядом средств. Демпфирование хотя и снижает эффективность управления, но оказывается весьма полезным с точки зрения динамической устойчивости вертолета: чем больше демпфирование, тем устойчивее вертолет.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов Ю.С., Михеев Р.А., Скулков Д.Д. Конструкция вертолетов. – М.: Машиностроение, 1990. – 270 с.
2. Голованов Н.А., Зайцева Н.А., Кочнева Е.В., Ткачева Т.П. Двухступенчатый фильтр для решения задачи “висение” // Авиакосмическое приборостроение. – М.: Научтехлитиздат. – 2002. – № 5. – С. 31-35.
3. Дмитриев И.С., Есаулов С.Ю. Системы управления одновинтовых вертолетов. – М.: Машиностроение, 1969. – 220 с.
4. Загордан А.М. Элементарная теория вертолета. – М.: Военное издательство обороны СССР, 1955. – 212 с.
5. Чорней Н.Б., Чорней Р.К. Теорія систем і системний аналіз. – К.: МАУП, 2005. – 256 с.
6. Джонсон У. Теория вертолета: в 2-х книгах; пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – Кн. 2. – 502 с.
7. Патент № 2186711 Российской Федерации. Многофункциональное хвостовое оперение одновинтового вертолета / Дудник В.В. – опубл. 11.05.2006.

КАЗАК Василий Николаевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и энергоменеджмента механико-энергетического факультета Аэрокосмического института, Национальный авиационный университет, г. Киев.

Научные интересы:

– техническая кибернетика (системы навигации, управления, автоматизированные системы контроля) и системные методы сохранения живучести летательных аппаратов в особенных ситуациях в полете.

ОГЫРЬ Анна Геннадиевна – магистр, Национальный авиационный университет, г Киев.

Научные интересы:

– контроль, диагностика и принятие решений при управлении летательными аппаратами. Интеллектуальные системы при принятии решений.

УДК 621.9.0

С.Г. Кондрашов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕРЛ С РАВНОМЕРНОЙ ЗАГРУЗКОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ

Наведена методика проектування свердел з рівномірною загрузкою різальних кромок з допомогою програмного пакету Solid-Works з дослідженням геометрії різучого клину вздовж різучої кромки

Введение. При эксплуатации режущих инструментов чаще всего наблюдается неравномерный износ вдоль режущих кромок. Причина такого неравномерного износа режущей части заключается в том, что отдельные участки режущих кромок загружены неравномерно. Интенсивный износ имеет место на тех участках, где условия работы наиболее тяжелые. Одной из главных причин неравномерной загрузки пластин является переменная вдоль кромки геометрия режущего клина. Известно, что диапазон изменения передних углов у спирального сверла достигает 60° [1].

Постановка задачи. Решить задачу выравнивания углов вдоль кромки при проектировании инструментов можно с помощью современных программных пакетов, таких, например, как Solid Works. При этом отпадает необходимость в сложных и громоздких аналитических расчетах по определению углов в текущих точках при многовариантных решениях, достигается визуализация и оперативность проектирования.

Основные положения. Попытка решить задачу проектирования сборного сверла, оснащенного тремя неперетачиваемыми пластинами с различной геометрией и которое имело бы постоянные углы вдоль режущей кромки, предпринята в настоящей работе. На рисунке 1 показано сечение периферийной пластины в главной секущей плоскости в точке, максимально отстоящей от оси сверла, на рис. 2 и 3 – сечения в средней и максимально приближенной к оси сверла точках той же пластины. Необходимые углы достигнуты сочетанием углов стандартных пластин и углов установки в корпусе. В правом нижнем углу рисунков на инсталляциях со стороны задней поверхности обозначена текущая исследуемая точка кромки.

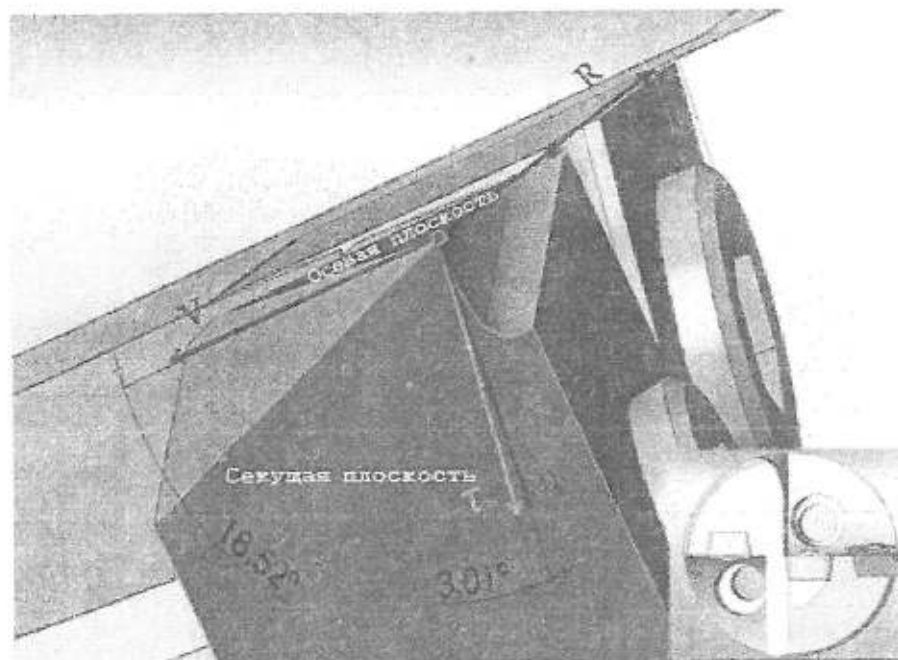


Рис. 1. Геометрия периферийной точки, $\gamma = 3^\circ$, $\alpha = 18.52^\circ$

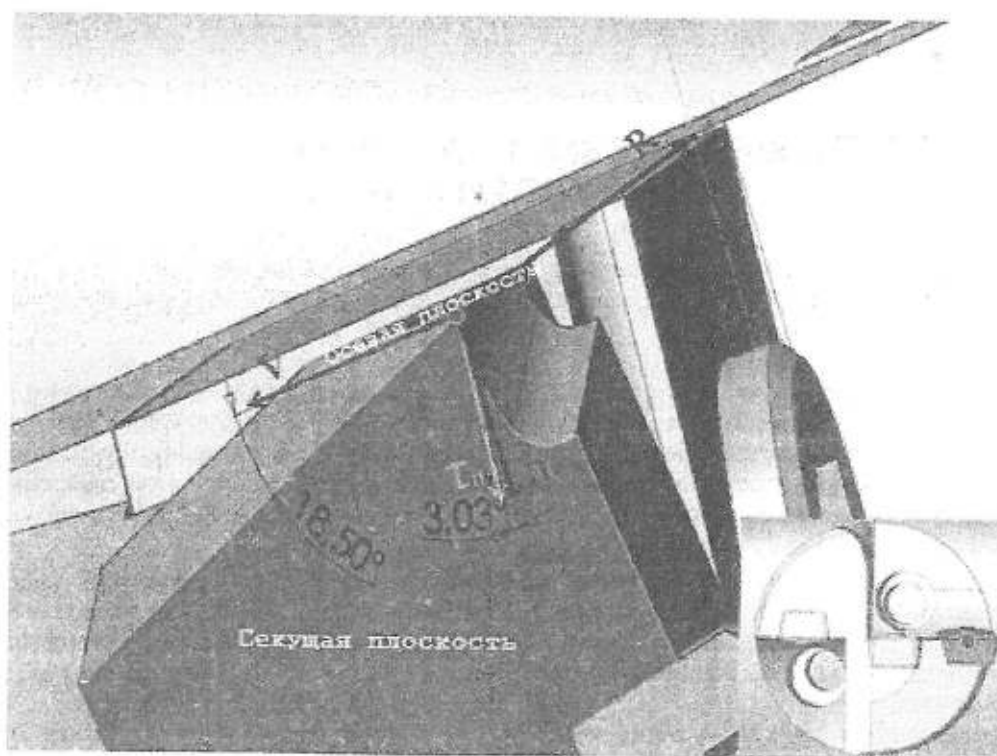


Рис. 2. Геометрия серединной точки, $\gamma = 3^\circ, \alpha = 18,50^\circ$.

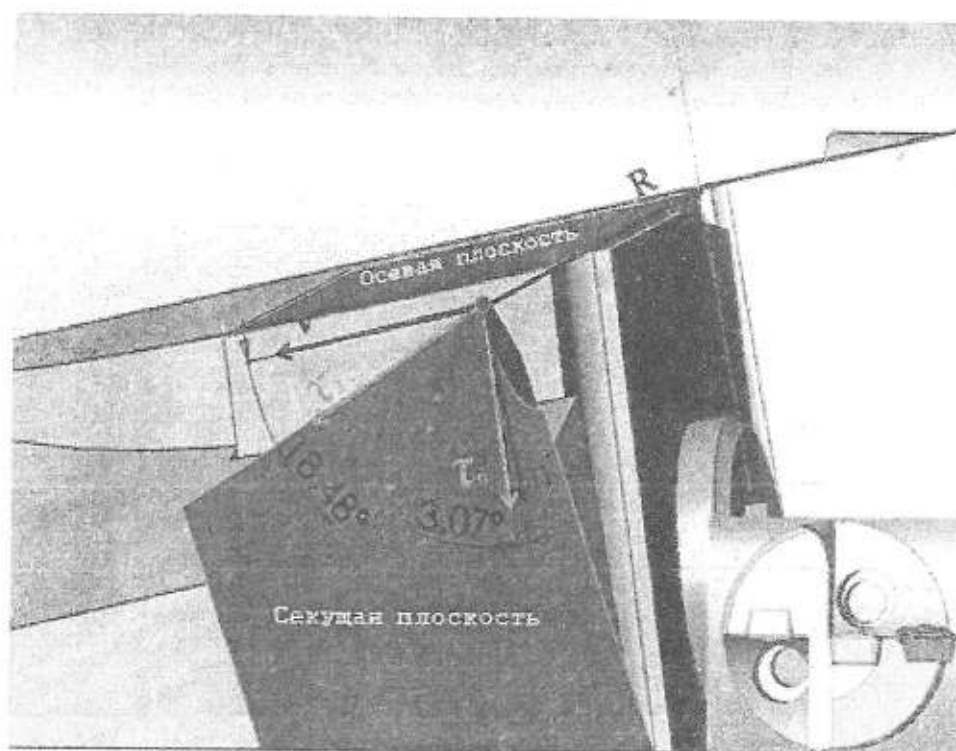


Рис. 3. Геометрия центральной точки, $\gamma = 3^\circ, \alpha = 18,48^\circ$.



Рис. 4. Изменение передних углов вдоль трех пластин

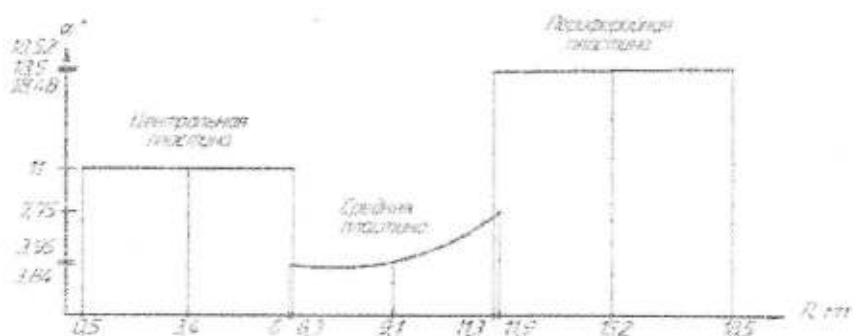


Рис. 5. Изменение задних углов вдоль трех пластин

Как видно из графиков изменения передних и задних углов вдоль режущих кромок периферийной, средней и центральной пластин, приведенных на рисунках 4 и 5, диапазон изменения угла γ не превышает одного градуса, а угла α – пятинадцати градусов. Так как нагрузку определяет величина переднего угла, то можно предположить, что такая конструкция обеспечивает равную нагрузку текущих точек сверла. Однако нагрузка кромок определяется не только геометрией режущего клина [1]. При резании наблюдается взаимное влияние друг на друга различных участков режущих кромок. Так, опыты показывают [2], что стойкость сверл при рассверливании при постоянных режимах резания существенно снижается, если уменьшать диаметр предварительно просверленного отверстия и вводить в работу более длинную режущую кромку. При этом наиболее интенсивный износ наблюдается на периферии сверла, хотя нагрузка этой зоны сверла сохраняется неизменной. Известно также, что улучшение геометрии центральной зоны сверла, например, подточкой поперечной режущей кромки, снижает интенсивность износа периферийной зоны режущих кромок и приводит к соответствующему повышению стойкости инструмента.

Выводы. Для успешного решения задачи создания совершенных конструкций инструментов необходимо знать действительный, обусловленный совокупностью всех действующих факторов, характер нагрузки различных участков режущих кромок. Нагрузка же исследуемой точки режущей кромки при обработке заданной заготовки известным инструментом определяется, кроме геометрии, скоростью резания v , толщиной среза a , а также продолжительностью ее контакта с материалом заготовки, т.е. временем резания и отдыха. При этом на интенсивность износа и стойкость инструмента наиболее сильно влияют скорость резания и в меньшей степени толщина среза.

ЛИТЕРАТУРА:

1. П.Р. Родин Геометрия режущей части спирального сверла. – Киев, Техника, 1971. – 136 с.
2. П.Р.Родин. Основы проектирования режущих инструментов. Киев, Виша школа, 1990. – 420 с.

КОНДРАШОВ Сергей Григорьевич – к.т.н., доцент кафедры машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследования в области металлорежущих инструментов.

УДК 677.023.024(075.8)

А.П. Костокрыз, И.Н. Вильшун, О.Ф. Грифонова

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ФАКТОРОВ МЕХАНИЗМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ВИБРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Отримано рівняння для визначення стійкого технологічного процесу. Визначено коефіцієнт, що враховує відхилення від коливальної стійкості. Запропоновано підшипник, котрий гасить вібрації технологічних систем.

Введение. Одними из наиболее ответственных сборочных единиц технологических систем являются опорные механизмы. Они воспринимают и передают нагрузку, приложенную к валу, и сохраняют заданное положение его оси вращения. К современным технологическим системам предъявляются следующие требования: высокая экономичность, надежность и долговечность, допустимый уровень шума и вибраций. Эти требования не могут быть в полной мере реализованы без совершенствования конструктивных исполнений опор. Применение опорных механизмов скольжения обусловлено простотой конструкции, надежностью в эксплуатации при больших скоростях и нагрузках, бесшумностью в работе и демпфированием колебаний валов. В современных технологических машинах проектируются опорные механизмы, которые должны обеспечивать высокие рабочие параметры и характеристики. Создание опорных узлов, удовлетворяющих этим условиям, невозможно без дальнейшего совершенствования их конструктивных исполнений, экспериментального подтверждения теоретических исследований, принимаемых при разработке инженерных методик, на основе которых создаются новые типы опорных механизмов скольжения.

Известно [1], что ультразвуковые волны высокой интенсивности могут вызвать значительные изменения физического и химического состояния технологической среды. Эффекты, вызываемые высококонцентрированной энергией ультразвуковых волн, могут быть многообразными, а нередко и неожиданными. В среде возникают радиационное и переменное звуковые давления. Следствием этого может быть возникновение акустических потоков, деформаций, термических, механических, электрохимических и других эффектов. Поэтому представляется возможным использовать ультразвуковые колебания для стабилизации протекания различных технологических процессов. При этом необходимо учитывать в теоретических исследованиях коэффициент сжимаемости ультразвуковой волны.

Решение проблемы. Проведены теоретические исследования колебательных процессов технологических систем. Технологический процесс, связанный с конструктивными параметрами машины, представляет собой нелинейную астатическую систему с двумя нелинейностями и описывается уравнениями [2,3]:

$$t\ddot{x} + x\beta + cx_1 = 0; \quad x_1 = k(x\beta); \quad N\ddot{x}_2 + x_3 = F(x_1), \quad (1)$$

где t – постоянная времени загрузки обрабатываемой среды; C – коэффициент усиления процесса преобразования изделия; β – коэффициент сжимаемости ультразвуковой волны; N – постоянная времени процесса преобразования изделия; x – приращение координаты потока технологической среды; $x = x_1(t)$, $\dot{x}_1(t) \equiv dx\beta / dt \neq 0$; $\ddot{x}_2(t) = d^2x\beta / dt^2$ – функции, заданные с помощью параметра t ; $k(x\beta)$ – нелинейная характеристика трения обрабатываемых поверхностей; x_2 – приращение координаты в направлении потока волны ультразвука; x_3 – приращение координаты в направлении перемещения обрабатываемого инструмента; $F(x_1)$ – нелинейная характеристика зоны, с наложением механического воздействия.

В рассматриваемом математическом описании, с учетом первоначального условия, гармоническая линеаризация нелинейных характеристик $k(x\beta)$ и $F(x_1)$ принимает следующий вид:

$$k(x\beta) = h_s(A) + \frac{p-u}{w} h_c(A) x_1; \quad F(x_1) = h(A) x_3,$$

где $h_s(A) = \frac{1}{\pi A} \int_{-\pi}^{+\pi} k(A \sin z) \sin z dz$;

$$h_c(A) = \frac{1}{\pi A} \int_{-\pi}^{+\pi} k(A \sin z) \cos z dz;$$

$$h(A) = \frac{1}{\pi A} \int_{-\pi}^{+\pi} F(A \sin z) \sin z dz = \frac{4S}{\pi A^2} \sqrt{A^2 - \eta_1^2},$$

здесь h – коэффициент гармонической линеаризации; A – величина пути периодического движения изменяющегося состояния элемента изделия на рассматриваемых конечных участках; η – абсолютное значение входного состояния величины обрабатываемой среды, при котором происходит воздействие на нее внешних и внутренних составляющих; S – амплитуда средних значений колебаний изделия на выходе из воздействующей на него составляющей; ω – значение частоты колебаний обрабатываемой среды; z – переменная интегрирования.

После того, как произведена указанная гармоническая линеаризация, исследование нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих технологическую систему, сводится к исследованию линеаризованного уравнения:

$$\tau N \ddot{x} + (\tau + N) \ddot{x} + \left(1 + \frac{Ch h_c}{\omega}\right) \dot{x} \dot{\beta} + C \left(h_s - \frac{u}{\omega} h_c\right) h x \dot{\beta} = 0.$$

Этому уравнению соответствует характеристическое уравнение:

$$L(p) = \tau N p^3 + (\tau + N) p^2 + \left(1 + \frac{Ch h_c}{\omega}\right) p + C \left(h_s - \frac{u}{\omega} h_c\right) h = 0. \tag{2}$$

Решение линеаризованного дифференциального уравнения может быть произведено так же, как и линейного дифференциального уравнения в полных производных с постоянными коэффициентами. Форма общего уравнения может быть использована для решения линеаризованного дифференциального уравнения, если учесть зависимость p_1, p_2, p_3 от амплитуды отклонений изделий в каждой из рассмотренных рабочих зон технологического процесса $x\beta$. Однако, при инженерных расчетах допускается форму решения уравнения второго порядка (1) принять в таком же виде, как и для дифференциального уравнения второго порядка, что соответствует:

$$p = u + jw, \tag{3}$$

где $p = d/dt$ – оператор дифференцирования.

Для определения решения в принятой форме необходимо и достаточно знать величины $u=u(A)$ и $w = w(A)$. Далее, подставляя (3) в характеристическое уравнение (2) и отдельно приравнявая нулю действительную и мнимую часть характеристического уравнения, после вычислений, получим два основных расчетных уравнений $x=0$ и $y=0$:

$$[L(p)]_{p=u} = \tau N u^3 + (\tau + N) u^2 + u + Ch h_s;$$

$$\left[\frac{\partial L(p)}{\partial p} \right]_{p=u} = 3\tau N u^2 + (\tau + N) u + 1 + \frac{Ch_c h}{w};$$

$$\left[\frac{\partial^2 L(p)}{\partial p^2} \right]_{p=u} = 6\tau N u + 2(\tau + N);$$

$$\left[\frac{\partial^3 L(p)}{\partial p^3} \right]_{p=u} = 6\tau N;$$

$$\left[\frac{\partial^4 L(p)}{\partial p^4} \right]_{p=u} = 0;$$

$$x = R_o L(u + iw) = \tau Nu^3 + (\tau + N)u^2 + u + Ch_s h - w^2(3\tau Nu + \tau N) = 0; \tag{4}$$

$$y = I_m L(u + iw) = 3\tau_1 Nu^2 w + 2(\tau + N)uw + w + Ch_c h - w^3 \tau N = 0. \tag{5}$$

Из уравнений (4) и (5) получаем неизвестные $u(A)$ и $w(A)$. Практически более удобно для дальнейших расчетов эти уравнения заменить двумя другими. Первое уравнение получается путем исключения коэффициента C из уравнения (4) и (5):

$$\frac{w_2(3\tau Nu + \tau + N) - \tau Nu^3 - (\tau + N)u^2 - u}{h_s} = \frac{w^3 \tau N - 3\tau u^2 w - 2(\tau + N)uw - w}{h_c}. \tag{6}$$

Эти уравнения используются в дальнейшем для определения зависимости изменения технологического процесса, выраженного декрементом затухания, от частоты колебания обрабатываемой среды w . Вторым уравнением при расчете колебательных воздействий на изделие во время переходных процессов является уравнение (5), а при определении аperiodических переходных процессов – уравнение (4). С помощью этих уравнений представилась возможность теоретически производить исследование динамики на протяжении всего потока изделий по пути их превращения в готовую продукцию через всю технологическую схему обработки. Кроме того, при исследовании устойчивости технологического процесса необходимо воспользоваться значениями декремента затухания и частоты вынужденных и собственных колебаний [4] обрабатываемой среды. Затем, при указанных условиях, основные расчетные уравнения будут иметь вид:

$$w_0 + Ch_c h - w_0^3 \tau N = 0,$$

$$1 = C \frac{h_c h}{w_0^3 \tau N - w_0}.$$

После умножения обеих частей этого уравнения на одинаковую величину Q , выражающую $Q = h' / h_{кр}$ – параметр, вызывающий отклонения от колебательной устойчивости:

$$Q = Q \frac{Ch_c h}{w_0^2 \tau N - w_0}, \tag{7}$$

где h' – коэффициент гармонической линеаризации на границе колебательной неустойчивости. Далее необходимо в качестве коэффициента h' и $h_{кр}$ принять: $h' = \tau - N / \sigma \tau N$; $h_{кр} = 2S / \pi \eta$. При этом необходимо учесть, что эти значения коэффициентов должны соответствовать условию: $k(x_1) < \beta$, то есть $\eta_2 = 0$. Произведя математические преобразования уравнения (7), получим первое основное уравнение для расчета устойчивого технологического процесса:

$$Q = R(w_0) \psi(A), \tag{8}$$

где $R(w_0) = \frac{-8H\eta_1\eta_2(\tau - N)}{\pi\tau_1(w_0^2\tau N - w_0)}$; H – коэффициент, учитывающий воздействие по производной, то есть

наложение на механическое изменение положения обрабатываемой среды второго импульса ультразвукового воздействия: $\psi(A) = [1 - (b / Ax)] \sqrt{A^2 x_3 - \eta_1^2} (1 / Ax A^2 x_2)$

Второе расчетное уравнение получается после преобразования уравнения (6):

$$h_c(A) = \frac{1}{\pi A} \int_{-\pi}^{+\pi} k(A \sin z) \cos z dz;$$

$$h(A) = \frac{1}{\pi A} \int_{-\pi}^{+\pi} F(A \sin z) \sin z dz = \frac{4S}{\pi A^2} \sqrt{A^2 - \eta_1^2},$$

здесь h – коэффициент гармонической линеаризации; A – величина пути периодического движения изменяющегося состояния элемента изделия на рассматриваемых конечных участках; η – абсолютное значение входного состояния величины обрабатываемой среды, при котором происходит воздействие на нее внешних и внутренних составляющих; S – амплитуда средних значений колебаний изделия на выходе из воздействующей на него составляющей; ω – значение частоты колебаний обрабатываемой среды; z – переменная интегрирования.

После того, как произведена указанная гармоническая линеаризация, исследование нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих технологическую систему, сводится к исследованию линеаризованного уравнения:

$$\tau N \ddot{x} + (\tau + N) \ddot{x} + \left(1 + \frac{Ch h_c}{\omega}\right) \dot{x} \beta + C \left(h_s - \frac{u}{\omega} h_c\right) h x \beta = 0.$$

Этому уравнению соответствует характеристическое уравнение:

$$L(p) = \tau N p^3 + (\tau + N) p^2 + \left(1 + \frac{Ch h_c}{\omega}\right) p + C \left(h_s - \frac{u}{\omega} h_c\right) h = 0. \tag{2}$$

Решение линеаризованного дифференциального уравнения может быть произведено так же, как и линейного дифференциального уравнения в полных производных с постоянными коэффициентами. Форма общего уравнения может быть использована для решения линеаризованного дифференциального уравнения, если учесть зависимость p_1, p_2, p_3 от амплитуды отклонений изделий в каждой из рассмотренных рабочих зон технологического процесса $x\beta$. Однако, при инженерных расчетах допускается форму решения уравнения второго порядка (1) принять в таком же виде, как и для дифференциального уравнения второго порядка, что соответствует:

$$p = u + jw, \tag{3}$$

где $p = d/dt$ – оператор дифференцирования.

Для определения решения в принятой форме необходимо и достаточно знать величины $u = u(A)$ и $w = w(A)$. Далее, подставляя (3) в характеристическое уравнение (2) и отдельно приравнивая нулю действительную и мнимую часть характеристического уравнения, после вычислений, получим два основных расчетных уравнений $x=0$ и $y=0$:

$$[L(p)]_{p=u} = \tau N u^3 + (\tau + N) u^2 + u + ch h_s;$$

$$\left[\frac{\partial L(p)}{\partial p} \right]_{p=u} = 3\tau N u^2 (\tau + N) u + 1 + \frac{Ch_c h}{w};$$

$$\left[\frac{\partial^2 L(p)}{\partial p^2} \right]_{p=u} = 6\tau N u + 2(\tau + N);$$

$$\left[\frac{\partial^3 L(p)}{\partial p^3} \right]_{p=u} = 6\tau N;$$

$$\left[\frac{\partial^4 L(p)}{\partial p^4} \right]_{p=u} = 0;$$

$$x = R_c L(u + iw) = \tau Nu^3 + (\tau + N)u^2 + u + Ch_s h - w^2 (3\tau Nu + \tau N) = 0; \tag{4}$$

$$y = I_m L(u + iw) = 3\tau_1 Nu^2 w + 2(\tau + N)uw + w + Ch_c h - w^3 \tau N = 0. \tag{5}$$

Из уравнений (4) и (5) получаем неизвестные $u(A)$ и $w(A)$. Практически более удобно для дальнейших расчетов эти уравнения заменить двумя другими. Первое уравнение получается путем исключения коэффициента C из уравнения (4) и (5):

$$\frac{w_2 (3\tau Nu + \tau + N) - \tau Nu^3 - (\tau + N)u^2 - u}{h_s} = \frac{w^3 \tau N - 3\tau u^2 w - 2(\tau + N)uw - w}{h_c}. \tag{6}$$

Эти уравнения используются в дальнейшем для определения зависимости изменения технологического процесса, выраженного декрементом затухания, от частоты колебания обрабатываемой среды w . Вторым уравнением при расчете колебательных воздействий на изделие во время переходных процессов является уравнение (5), а при определении аperiodических переходных процессов – уравнение (4). С помощью этих уравнений представилась возможность теоретически производить исследование динамики на протяжении всего потока изделий по пути их превращения в готовую продукцию через всю технологическую схему обработки. Кроме того, при исследовании устойчивости технологического процесса необходимо воспользоваться значениями декремента затухания и частоты вынужденных и собственных колебаний [4] обрабатываемой среды. Затем, при указанных условиях, основные расчетные уравнения будут иметь вид:

$$w_0 + Ch_c h - w_0^3 \tau N = 0,$$

$$1 = C \frac{h_c h}{w_0^3 \tau N - w_0}.$$

После умножения обеих частей этого уравнения на одинаковую величину Q , выражающую $Q = h' / h_{кр}$ – параметр, вызывающий отклонения от колебательной устойчивости:

$$Q = Q \frac{Ch_c h}{w_0^3 \tau N - w_0}, \tag{7}$$

где h' – коэффициент гармонической линеаризации на границе колебательной неустойчивости. Далее необходимо в качестве коэффициента h' и $h_{кр}$ принять: $h' = \tau - N / c\tau N$; $h_{кр} = 2S / \pi\eta$. При этом необходимо учесть, что эти значения коэффициентов должны соответствовать условию: $k(x_1) \times \beta$, то есть $\eta_2 = 0$. Произведя математические преобразования уравнения (7), получим первое основное уравнение для расчета устойчивого технологического процесса:

$$Q = R(w_0) \psi(A), \tag{8}$$

где $R(w_0) = \frac{-8H\eta_1\eta_2(\tau - N)}{\pi\tau_1(w_0^3\tau N - w_0)}$; H – коэффициент, учитывающий воздействие по производной, то есть

наложение на механическое изменение положения обрабатываемой среды второго импульса ультразвукового воздействия: $\psi(A) = [1 - (b / Ax)] \sqrt{A^2 x_3 - \eta_1^2} (1 / Ax A^2 x_2)$

Второе расчетное уравнение получается после преобразования уравнения (6):

$$\frac{w_0^2(\tau + N)}{h_s} = \frac{w_0^2\tau N - w_0}{h_c}, \quad (9)$$

$$\tau N w_0^2 - \frac{h_c}{h_s}(\tau + N)w_0 - 1 = 0. \quad (10)$$

При заданных параметрах технологической системы можно определить из уравнений (8) и (10) величины безразмерного коэффициента Q_0 на соответствующей зоне устойчивости технологического процесса. В связи с тем, что величина Q_0 зависит от амплитуды A_x и A_{x3} , то при расчете необходимо принимать: $A_{x3} = C_0 A_x \beta$, здесь $C_0 = h_s(A_x \beta)$. Поэтому условие устойчивости может быть выражено неравенством $Q > Q_0$. Здесь Q – значение безразмерного коэффициента для фиксированной технологической зоны преобразования обрабатываемой среды при заданных параметрах системы; Q_0 – коэффициент при амплитуде колебаний, соответствующей максимальной величине произведения.

Для гашения вибраций технологических систем разработан подшипник скольжения [5] с автоматическим нагружением. Он представляет собой втулку, разрезанную таким образом, что ее верхняя часть отделена от основной втулки-вкладыша технологически несквозными по длине канавками. Поэтому основная часть в сборочной единице остается без изменения жесткой, так как в ней вырезана только та часть вкладыша, которая имеет соединительное отверстие в зону трения от источника постоянного давления через калиброванные отверстия в поршне и выступы мембраны.

Выводы. Проведены теоретические исследования зависимости изменения технологического процесса от конструктивных факторов механизмов и частоты вибраций обрабатываемой среды. Предложен подшипник скольжения, демпфирующий вибрации технологических систем за счет обеспечения плавности работы, являющейся следствием сближения рабочих поверхностей, то есть толщины смазочной прослойки, подавления виброшумовой активности автоматическим нагружением верхнего вкладыша опоры.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ангелов Г.С. Применение ультразвука в промышленности. Под ред. д.т.н., проф. А.И. Маркова. М., «Машиностроение», 1975. – 240 с. с ил.
2. Костогрыз А.П. Определение рабочих характеристик упруго демпфирующих опор скольжения // Машиноведение АН СССР. – 1987. – №5. – С. 104-110.
3. Костогрыз А.П. Проектирование, расчет, исследование и внедрение подшипников скольжения электрических машин. – Харьков: ХВВАУРЗ. – 1996. – Ч.1. – 320с.
4. Вильшун І.М., Костогрыз О.П. Розрахунок параметрів вібраційних збудників устаткування текстильної промисловості // Вісник ХНТУ. – 2005. – № 3(23). – С. 65-68.
5. Патент 35079А України МКИ F16C 17/12. Опора ковзання з автоматичним навантаженням // Костогрыз О.П., Вильшун І.М. (Україна). – Заявка №99084551 від 10.08.1999., опубл. 15.03.2001. – Бюл. – № 2.

КОСТОГРЫЗ Александр Петрович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой оборудование производств легкой промышленности и бытового обслуживания Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– общее машиностроение.

ВИЛЬШУН Ирина Николаевна – ст. преподаватель кафедры технологии машиностроения Новокаховского политехнического института.

Научные интересы:

– общее машиностроение.

ТРИФОНОВА Ольга Филипповна – к.т.н., доцент, заведующая кафедрой технологии машиностроения Новокаховского политехнического института.

Научные интересы:

– общее машиностроение.

УДК 628.161

К.В. Луняка, В.Я. Казюк, О.В. П'ятак

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХІМВОДООЧИЩЕННЯ НА ХЕРСОНСЬКІЙ ТЕЦ

Розглядається використання протитечійної схеми регенерації іоніту з включенням у схему установки оберненого осмосу при підготовці води в умовах Херсонської ТЕЦ.

Вступ. Розвиток такої специфічної галузі хімічної технології, як обробка води на теплових електричних станціях свідчить про важливість цієї операції. Однією зі стадій водопідготовки є видалення з неї солей – знесолення. Від правильного вибору схеми та обладнання для знесолення залежить якість підготовки води і економічні затрати на проведення цього процесу. В умовах економічної кризи, коли підприємства повинні особливо ретельно рахувати витрати на хімматеріали, обладнання, енергію тощо, і, зокрема, на регенерацію іонітів, грамотна побудова схеми водопідготовки забезпечує високу якість проведення цього процесу при мінімальних витратах.

Постановка задачі. У зв'язку зі сказаним, у даній роботі пропонується аналіз існуючих схем водопідготовки і пропозиція щодо їх використання в умовах Херсонської ТЕЦ.

Аналіз проблеми. Найбільш часто знесолення води проводять методом іонного обміну. Ця операція може проводитися в одну, дві, три ступені або з використанням змішаного шару іонітів. У кожній ступені вода послідовно очищається спочатку на катіоніті в Н- або Na-формі (при цьому витягуються всі катіони, що знаходяться у воді), а потім на аніоніті в ОН-формі (при цьому витягуються аніони).

Високий ступінь очищення можна забезпечити в одному апараті з сумішшю катіоніту в Н-формі і аніоніту в ОН-формі, тобто фільтри змішаної дії. В цьому випадку відсутній протиіонний ефект, і з води за один прохід через шар суміші іонітів витягуються всі іони, що знаходяться в розчині. Очищений розчин має нейтральне рН і низький солеміст, приблизно в 5-10 разів нижчий, ніж на одному ступені іонного обміну.

Після насичення іонітів солями жорсткості для їхньої регенерації суміш іонітів необхідно заздалегідь розділити на чисті катіоніт і аніоніт (вони, як правило, мають деяку відмінність по густині). Розділення може проводитися гідродинамічним методом або шляхом заповнення фільтру концентрованим 18 %-ним розчином лугу.

Через складність операцій розділення суміші іонітів і їхньої регенерації такі апарати використовуються в основному для очищення малосолоних вод, наприклад, контурних, для глибокого доочищення води, знесоленої на роздільних шарах іонітів або зворотним осмосом, тобто в тих випадках, коли регенерація проводиться рідко, або іоніти застосовують для отримання надчистої води з опором, близьким до 18 МОм/см, в енергетиці і мікроелектроніці – там, де ніякі інші способи не можуть забезпечити задану якість [1].

Регенерація найбільш поширеного катіонітового матеріалу – сульфовугілля, досягається пропусканням 5-10 %-го розчину хлориду натрію. В результаті вказаної регенерації дія сульфовугілля відновлюється [2].

Найбільше поширення в нашій країні набула технологія хімічного знесолення води на базі іонітових фільтрів при прямотечійній регенерації. Ця технологія застосовується вже декілька десятиліть і показала себе цілком надійною для вод малої і середньої мінералізації.

Посилювання екологічних вимог до водопідготовки з одного боку, погіршення якості оброблюваної води з іншого, дорожчання реагентів, іонітів і високі експлуатаційні витрати призвели до вдосконалення традиційних і створення нових схем знесолення.

Різноманітні пропозиції по вдосконаленню технології хімічного знесолення води на теплових електростанціях можна розділити на 2 групи:

- вдосконалення технології хімічного знесолення на базі діючих установок з метою скорочення витрати реагентів і стоків;

- розробка схем хімічного знесолення на основі нових фільтрів і методів іонного обміну.

Одним з простих способів зменшення витрати реагентів є повторна регенерація, коли розчин регенерації подається спочатку на другий ступінь, а потім цей самий розчин – на перший.

Суттєвого покращення якості підготовки води можна добитися шляхом правильного вибору схеми регенерації іонітів [3].

Якщо розчин регенерації і вода проходять шар іоніту в одному напрямку, то говорять про прямотечійну регенерацію. Протитечійна регенерація передбачає проходження розчину регенерації через шар іоніту в напрямку, протилежному пропуску води.

Прямотечійна регенерація створює найбільш невигідні умови для процесу зм'якшування, оскільки води з найбільшою концентрацією солей жорсткості, для грубого видалення яких достатній навіть неглибоко відрегенований іоніт, проходять найбільш відрегеновані шари катіоніту. І, навпаки, зм'якшувана вода, в якій різко знижена концентрація іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , і для подальшого зниження концентрації яких необхідне збільшення глибини регенерації іоніту, проходить через ділянки погано відрегенованого іоніту. Тому необхідне забезпечення достатньої глибини регенерації всього шару іоніту, що обумовлює витрату солі на регенерацію з 4-6 кратним надлишком. Причому, необхідна якість води в окремих випадках при цьому не досягається, що обумовлює необхідність установки другого ступеня іонування.

При протитечії, наскільки погано не були б відрегеновані останні по ходу солі і перші по ходу води шари іоніту, вони забезпечать початкове грубе видалення солей жорсткості з води. Нижній шар іоніту завжди добре відрегенований, що забезпечує велику глибину зм'якшування води навіть при витраті солі, близької до теоретичної.

Для реалізації прямотечійного і протитечійного іонування існують два типи фільтрів: прямотечійні (паралельнотечійні) і протитечійні. В даний час в країнах СНД, на відміну від країн далекого зарубіжжя, застосовуються частіше прямотечійні фільтри, які конструктивно дещо простіші протитечійних, проте це є єдиною їхньою перевагою.

Порівняльний аналіз показує, що:

- залишкова жорсткість після зм'якшування води в одну ступінь вища, ніж після протитечійних (50-100 мкекв/л і 5-15 мкекв/л відповідно);
- витрата солі на регенерацію катіоніту на 50-70 % вища, ніж на протитечійних (220 г/г-екв і 130 г/г-екв відповідно);
- витрата води на власні потреби вища на 30 %;
- продуктивність протитечійного фільтру в 1,5 рази вища за продуктивність прямотечійного фільтру такого ж діаметру.

Для діючого підприємства, такого, як Херсонська ТЕЦ, представляє інтерес удосконалення технології хімізнесолення шляхом застосування в схемах іонообмінного знесолення і зм'якшування води протитечійних фільтрів [1]. Основна особливість протитечійної технології полягає у тому, що оброблювана вода і розчин регенерації пропускається через іонітове завантаження у взаємно протилежних напрямках. При русі розчину регенерації через шар іоніту знизу наверх гранули іоніту переходять у зважений шар, при цьому спостерігається омивання кожної частинки розчином, поверхня масообміну зростає, і, відповідно, збільшується ефективність регенерації іоніту. При такій схемі оброблювана вода перед виходом з фільтру стикається з глибоковідрегенованими шарами іоніту, внаслідок чого забезпечується підвищена якість фільтрату. Така технологія регенерації дозволяє інтенсифікувати роботу устаткування, підвищити ефективність використання іонітів, скоротити число ступенів обробки (одна ступінь фільтрів забезпечує якість двох традиційних ступенів), а, отже, і кількість устаткування, понизити витрату реагентів на регенерацію, зменшити витрату води на власні потреби і об'єм стоків. Проте при протитечійній регенерації ускладнюється конструкція фільтрів, збільшується інтенсивність регенерації і, як наслідок, кількість перемикачів, що вимагає високої культури обслуговування таких установок, надійної арматури, засобів автоматизації і контролю.

При роботі протитечійних фільтрів в одну ступінь знесолення вдалося одержати знесолону воду за якістю, що відповідає 2-х ступінчастому знесоленню, але з швидкостями вище, ніж при роботі звичайних фільтрів. Використовувалися вітчизняні іоніти марок КУ-2-8 і АВ-17. Питома витрата реагентів склала 1,5+1,8 г-екв/г-екв.

Таким чином, упровадження протитечійної технології на діючому устаткуванні дозволяє одержати воду необхідної якості при меншому числі ступенів іонування (меншому числі фільтрів ланцюжка).

На ХВО ХТЕЦ існуюча установка може бути переобладнана за рахунок реконструкції паралельнотечійних фільтрів на протитечійні та включення у схему установки оберненого осмосу. Тоді схема буде істотно спрощена. У кожному ланцюжку ХВО замість 5 фільтрів залишиться 2, а об'єм іонітового завантаження зменшиться: по катіоніту – з 35 до 15 м³, по аніоніту – з 30 до 15 м³.

Така реконструкція забезпечує значне зменшення експлуатаційних витрат при переході на протитечійну технологію іонування. Проте слід мати на увазі, що рівну надійність отримання необхідної якості знесоленої води при реконструкції ХВО з прямотечійної на протитечійну технологію можна одержати лише при глибокій автоматизації управління і контролю технології знесолення. Дійсно, при спрацьовуванні іонітів починається проскакування іонів, що сорбуються, безпосередньо у знесолону воду. Невчасне відключення блоку фільтрів у регенерацію може викликати неприпустиме погіршення якості знесоленої води. Економія реагентів при ускладненні регламенту регенерації також може бути забезпечена лише автоматизацією управління.

Порівняльна характеристика різних схем з'якшування води методом Na-катіонування наведена у табл. 1.

Конструктивна відмінність протитечійного фільтру від прямотечіного полягає у наявності додаткового (середнього) дренажно-розподільного пристрою. З цієї причини існуючі прямотечіні фільтри можуть бути легко переобладнані в стандартні протитечійні фільтри шляхом монтажу цього пристрою і незначної зміни схеми регенерації.

Сучасними науково-виробничими фірмами освоєно технологію експлуатації і організовано випуск усіх елементів водопідготовчого устаткування, що забезпечують реконструкцію всіх типоразмірів прямотечіних фільтрів у протитечійні.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика схем з'якшування води методом Na-катіонування

Найменування показників	Схеми		
	Існуюча схема Прямотечійне одноступінчасте Na-катіонування	Варіант № 1 Протитечійне одноступінчасте Na-катіонування	Варіант № 2 Протитечійне одноступінчасте Na-катіонування
1. Діаметр фільтру, м	3,0	3,0	3,0
2. Продуктивність фільтру, м ³ /год.	70	70	70
3. Жорсткість вихідної води, мекв/л	2,0	2,0	2,0
4. Жорсткість з'якшеної води, мекв/л	0,3*	0,02	0,02
5. Тип завантаженого катіоніту	Сульфовугілля	Сульфовугілля	Катіоніт КУ-2-8
6. Обмінна ємність, екв/м ³	200	200	950
7. Витрата солі, г/г-екв кг/добу	234 864,5	85 296.4	85 287
8. Витрата води на власні потреби, м ³ /год. (%)	6,3 9	2,5 3,6	0,8 1,1
9. Кількість регенерацій, рег./добу	1,3	1,23	0,25
10. Міжрегенерацийний період роботи одного фільтру, год.	16	18	94

* Враховується тільки перша ступінь регенерації.

Основні переваги реконструйованих протитечійних фільтрів з прямотечіних у порівнянні зі стандартною протитечією (для прямотечії і протитечії на основі схеми «Протитечія», відповідно) наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика схем регенерації іонітів

Характеристика	«Прямотечія»	«Протитечія»
Питома витрата солі	120-300 г/г-екв	75-120 г/г-екв
Залишкова жорсткість	50-100 мекв/л	5-15 мекв/л
Робоча обмінна місткість катіоніту	500-600	1000-1200

У технології «Протитечія» шар іонообмінного матеріалу над середньою дренажною системою, окрім функції блокуючого шару, виконує функції механічного фільтру, що дозволяє захищати основний шар від біобростання і виключити з технологічної схеми механічні фільтри.

Для вод з підвищеною жорсткістю (10 мекв/л і більше) застосування протитечійної регенерації не має альтернативи.

Висновки. Ефективність хімводопідготовки на Херсонській ТЕЦ може бути підвищена шляхом переобладнання існуючої прямотечіної схеми регенерації іонітів на протитечійну та включення у схему установки оберненого осмосу. Це дозволить зменшити кількість фільтрів з п'яти до двох, а об'єм іонітового завантаження: по катіоніту – з 35 до 15 м³, по аніоніту – з 30 до 15 м³, що забезпечить значне зменшення експлуатаційних витрат.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кошлов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 237 с.
2. ГОСТ 52127-2003. Материалы ионнообменные фильтрующие систем очистки водного теплоносителя.
3. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976. – 315 с.

ЛУНЯКА Клара Василівна – д.т.н., професор, завідувач кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія та обладнання хімічних виробництв.

КАЗЮК Володимир Ярославович – магістр зі спеціальності обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія та обладнання хімічних виробництв.

П'ЯТАК Ольга Володимирівна – інженер кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія та обладнання хімічних виробництв.

УДК:502.75(477.72)

В.О. Малєєв

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ПІДТОПЛЕННЯ ТА ЗАТОПЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ ХЕРСОНЩИНИ

Наведено результати досліджень щодо динаміки підтоплення та затоплення територій Херсонської області, узагальнено причини прояву даної екологічної загрози. Розроблено комплекс заходів щодо вирішення розглянутої проблематики.

Вступ. Проблема підтоплення в Україні за своїми масштабами та динамікою розвитку стає великомасштабним просторово-часовим фактором ускладнення умов життєдіяльності та погіршення економічних показників суцільних регіонів і тому набуває ознак національної загрози. За різними оцінками фахівців НАН України вплив підтоплення охоплює до 30% населення України, 60% промислово-міських агломерацій, практично всі розвинуті гірничо-видобувні райони та промислові майданчики діючих АЕС. Виникнення та розвиток даної проблеми в Херсонській області пов'язано, насамперед, з антропогенною діяльністю, а саме будівництвом Каховської ГЕС, потужним розвитком зрошувальних меліорацій та відсутністю штучного дренажу на слабо дренажованих і безстічних ландшафтах в області та іншою водогосподарською діяльністю. Підтоплення та затоплення, як екологічна загроза, пройшли рівні від локального до державного. В той же час, окреслені процеси тісно пов'язані з природними чинниками, у тому числі зі зміною кліматичних умов, аналізом яких займається вже не тільки Всесвітня метеорологічна організація, а також Гідрометеослужба України, Держводгосп України, інші наукові установи й організації.

В історії незалежної України проблема підтоплення в межах області заявила про себе у 1997-1998 роках, як наслідок аномальної кількості опадів. Другий сплеск 2002-2003 роки. Зима 2009-2010 років позначила новий етап прояву даної проблеми. Друга декада лютого місяця (2010 р.) охарактеризувалася затопленням 72 населених пунктів області, в тому числі і міста Херсон. Треба зазначити, що загроза проявила себе, насамперед, як процес затоплення території. Разом з тим відомо, що процеси затоплення та підтоплення взаємопов'язані. Ми маємо право стверджувати, що проблема підтоплення області разом із затопленням перетворилася на системну загрозу, вирішення якої потребує комплексного підходу на рівні держави. Вирішенню надзвичайно актуальної екологічної проблеми області буде сприяти також розробка і впровадження геоінформаційних систем у кризових ландшафтах.

Стан вивчення проблеми. Аналізу причин підтоплення та затоплення територій присвячені праці вчених: П.І. Коваленка, М.І. Ромашенка, А.В. Яценка, В.А. Сташука, Д.П. Савчука, О.І. Жовтоног, П.І. Ковальчука, П.Г. Шищенко, М.І. Клименка, В.О. Ушкаренко, В.В. Морозова, В.В. Колеснікова, В.О. Малєєва та інших. В умовах Херсонської області на землях з високим рівнем залягання підґрунтових вод спостерігаються процеси підтоплення, вторинного гідроморфізму, засолення, осолонцювання ґрунтів тощо. Комплекс факторів, що впливають на формування водного режиму ґрунтів можна класифікувати за такими ознаками: гідрогеологічні; організаційно-господарські; іригаційні; метеорологічні [Ромашенко М.І., 1998; Ушкаренко В.О., 2001; Морозов В.В., 2003; Малєєв В.О., 2009]. До комплексу гідрогеологічних факторів підтоплення належить рівнинний, майже безстічний рельєф агроландшафту, недостатня природна дренажованість території, наявність значних за площею (до десятків тисяч гектарів) замкнених западин рельєфу, так званих подів, у яких акумулюється поверхневий стік [Бойко М.Ф., 1998; Ушкаренко В.О., 2001; Козловський Б.Г., 2002; Морозов В.В., 2003]. Причинами виникнення підтоплення та затоплення також є: наявність у каштанових солонцюватих ґрунтах на глибині 25-35 см практично водонепроникного колоїдно-ліювіального прошарку. Організаційно-господарські фактори включають: будівництво великих магістральних зрошувальних каналів (Північно-Кримський, Краснознам'янський, Каховський) та розподільчої зрошувальної мережі, зменшення природної дренажованості території, відсутність зливової каналізації в населених пунктах і систем відведення поверхневих вод, нерегламентовані поливи присадибних ділянок і так званих "супутників", порушення проектного режиму роботи дренажних систем [Шищенко П.Г., 1999; Ушкаренко В.О., 2001; Морозов В.В., 2003; 2007]. До іригаційних факторів слід віднести фільтраційні втрати частини поливної води з каналів, дощувальної техніки, на зрошуваних полях, що інфільтрується і поповнює підґрунтові води. Такі втрати становлять 15-30 % поданої на територію води. Метеорологічна складова загрози підтоплення територій включає вивчення питання глобальних змін клімату, насамперед, щільності опадів, випаровування, температурного режиму тощо.



Рис. 1. Прояв небезпечного геоекологічного процесу – затоплення на території Нової Маячки (березень 2010 року)

Для вирішення багатьох завдань щодо проблеми підтоплення необхідно знати оцінку середнього часу функціонування природно-техногенної системи до виникнення відмови. З цією оцінкою пов'язане визначення безпечної тривалості певного природного чи антропогенного впливу (наприклад, зрошення) та періодичності проведення профілактичних заходів.

Завдання та методика досліджень. Мета даної роботи – виявлення територіальних особливостей проявів небезпечного процесу підтоплення. При проведенні досліджень нами вирішувались наступні завдання: 1) проаналізувати динаміку зростання підтоплених територій; 2) встановити основні причини, що обумовлюють підтоплення територій; 3) розробити першочергові заходи щодо усунення геоекологічної небезпеки з використанням геоінформаційних технологій. При виконанні досліджень ми використовували математичний, статистичний, порівняльний та картографічний методи.

Результати досліджень. Станом на 2010 рік найбільш потерпають від екзогенного геологічного процесу Каланчацький, Генічеський, Голопристанський райони, на території яких площі підтоплення перевищують 50%. Найменшого шкідливого впливу зазнають Нижньосірогозький, Іванівський, Великолепетиський та Горностаївський райони. В цілому по Херсонській області підтоплені території складають 8453 км² або 30 % від загальної площі. Суцільне (площадне) підтоплення спостерігається в південній, південно-західній та північно-західній (правобережжя, р.Інгулець) частинах області. Зона постійного широкомасштабного підтоплення техногенного характеру – північно-західна частина Херсонської області (18 % у Високопільському та 13 % у Великоолександрівському районах) – безстічна вододільна частина плато, що прилягає до правого берегового схилу р. Інгулець. З природних чинників слід відзначити: низьку дренажність території, високе залягання важких суглинків і глин, наявність подових утворень. На вододільній частині плато між р. Інгулець і Каховським водосховищем південно-східніше р. Інгулець у межах Високопільського, Великоолександрівського та в західній половині Нововоронцовського районів виділяється зона суцільного потенційного підтоплення (з глибиною залягання рівня ґрунтових вод 3-5 м). З розширенням площ зрошення тут можливий приріст площ постійного, а південно-східніше і потенційного підтоплення. Південно-західна частина Херсонської області (дельта Дніпра) з середнім ступенем дренажності, заболочена, перерізна численними рукавами і старицями, є зоною суцільного підтоплення (підтоплено 42% території Білозерського, 63,5% – Голопристанського і 30 % – Цюрупинського районів). Для цієї території характерне посилення існуючої природної схильності до підтоплення за рахунок потужного водогосподарського навантаження.

Ліва приплинна частина Каховського водосховища, для якої характерні сприятливі для розвитку підтоплення природно-техногенні умови, отримує постійно зростаюче техногенне навантаження. На цій

території, а також південно-західніше – уздовж Північно-Кримського каналу, спостерігається площинне підтоплення, внаслідок значного техногенного навантаження. На прилеглих територіях (Цюрупинський район) виділяються площі потенційного підтоплення, де в майбутньому можливий приріст площ постійного підтоплення. Для Скадовського і Каланчацького районів характерне посилення існуючих раніше природно-техногенних факторів розвитку процесу підтоплення, внаслідок потужного водогосподарського навантаження – значної кількості потужних каналів зрошення (Північно-Кримський, Краснознам'янський та ін.). На решті території спостерігається лінійне підтоплення уздовж іригаційних каналів, з утворенням підземних куполів з розтіканням в сторони. Слід відзначити, що в зоні зрошення Херсонської області майже всі траси каналів проходять у широтному напрямку, перетинаючи основний потік підземних вод, що спричиняє інтенсивний підйом їх рівня. Східна частина Херсонської області характеризується сприятливими природно-техногенними умовами для розвитку процесу підтоплення та постійно зростаючим техногенним навантаженням у місцях розташування населених пунктів, у даний час уже підтоплених. Введення нових масивів зрошення в північно-східній частині території Херсонської області (Верхньорогачицький та Нижньосірогозький райони) може спричинити зростання площ постійного і потенційного підтоплення. Аналізуючи вплив зрошення на процеси підтоплення треба відзначити, що співвідношення об'ємів води атмосферних опадів та водоподачі на зрошення протягом 1990-2008 років суттєво знизилось. Кількість зрошувальної води складало залежно від року 3 % (2005р.) – 8 % (2007) від надходжень атмосферних опадів. У той же час, у 1990 році даний показник складав 14%. Динаміку підтоплення територій Херсонської області розглядали, порівнюючи дані 1982, 2001, 2004, 2005, 2006 та 2007 років.



Рис. 2. Динаміка площ підтоплення Херсонської області

У Херсонській області станом на 2006 рік у порівнянні з 1982 роком відзначено приріст площ підтоплення по всіх регіонах. Максимальний приріст площ зафіксований у районах: Генічеському – + 1038 км² (з 23 до 65 %), Новотроїцькому – + 407 км² (з 21 до 38%), Голопристанському – + 528 км² (з 50 до 69%), Бериславському – + 234 км² (з 3 до 18%). Максимальний ріст площ підтоплення спостерігається за рахунок земель, де відбувається інтенсивна водогосподарська діяльність. Отже, з роками території, уражені підтопленням, поступово зростають. Слід очікувати зростання площ підтоплення за рахунок потенційно підтоплених у західній і південній частинах області. В той же час, аналіз даних спостережень показав: у Херсонській області у 2007 році порівняно з 2006 роком рівень підґрунтових вод знизився на 0,03-0,94 м, що пов'язано з кліматичними факторами, насамперед, незначною кількістю опадів та посушливим літом. Першочергові заходи щодо вирішення розглядаємої проблеми підтоплення включають три блоки: наукове обґрунтування шляхів розв'язання проблеми, техніко-технологічні засоби і впровадження геоінформаційних технологій. Виникає нагальна потреба щодо удосконалення методології нормування водокористування з позиції ландшафтного землеробства та сталого розвитку території. Стосовно України проблема нормування водокористування має кілька рівнів: загальнонаціональний, регіональний і локальний. До першого можна віднести: нерациональне використання водних ресурсів, їх обмеженість, нерівномірність розподілу водних ресурсів за

територіями та у часі, неузгодженість розвитку різних видів меліорацій. До регіональних проблем: водогосподарські меліорації Полісся та півдня України, відсутність науково обгрунтованого комплексного використання водних ресурсів за умови альтернативності, забруднення підземних вод. Локальні – проблема підтоплення окремих агроландшафтів, населених пунктів; зниження родючості ґрунтів, відсутність очисних споруд для дренажно-стічних та комунально-побутових стічних вод, зменшення біологічної продуктивності ландшафтів.

Методичні аспекти цієї проблематики вимагають удосконалення концептуальних методологічних аспектів щодо нормування водокористування з позицій соціально-економічного розвитку територій, екологічного стану біосфери та сучасних систем землекористування. Треба відмовитися від традиційного класичного визначення норм подачі води на окрему зрошувану ділянку, або території. Настав час системного підходу до нормування водокористування з урахуванням особливостей ландшафту та сталого (збалансованого) розвитку території. Це передбачає, насамперед, необхідність подальшого розвитку теорії стійкості геосистем.

Першим кроком до визначення стійкості геосистем (в т.ч. зрошуваних) повинна бути регіональна класифікація за показником прояву сучасних негативних інженерно-геологічних процесів. Досвід такого дослідження свідчить про те, що при значному обсязі польових і камеральних робіт результат співвідноситься з обмеженою за площею територією. При екстраполяції оцінок на суміжні природно-територіальні комплекси (ландшафти, геосистеми) втрачається їх основна перевага – достовірність і точність, що унеможливує використання цих оцінок у проектуванні. Надання геосистемі ландшафту певної функції обумовлює заходи по оптимізації адекватної цієї функції природного або природно-антропогенного середовища, що спонукає до збереження або трансформації сучасного ландшафту.

Наступна методична проблема полягає у необхідності визначення: протягом якого часу повинен зберігати стійкість зрошуваний ландшафт та межу своєї стійкості. На жаль, методика одержання таких даних розроблена недостатньо. Виникає нагальна потреба щодо встановлення критерію, який би характеризував ступінь стійкості. Для вирішення багатьох завдань щодо нормування водокористування в умовах ландшафтного землеробства необхідно знати оцінку середнього часу функціонування геосистеми до виникнення відмови. З цією оцінкою пов'язане визначення безпечної тривалості певного антропогенного впливу (наприклад, зрошення) та періодичності проведення профілактичних заходів (промивок зрошуваних агроландшафтів від солей, плантажної оранки, будівництва дренажу тощо). З позиції сучасної екології важливим напрямом оптимізації геосистем є створення мозаїчного ландшафту, котрий включає чергування природних ділянок і антропогенно перетворених. Не менш важливим є питання про механізми стійкості територій (ландшафтів) та окремих його компонентів. Сьогодні воно вивчене недостатньо, але деякі механізми стійкості вже відомі. Усі механізми стійкості поділяють на чотири групи – механізми, що зберігають (стабілізують) стани систем; тип функціонування; структуру; спрямування (траєкторію) руху систем.

Серед механізмів, що зберігають стан ландшафтів та його компонентів, виділяють: інерційність, закритість (замкнутість), проточність системи та негативний зворотний зв'язок. Інерційність систем може бути зумовлена наявністю в них резервної ємності. В усіх випадках, коли стійкість стану залежить від інерції, відбувається незворотне витрачання деякого «запасу», певної якості системи, ефект у цьому разі прямо пропорційний добутку сили впливу на його стійкість і обернено пропорційний запасу маси системи або її ємності. На нашу думку, території області втратили значну частку інерційності щодо процесів підтоплення. Стабілізації стану елементів геосистеми сприяє й ізоляція (або замкнутість) її окремих елементів. У нашому випадку ми повинні інженерними засобами ізолювати геосистеми від надходження надлишкових вод як поверхневих, так і підземних. Інший пасивний механізм стійкості стану систем пов'язаний з так званою проточністю, коли компоненти впливу або його субстанції не затримуються в системі, а виносяться з неї без суттєвих наслідків для системи. Саме ця компонента повинна використовуватися якнайбільше у вигляді дренажування території як елемент системи захисту від підтоплення в умовах Херсонської області.

Окрім розглянутих механізмів стабілізації стану ландшафтів, у деяких випадках діє механізм негативного зворотного зв'язку, коли на вхід системи імпульс, що надійшов, пройшовши по ланцюгу зворотного зв'язку, складається зі зворотним знаком з наступним імпульсом, і початковий стан системи в результаті цього повністю або частково відновлюється. Для абіотичних систем цей механізм близький до термодинамічного принципу Ле Шательє, згідно з яким система змінюється в ході виявленого на неї впливу так, щоб знизити цей вплив і його результат. Серед механізмів стійкості функціонування абіотичних систем перше місце посідає дублювання елементів, що виконують одні й ті ж функції: вихід з ладу одного з елементів дублює інший, і система продовжує функціонувати, як і раніше. Дане положення вкрай необхідно застосовувати для систем дренажу на території області. Найменше вивчені і найскладніші механізми збереження траєкторії розвитку геосистеми, в основі яких фундаментальні геологічні закономірності розвитку літосфери. Таким чином, використовуючи системний підхід та

враховуючи фундаментальні властивості геосистеми, можна реально визначити методологічні засади керованого контролю антропогенного впливу на процеси підтоплення в нашій області.

Першим кроком до визначення стійкості ландшафтів Херсонщини щодо процесів підтоплення повинна бути регіональна класифікація за показником прояву сучасних негативних інженерно-геологічних процесів. Наступна методична проблема полягає у необхідності визначення: протягом якого часу повинна зберігати стійкість геосистема ландшафту та межу своєї стійкості. На жаль, методика одержання таких даних розроблена недостатньо. З позиції сучасної екології важливим напрямом оптимізації геосистем є створення мозаїчного ландшафту, котрий включає чергування природних ділянок і антропогенно перетворених. Перший етап вирішення проблеми включає, на нашу думку, зниження розораності земель у Херсонській області до 40-45%. Другий етап – досягнення оптимальної розораності в області на рівні 28-32%.

Техніко-технологічні засоби вирішення проблеми включають: забезпечення стабільної роботи існуючих дренажних систем; проектування і будівництво нового дренажу на підтоплених с.-г. угіддях з оптимальними параметрами (міждренні відстані 200-300 м, глибина укладання дрен 3-4 м, діаметр дрен 100-150 мм); будівництво дренажу для захисту від підтоплення населених пунктів (основна увага при цьому – горизонтальному дренажу: систематичному, лінійному, променевому, а також застосування відкритих ловчих каналів та нормоване водопостачання та водовідведення населених пунктів); відновлення поблизу населених пунктів природних поверхневих водотоків, ліквідація ставків, дамб та інших підпорних споруд; ревізія технічного стану водопровідно-каналізаційної мережі з метою ліквідації витоків побутових та промислових вод; заборона розміщення "супутників" зрошення поблизу населених пунктів, які зазнають підтоплення; впровадження заходів з посилення охорони від пограбувань дренажних систем і насосних станцій. У цілому, слід відмовитися від стихійних «пожежних» заходів до стратегічно планових превентивних меліоративних заходів. Заходи по зменшенню іригаційного живлення включають: зменшення втрат води із зрошувальних систем і мереж; запровадження водозберігаючих режимів зрошення; припинення зрошення у місцях розташування підів, блюдець, балок, на прибережних територіях, реконструкція водопровідно-каналізаційних мереж.

Впровадження геоінформаційних технологій є пріоритетним напрямком щодо вирішення проблеми підтоплення, бо надає можливість оперативного отримання поточної інформації про гідрогеологічний стан території і своєчасного регулювання водного балансу певної території. Першочергові заходи щодо ГІС-технологій включають визначення ключових точок (моніторингових точок). Такими повинні бути: біосферні заповідники, стаціонари тривалих наукових спостережень, критично підтоплені населені пункти, існуюча мережа спостережних свердловин. На першому етапі повинно бути обладнано близько 1000 моніторингових точок на область. У подальшому бажано вийти на цифру 1 точка на 1 км².

Висновки:

1. Вирішенню надзвичайно складної екологічної проблеми щодо підтоплення та затоплення земель Херсонщини буде сприяти розробка і впровадження геоінформаційних систем моніторингу в кризових ландшафтах.

2. Причини, що викликають підтоплення на півдні України можна поділити на дві групи: природні та техногенні. Основними природними чинниками підтоплення є: кліматичні (погіршення гідрометеорологічних умов і випадання атмосферних опадів, що перевищували середні декадні значення в 2-5 разів); практична безстічність більшості зрошуваних ландшафтів півдня України; дуже слабка природна дренажність території при наявності напірного живлення підґрунтових вод; історично сформована приуроченість багатьох населених пунктів до низин (подам, балкам, долинам рік, берегам озер, морським узбережжям). До техногенних чинників підтоплення відносяться причини, пов'язані із водогосподарською діяльністю людини: приток дренажних вод з боку зрошуваних земель; фільтрація води із зрошувальних каналів, водосховищ, водойм; підпір підґрунтових вод зрошувальними каналами; погіршення технічного стану колекторно-дренажної мережі, нестабільна робота свердловин вертикального дренажу і насосних станцій, зниження дебіту свердловин вертикального дренажу через процеси коагуляції фільтрів; нестабільне енергопостачання дренажних систем; втрати води з водопровідно-каналізаційної мережі, недостатня пропускна спроможність каналізаційної та водовідвідної мережі; асфальтування та забудови території; практична відсутність у населених пунктах постійно діючої зливно-скидної мережі для відводу зливових та талих вод; розміщення "супутників" зрошення у безпосередній близькості від границь населених пунктів.

3. Найбільш потерпають від підтоплення Каланчацький, Скадовський, Голопристанський та Білозерський райони. Найменшого шкідливого впливу зазнають Нижньосірогозький та Іванівський райони. В цілому по Херсонській області підтоплені території складають 8453 км² або 30 % від загальної площі.

4. Сучасні методологічні проблеми нормування водокористування з позиції ландшафтного землеробства вимагають подальшої розробки теорії стійкості та надійності геосистем, організації

мозаїчного ландшафту з обов'язковим застосуванням геоінформаційних технологій, що надають можливість оперативного отримання і обробки поточної інформації щодо гідрогеологічного стану області та регулювати водний баланс територій. Першочерговими завданнями впровадження ГІС-технологій для вирішення проблеми підтоплення є визначення ключових точок (моніторингових точок).

5. Поліпшення гідрогеолого-меліоративного стану територій Херсонської області знаходиться не в напрямі припинення функціонування меліоративного комплексу, а в оптимізації функціонування соціоекосистем, насамперед, сільськогосподарської та водогосподарської складової життєдіяльності.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Комплексна програма захисту від шкідливої дії вод сільських пунктів і сільськогосподарських угідь в Україні у 2001-2005 роках та прогноз до 2010 року. – К.: Державний комітет України по водному господарству, 2000. – 36 с.
2. Купцова Е.Е. Проблема подтопления Херсонщины и опыт её решения: науч. Изд. / Е.Е. Купцова, С.В. Михайлик, В.Д. Михайлик // Окружающая среда и здоровье : эколого-социальные аспекты: Теория и практика / Под ред. Е.Е. Купцовой. – Херсон: ЧП «Комплекавтодор», 2004. – С. 28-29.
3. Малесв В.О. Підтоплення територій: аналіз геоecологічної загрози Херсонщини // Екологічний бюлетень. – 2009. – № 1. – С. 43-47.
4. Про проблеми підтоплення Херсонської області // Матеріали Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції. – Херсон, 1999. – 18 с.
5. Ромащенко М.І., Савчук Д.П. Надзвичайне підтоплення території на півдні України взимку 1998 року (причини та ліквідаційні заходи) // Матеріали Інституту гідротехніки і меліорації УААН. – К., 1998. – 78 с.
6. Ушкаренко В.О., Морозов В.В., Малесв В.О. Оцінка процесів підтоплення геосистем Херсонської області. / Таврійський науковий вісник: Збірник наукових праць. Вип. 69. – Херсон.: Айлант, 2010. – С. 151-161.
7. Шищенко П.Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании. – К.: Фитосоцицентр, 1999. – 284 с.

МАЛЕСВ Володимир Олексійович – к.с.-г.н., доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– економіка природокористування, екологічна безпека, урбоекотолія, водогосподарський комплекс.

УДК 621.919.2(075.8)

А.В. Малыгин, С.Г. Кондрашов,
И.П. Симинченко, Л.В. Лапиков

РАЗРАБОТКА САПР КРУГЛЫХ ПРОТЯЖЕК

В статье представлены функциональные возможности и интерфейс разработанной в ХНТУ САПР «ПРОТЯЖКА-3D» для проектирования круглых протяжек диаметром до 125мм с формированием чертежей, 3D-моделей и технической документации.

Введение. Круглые протяжки являются одним из самых распространенных видов протяжек и вследствие известных преимуществ перед зенкерованием и развертыванием (высокая производительность, совмещение полустойковой и чистой обработки, малый путь резания, высокая стойкость и многое другое) являются одним из самых эффективных инструментов для обработки гладких цилиндрических отверстий. Проектирование протяжек является многовариантной задачей, при этом при равных входных условиях даже при условии использования единой методики (а методик, в свою очередь, существует множество [1,2]), можно получить различные конструкции протяжек. Оптимизация расчетных параметров протяжек является сложной многокритериальной задачей, требующей отдельного рассмотрения.

Постановка задачи. Существующие программы автоматизированного проектирования протяжек охватывают, как правило, только расчетную часть [2,4,5], при этом уровень автоматизации проектирования остается достаточно низким. В данной работе представлена САПР круглых протяжек (ascrobat@ukr.net), позволяющая получить кроме расчетных параметров (шаг, высота зуба, подача, диаметры зубьев, длина и т.д.) чертеж протяжки и её трехмерную модель. Пользователь посредством сравнения полученных вариантов конструкций получает возможность оперативного выбора наиболее приемлемого для конкретных условий варианта протяжки, критерий оптимальности при этом принимается дополнительно.

Решение задачи. На кафедре «Технология машиностроения» Херсонского национального технического университета разработана прикладная САПР «Протяжка-3D» (рис.1).

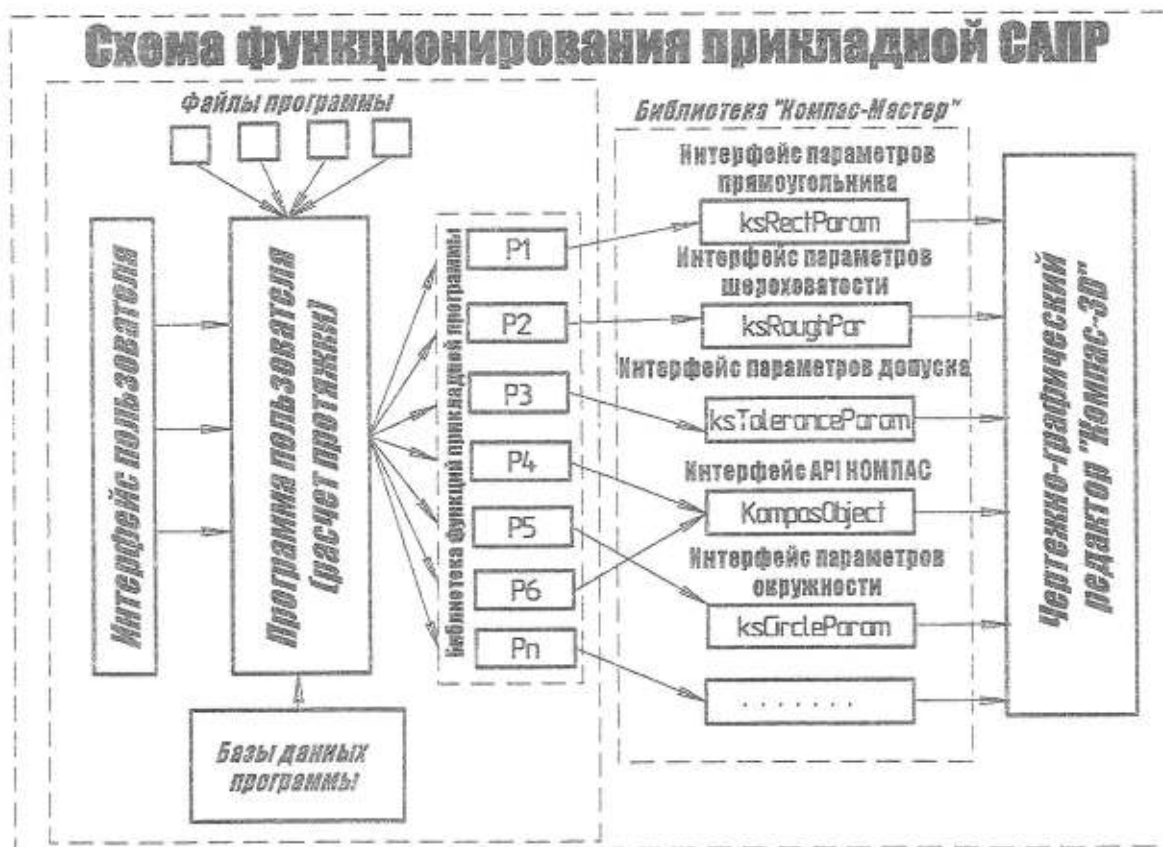


Рис.1. Схема функционирования прикладной САПР «Протяжка-3D»

САПР «Протяжка-3D» имеет следующие функции и возможности.

- Расчет основных параметров (как для одинарной, так и для групповой схемы резания) после ввода входных данных. Исполнение хвостовика выбирается пользователем из шести возможных вариантов.
- Выполнение проекционного чертежа протяжки.
- Создание трехмерной твердотельной модели.
- Формирование отчетов и технической документации.

Расчет включает выбор схемы резания (если подача, допустимая по силе резания, меньше подачи, допустимой по размещению стружки в канавке, то выбирается групповая схема резания и наоборот). При расчете по групповой схеме резания пользователь указывает количество зубьев в группе. Методика расчета и выбора схем резания осуществляется согласно рекомендациям [2].

Проектирование выполняется посредством технологии функционирования COM-объектов (Моделей Компонентных Объектов) [3].

Основные задачи программы решаются посредством приложений MS Word и САПР Компас-3D, которые являются серверами COM, предоставляющие интерфейс доступа к приложениям и его объектам. Функциональные возможности программного продукта реализуются через интерфейсы, с помощью которых устанавливается функциональное связывание между прикладной САПР «Протяжка-3D» и САПР Компас-3D. После полной загрузки в оперативную память программа управляет работой сервера автоматизации.

После осуществления корректного расчета круглой протяжки пользователю предоставляются возможности графического проектирования, формирования отчетов и создания технической документации.

В результате создается чертеж, в котором реализуется конструкция круглой протяжки, производится создание таблицы основных параметров, разрезов, простановка геометрических параметров, заполнение технических требований и штампа средствами САПР Компас-3D (рис. 2).

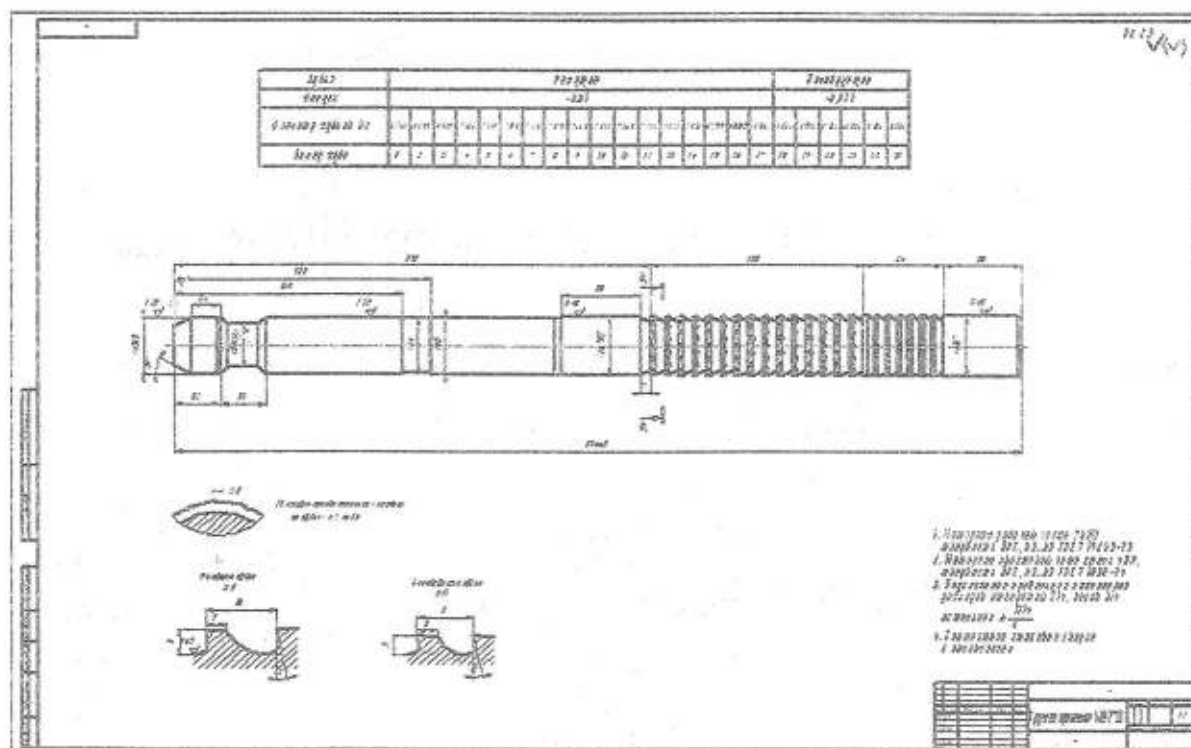


Рис. 2. Чертеж протяжки, созданный в САПР «Протяжка-3D»

Затем создается второй активный документ – трехмерная модель; по расчетным данным осуществляется построение твердотельной модели круглой протяжки (рис. 3).

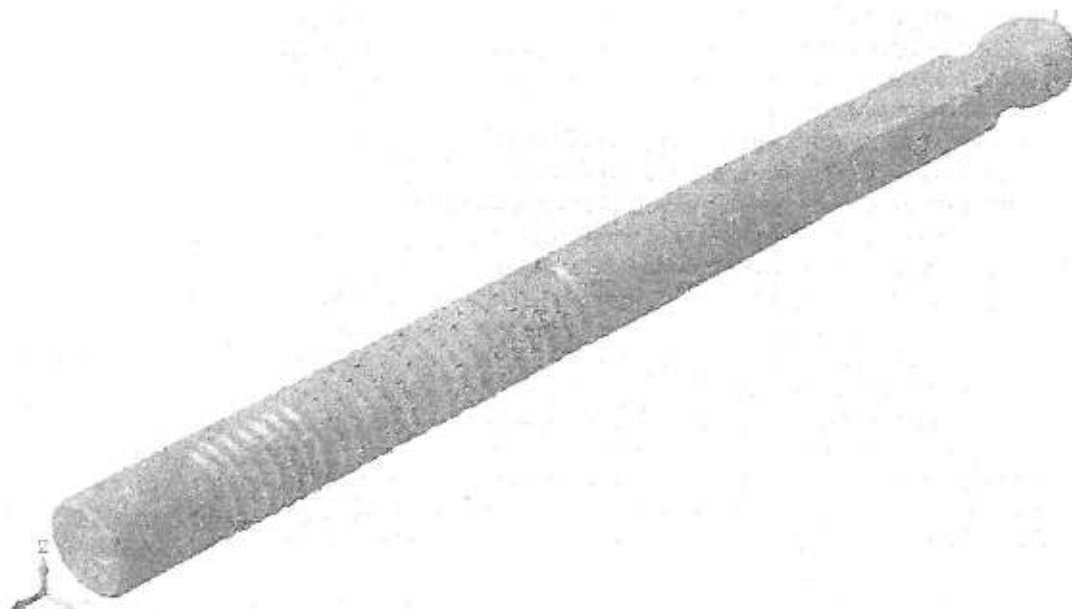


Рис. 3. Трехмерная твердотельная модель, созданная в САПР «Протяжка-3D»

Формирование отчетов и технической документации в MS Word и MS Excel происходит по тому же принципу, что и при графическом проектировании – после получения доступа к COM серверам этих приложений.

В программу включены базы справочных данных, предусмотренных методикой расчета. Пользовательский интерфейс программы (рис. 4.) содержит:

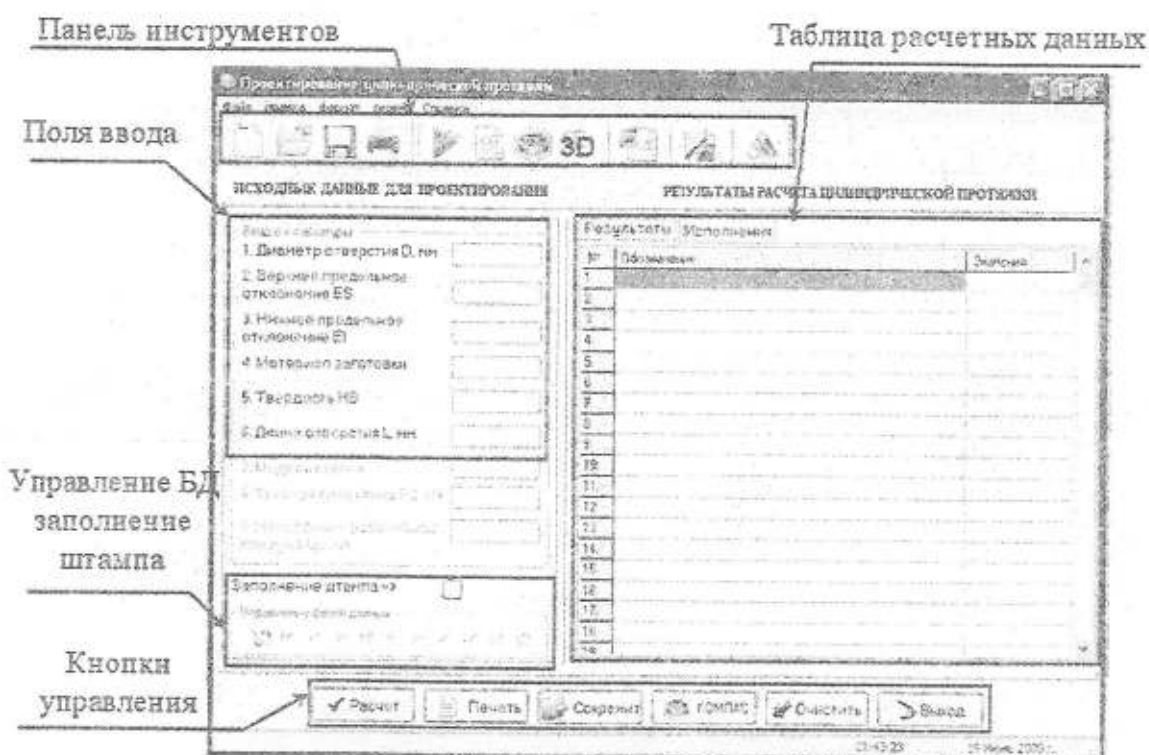


Рис. 4. Интерфейс программы

1. Главную форму (контейнер для всех компонентов).
2. Поля ввода исходных данных.
3. Таблица, в которой размещаются расчетные данные.
4. Главное меню и панель инструментов.
5. Пользовательские кнопки управления (расчет, печать, сохранить, очистка, компас, выход).
6. Элементы отображения и навигации по базам данных исходных значений, штампа и технологического процесса.

Выводы:

1. Прикладная САПР «Протяжка-3D» позволяет выполнить полное проектирование круглых протяжек. Уровень автоматизации решения задач проектирования приближается к единице.
2. Время, затрачиваемое на проектирование, составляет 1-5 мин.
3. Резко сокращаются затраты на проектирование.
4. Прикладная САПР «Протяжка-3D» может быть рекомендована для использования на машиностроительных предприятиях, а также в учебных, проектных и исследовательских институтах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. – Киев, Высшая школа, 1990. – 424 с.
2. Протяжки для обработки отверстий / Д.К.Маргулис, М.М. Тверской и др. // М., Машиностроение, 1986. – 232 с.
3. Сухарев М.В.. Основы Delphi. Профессиональный подход. – СПб.: Наука и техника, 2004. – С. 600.
4. Сорокин В.М. САПР протяжек / В.М. Сорокин, К.Л. Лихачевская // Технология машиностроения. Новые исследования и разработки студентов, аспирантов и преподавателей: Материалы науч.-техн. конф. студентов и аспирантов / НГТУ. – Н.Новгород, 1999. – Вып. 5.– С. 68-71.
5. Печерский В.С., Рыскин Л.А. Автоматизация технологической подготовки производства на ФГУП «Уралтрансаш», Журнал "САПР и графика", № 5. – 2008.

МАЛЫГИН Александр Васильевич – старший преподаватель кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– технология машиностроения, резание металлов.

СИМИНЧЕНКО Игорь Павлович – ассистент кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– машиностроение, резание металлов, компьютерные технологии в машиностроении.

КОНДРАШОВ Сергей Григорьевич – к.т.н., доцент кафедры технологии машиностроения Херсонского национального технического университета

Научные интересы:

– исследования в области металлорежущих инструментов, машиностроение.

ЛАПИКОВ Леонид Владимирович – студент гр. 5С1 факультета машиностроения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– машиностроение, резание металлов, компьютерные технологии в машиностроении.

УДК 621.9.06

М.І. Подольський

НОВІ ПРИВОДИ ПОСТУПАЛЬНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ ВЕРСТАТІВ НА ОСНОВІ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ З ШТАНГАМИ КЕРОВАНО-ЗМІННОЇ ТА ПОСТІЙНОЇ ДОВЖИНИ

Розглянуто відомі та нову конструкцію приводів поступального переміщення у верстатах на основі МПС, проведено порівняння за основними показниками.

Вступ. Верстати на основі механізмів паралельної структури (МПС) є багатопрофільними та універсальними [1], за допомогою їх можна отримувати та обробляти складнопрофільні деталі та різноманітні тривимірні лекальні поверхні, точне відтворення геометрії яких є дуже важливим. Їх можна використовувати як в умовах індивідуального, так і в умовах середньосерійного типу виробництва, а також для виконання операцій прототипування у експериментальному виробництві. Шпиндельна головка такого верстату із встановленим у ній інструментом матиме шість ступенів вільності: три поступові та три обертові.

За порівняно короткий період верстати із паралельною кінематикою знайшли застосування в автомобільній, а також в інших галузях промисловості, де виникає необхідність частой зміни типорозмірів деталей та впроваджуються нові оригінальні технічні рішення. Це є характерним також і для експериментального та індивідуального типів виробництва, де для втілення у металі різноманітних конструкцій об'єм знімаемого шару металу може досягати 90 %. У цій галузі приблизно 80 % оброблюваних матеріалів складають сплави кольорових металів (алюмінію) [3].

Постановка задачі. Існує загальновідома конструкція штанги змінної довжини, основними вузлами якої є: корпус, шаговий електродвигун, редуктор та гвинтова передача (рис. 1). До недоліків штанги цієї конструкції можна віднести високу складність, відносно великі габаритні розміри та масу штанги і, як наслідок, зменшення робочого простору верстату та підвищення інертності конструкції, що, в свою чергу, негативно впливає на параметри точності.

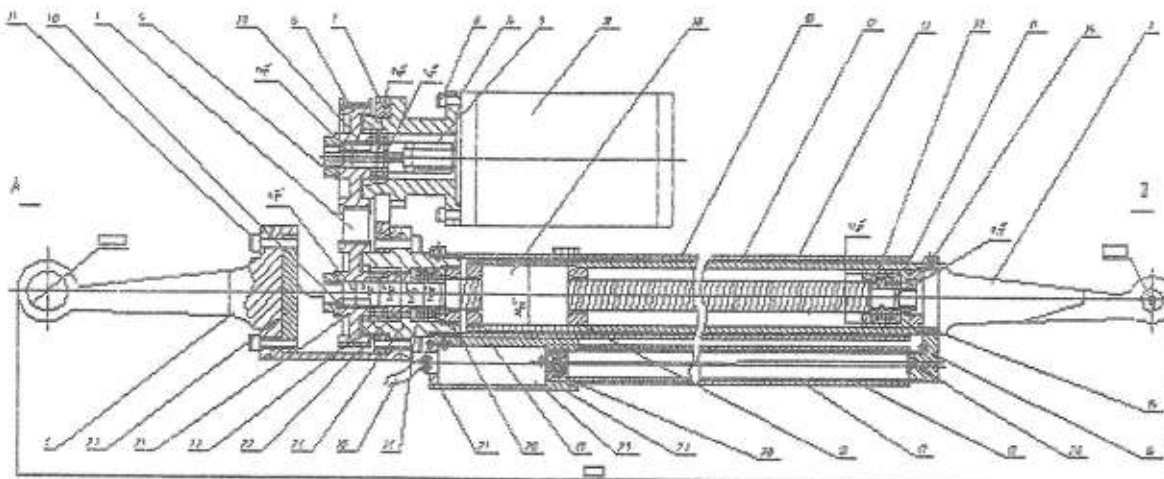


Рис. 1. Загальновідома конструкція штанги керовано-змінної довжини

Основна частина. В НГУУ «КПІ» під керівництвом професора Кузнєцова Ю.М. виконуються роботи по створенню нового покоління верстатів з МПС згідно запропонованої конструкції. Проектування виконавчого приводу цих верстатів планується по новій технології, коли створюється мехатронний модуль замість приводу поступального переміщення класичної конструкції.

Особливості проектування нового приводу МПС наступні [4]:

- відштовхуючись від технічного завдання та особливостей роботи конструкції, проводиться попередній вибір конструкції виконавчого механізму (обирається механізм-прототип) та визначається номенклатура стандартних виробів;

- у процесі проектування модулів поступального переміщення перевага надається питанням точності монтажу та складанні та роботі вузлів;
- у залежності від ступеня навантаження та особливостей конструкції приводу розробляються необхідні вузли та деталі оригінальної конструкції;
- при завершенні процесу проектування проводяться випробування модуля на надійність та термін безвідмовної роботи.

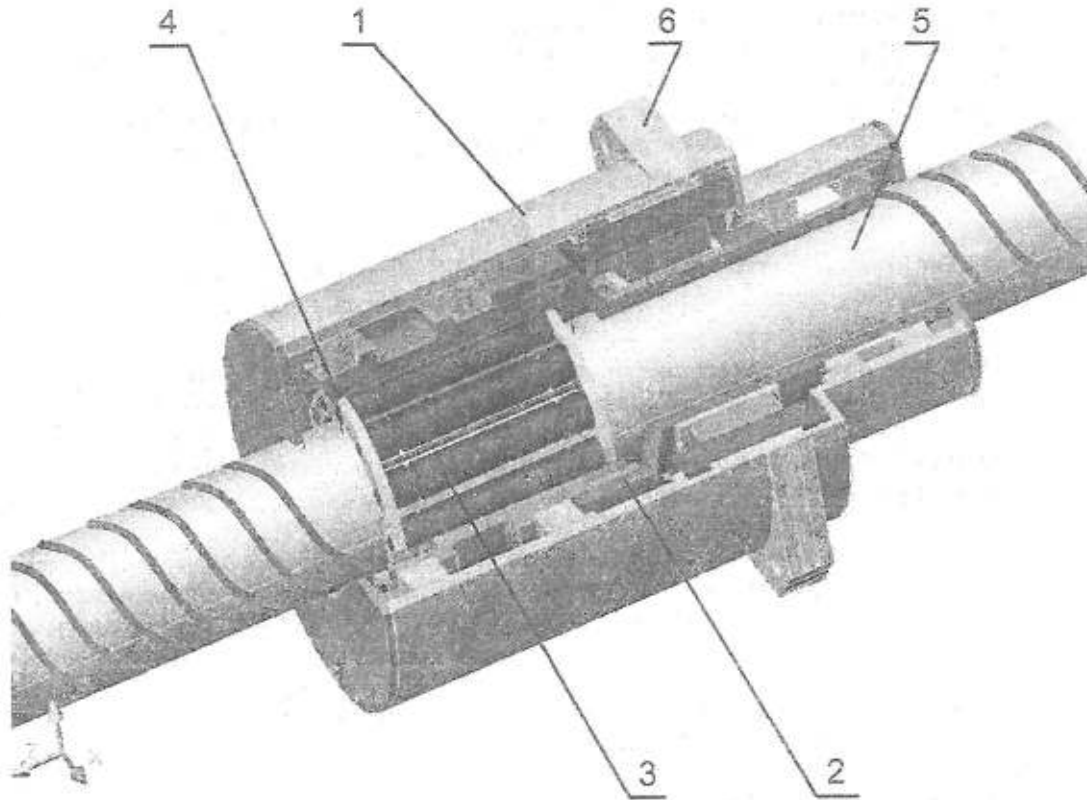


Рис. 2. Запропонована конструкція штанги керовано-змінної довжини

У розробленій конструкції приводу поступального переміщення (рис. 2) пропонується використати трифазний синхронний електродвигун 1, наприклад, ДБМ 120-1,6-0,4-3, що має полий ротор 2. У середину ротору електродвигуна пропонується вбудувати ролик-гвинтовий механізм 3 з опорною гайкою 4. У даному випадку гайка 4 буде виконувати обертальний рух, а гвинт 5 – поступальний. Кріплення виконавчого органу верстату (його платформи) здійснюватиметься за допомогою преушин 6 корпусу електродвигуна.

Щоб забезпечити жорсткість штанги при дії згинаючих навантажень, не збільшуючи при цьому її масу та інерційність, є доцільним обирати як можна більші розміри ролик-гвинтової передачі і при необхідності робити гвинт 5 пустотілим (трубчастого профілю).

Недоліком вище описаної конструкції може бути те, що при високій складності відмова одного з її вузлів спричинить неможливість подальшої роботи та ремонту всього модуля. Однак більшість закордонних виробників, а в останній час і наші виробники віддають перевагу саме модульним конструкціям. Це обумовлено тим, що ремонт приводів поступального руху не в умовах заводу виробника із дотриманням вимог до високої точності потребує спеціального обладнання (аналогічне заводському); до того ж навіть при виконанні ремонтних робіт загальний час роботи приводу буде збільшено на незначний проміжок часу, тому що інші складові приводу залишатимуться частково зношеними.

Також привод запропонованої конструкції може бути використаний при проектуванні верстатів на основі МПС зі штангами постійної довжини. У такому випадку вище зазначені модулі будуть встановлені у якості напрямних, де гвинт слугуватиме напрямною, а корпус електродвигуна – кареткою, на яку встановлюватиметься кінець штанги за допомогою шарніру із відповідною кількістю ступенів вільності.

Висновки. Нова технологія проектування приводів поступального переміщення у порівнянні із загальновідомими методами та конструкціями має наступні переваги:

- виготовлення вузла виконується на спеціальному заводі, що забезпечуватиме високу надійність, якість та точність взаємного розташування складових елементів модулю. Також зменшується час на обслуговування верстата, оснащеного такими модулями, за місцем його використання.

- модулі запропонованої конструкції мають меншу вагу та розміри;

- імовірність безвідмовної роботи верстату, оснащеного новими модулями вища, ніж у верстатів із приводами класичного виконання, тому що імовірність відмови всього модулю буде прогнозовано чи визначено експериментально, а не буде вираховуватись як добуток імовірностей відмови кожного складового елемента приводу;

- описані конструкції модулю лінійного переміщення дозволяють збільшити ступінь уніфікації складових частин верстатів із паралельною кінематикою та компенсувати вплив температурних деформацій на точність оброблюваної деталі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кузнецов Ю.М., Дмитрієв Д.О., Діневич Г.Ю. Компонівки верстатів з механізмами паралельної структури / Під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С. 2009. – 456 с.
2. Обрабатывающее оборудование нового поколения. Концепция проектирования / В.Л. Афонин, А.Ф. Крайнев, В.Е. Ковалёв и др.; Под ред. В.Л. Афонина. – М.: Машиностроение, 2001. – 256 с.
3. Афонин В.Л. Подзоров П.П., Слепцов В.В. Обрабатывающее оборудование на основе механизмов параллельной структуры / Под общей редакцией В.Л. Афонина. М.: Учебное пособие. Издательство МГТУ СТАНКИН, 2006. – 452 с.
4. Морозов В.В. Особенности проектирования мехатронных модулей для станков и приводов с параллельной кинематикой. В.В. Морозов, А.С. Целищев // Мехатроника и автоматизация. труды всероссийской научно-технической конференции. – М. Новые технологии. 2004. – С. 71-74.

ПОДОЛЬСЬКИЙ Михайло Ігорович – асистент кафедри технології машинобудування Херсонського національного технічного університета.

Наукові інтереси:

– проектування конструкцій верстатів нових компоновок та інструментальних систем до них.

УДК 621.825.5/7

В.О. Проценко, К.В. Луняка

ЕНЕРГОЄМНІСТЬ З'ЄДНУВАЛЬНИХ МУФТ З ОСЬОВОЮ ПАРАЛЕЛЬНОЮ УСТАНОВКОЮ ПРЯМИХ КАНАТІВ

За рахунок виконання експериментів досліджено вплив радіальних зміщень на енергоємність муфт з осьовою паралельною установкою прямих канатів. Побудовано та проаналізовано графіки залежностей енергоємності канатних муфт від величини та напрямку радіальних зміщень напівмуфт та напрямків закручування муфт. Дослідження виконувались при різних відстанях між напівмуфтами та різних напрямках їх зміщення та закручування.

Вступ. У важких машинах, до яких відносяться, наприклад, металургійні і суднові, постійно виникають перевантаження різних типів, які можуть стати причиною поломок. Тому основним завданням систем захисту машин є недопущення появи вказаних поломок, що можуть стати причиною аварій, а у випадку суден – навіть катастроф. У теперішній час методи боротьби з поломками розвиваються за наступними напрямками [1]:

1. Зменшення кінетичної енергії рухомих частин приводів машин.
2. Збільшення потенціальної енергії пружної деформації ланок головної лінії приводу машини.
3. Роз'єднання кінематичного ланцюга головної лінії приводу машини при перевантаженні.

Наприклад, для суднових машин перший напрямок реалізується за рахунок застосування безредукторного приводу та гвинтів регульованого кроку, другий напрямок – за рахунок застосування високопіддатливих пружно-демпфуючих муфт, наприклад, типу «Вулкан» [2], що характеризуються низькою довговічністю в порівнянні з муфтами, оснащеними металевими пружними елементами. Пошук нових рішень та виконання нових досліджень у вказаних напрямках є актуальним і важливим завданням.

Постановка задачі. За рахунок виконання теоретичних досліджень, авторами [3] встановлено, що існуючі конструкції пружно-компенсуючих муфт з металевими пружними елементами, у більшості, досягли глобального екстремуму параметрів. Тому закономірним є розвиток муфт, які реалізують новий принцип дії, наприклад, перспективних муфт з канатними пружними елементами [4] та функціонально-орієнтованих технологій їх проектування і виробництва.

Основною характеристикою муфт, що визначає їх габарити та здатність запобіганню перевантажень є енергоємність. У той же час, похибки виготовлення та складання елементів приводів приводять до появи розцентровок валів, поєднаних муфтами. Відомо також, що робота муфт в умовах неспіввідповідності може стати причиною зміни їх характеристик [5-7], що може впливати на їх працездатність. Для канатних муфт дослідження впливу вказаних факторів поки не виконувались.

З огляду на викладене в даній роботі була поставлена задача – дослідити вплив радіальної неспіввідповідності муфт з осьовою паралельною установкою прямих канатів на їх енергоємність.

Розв'язання поставленої задачі. Було виготовлено технологічні напівмуфти універсальної конструкції [4] з діаметром розташування канатів $D = 59$ мм (рис. 1), з яких склалися муфти з осьовою паралельною установкою канатів прямолінійної форми із застосуванням канатів конструкції 6×19. Діаметр кожного з чотирьох канатів $d_k = 5,2$ мм, діаметр дротів $\delta = 0,34$ мм. Канати закріплені в осьових отворах діаметром 6,8 мм фланців напівмуфт болтами М8, що встановлені в їх радіальні різьбові отвори. Дослідження виконували за рахунок навантаження муфти на спеціальному дослідному стенді обертальним моментом і замірів кута повороту однієї напівмуфти φ при жорстко закріпленій іншій напівмуфті. Стенд був обладнаний салазками зі шкалою та гвинтовим приводом для надання одній із напівмуфт радіальних зміщень Δ .

Обертання муфти виконували в напрямку закручування (додатному) та розкручування (від'ємному) канатів при відстанях між напівмуфтами $l = 30$ і $l = 15$ мм та радіальних зміщеннях $\Delta = +2, +4, +6, -2, -4, -6$ мм. Додатними вважали зміщення, які викликають закручування, а від'ємними – розкручування канатів. На рис. 2 показано ненавантажені муфти при зміщенні $\Delta = +4$ мм (а) і -4 мм (б).

За результатами замірів було побудовано графіки зміни кута закручування муфти φ в залежності від обертового моменту T , при відстані між напівмуфтами $l = 30$ мм (рис. 3) і $l = 15$ мм (рис. 4), при зміщеннях між напівмуфтами $\Delta = +2$ та -2 (а), $+4$ та -4 (б), $+6$ та -6 (в). Для порівняння на графіки

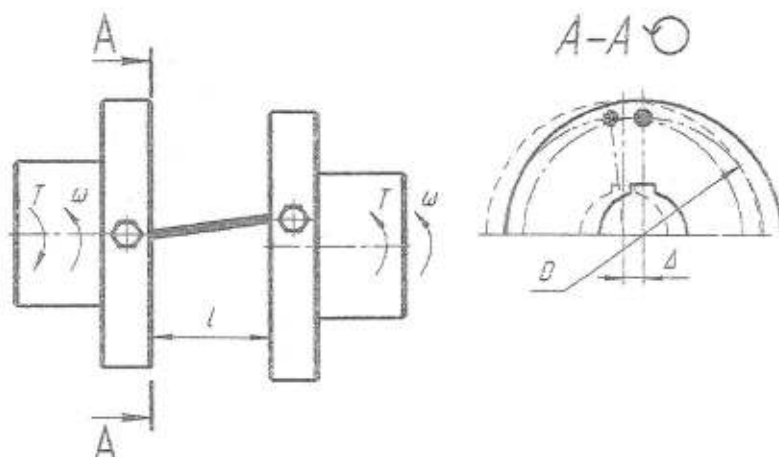


Рис. 1. Схема муфти з осью паралельною установкою канатів прямолінійної форми

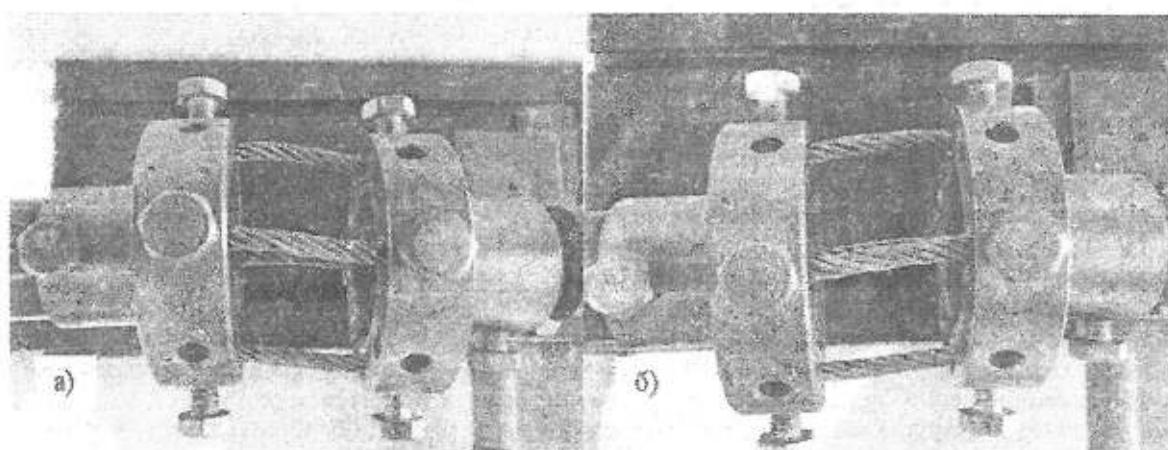


Рис. 2. Загальний вид досліджуваних муфт при зміщенні $\Delta = +4$ мм (а) та при зміщенні $\Delta = -4$ мм (б)

нанесено криві, побудовані по замірах при нульовому зміщенні напівмуфт. На вказаних рисунках криві побудовані суцільною лінією у випадку, коли напрямки закручування муфти і звивки сталок у канатах співпадають (додатний напрямок закручування), а штриховою лінією – коли ці напрямки протилежні.

Для порівняння осью лінійю нанесено графіки зміни кута повороту, отримані з розрахунків жорсткості муфти, по аналогії з муфтою із пружними стрижнями, в припущенні, заснованому на дослідях проф. П.П. Нестерова, С.Т. Сергеева та ін., що жорсткість кожного каната рівна сумарній жорсткості $\sum EI$ всіх його дротів [8].

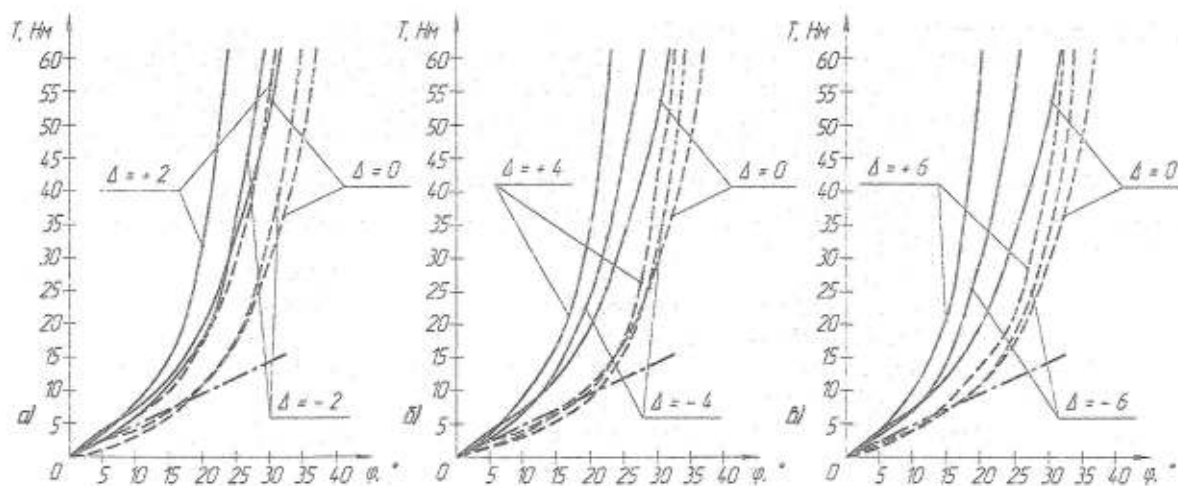


Рис. 3. Графіки зміни кута закручування муфти φ при відстані між напівмуфтами $l = 30$ мм від оберального моменту T при зміщенні $\Delta = 2$ мм (а), $\Delta = 4$ мм (б), $\Delta = 6$ мм (в)

Як відомо, енергоємність муфти – це максимальна кількість потенційної енергії, яку вона може акумулювати при максимальній деформації. Цей показник можна використовувати для якісного аналізу муфт.

Енергоємність визначали за отриманими графіками зміни жорсткості муфт, користуючись формулою [5]:

$$A = \frac{Sxy}{57,3}, \text{ Дж/рад} \tag{1}$$

де S – площа, що обмежена кривою навантаження, віссю абсцис та віссю ординат, мм^2 ;
 $x = 0,5$ град/мм (рис. 3) та $0,2$ град/мм (рис. 4) – масштаб по осі φ ;
 $y = 0,5$ Нм/мм – масштаб по осі T .



Рис. 4. Графіки зміни кута закручування муфти φ при відстані між напівмуфтами $l = 15$ мм від обертального моменту T при зміщенні $\Delta = 2$ мм (а), $\Delta = 4$ мм (б), $\Delta = 6$ мм (в)

Площі S визначали за рахунок вимірювання при побудові графіків у системі КОМПАС-3D і наближено перевіряли за рахунок апроксимації криволінійної фігури трикутником. За результатами розрахунків енергоємності на рис. 5 побудовано графіки зміни енергоємності муфт від напрямку та величини радіального зміщення і напрямку обертання.

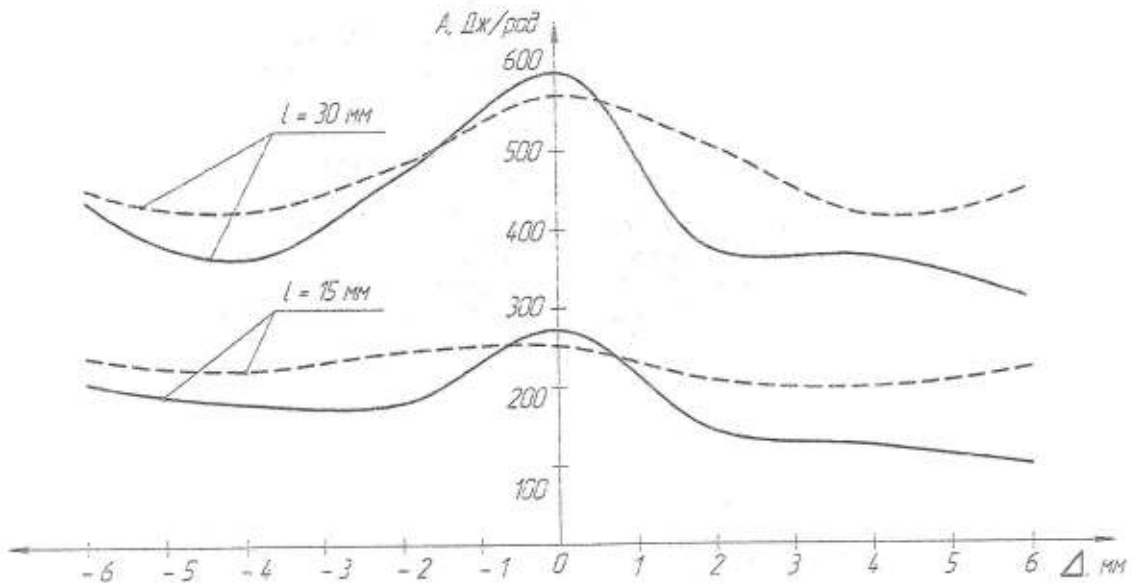


Рис. 5. Графіки зміни енергоємності муфт від напрямку та величини радіального зміщення і напрямку обертання

Висновки. При аналізі графіків зміни енергоємності можна встановити наступне:

- радіальні зміщення впливають на енергоємність муфт з осью паралельною установкою канатів прямолінійної форми;
- вплив зміщень на енергоємність нелінійний;
- більшою мірою зміщення впливають на енергоємність муфт при обертанні в напрямку закручування канатів;
- при обертанні муфти в напрямку закручування канатів енергоємність зменшується у всьому діапазоні додатних зміщень;
- при обертанні муфти в напрямку закручування канатів енергоємність знижується в діапазоні зміщень 0...- 4 мм, а при подальшому збільшенні абсолютної величини зміщення енергоємність незначно зростає;
- при обертанні муфти в напрямку розкручування канатів енергоємність зменшується в діапазоні 0...+ 2, і 0...+ 4 мм, а при подальшому збільшенні абсолютної величини зміщення енергоємність незначно зростає;
- незначний ріст енергоємності при великих значеннях величини радіального зміщення можна пояснити появою трибокомпоненти жорсткості та депланцією поперечних перетинів канатів при їх великих кривинах.

Можна рекомендувати наступні напрямки подальших досліджень муфт з канатними пружними елементами:

- динаміка машин з канатними муфтами в умовах наявності радіальних розцентровок;
- розробка нових конструкцій канатних муфт підвищеної енергоємності;
- експериментальні дослідження ефективності захисту від перевантажень приводів машин канатними муфтами в залежності від умов експлуатації;
- залежність енергоємності канатних муфт від конструкції канатів застосованих в якості пружних елементів;
- керування зміною енергоємності канатних муфт та розробка систем захисту від перевантажень на її основі;
- розробка систем автоматизованого синтезу конструкцій та технологій виготовлення канатних муфт.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Артюх В.Г. Проблеми захисту важких машин від поломки / В.Г. Артюх // *Машинознавство*. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – 2003. – № 12 (78) – С. 24-28.
2. Агуреев А.Г., Баршай Ю.С. Крутильные колебания и надежность судовых валопроводов. – М.: Транспорт, 1982. – 112 с.
3. Проценко В.О. Прогнозування розвитку рухомих пружно-компенсуючих муфт з металевими пружними елементами / В.О. Проценко, В.О. Настасенко, М.Е. Тернюк // *Вісник національного технічного університету «ХП»*. Тем вип.: Проблеми механічного приводу. – Харків: НТУ «ХП». – 2010. – Вип. 26 – С. 112-124.
4. Проценко В.О. Технологічні конструкції муфт обладнання підприємств будівельних матеріалів / В.О. Проценко, К.В. Луняка, В.О. Настасенко, А.Ю. Веремєєнко // *Вісник Херсонського національного технічного університету*. – Херсон: ХНТУ. – 2010. – № 1(37) – С. 138-144.
5. Поляков В.С. Исследование брусковой муфты в условиях статического нагружения / В.С. Поляков, Л.С. Лефтеров // *Труды Ленинградского ордена Ленина политехнического института имени М.И. Калинина*. – 1965. – № 254. – С. 19-27.
6. Клименко В.Ф. Исследование компенсирующей способности упругих муфт со звездочкой / В.Ф. Клименко // *Детали машин*. – 1979. – Вып. 28. – С. 44-47.
7. Иванченко Ф.К. О влиянии эксцентриситета между полумуфтами на характеристику упругой муфты / Ф.К. Иванченко, С.Л. Панов // *Детали машин*. – 1983. – Вып. 37. – С. 26-28.
8. Сергеев С.Т. Стальные канаты. – К.: Техніка, 1974. – 324 с.

ПРОЦЕНКО Владислав Олександрович – аспірант кафедри ОХВ і ПБМ Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– динаміка, міцність, проектування та виробництво машин.

ЛУНЯКА Клара Василівна – д.т.н., професор, зав. кафедри ОХВ і ПБМ Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– машини та апарати підприємств будівельних матеріалів.

УДК 621.983.044

Ю.Г. Розов

К АНАЛИЗУ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ В ОПЕРАЦИЯХ ОБЖИМА И РАЗДАЧИ

Представлено результати аналізу початкового етапу деформування трубної заготовки при обтиску і роздачі в конічному штампі. Розглянуто причини деякого зменшення зусилля деформування на початковому етапі обтиску і роздачі циліндричної порожньої заготовки в конічному інструменті, зв'язаного з геометрією штампа і величиною коефіцієнта тертя при контакті заготовки з робочою поверхнею інструмента.

Введение. В настоящее время теория листовой штамповки продолжает развиваться и совершенствоваться. Это продиктовано, прежде всего, необходимостью преодоления трудностей, возникающих при разработке технологических процессов листовой штамповки и их отладке, связанных с получением заданных размерных и прочностных характеристик штампованных изделий. Широкое распространение в современной металлообрабатывающей промышленности получили такие операции листовой штамповки как обжим и раздача полых полуфабрикатов.

В этой связи большой интерес представляют исследования, направленные на изучение процессов деформирования заготовок в названных операциях на всех этапах штамповки, включая начальный. Интересные результаты анализа начального этапа деформирования при обжиме и раздаче приведены в работах [1, 2]. Однако, предлагаемые в настоящей статье результаты исследований, на наш взгляд, представляют определенный интерес.

Целью проведенных исследований являлось определение основных причин уменьшения усилия деформирования на начальном этапе обжима и раздачи цилиндрической поллой заготовки в коническом инструменте и получение аналитических зависимостей, учитывающих основные факторы, влияющие на исследуемый процесс.

На начальном этапе формоизменения в операциях обжима и раздачи цилиндрической поллой заготовки в коническом инструменте при сравнительно больших значениях угла конусности β ($\beta > 20^\circ$) наблюдается некоторое уменьшение усилия деформирования. Это объясняется тем, что на данном этапе в краевой части заготовки осуществляется процесс формирования участка свободного изгиба. Определим его размеры (см. рис. 1).

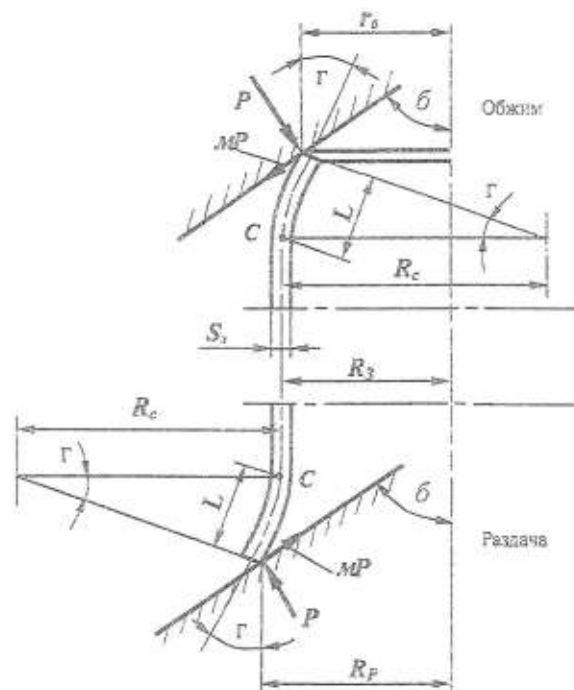


Рис. 1.

В операции обжима длина образующей конического участка в начале деформирования равна (рис.1):

$$L = \frac{R_3 - r_0}{\sin \gamma} \approx R_c \operatorname{tg} \gamma = \frac{\sqrt{R_3 S_3}}{\sqrt{2 \sin(\gamma)}} \operatorname{tg} \gamma \approx \sqrt{\frac{R_3 S_3}{2}}, \quad (1)$$

где:

$$R_c = \frac{\sqrt{R_3 S_3}}{\sqrt{2 \sin(\gamma)}} \quad (2)$$

– радиус кривизны участка заготовки в меридиональном сечении [1];

$\operatorname{tg} \gamma \approx \sin(\gamma) \approx \gamma$ – ввиду малости угла конусности деформируемой заготовки (для значений $\gamma \leq \frac{P}{4}$ погрешность не превышает 10 %).

Таким образом:

$$r_0 = R_3 \left(1 - \gamma \sqrt{\frac{S_3}{2R_3}} \right). \quad (3)$$

Радиус кривизны участка заготовки в широтном сечении может быть выражен в виде:

$$R_n \approx \frac{R_3}{\cos(\gamma)}. \quad (4)$$

С учетом условия пластичности Треска-Сен-Венана тангенциальное и меридиональное напряжения при начальной степени деформации запишутся в виде [1]:

$$y_n = -y_s;$$

$$y_c = -y_s \left(1 + \frac{M}{\operatorname{tg} \gamma} \right) \left(1 - \frac{r_0}{R_3} \right) \quad (5)$$

или, с учетом того, что:

$$1 - \frac{r_0}{R_3} = \gamma \sqrt{\frac{S_3}{2R_3}}, \quad \operatorname{tg} \gamma \approx \gamma,$$

получим:

$$y_c = -y_s \gamma \left(1 + \frac{M}{\gamma} \right) \sqrt{\frac{S_3}{2R_3}}. \quad (6)$$

Уравнение равновесия для операции обжима (при $y_n < 0; y_c < 0$ – одноименная схема напряженного состояния) имеет вид:

$$y_x = -S \left(\frac{y_c}{R_c} + \frac{y_n}{R_n} \right). \quad (7)$$

С учетом выражений (2), (4), (5), (6):

$$y_x = -y_s \frac{S_3}{R_3} \left[\gamma^2 \left(1 + \frac{M}{\gamma} \right) + \cos(\gamma) \right] = -y_s \frac{S_3}{R_3} (\gamma^2 + M\gamma + \cos(\gamma)) \approx -y_s \frac{S_3}{R_3} (M\gamma + \cos(\gamma))$$

(в данном случае пренебрегаем малыми второго порядка: $\gamma^2 \approx 0$).

Исследуя полученное выражение на экстремум, получим:

$$\frac{dy_x}{d\gamma} = M - \sin(\gamma) = 0 \quad (8)$$

и окончательно: $\gamma \approx M. \quad (9)$

Таким образом, на начальном этапе обжима трубной заготовки усилие деформирования растёт до определенного момента, соответствующего образованию конусности деформированной части заготовки с углом $\gamma \approx m$. Затем в процессе достижения участка свободного изгиба размеров, соответствующих условиям деформирования, усилие деформирования несколько уменьшается, происходит формирование участка очага деформации, контактирующего с поверхностью инструмента, и усилие возрастает. Очевидно, что такое объяснение правомерно при углах конусности деформирующего инструмента превышающих величину m . В противном случае участок очага деформации образуется при постоянном контакте заготовки с инструментом и уменьшение усилия деформирования не происходит. Таким образом, проведенный анализ позволяет объяснить тот факт, что при реальных условиях деформирования ($m \leq 0,3$) в инструментах с углом конусности $\beta \leq 18^\circ$ уменьшение усилия деформирования на начальном этапе, как правило, не наблюдается.

По аналогии, рассматривая процесс раздачи трубной заготовки (рис.1) и используя формулы, подобные выражениям (1) – (7), получим:

$$L = \frac{R_p - R_3}{\sin \gamma} \approx R_c \operatorname{tg} \gamma = \frac{\sqrt{R_3 S_3}}{\sqrt{2 \sin(\gamma)}} \operatorname{tg} \gamma \approx \sqrt{\frac{R_3 S_3}{2}}; \quad (1')$$

$$R_c = \frac{\sqrt{R_3 S_3}}{\sqrt{2 \sin(\gamma)}}; \quad (2)$$

$$R_p = R_3 \left(1 + \gamma \sqrt{\frac{S_3}{2 R_3}} \right); \quad (3)$$

$$R_k \approx \frac{R_3}{\cos(\gamma)}. \quad (4')$$

Условие пластичности Треска-Сен-Венана для раздачи:

$$y_n = y_s + y_c,$$

однако, ввиду малости величины меридионального напряжения y_c , принимаем для нашего случая (начальный момент деформирования):

$$y_n \approx y_s. \quad (5')$$

Тогда:

$$y_c = -y_s \gamma \left(1 + \frac{m}{\gamma} \right) \sqrt{\frac{S_3}{2 R_3}}; \quad (6')$$

$$y_k = S \left(-\frac{y_c}{R_c} + \frac{y_n}{R_k} \right) \quad (7')$$

(при $y_k > 0; y_c < 0$ – разноименная схема напряженного состояния);

$$\frac{dy_k}{d\gamma} = m - \sin(\gamma) = 0; \quad (8')$$

$$\gamma \approx m. \quad (9')$$

Таким образом, полученные ранее результаты и сделанные выводы, справедливы и для процесса раздачи.

Рассмотрим связь полученных зависимостей с результатами анализа начального периода образования контактного участка очага деформации в операциях обжима и раздачи, проведенного Е.А.Поповым [1], согласно которому длина деформируемого участка, граничащего с зоной свободного изгиба, при которой начинается спрямление элементов заготовки в операции обжима, равна:

$$l = \sqrt{\frac{S_3 \Gamma_0}{2 \cos(\delta)}}, \quad (10)$$

где Γ_0 – радиус кромки деформируемой части заготовки при обжиме;
 δ – угол конусности матрицы.

Аналогичное выражение справедливо и для операции раздачи:

$$l = \sqrt{\frac{S_3 R_p}{2 \cos(\delta)}}, \quad (10')$$

R_p – радиус кромки деформируемой части заготовки при раздаче;
 δ – угол конусности пуансона.

Величины Γ_0 и R_p на начальном этапе деформирования могут быть также определены с учетом полученных равенств (1) и (1') (придерживаясь принятых обозначений):

$$\Gamma_0 = R_3 - \sin(\gamma)L \approx R_3 - \gamma L \approx R_3 - mL;$$

$$R_p = R_3 + \sin(\gamma)L \approx R_3 + \gamma L \approx R_3 + mL.$$

Сопоставляя величины L и l , получим следующие неравенства:
 $l \leq L$, при выполнении условия

$$\cos(\delta) \geq \frac{1}{2} \left(1 - m \frac{S_3}{R_3} \right); \quad (11)$$

$l > L$, при выполнении условия:

$$\cos(\delta) < \frac{1}{2} \left(1 - m \frac{S_3}{R_3} \right). \quad (12)$$

Таким образом, при выполнении условия (11), край заготовки в начальный момент контактирует с поверхностью инструмента по всей длине образующей и при углах конусности инструмента:

$$m < \delta \leq \arccos \left[\frac{1}{2} \left(1 - m \frac{S_3}{R_3} \right) \right], \quad (13)$$

уменьшение усилия деформирования объясняется меняющимся влиянием на величину изгибающего момента, действующего на границе очага деформации с недеформируемой частью, горизонтальной и вертикальной составляющих усилия.

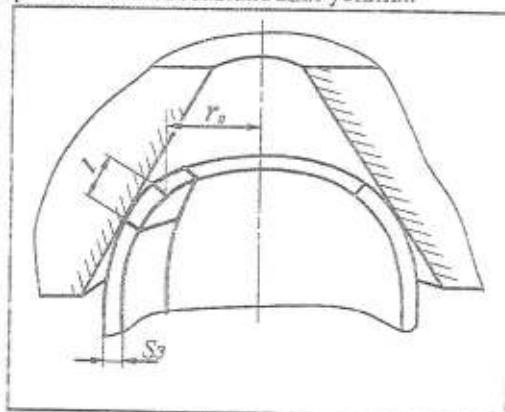


Рис. 2.

При выполнении условия (12), т.е.:

$$\delta > \arccos \left[\frac{1}{2} \left(1 - m \frac{S_3}{R_3} \right) \right], \quad (14)$$

причиной уменьшения усилия является также то, что краевая часть заготовки на начальном этапе деформирования немного отходит от поверхности инструмента (рис. 2 – на примере операции обжима), и только при достижении длины участка очага деформации величины, определяемой формулами (10) или (10'), начинается спрямление элементов заготовки на переходе от участка свободного изгиба к смежному участку очага деформации, и элементы в этом участке начинают скользить по поверхности инструмента, испытывая действие сил трения.

В результате, наблюдается монотонное увеличение усилия деформирования.

Полученные зависимости согласуются с экспериментальными данными. На рис. 3 изображена типовая диаграмма изменения усилия деформирования в операциях обжима и раздачи по пути движения конического инструмента.

Первый участок диаграммы соответствует процессу формирования участка свободного изгиба. Между первым и вторым участками наблюдается определенное уменьшение интенсивности роста усилия деформирования (в некоторых случаях, при относительно больших углах конусности инструмента, происходит уменьшение усилия). Второй участок диаграммы соответствует скольжению заготовки по поверхности инструмента, в результате происходит монотонное увеличение усилия деформирования.

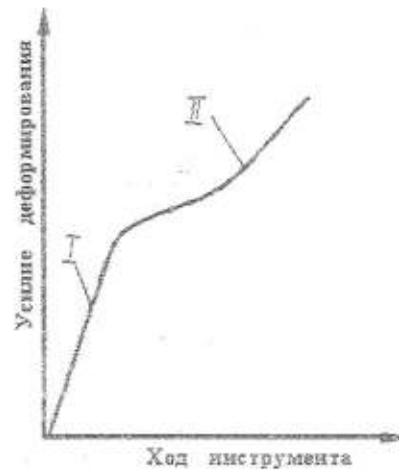


Рис. 3.

Выводы:

- рассмотрены причины некоторого уменьшения усилия деформирования на начальном этапе обжима и раздачи цилиндрической полой заготовки в коническом инструменте, связанного с геометрией штампа и величиной коэффициента трения при контакте заготовки с рабочей поверхностью инструмента;
- предлагаемые в статье аналитические зависимости обладают достаточной точностью, подтверждены экспериментально, отличаются простотой и удобством для практического использования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.
2. Marciniak Z. Odształcenia graniczne przy tłoczeniu blach. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa, 1971. – P. 232.

РОЗОВ Юрий Георгиевич – к.т.н., доцент, проректор по научно-педагогической работе заочного и дистанционного обучения Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

- разработка и исследование ресурсосберегающих технологий в области обработки металлов давлением;
- общие вопросы методологии высшего образования.

УДК 66-9: 66.021.3

С.А. Русанов, К.В. Луняка,
Д.М. Вус, Є.С. Ступак

МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІКИ РІДИНИ В ЄМНОСТЯХ З МІШАЛКАМИ ТА ВІДБИВНИМИ ПЕРЕГОРОДКАМИ

Представлено дані по комп'ютерному моделюванню руху рідини в ємностях з мішалками та відбивними перегородками. Показано, що при збільшенні кількості перегородок тангенціальна складова швидкості руху рідини зменшується на користь радіальної компоненти.

Вступ. Для деяких виробництв, наприклад, як виробництво екстракційної фосфорної кислоти, процес перемішування є одним з найголовніших. З метою інтенсифікації цього процесу в ємностях з мішалками часто встановлюють відбивні перегородки [1]. Відмічаючи при цьому підвищення ефективності розчинення твердої речовини, автори робіт не дають пояснення цьому явищу.

В даній роботі робиться спроба провести розкладення швидкості течії рідини в ємності з мішалками w на складові – радіальну w_r , осьову w_x і окружну (тангенціальну) w_φ [2] з метою пов'язати позитивний ефект при використанні відбивних перегородок з впливом на нього тієї чи іншої складової швидкості.

У літературі відсутні роботи, що дають можливість порівняти складові w_r , w_x і w_φ при перемішуванні рідини в ємності, що не містить перегородок, і при наявності певної кількості таких пристроїв. У зв'язку з цим проводилось моделювання процесу перемішування в реакторі з відбивними перегородками.

Для комп'ютерного моделювання в залежності від типу руху обирається модель, тобто набір рівнянь, якими описується динаміка системи. Дозвуковий рух рідинного потоку описується математичною моделлю Incompressible fluid (рідина, що не стискається) з Particles (частинки), призначеною для моделювання двофазної течії рідини з частинками за значних (турбулентних) чисел Рейнольдса й при малій зміні густини.

В робочих режимах у реакторі з відбивними перегородками наявний розвинутий турбулентний рух рідини, тому для адекватного проведення чисельних розрахунків необхідно використовувати замкнені моделі турбулентності. Як відомо [3], однією з найпростіших моделей турбулентності першого рівня замкненості є k - ε модель турбулентності, що добре зарекомендувала себе в задачах зі значною кривизною ліній течії, яка й була використана в даній роботі з чисельною реалізацією методом скінчених елементів.

Розрахункове дослідження було проведене за допомогою пакету COMSOL Multiphysics. Було створено 3D модель реактора з відбивними перегородками у відповідності з [3]. Розрахункова область з сіткою скінчених елементів вказана на рис. 1. Розрахункова сітка нараховувала близько 120 тис. елементів. Було проведено комплексні спроби моделювання течії двофазного потоку в створеній геометричній конфігурації розрахункової області.

Як вхідні дані нами задавалися фізичні властивості рідини та твердої фази, варіювалися кількість перегородок, кількість обертів та геометричні розміри апарату. В області, обмеженій лопатями мішалки, задавалися об'ємні сили, що відповідали інерційним зусиллям від дії лопатевої мішалки, які підбиралися таким чином, щоб тангенціальна складова швидкості на краю лопаті відповідала заданому числу обертів.

Візуалізацію результатів обчислень здійснено за допомогою постпроцесору. Постпроцесор надає великий вибір методів візуалізації скалярних і векторних змінних на різних геометричних об'єктах, а також дозволяє зберігати дані у файл для обробки іншими засобами.

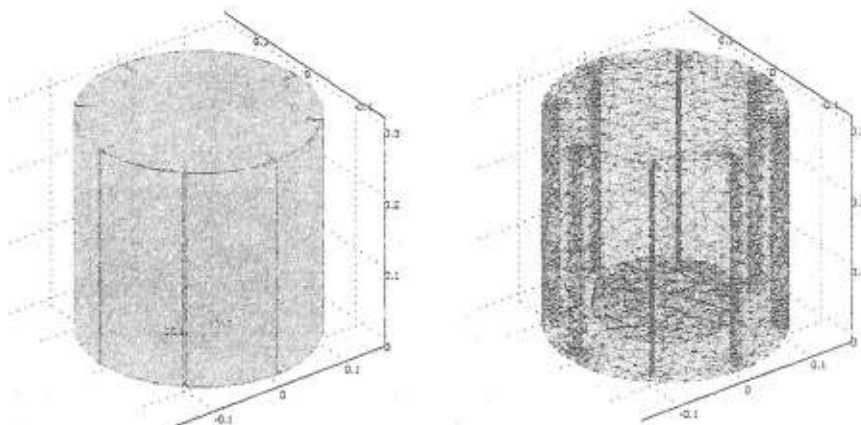


Рис. 1. Сітка скінченних елементів та ліній течії в реакторі з відбивними перегородками

На рис. 2 вказані лінії течії, що відповідають картині течії для досліджуваних варійованих параметрів в апараті діаметром 300 мм. Поле абсолютної швидкості у просторі апарату показано різними кольорами – область найменших швидкостей позначена холодним кольором, більш високих – теплими кольорами.

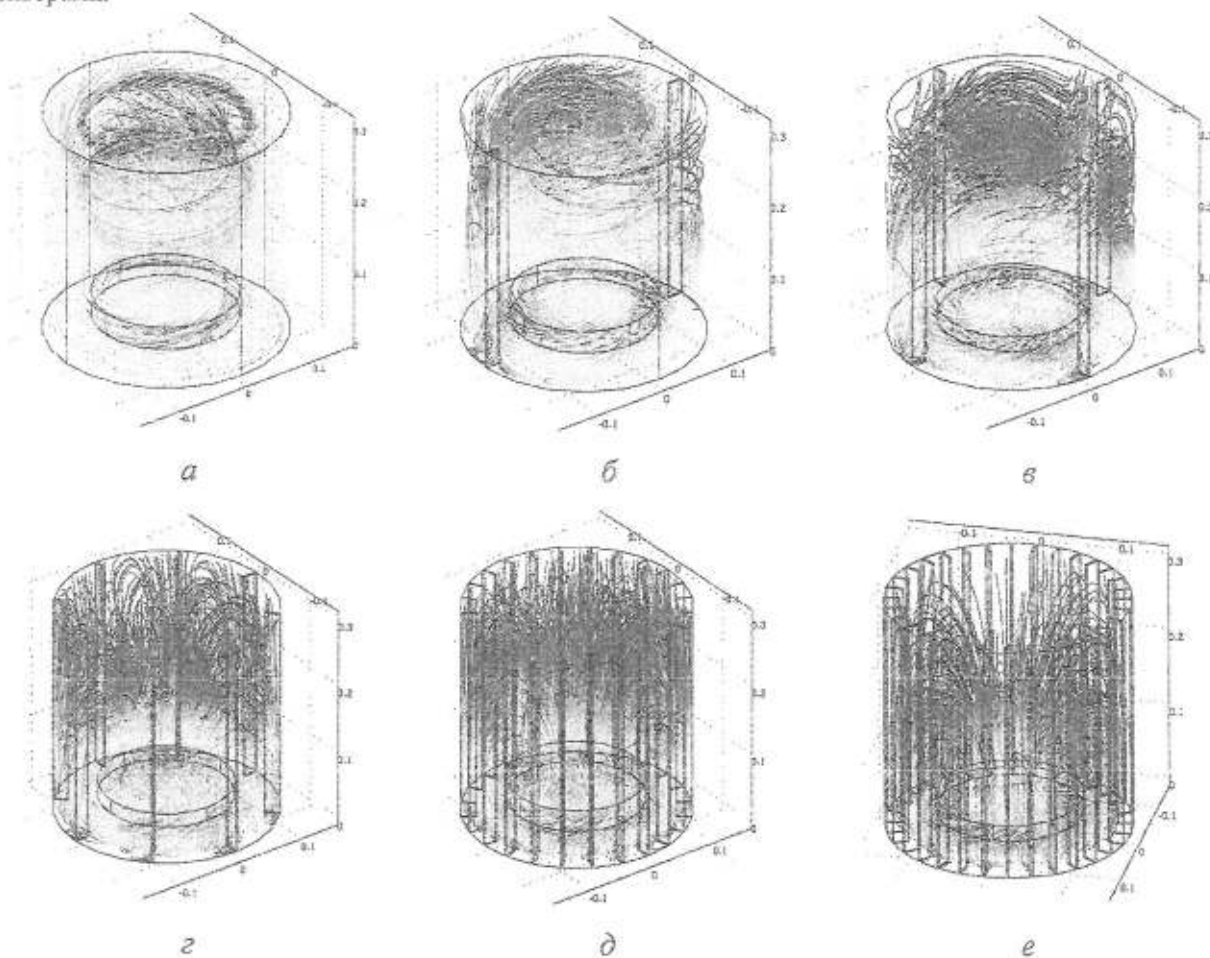


Рис. 2. Лінії течії в апараті діаметром 300 мм:

а – без перегородок; *б* – 2 перегородки; *в* – 4 перегородки; *г* – 8 перегородок; ; *д* – 24; *е* – 32 перегородки

На основі моделювання в залежності від діаметру та висоти заповнення апарату, частоти обертання мішалки і кількості відбивних перегородок визначені складові швидкості w_r , w_z і w_φ . Дані наведені у табл. 1 і представлені на рис. 3.

Таблица 1

Складові швидкості руху рідини

Діаметр D, мм; Re	Висота заповнення реактору H, мм	Частота обертання мішалки n, об./хв.	Кількість перегородок N	$w_p, \text{ м/с}$	$w_r, \text{ м/с}$	$w_z, \text{ м/с}$
300 Re=50000	300	300	0	1,41	0,08	0,033
			2	0,69	0,13	
			4	0,37	0,13	
			8	0,19	0,13	
			12	0,13	0,13	
			16	0,12	0,14	
			20	0,14	0,15	
			32	0,15	0,11	
500 Re=67500	500	180	0	1,5	0,016	0,038
			2	0,7	0,01	
			4	0,37	0,096	
			8	0,21	0,11	
			12	0,15	0,11	
			16	0,12	0,1	
			20	0,11	0,1	
			32	0,12	0,01	
800 Re=115200	800	120	0	1,3	0,013	0,033
			2	0,23	0,01	
			4	0,095	0,01	
			8	0,07	0,08	
			12	0,06	0,09	
			16	0,05	0,1	
			20	0,05	0,09	
			32	0,06	0,09	
1200 Re=172800	1200	80	0	1,4	0,013	0,036
			2	0,4	0,11	
			4	0,24	0,12	
			8	0,1	0,13	
			12	0,1	0,11	
			16	0,15	0,14	
			20	0,15	0,13	
			32	0,13	0,13	
2000 Re=360000	2000	60	0	1,48	0,17	0,035
			2	0,61	0,12	
			4	0,39	0,13	
			8	0,22	0,14	
			16	0,12	0,14	
			20	0,13	0,13	
			32	0,13	0,13	

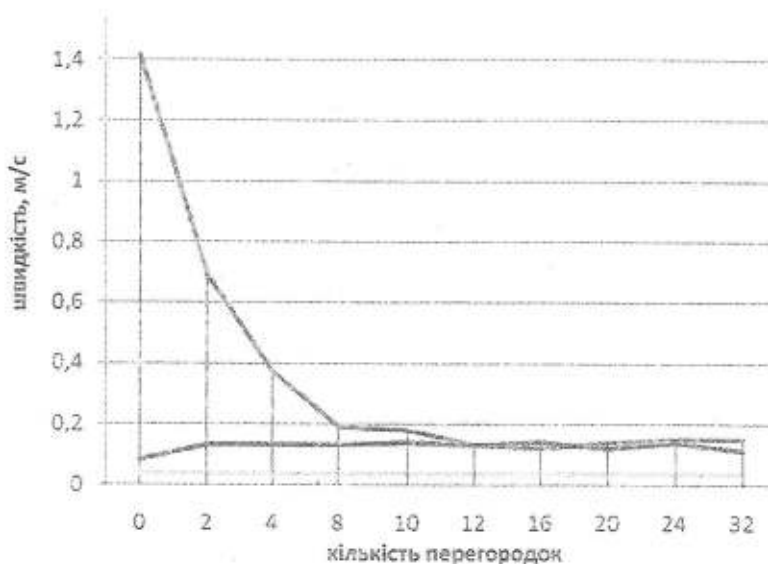


Рис. 3. Вплив кількості перегородок на значення осередненої тангенціальної, осьової та радіальної складових швидкості в апараті з мішалкою. Кольором виділені: синім – тангенціальна, червоним – осьова; зеленим – радіальна складові швидкості

Як бачимо з рис. 3, у відсутності перегородок превалює тангенціальна складова ($w=1,4$ м/с). Зі збільшенням кількості перегородок ця складова зменшується, а радіальна компонента дещо зростає. Помітні зміни тангенціальної і радіальної складових спостерігаються до 12 перегородок. Що стосується осьової складової, то вона має практично однакові значення. Зменшення тангенціальної складової швидкості і зростання радіальної складової сприяє зменшенню часу, потрібного для перемішування, і зростанню коефіцієнта масопередачі при розчиненні в апараті з мішалками. Результати моделювання досить добре співпадають з натурними дослідженнями [4].

Висновок. Комп'ютерне моделювання дозволило визначити тангенціальну, осьову та радіальну складові швидкості руху рідини в ємності з мішалкою і показати, що при наявності відбивних перегородок тангенціальна складова швидкості руху рідини зменшується на користь радіальної компоненти. Це сприяє зменшенню часу, потрібного для перемішування, і зростанню коефіцієнту масообміну.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками: Пер. с польск. /Под ред. И.А.Щупляка. Л.: Химия, 1975. – 384 с.
2. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн. /В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа, 2003. Кн. 1. – 912 с.
3. Черный С.Г., Грязин Ю.А., Шашкин П.А. Численное моделирование пространственных турбулентных течений несжимаемой жидкости на основе k-ε моделей // Вычислительные технологии. – 1999. – Т. 4. № 2. – С. 74-94.
4. К. Луняка, докт. техн. наук; Д. Вус; С. Русанов, канд. техн. наук; Г. Чумаков, канд. техн. наук. Вплив кількості обертів мішалки і кількості відбивних перегородок на коефіцієнт масопередачі при розчиненні твердої речовини.

РУСАНОВ Сергій Аркадійович – к.т.н., доцент кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія та обладнання хімічних виробництв.

ЛУНЯКА Клара Василівна – д.т.н., професор, зав. кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія та обладнання хімічних виробництв.

ВУС Денис Миколайович – інженер кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія та обладнання хімічних виробництв.

СТУПАК Євгенія Сергіївна – магістр зі спеціальності обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія та обладнання хімічних виробництв.

УДК 631.354.2

О.Є. Самарін

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА КЗС-9-1 «СЛАВУТИЧ»

Проводяться порівняльні дослідження основних показників якості роботи серійного (з ножами радіального типу) та експериментального (з ножами тангенціального типу) різальних апаратів, встановлених на зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич». Визначається довжина подрібнених часток стебла, площа та рівномірність розкидання маси по полю. Дослідження проводяться в лабораторних умовах, наближених до умов експлуатації. Дано практичні рекомендації щодо можливості застосування експериментального подрібнювача в серійних зернозбиральних комбайнах.

Вступ. Подрібнювач зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» призначено для подрібнення та розкидання соломи по полю [1]. Основними показниками якості його роботи є довжина подрібнених часток, площа та рівномірність розкидання маси по полю.

На серійному комбайні застосовано роторний подрібнювач з радіальними ножами. Недоліком такої конструкції є те, що подрібнена солома вкладається у валок по ширині подрібнювача, ускладнює післязбиральну обробку ґрунту. Для забезпечення додаткового повітряного потоку подрібнювач обладнано лопатями, розташованими з обох кінців вала ротора на відстані 300 мм від торців. Крім того, встановлено розкидач з 5-ма повітряними каналами, що направляють подрібнену масу та повітряний потік у заданих напрямках [2].

За агротехнічними показниками солому необхідно розкидати рівномірним шаром на ширину, не меншу ніж ширина жатки, а саме – 5,6 м.

Мета дослідження: перевірити основні показники якості роботи серійного подрібнювача з радіальними ножами, різальна кромка яких розташована по радіусу до осі вала ротора, і 5-канальним розкидачем та експериментального подрібнювача з тангенціальними ножами лопаткового типу, різальна кромка яких розташована паралельно до осі вала ротора, і 7-канальним розкидачем [3], і дати практичні рекомендації щодо їх застосування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити швидкість та напрямки повітряних потоків, що утворюються ротором подрібнювача після проходження через розкидач;
- визначити ширину і характер розкидання соломи подрібнювачем через розкидач;
- визначити якість подрібнення соломи.

Прибори та обладнання:

- серійний різальний апарат з радіальними ножами і 5-канальний розкидач;
- експериментальний різальний апарат з тангенціальними ножами лопаткового типу і 7-канальний розкидач;
- анемометр ручний;
- секундомір;
- рулетка.

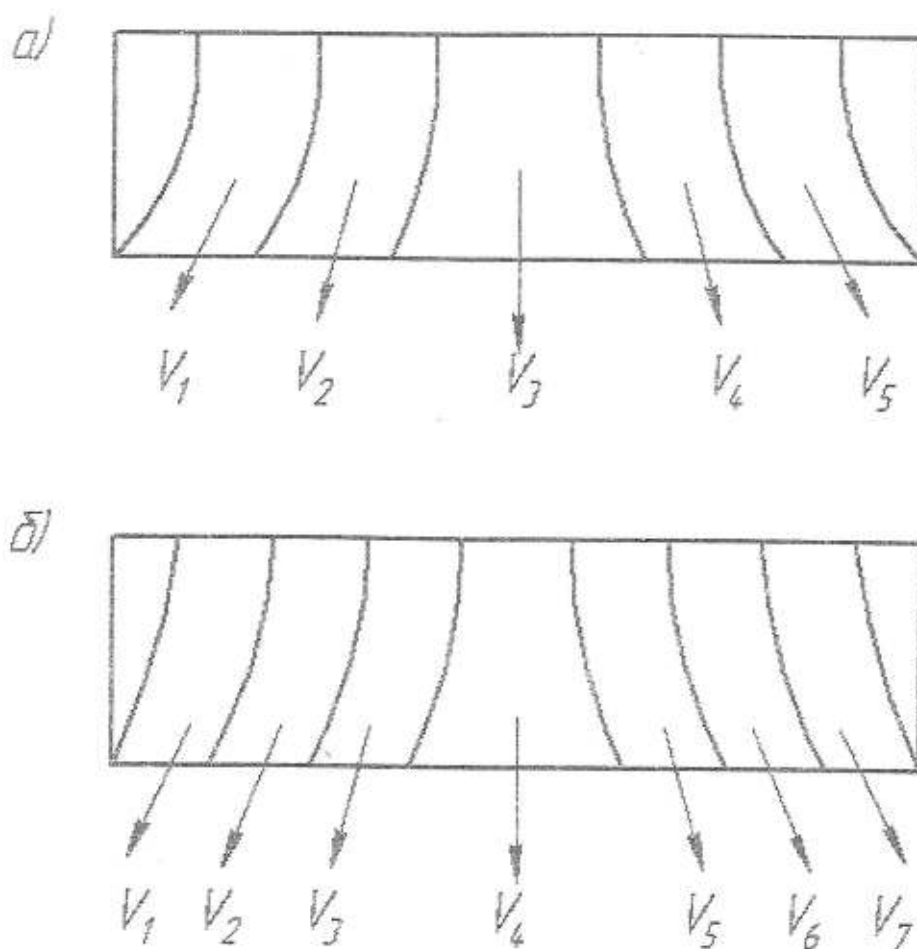
Методика проведення досліджень. Дослідження проводились у стаціонарному положенні комбайна з ручним завантаженням соломи в соломотряс через люк у даху молотарки послідовно для двох типів різальних апаратів і розкидачів. При працюючому подрібнювачі солома завантажувалась по всій ширині соломотряса.

На номінальних обертах подрібнювача анемометром вимірювалась швидкість повітряних потоків на виході з кожного каналу розкидача (мал.1).

Ширина розкидання та рівномірність шару соломи на ґрунті вимірювалась у зонах, указаних на мал. 2.

Агророби по якості подрібнення соломи визначались у різних точках зон, указаних на мал. 2.

Результати досліджень



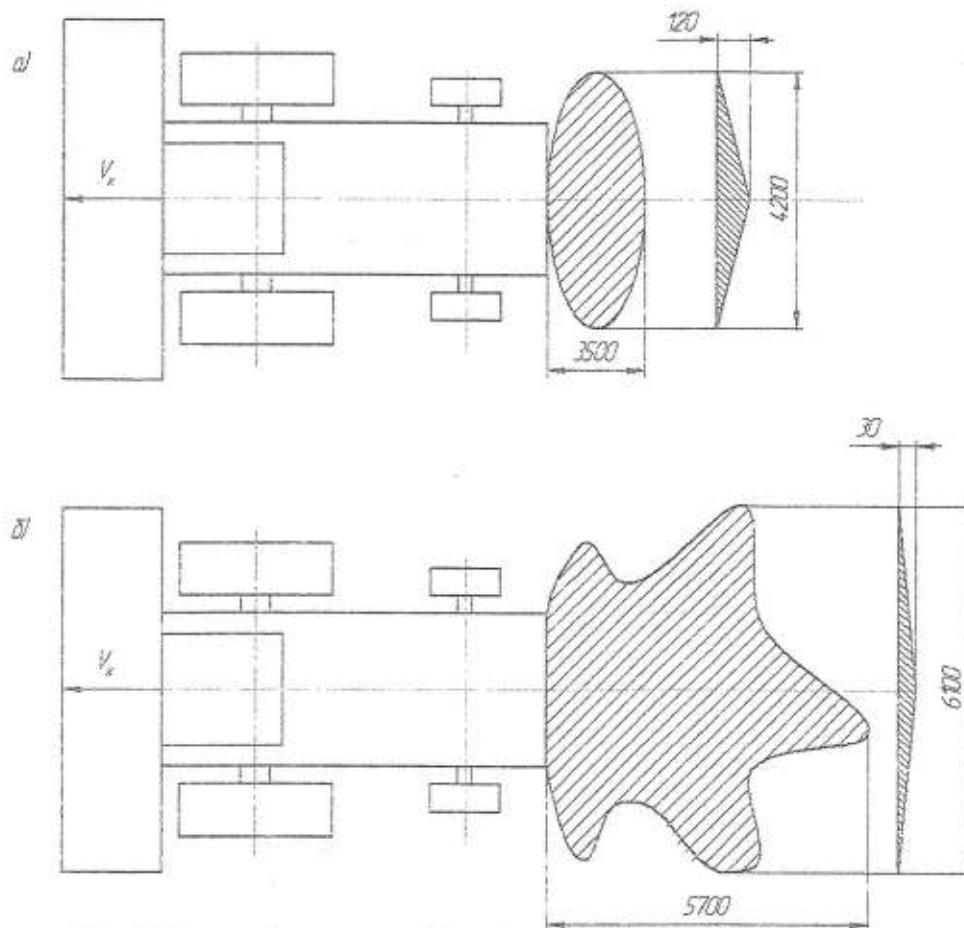
Мал. 1. Напрямки повітряних потоків:

- а) різальний апарат з радіальними ножами і 5-канальним розкидачем;
- б) різальний апарат з тангенціальними ножами лопаткового і 7-канальним розкидачем

Таблиця 1

Швидкість повітряних потоків по встановленим каналам

№ п/п	Тип різального апарату	Швидкість повітряного потоку, V м/с						
		канал №1	канал №2	канал №3	канал №4	канал №5	канал №6	канал №7
1	Серійний різальний апарат з радіальними ножами і 5-канальним розкидачем	10,0	4,5	4,8	4,5	8,0	-	-
2	Експериментальний різальний апарат з тангенціальними ножами лопаткового типу і 7-канальним розкидачем	6,25	6,0	10,2	11,6	9,0	8,3	11,4



Мал. 2. Зона розсіювання подрібненої соломи та рівномірність шару розкиданої маси:
 а) серійний подрібнювач з радіальними ножами і 5-канальним розкидачем;
 б) експериментальний подрібнювач з тангенціальними ножами лопаткового і 7-канальним розкидачем

Таблиця 2

Агрооцінка якості подрібнення соломи експериментальним різальним апаратом з тангенціальними ножами

Зони розкидання соломи	Розмір подрібнених часток, мм	Кількість подрібнених часток, мм	%
Ліва сторона	30-45	44	27,5
	45-60	32	20,5
	65-85	29	18,3
	85-100	27	17,1
	120-250	26	16,5
Всього		158	100
Права сторона	25-45	44	28,5
	55-65	21	13,6
	70-85	40	26,0
	85-100	25	16,2
	110-200	24	15,6
Всього		154	100
Центр	30-55	22	27,1
	55-65	17	21,0
	75-85	15	18,5
	90-105	13	16,0
Всього		81	100

Основні результати і висновки:

1. Серійний подрібнювач з радіальними ножами і 5-канальним розкидачем:

- швидкість потоків повітря знаходиться в межах 4,5...10 м/с, що недостатньо для розкидання подрібненої соломи на ширину жатки;
- подрібнена солома утворює на ґрунті еліпс з розмірами 3,5х4,2 м, що менше ширини жатки;
- подрібнена солома розкидається не рівномірно, утворюючи максимальну товщину шару 120 мм в середині еліпсу.

Дослідження вказали на необхідність конструктивної доробки серійного подрібнювача та розкидача з метою збільшення ширини розкидання та отримання рівномірного шару подрібненої соломи на ґрунті.

2. Експериментальний подрібнювач з тангенціальними ножами лопаткового типу і 7-канальним розкидачем:

- швидкість повітряних потоків складає 6,0...11,6 м/с, що дозволяє збільшити ширину розкидання соломи на ширину жатки;
- подрібнювач забезпечує розкидання соломи рівномірним шаром на ширину 6,1 м товщиною до 30 мм, що відповідає агротехнічним вимогам;
- частка соломи довжиною до 12 см складає 89 %, що також відповідає агротехнічним вимогам.

Отримані результати відповідають агротехнічним вимогам. Досліджена конструкція подрібнювача з тангенціальними ножами лопаткового типу і 7-канальним розкидачем може бути рекомендована для застосування в конструкції серійного зернозбирального комбайна.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зерноуборочный комбайн КЗС-9-1 «Славутич». Техническое описание КЗС-9-1 «Славутич» ТО. ГKB «Южное», г. Днепропетровск, 1998 г. – 99 с.
2. Акт №06/47-06 от 27.03.2006г., ОАО «Херсонские комбайны», г. Херсон-2006г. – 2 с.
3. Акт №18/47-06 от 11.12.2006г. ОАО «Херсонские комбайны», г. Херсон-2006г. – 3 с.

САМАРІН Олександр Євгенович – к.т.н., доцент кафедри автомобільного транспорту ХФ ХНАДУ при Херсонському національному технічному університеті

Наукові інтереси:

– самохідні зернозбиральні комбайни та їх робочі органи, подрібнювачі сільськогосподарських культур.

ЭЛЕКТРОНИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.317

Р.В. Бараненко, В.С. Тверезовский, Д.А. Крючковский

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО
НАПРЯЖЕНИЯ В ИЗМЕНЕНИЕ ЕМКОСТИ

Проведено аналіз вимірювачів напруги, на підставі якого для усунення недоліків існуючих пристроїв розроблено пристрій для зміни керуючої напруги до зміни ємності з розширеними функціональними можливостями.

Введение и постановка задачи. Постоянное развитие средств измерений и контроля различных параметров изделий и процессов является неотъемлемой частью научно-технического прогресса. В настоящее время существенное влияние на методы построения измерительных систем оказывает использование ЭВМ для обработки результатов измерений и управления различными процессами [1].

Одной из основных задач при разработке измерительных систем является постоянное расширение функциональных возможностей их компонентов путем повышения точности, быстродействия и увеличение диапазона измеряемых величин.

Анализ последних исследований. Известно устройство для сравнения напряжений, содержащее усилитель и пороговый элемент [2]. Однако это устройство имеет не одинаковую относительную погрешность при сравнении напряжений в широком диапазоне. Известно также устройство для сравнения электрических напряжений, содержащее ключ, схему определения разности и блок управления [3]. Это устройство также имеет не одинаковую относительную погрешность при сравнении напряжений в широком динамическом диапазоне.

Известны также устройства для контроля напряжений [4, 5], содержащие блоки сравнения напряжений, ключи и блоки контроля напряжений. Недостатками таких устройств являются низкое быстродействие, точность и информативность контроля. Известно также устройство [6], недостатком которого является ограниченная область его применения, определяемая одним значением измеряемого напряжения.

Недостатками других существующих устройств для контроля и преобразования напряжений [7-9] также являются низкие быстродействие, точность и информативность контроля.

Целью работы является устранение недостатков существующих устройств и разработка нового устройства для преобразования напряжения, структурные особенности которого позволят увеличить точность измерений за счет линейности выходной характеристики.

Основной материал. Для реализации целей статьи разработано устройство преобразования изменения управляющего напряжения в изменение емкости [10], структурная схема которого представлена на рис. 1.

Предлагаемое устройство содержит детектор 1, суммирующий усилитель 2, генератор 3 высокой частоты, разделительный конденсатор 4, управляющий 5 и регулируемый 6 варикапы, сопряженные по вольтфарадным характеристикам, общую шину 7, резисторы 8, 9 развязки, преобразователь 10 ток-напряжение, вход И управляющего напряжения (U_y), вход 12, диод 13, конденсатор 14, суммирующий операционный усилитель 15, резисторы 16, 17, 18, операционный усилитель 19, резистор 20, разделительный конденсатор 21 и резистор 22 нагрузки. Полярность U_y – положительная.

Разделительный конденсатор 4 служит для разделения постоянной составляющей напряжения выхода суммирующего усилителя 2 и входа генератора 3 высокой частоты. Значение емкости конденсатора во много раз больше емкости управляющего варикапа 5. Первый и второй резисторы 8 и 9 не пропускают переменную составляющую с выхода генератора 3 на выход усилителя 2, их значения во много раз меньше обратного сопротивления управляющего 5 и регулируемого 6 варикапов на постоянном токе.

Преобразователь 10 ток-напряжение можно выполнить на операционном усилителе 19 с резистором 20 в цепи отрицательной обратной связи, с разделительным конденсатором 21 на выходе и резистором 22 нагрузки. Преобразователь 10 ток-напряжение должен иметь линейную зависимость выходного напряжения от входного тока. Суммирующий усилитель 2 может представлять собой суммирующий операционный усилитель 15 с двумя входами. Амплитудный детектор 1 можно выполнить на одном диоде 13 и конденсаторе 14.

Однако, при больших пределах изменения емкости регулируемого варикапа (с коэффициентом перекрытия, равным нескольким десяткам) к линейности амплитудного детектора 1 будут предъявляться повышенные требования и его целесообразно выполнять по схеме на базе операционного усилителя.

Так как емкости регулируемого б и управляющего 5 варикапов могут изменяться от минимального до максимального значения, т.е. от C_{\min} до C_{\max} , то и управляющее значение напряжения должно пропорционально изменяться соответственно от U_{\min} до U_{\max} . При этом U_{\max} необходимо выбирать таким, чтобы емкость варикапа C_{\max} соответствовала напряжению смещения на нем, равному 0, а U_{\min} выбирается из условия, чтобы напряжение смещения, подаваемое на управляющий и регулируемый соответственно варикапы 5 и б, не превышало максимально допустимое.

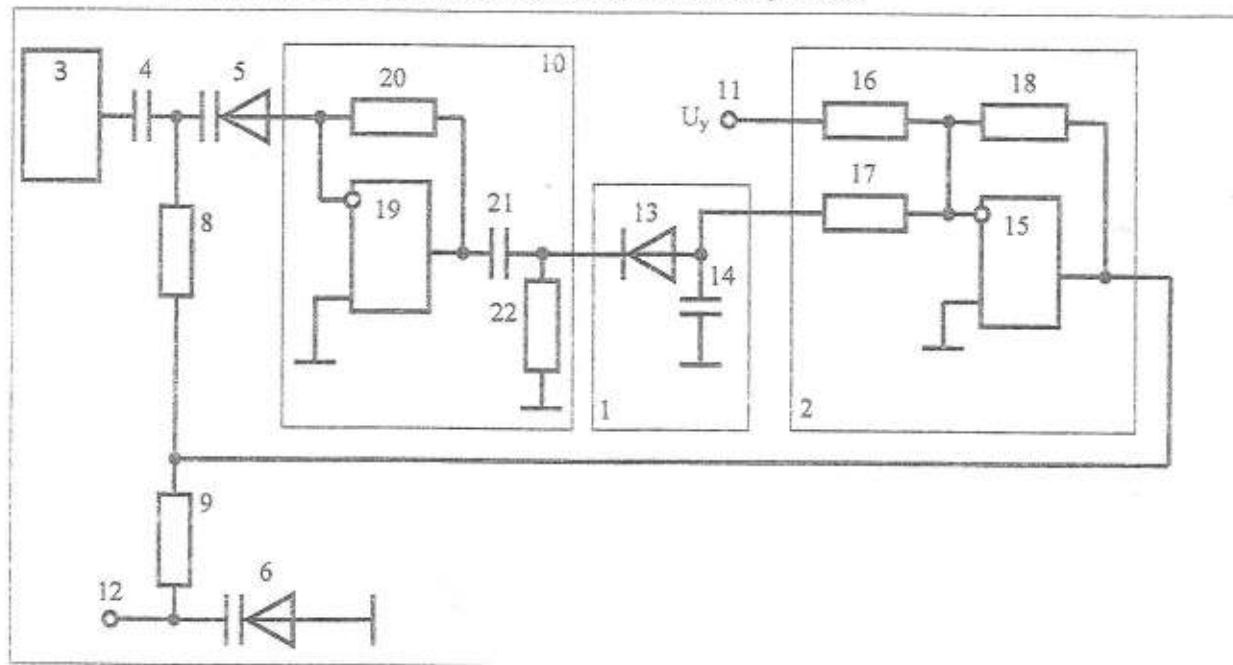


Рис. 1. Структурная схема устройства преобразования [10]

Устройство работает следующим образом.

Пусть на управляющий вход 11 подано напряжение U_y . В это время на выходе преобразователя 10 ток-напряжение будет напряжение

$$U = \left(U_T / \frac{1}{\omega C} \right) R_0 = U_T \cdot R_0 \cdot \omega C,$$

где U_T – выходное напряжение генератора 3, C – емкость варикапа 5, соответствующая управляющему напряжению U_y , R_0 – сопротивление обратной связи преобразователя ток-напряжение 10.

На выходе детектора 1 напряжение $U_g = U \cdot K_g$, где K_g – коэффициент передачи детектора 1.

На выходе суммирующего усилителя будет напряжение

$$U_c = (U_y - U_g) K_y = (U_y - U_T R_0 \omega C \cdot K_g) \cdot K_y, \tag{1}$$

где K_y – коэффициент передачи суммирующего усилителя, U_c – подается через резисторы 8, 9 на варикапы 5, б соответственно.

При $K_y \gg 1$ из (1) следует, что

$$U_y = U_T R_0 \omega C \cdot K_g \text{ или } U_y = K C, \tag{2}$$

где $K = U_T R_0 \omega K_g$ – постоянная величина.

При любом изменении U_y в схеме будет поддерживаться режим в соответствии с уравнением (1) при правильном выборе U_y . Из уравнения (2) следует, что емкость варикапа 5 линейно зависит от значения управляющего напряжения U_y . Но так как варикапы 5 и б, сопряженные по вольтфарадным

характеристикам (т.е. имеющие с большой точностью идентичные вольтфарадные характеристики), то и емкость варикапа b будет линейно зависеть от управляющего напряжения U_y . Варикап b можно включать в другие схемы, где необходимо иметь линейную зависимость емкости от управляющего напряжения, например, в мостовых, или других измерителях электрических параметров.

При необходимости к выходу суммирующего усилителя можно подключить еще варикапы, сопряженные по вольтфарадным характеристикам с варикапом 5 . Эти варикапы можно использовать в отдельных цепях или можно включать параллельно с варикапом b для увеличения регулируемой емкости. При любом изменении U_y в схеме будет поддерживаться режим в соответствии с уравнением (1) при правильном выборе U_y .

Выводы. Разработанное устройство можно в устройствах измерения электрических параметров элементов электрических цепей и в регулирующих системах в качестве регулируемой емкостной меры, что обеспечивает расширение области применения устройства по сравнению с известными решениями.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тверезовський В.С. Принцип здійснення гнучкого програмного керування елементами вимірювальних систем за аналізом їх експоненціальних параметрів /В.С. Тверезовський, Р.В. Бараненко // Вестник Херсонского государственного технического университета. – 2003. – № 2 (18). – С. 297-301.
2. Хризман С.С. Цифровые измерительные приборы и системы. Справочник. – К.: Наукова думка, 1970. – С.132.
3. Скрипник Ю.А. Коммутационные цифровые измерительные приборы. – М., 1973. – С.7-13.
4. Авторское свидетельство СССР № 364902. – Кл. G01R19/26, 1970.
5. Авторское свидетельство СССР № 364925. – Кл. G05B 23/02, 1970.
6. Автоматический контроль радиоэлектронного и электротехнического оборудования /Под. ред. Шляндина М.Э. – М., 1972. – С.15.
7. Таланчук П.М. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних та керуючих системах: Підруч. для студентів вузів /П.М. Таланчук, Ю.О. Скрипник, В.О. Дубровний. – К.: Райдуга, 1994 – 672 с.
8. Теда В.Ф. Обзоры по электронной технике. Серия 2: «Полупроводниковые приборы». Вып. 1(439). Электроника полупроводниковых диодов и приборов некогерентной оптоэлектроники, часть II. – М.: Электроника, 1977.
9. Авторское свидетельство СССР № 808981. Кл. G01R27/26, 1978.
10. Авторское свидетельство СССР № 1558186 «Устройство преобразования изменения управляющего напряжения в изменение емкости». Авторы: В.С. Тверезовский, С.В. Сидорович. Кл. G05B23/02, 1970.

БАРАНЕНКО Роман Васильевич – к.т.н., доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– геоинформационные и информационно-измерительные системы, защита информации.

ТВЕРЕЗОВСКИЙ Василий Семенович – к.т.н., доцент.

Научные интересы:

– построение информационных измерительных систем, разработка средств измерений.

КРЮЧКОВСКИЙ Дмитрий Александрович – к.т.н., старший преподаватель кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– информационные технологии.

УДК 621.3.014.12

А.Н. Войцеховский, А.В. Китаев, С.А. Войцеховский,
А.В. Евдокимов, С.В. Шутов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭФФЕКТА

У роботі показано, що в умовах об'єктивної реальності явище поверхневого ефекту в прийнятому розумінні цього терміна відсутнє, оскільки усередині провідника немає магнітного поля і нерівномірного розподілу струму по перетині провідника. Проте, термін «поверхневий ефект» у навчальній і технічній літературі може бути збережений, але зі зміною вкладеної в нього фізичної суті, наприклад, як явище формування магнітного поля провідника струмом, що протікає по його поверхні і т.д.

Введение. Считается, что явление поверхностного эффекта или вытеснение тока к поверхности проводника изучено достаточно полно и глубоко. Однако и в учебной, и в специальной технической литературе нет конкретных цифровых данных о степени неравномерного распределения тока по сечению проводника, ее зависимости от частоты и т.д. Поэтому первоначальная цель наших исследований состояла в том, чтобы дать развернутую картину данных по этим вопросам. Однако в процессе проведения испытаний вскрылись факты, которые заставили иначе взглянуть на физическую природу поверхностного эффекта. В итоге была предложена новая концепция по объяснению этого явления. Ее суть изложена ниже.

Итак, согласно традиционных взглядов [1-3] поверхностный эффект вызван тем, что элементарные трубки тока в центре проводника окружены большим количеством магнитных силовых линий, поэтому имеют большое индуктивное реактивное сопротивление, что и ведет к вытеснению тока к периферии. Следовательно, объяснение здесь строится на основе наличия магнитного поля внутри проводника. Но доказательства тому нет. Хотя, конечно, можно говорить, что любая элементарная трубка тока создает вокруг себя магнитный поток, как это показал Эрстед. Но, если присовокупить сюда методику доказательства теоремы Остроградского-Стокса, то окажется, что циркуляции вектора магнитной напряженности вокруг внутренних элементарных трубок тока себя скомпенсируют (см. рис.1).

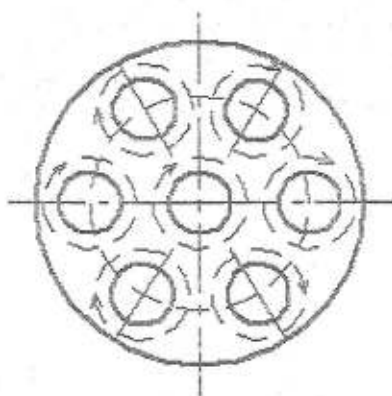


Рис. 1. Иллюстрация к доказательству теоремы Остроградского-Стокса

Исключение составят лишь элементарные трубки, формирующие поверхность проводника. Именно они и создадут на указанной поверхности первую магнитную силовую линию, а над ней расположатся остальные. Иначе говоря, магнитное поле создается над проводником, по которому протекает ток, внутри же проводника магнитного поля нет.

Это заключение подтверждает и следующий эксперимент: две шины прямоугольного сечения были подключены к источнику так, что по ним протекали токи одинаковой величины и направления. Между шинами и на внешней поверхности одной из них были размещены катушки для оценки величины возникающей магнитной напряженности (см. рис. 2.).

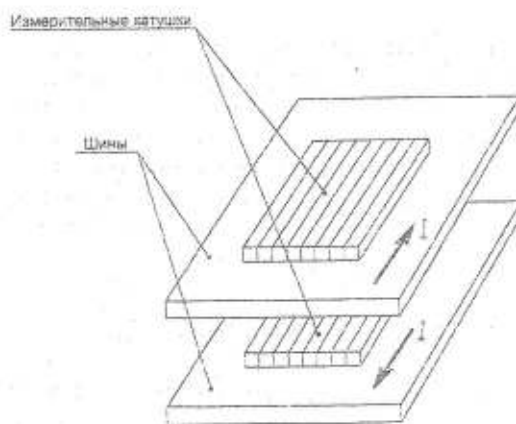


Рис. 2. Иллюстрации к эксперименту с шинами

Установлено, что при сближении шин сигнал измерительной катушки, расположенной внутри их, уменьшается, а внешней увеличивается. Отсюда можно полагать, что при наложении шин друг на друга (измерительная катушка не позволит этого сделать) магнитное поле между шинами исчезнет.

Однако возможны и такие суждения, что пусть магнитного поля нет, но эффект вытеснения тока все равно будет, например, по другой физической причине. Короче говоря, вновь встал вопрос по оценке неравномерности распределения тока по сечению проводника. Для ответа на него был предложен и изготовлен экспериментальный образец, устройство которого приведено на рис. 3.

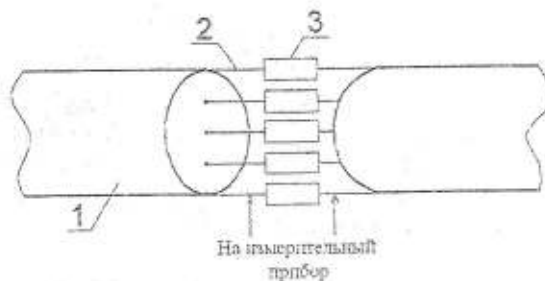


Рис. 3. Макетное устройство для исследования поверхностного эффекта

Здесь изображены: сплошной круглый проводник 1, где формируется растекание тока по сечению; элементарные проводники 2, расположенные по центру проводника, его периметру и в промежуточном слое между ними; образцовые сопротивления 3, служащие для съёма сигнала по току. В качестве измерительных приборов использовались электронные вольтметры и осциллограф. Избранные источники питания позволяли выполнить установку следующих значений частот: 0; 100; 1000; 10^4 ; 10^5 ; 10^6 Гц.

Результаты исследований, т.е. данные по замеру падений напряжения на образцовых сопротивлениях, приведены в таблице 1 и убеждают в том, что растекание тока по сечению уединенного проводника носит равномерный характер и не зависит от частоты, т.е. поверхностного эффекта (в привычном понимании этого термина) нет.

Таблица 1

Значения частот, Гц	Падения напряжения		
	Центр	Промежуточный слой	Периферийный слой
0	14,5	14,4	14,4
100	14,2	14,2	14,2
1000	14,1	14,3	14,3
10000	14,3	14,1	14,1
100000	9,3	9,1	9,2

И тем не менее, термин «Поверхностный эффект» имеет полное право на существование, но, разумеется, при изменении физического смысла. Действительно, нет принципиальной разницы в том,

какой показатель работы устройства проявляется лишь на поверхности проводника. Выполненное выше исследование показало, что таким показателем являются элементарные токи поверхности проводника, способные формировать вокруг этой поверхности магнитное поле. Поэтому возможна следующая трактовка поверхностного эффекта: «Поверхностный эффект – это способность проводника создавать собственное внешнее магнитное поле лишь за счет тока, протекающего по его поверхности».

Приведенное определение, как показали наши дальнейшие исследования, может быть развито и по отношению к другим электротехническим устройствам. Возьмем, например, конденсатор. Протекающий здесь ток является током смещения. Возникает он под воздействием переменного электрического потока, что отражено в записи первого закона Максвелла:

$$\text{rot}\vec{H} = \vec{\delta}_{\text{см}} = \frac{d\vec{D}}{dt},$$

где $\vec{H}, \vec{D}, \vec{\delta}_{\text{см}}$ – векторы соответственно магнитного потока, электрического смещения и плотности тока.

Отсюда видно, что возникающие вихри вектора \vec{H} в пространстве между пластинами конденсатора (опять же согласно методике доказательства теоремы Остроградского-Стокса) себя взаимно компенсируют. И лишь вихри, расположенные вдоль кромок конденсатора, создадут его внешнее магнитное поле, что также можно воспринимать как проявление поверхностного эффекта.

И, наконец, известная аналогия между магнитными и электрическими явлениями позволяет указать еще на одну разновидность поверхностного эффекта. Дело в том, что если переменное электрическое поле создает вихри магнитной напряженности, то переменное магнитное поле приведет к формированию вихрей электрического поля, как это следует из второго закона Максвелла:

$$\text{rot}\vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt},$$

где \vec{E}, \vec{B} – соответственно векторы электрической напряженности и магнитной индукции.

С учетом изложенного аналогом работы конденсатора могут выступить процессы, имеющие место в узком воздушном зазоре сердечника электромагнита переменного тока. Действительно, под воздействием переменного магнитного поля здесь возникают линии переменного электрического поля. Их присутствие легко обнаружить, если в зазоре установить медную или алюминиевую пластинку. В результате будут наблюдаться следующие известные явления:

- в обмотке электромагнита резко возрастет ток;
- выталкивание пластины из зоны магнитного поля, ее вибрация и высокий нагрев.

Их объясняют тем, что пластина подобна короткозамкнутому витку трансформатора. В ней наводится э.д.с. и протекает ток, который создает магнитный поток, направленный встречно основному потоку электромагнита, т.е. возникает явление размагничивания. Но при заданном напряжении сети устройство не может этого допустить и, стремясь сохранить величину магнитного потока, вынуждено увеличивать ток в обмотке. Нагрев пластины также считают естественным явлением, поскольку наведенный в ней ток относится к категории вихревых и изображается обычно в виде совокупности концентрических окружностей.

Однако анализ показывает, что вихрь линий тока в плоскости пластины создает магнитное поле, которое по отношению к основному является поперечным (см. рис. 4а) и поэтому не может вызвать явление размагничивания.

В то же время магнитное поле к.з. витка, действительно, является продольным и размагничивающим (см. рис. 4б).

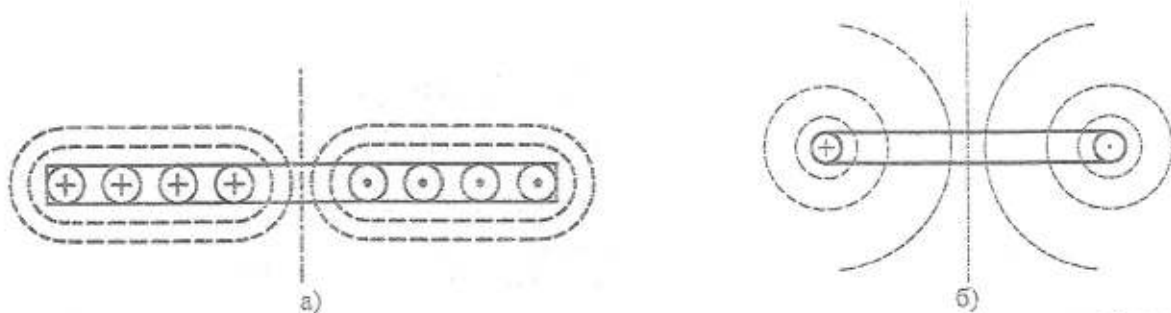


Рис. 4. Поле пластины при представлении вихревых токов в виде концентрических окружностей и к.з. витка

Устранить возникшее противоречие удалось постановкой следующего эксперимента. В сердечнике известного автотрансформатора под названием ЛАТР-2 был выполнен трехмиллиметровый воздушный зазор. Кроме того, была подобрана алюминиевая пластина толщиной 2 мм, которая вставлялась в воздушный зазор с припуском в 5 мм с каждой стороны. Одна из внешних поверхностей пластины имела масляный слой. Оказалось, что при включении устройства и размещении пластины в зазоре масляный слой выгорает так, что на пластине явно вырисовывается линейный контур, точно воспроизводящий периметр сердечника (см. рис. 5.).



Рис. 5. Иллюстрация к результатам испытаний алюминиевой пластины с масляным слоем

Это означает, что индукционный ток, наведенный в пластине, не растекается по ней в виде кольцевых окружностей, а сосредоточен в форме к.з. витка, охватывающего сердечник. Поэтому замена пластины на такой виток практически ничего не изменит в поведении устройства.

Итак, если в воздушный зазор электромагнита вставлена медная или алюминиевая пластина, размеры которой повторяют размеры сердечника, то ее индукционный ток будет сосредоточен вдоль кромок, что и представляет еще одну разновидность поверхностного эффекта.

Выводы:

1. Экспериментами установлено, что в условиях объективной реальности явление поверхностного эффекта в принятом понимании этого термина отсутствует, поскольку внутри проводника нет магнитного поля и неравномерного распределения тока по сечению проводника.

2. Термин «поверхностный эффект» в учебной и технической литературе может быть сохранен, но с изменением вкладываемой в него физической сути, а именно:

- формирование магнитного поля проводника за счет протекающего по нему поверхностного тока;
- создание магнитного поля конденсатора вдоль кромок его пластин под воздействием протекающего тока смещения;
- протекание индукционного тока вдоль кромок пластины при размещении последней в воздушном зазоре электромагнита, сердечник которого имеет в сечении геометрические размеры аналогичные пластине.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Зевеке Г.В. и др. Основы теории цепей. – М.: Энергия, 1975. – 705 с.
2. Демирчян К.С. и др. Теоретические основы электротехники. – СПб.: Питер, 2004. – 377 с.
3. Поливанов К.М. Теоретические основы электротехники. – М.: Энергия, 1972. – 240 с.

КИТАЕВ Александр Васильевич – к.т.н., профессор кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– теоретические основы электротехники, электрические машины, электропривод.

ВОЙЦЕХОВСКИЙ Александр Никифорович – доцент кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– автоматизированный электропривод, автоматика, электроника.

УДК 621.313.333

В.И. Глухова, А.В. Китаев, А.Н. Войцеховский,
С.А. Войцеховский

ОБЩНОСТЬ ПРЕДПОСЫЛОК И РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРОВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПО ДАННЫМ КАТАЛОГОВ

У статті розкрито причини спільності характеристик трансформаторів і електричних машин. Вони обумовлені ідентичністю вихідних даних, можливістю зведення схем заміщення розглянутих електротехнічних пристроїв до схем заміщення чотириполюсника та активного двополюсника, а також використанням відносних значень при визначенні параметрів і показників.

Введение. Алгоритмы определения характеристик трансформаторов и электрических машин по данным каталогов приведены в работах [1-4]. Даже их поверхностный анализ вскрывает высокую степень сходства полученных в результате расчета характеристик.

Задача настоящей статьи раскрыть основные причины, которые определили указанную идентичность, и показать, что она далеко не случайна, а вполне закономерна.

Начнем с анализа постановочной части задачи, т.е. с исходных данных и показателей, подлежащих определению. С целью компактности изложения и удобства сопоставления составим таблицу 1, где приведены данные, относящиеся к электрическим двигателям, но она же может быть развита и применительно к трансформаторам и электрическим генераторам.

Таблица 1

Тип электрического двигателя	Исходные данные по каталогу				
Асинхронный	Номинальное напряжение, $U_{ном}$, В	Номинальная мощность на валу $P_{ном}$, кВт	Номинальная частота вращения $n_{ном}$, об/мин	Коэффициент полезного действия η	Коэффициент мощности $\cos \varphi_1$
Синхронный					
Постоянного тока					

Путем обычного сравнения убеждаемся, что независимо от типа двигателей для них оговариваются номинальные значения напряжения, мощности, частоты вращения и к.п.д., на основании которых требуется построить семейства механических и рабочих характеристик. Аналогичный анализ, выполненный по отношению к трансформаторам и электрическим генераторам (постоянного тока и синхронным), убеждает в том, что здесь основное внимание уделяется семействам внешних и рабочих характеристик опять же при задании номинальных значений напряжения, мощности и к.п.д.

Отсюда следует, что уже на этапе формулировки постановочной части задания закладывается общность предпосылок и задач, подлежащих решению.

Последнее проще всего построить на использовании положений теории многополюсников и метода эквивалентного генератора (МЭГ). Такой подход будет выгоден с точки зрения получения простых, компактных и удобных расчетных соотношений. Кроме того, он находится в полном соответствии с принципами системности и преемственности, к неукоснительному соблюдению которых призывают все директивные документы Министерства образования и науки Украины. Справедливости ради укажем, что по указанной причине в учебниках и учебных пособиях по трансформаторам и электрическим машинам для придания им явно выраженной связи с теоретическими основами электротехники (ТОЭ), как правило, всегда называют трансформаторы и электрические машины типичными двух- и четырехполюсниками. Однако по сути положения теории многополюсников при

анализе работы указанных устройств не используются. Короче говоря, теория трансформаторов и электрических машин и раздел ТОЭ, посвященный многополюсникам, существуют автономно и связи друг с другом не имеют.

Покажем преимущества предлагаемого подхода на примере анализа внешней характеристики или зависимости выходного напряжения U_2 в функции тока I_2 . Обратимся к Т-образной схеме замещения четырехполюсника (см. рис. 1а) и применим по отношению к ней МЭГ с целью определения тока I_2 .

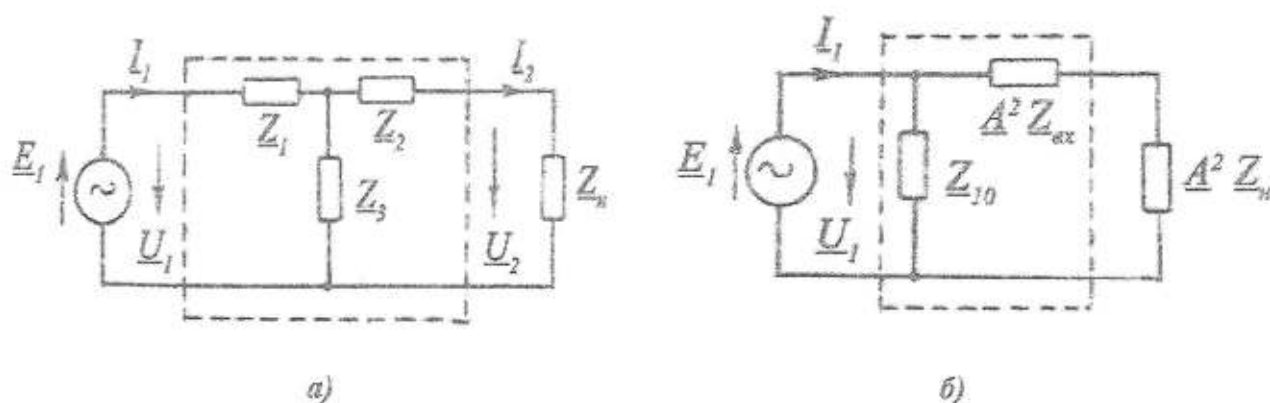


Рис. 1. Схемы замещения четырехполюсника

Тогда схема замещения примет вид (см. рис. 2.) и будет представлять собой последовательное соединение элементов Z_{BX} и Z_H при воздействии на них напряжения U_{PQXX} . Этой схеме (ее принято называть схемой замещения активного двухполюсника) соответствует уравнение баланса напряжений:

$$U_{PQXX} = U_{BX} + U_H,$$

где U_{BX} и U_H - падения напряжения соответственно на Z_{BX} и Z_H ; а также векторная диаграмма, приведенная на рис. 3. Стороны заштрихованного на ней треугольника представляют собой модули U_{PQXX} , U_{BX} и U_H . Применим по отношению к ним теорему косинусов, тогда получим:

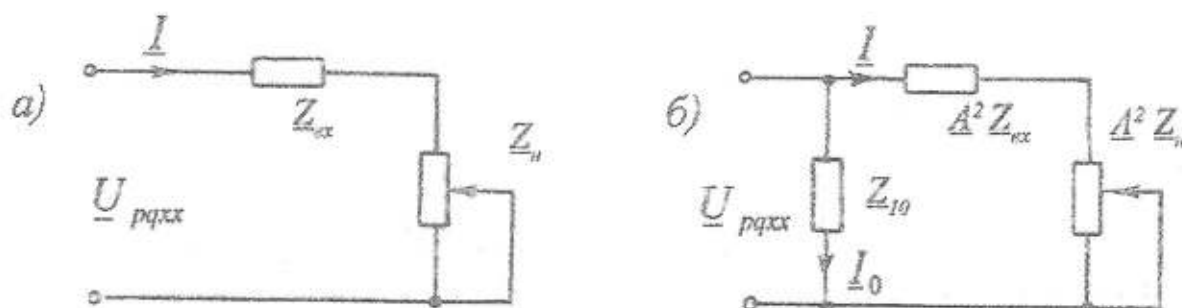


Рис. 2. Схема замещения активного двухполюсника

$$U_{PQXX}^2 = U_{BX}^2 + U_H^2 + 2U_{BX}U_H \cos \varphi,$$

где φ - угол, равный разности аргументов φ_{BX} и φ_H , относящихся к сопротивлениям Z_{BX} и Z_H .

Переход к относительным значениям (путем деления слагаемых последнего выражения на U^2_{PQXX}) даст квадратное уравнение:

$$\gamma_H^2 + 2\gamma_H \beta \cos \varphi + \beta^2 - 1 = 0,$$

где $\gamma_H = U_H / U_{PQXX}$; $\beta = I / I_{K3}$; $I_{K3} = U_{PQXX} / Z_{BK}$; Z_{BK} - модуль Z_{BK} ,

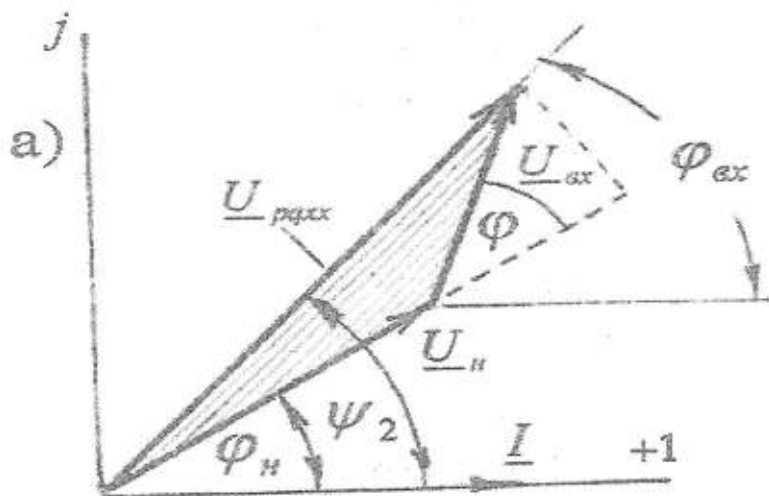


Рис. 3. Векторная диаграмма активного двухполосника,

решение которого приведет к аналитическому выражению внешней характеристики

$$\gamma_E = -\beta \cos \varphi + \sqrt{1 - \beta^2 \sin^2 \varphi}. \tag{1}$$

Графическое изображение этой зависимости во всем диапазоне возможных изменений β и φ приведено на рис. 4.

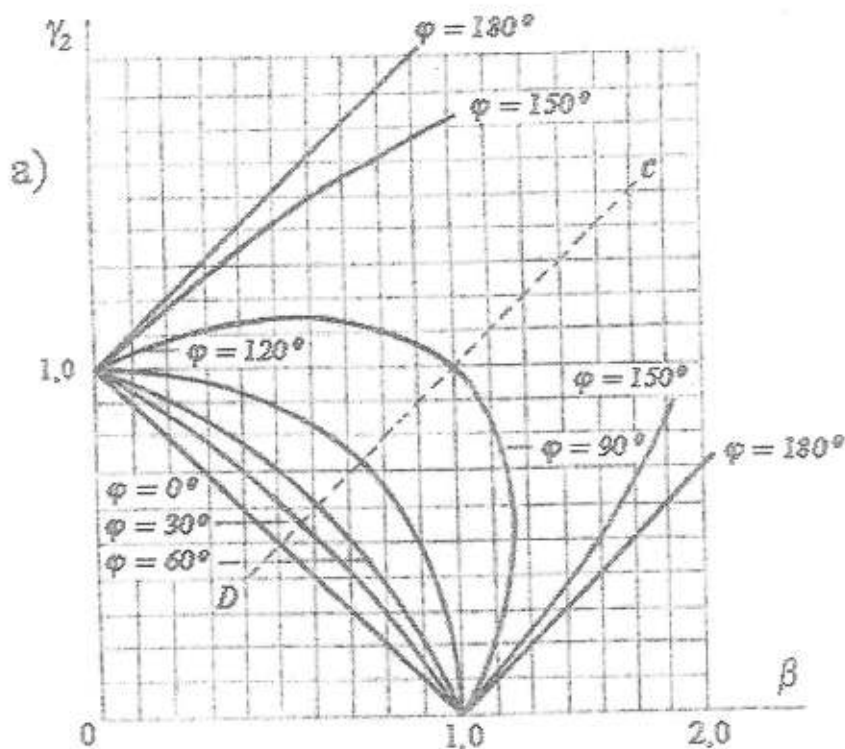


Рис. 4. Семейство внешних характеристик активного двухполосника

На основе аналогичных рассуждений и при использовании Г-образной схемы замещения четырехполюсника (см. рис. 1б) строится семейство токовых или рабочих характеристик четырехполюсника (под ними понимаются зависимости $I_1, P_1, P_2, \eta, \cos \varphi_1 = f(I_2)$, где $I_1, P_1, \cos \varphi_1$ – соответственно ток, активная мощность и коэффициент мощности на входе четырехполюсника; I_2, P_2 – те же показатели тока и мощности, но на выходе; η – коэффициент полезного действия) при условии, что сопротивление нагрузки меняется по модулю от нуля до бесконечности. При использовании относительных значений указанные зависимости запишутся в виде,

$$\beta_1, p_1, p_2, \eta, \cos \varphi_1 = f(\beta),$$

где $\beta_1 = I_1 / I_{K3}$, $p_1 = P_1 / U_{PQXX} I_{K3}$, $p_2 = P_2 / U_{PQXX} I_{K3}$, $\eta = P_2 / P_1$, $\cos \varphi_1 = p_1 / a\beta_1$

(a – модуль коэффициента A четырехполюсника).

Важно подчеркнуть, что рабочий режим практических электротехнических устройств лежит в диапазоне токов от нуля до номинального. Последний же в 50-100 раз меньше тока короткого замыкания. Поэтому получающиеся значения относительных токов и мощностей малы и неудобны при графическом изображении. Поэтому их целесообразно увеличить путем умножения на коэффициент k_y , равный соответственно 50-100 и снабдить их дополнительным индексом "y", например, $\beta_y = k_y \cdot \beta$, $p_{1y} = k_y \cdot p_1$ и т.д.

Аналитические выражения для расчета токовых характеристик приведены в таблице 2 (где угол θ равен $90^\circ - \alpha_0 - \psi_2$; α_0 – угол магнитного запаздывания, ψ_2 – угол между ЭДС E_{20} и I_2).

Таблица 2

Наименование показателя	Аналитическое выражение в относительных значениях
Ток входа I_1	$\beta_{1y} = \sqrt{\alpha_y^2 + \left(\frac{\beta_y}{a}\right)^2} + 2\alpha_y \frac{\beta_y}{a} \cos \theta$
Активная мощность, потребляемая нагрузкой P_2	$P_{2y} = \gamma_H \beta_y \cos \varphi_H$
Активная мощность, потребляемая от источника P_1	$P_{1y} = \alpha_y \cos \varphi_{10} + \beta_y \beta \cos \varphi_{ax} + P_{2y}$
К.П.Д η	$\eta = \frac{P_{2y}}{P_{1y}}$
Коэффициент мощности входа $\cos \varphi_1$	$\cos \varphi_1 = \frac{P_{1y}}{\beta_{1y}}$

Графическое изображение такого семейства, например, при $\varphi = 0$ дано на рис. 5.

Допустим, что схема замещения электротехнического устройства аналогична схеме замещения четырехполюсника, тогда очевидна и идентичность их характеристик. Такая тождественность, прежде всего распространяется на трансформаторы, которые даже специалисты по электрическим машинам охотно называют типичными четырехполюсниками и подчеркивают полное сходство их Г-образных схем замещения.

Однако с физической точки зрения это не совсем так. Дело в том, что в четырехполюснике по мере изменения нагрузки величина тока выхода определяется значениями входного сопротивления и нагрузки, а в трансформаторе значениями сопротивлений вторичной цепи. Связано это с тем, что трансформатор следует отнести к четырехполюсникам особого рода, а именно: со стабилизацией

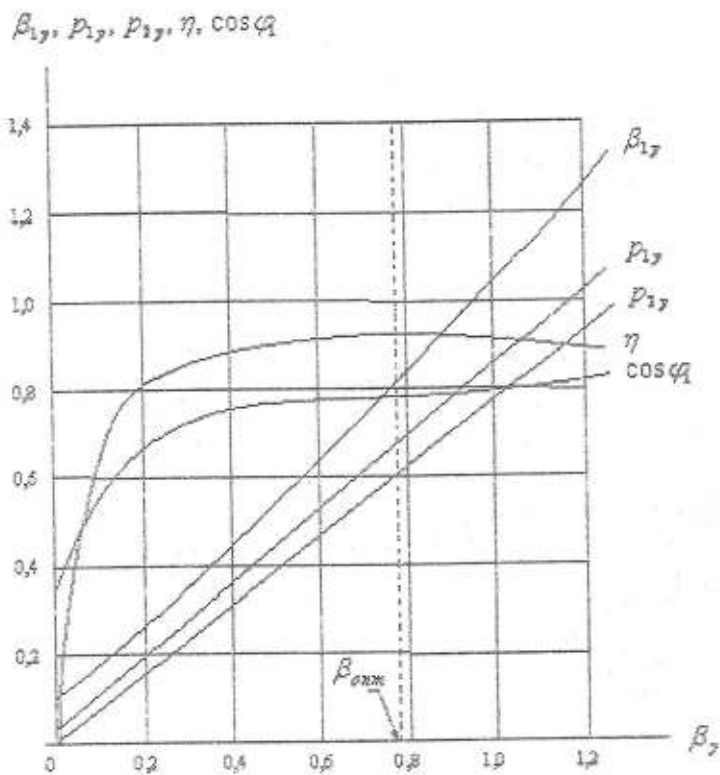


Рис. 5. Семейство токовых характеристик трансформатора

напряжения на зажимах поперечной ветви (см. рис. 1а). Указанный эффект связан со способностью трансформатора сохранять при заданном неизменном напряжении источника практически постоянное значение магнитного потока (во всяком случае при изменении тока нагрузки от нуля до номинального). Поэтому рост тока нагрузки в четырехполюснике ведет к снижению тока поперечной ветви, а в трансформаторе он сохраняется неизменным.

Однако отмеченное обстоятельство при использовании относительных значений не сказывается на форме и числовых значениях характеристик, а меняет лишь базовое значение параметров и показателей. Следовательно, для трансформатора все рассмотренные выше внешние и рабочие характеристики имеют прямое приложение.

В случае синхронного генератора и генератора постоянного тока с независимым возбуждением ситуация с приложением характеристик четырехполюсника полностью сохранится. Однако следует подчеркнуть, что на постоянном токе влияние фазовых явлений не сказывается, поэтому для генератора постоянного тока семейство внешних характеристик сводится к единственной прямой, отвечающей условию $\varphi = 0$.

Теория асинхронных машин построена на использовании теории трансформатора. Поэтому возможность сводности их схем замещения к схемам замещения четырехполюсника и активного двухполюсника сомнений не вызывает. А потому и здесь тождество токовых характеристик также будет иметь место. Справедливости ради нужно подчеркнуть, что в случае электрических двигателей под рабочими характеристиками следует понимать зависимости: частоты вращения n , момента M , тока I_1 , потребляемой мощности P_1 , к.п.д. η и коэффициента мощности в функции выходной мощности на валу P_2 . Аналитическая запись этих зависимостей достаточно громоздка и сложна. Но проблему легко снять на основе перестроения уже известных токовых характеристик $n, M, I_1, P_2, P_1, \eta, \cos \varphi_1 = f(I_2)$ в функции переменной P_2 .

Достаточно необычно будет обстоять дело со сведением схемы замещения двигателя постоянного тока (см. рис. 6а) к схеме замещения активного двухполюсника. Как показано выше, по отношению к асинхронным двигателям этой проблемы не было, поскольку в качестве эквивалента механической мощности на валу здесь выступала электрическая мощность, потребляемая сопротивлением нагрузки R'_2/s , где R'_2 – приведенное значение активного сопротивления обмотки ротора, s – скольжение

двигателя. Покажем, что к аналогичной картине можно свести и схему замещения двигателя постоянного тока. С этой целью запишем уравнение баланса напряжений в виде:

$$U = I_{я} R_{я} + E_{я},$$

где U – напряжение сети; $R_{я}$ – сопротивление обмотки якоря; $E_{я}$ – противо-ЭДС. Учтем, что $E_{я} = c_E \Phi n$; $n_0 = U / c_E \Phi$, где Φ – магнитный поток машины; n_0 – частота вращения ротора при холостом ходе; и разделим уравнение баланса напряжений справа и слева на $E_{я}$. Тогда получим:

$$U = I_{я} R_{я} \cdot \frac{n_0}{n_0 - n} = \frac{I_{я} R_{я}}{s_{\phi}},$$

где $s_{\phi} = \frac{n_0 - n}{n_0}$ – можно рассматривать как значение некоего фиктивного скольжения, поскольку

n_0, n – значения частоты вращения соответственно при идеальном холостом ходе и при конкретной нагрузке на валу.

С учетом изложенного получаем схему замещения двигателя постоянного тока (см рис. 6б), которая имеет полное сходство со схемами активного двухполюсника и асинхронного двигателя. Описанный прием перехода от схемы рис. 6а к схеме рис. 6б можно рассматривать как своеобразное обращение к теореме компенсации.

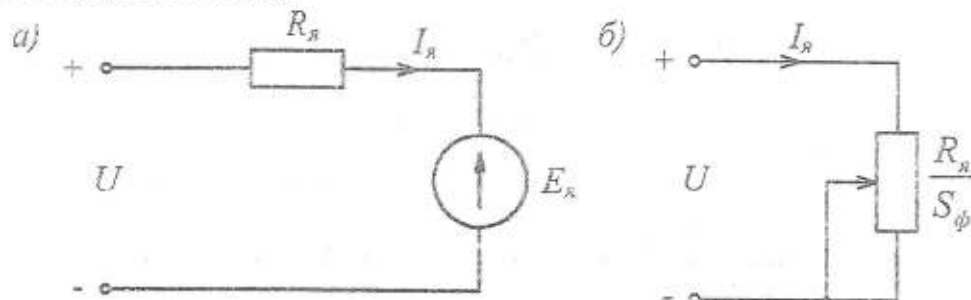


Рис. 6. Схемы замещения двигателя постоянного тока

Практически аналогичная ситуация имеет место и по отношению к синхронному двигателю, схему замещения которого принято изображать в виде рис. 7а.

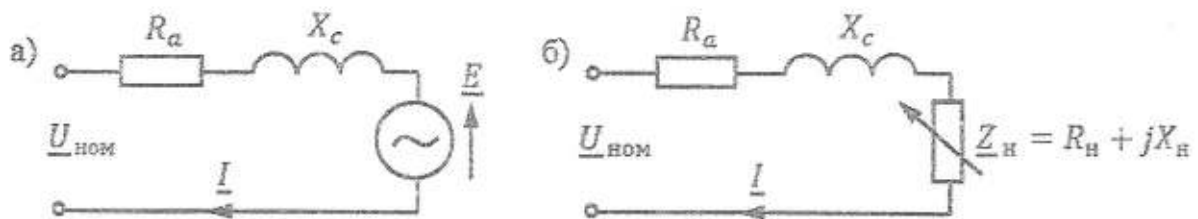


Рис. 7. Схемы замещения синхронного двигателя

Для нее также характерно отсутствие нагрузочного сопротивления, выступающего в роли эквивалента механической мощности на валу. И вновь унификации можно добиться, если воспользоваться теоремой компенсации. Тогда изображение схемы замещения при условии опережающего тока примет вид (см. рис. 7б). Величину $R_{н ном} = R_{ном} / Z_{ном}$ ($Z_{ном}$ – модуль сопротивления нагрузки) найдем, обратившись к уравнению энергетического баланса номинального режима:

$$U_{ном} I_{ном} \cos \varphi_{1 ном} \cdot \eta_{ном} = I_{ном}^2 R_{ном},$$

которая окажется равной произведению $\cos \varphi_{1 ном} \cdot \eta_{ном}$. Тот же параметр, но для любого другого выбранного режима найдется по соотношению:

$$\dot{R}_H = \frac{p_2 \dot{R}_{H.ном}}{\beta^2}$$

где p_2 – относительное значение мощности на валу, т.е. $p_2 = \frac{I^2 R_H}{I_{н.ном}^2 \cdot R_{н.ном}}$.

Выводы: Сходимость характеристик трансформаторов и всех типов электрических машин достигается и объясняется следующими причинами:

- идентичностью исходных данных;
- использованием относительных значений;
- возможностью сведения схем замещения к схемам замещения четырехполюсника и активного двухполюсника.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Китаев А.В., Глухова В.И. Анализ работы асинхронного двигателя по данным каталога. ААЭКС. – 2008. № 1 (21).
2. Китаев А.В., Глухова В.И. Анализ работы синхронного двигателя с неявнополюсным ротором по данным каталога. ААЭКС. – 2010. № 1 (25).
3. Китаев А.В., Глухова В.И. Анализ работы трансформатора по данным каталога. ААЭКС. – 2008. № 2 (22).
4. Китаев А.В., Глухова В.И. Анализ работы генератора постоянного тока по данным каталога. ААЭКС. – 2009. № 1 (23).

ГЛУХОВА Валентина Ивановна – старший преподаватель кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

- электротехнические системы.

КИТАЕВ Александр Васильевич – к.т.н., профессор кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

- теоретические основы электротехники, электрические машины, электропривод.

ВОЙЦЕХОВСКИЙ Александр Никифорович – доцент кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

- автоматизированный электропривод, автоматика, электроника.

ВОЙЦЕХОВСКИЙ Сергей Александрович – аспирант кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

- автоматика.

УДК 621.313.33(045)

В.Н. Казак, Т.А. Мазур, А.И. Редька

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ КАСКАДОМ В ПРОЦЕССЕ ЗАПУСКА ГТД

Запропоновано використання асинхронного каскаду в якості стартера для запуску ГТД. На основі схем заміщення виведено аналітичний вираз для електромагнітного моменту асинхронного каскаду. З урахуванням вимог, зумовлених характером моменту опору ГТД в процесі запуску, окреслено методи управління асинхронним каскадом.

Введение. Проектирование и исследование новых приводов, как правило, ставит новые сложные задачи, которые предъявляют к характеристикам вычислительной техники чрезмерные требования. Поэтому возникает необходимость в нахождении и использовании рациональных математических моделей и методов оптимизации моделируемых объектов, а также решении проблем оптимизации управления. Накопленный опыт в области математического моделирования, применение современных методов теории автоматического управления и прогрессивных информационных технологий может быть успешно использован при синтезе системы автоматического управления запуском газотурбинного двигателя (ГТД) посредством электростартера особой конструкции.

Актуальность исследований. Для запуска ГТД широко применяются системы запуска с электрическими стартерами – машинами постоянного тока. Они отличаются простотой управления и удобством обслуживания [1]. Однако наличие скользящих контактов с учетом тенденции к увеличению мощностей новых ГТД определяет необходимость проектирования новых систем запуска на основе бесконтактных пусковых устройств (электростартеров). В качестве такого пускового устройства предлагается использовать асинхронный каскад (рис.1).

Постановка задачи. На рисунке 1 изображена схема конструкции бесконтактной машины каскадного типа – асинхронного каскада [2]. Асинхронный каскад состоит из двух индукционных машин, находящихся в одном корпусе 1 и связанных механически и электрически. То есть они имеют общий вал с двумя обычными роторами 3 с общей короткозамкнутой обмоткой инверсного типа 4. Статорные обмотки обеих индукционных машин выполнены в виде отдельных трехфазных обмоток 5.

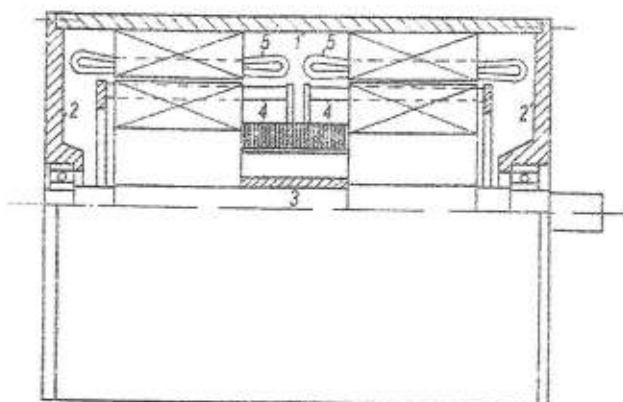


Рис. 1. Схема конструкции асинхронного каскада

Основное достоинство такой конструкции заключается в простоте технологии ее производства и отсутствии скользящих контактов [2]. Условно обозначим слева на право первую и вторую машины асинхронного каскада. Питание осуществляется со статора первой машины.

Синхронная скорость асинхронного каскада определяется частотой сети (f_1) и суммарным числом пар полюсов первой и второй машин (p_1 и p_2) по формуле:

$$\omega_c = \frac{2\pi \cdot f_1}{p_1 + p_2} \quad (1)$$

Под скольжением асинхронного каскада подразумевается скольжение поля ротора второй машины каскадного двигателя относительно статора [2]:

$$s_2 = \frac{\omega_2 - \omega}{\omega_2} = \frac{(\omega_1 - \omega) - \omega \frac{p_2}{p_1}}{\omega_1 - \omega}, \tag{2}$$

где ω_2 – скорость поля второго двигателя относительно ротора, ω_1 – скорость поля первого двигателя относительно статора, ω – действительная скорость вращения вала асинхронного каскада:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot f_1 \cdot (1 - s_2)}{p_2 + p_1 \cdot (1 - s_2)} \tag{3}$$

При этом первая машина асинхронного каскада работает со скольжением:

$$s_1 = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1} \tag{4}$$

Научный и практический интерес представляет синтез оптимальной системы управления асинхронным каскадом в процессе запуска ГТД. Целью работы является определение методов управления асинхронным каскадом, позволяющих осуществить запуск ГТД за минимальное время.

Результаты исследований. В теории электрических машин для изучения характеристик установившегося режима математическую модель асинхронного двигателя принято представлять в виде эквивалентных схем замещения. Для анализа статических характеристик асинхронного каскада также используется методика получения эквивалентных схем замещения, применяемая для асинхронных двигателей. С учетом каскадного соединения эквивалентная схема замещения определяется путем последовательного приведения параметров каскада к сети в два этапа. Первый этап – приведение статорной обмотки второй машины к роторному контуру. Второй – приведение роторного контура каскада к статору первой машины. Используемые коэффициенты приведения ЭДС, токов и сопротивлений определяются известными соотношениями [3].

С целью упрощения анализа статических характеристик асинхронного каскада целесообразно использовать точную Г-образную схему замещения асинхронного каскада (рис. 2).

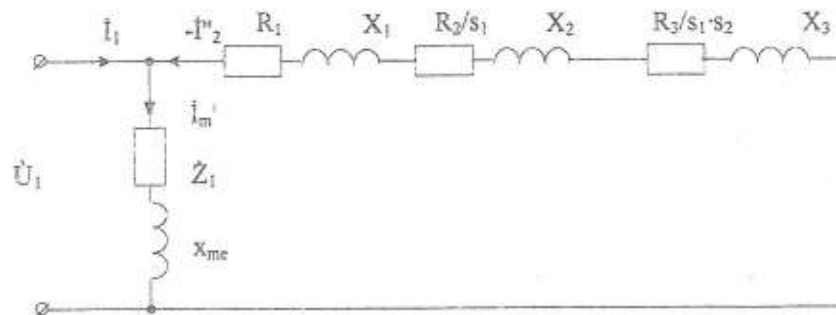


Рис. 2. Точная Г-образная схема замещения асинхронного каскада

где $\dot{Z}_1 = r_1 + jx_1$ – комплексное сопротивление обмотки статора первой машины;

x_{me} – эквивалентное сопротивление намагничивающих контуров каскада:

$$x_{me} \approx \frac{x_{m1} \cdot x'_{m2}}{x_{m1} + x'_{m2}},$$

$$R_1 = \sigma_1 r_1, X_1 = \sigma_1 x_1, R_2 = \sigma_1^2 \sigma_2 r_2, X_2 = \sigma_1^2 \sigma_2 x_2, R_3 = \sigma_1^2 \sigma_2^2 r_3, X_3 = \sigma_1^2 \sigma_2^2 x_3,$$

где σ_1, σ_2 – коэффициенты рассеяния статора первой и ротора второй машины в каскаде:

$$\sigma_1 \approx 1 + \frac{x_1 \cdot (x_{m1} + x'_{m2})}{x_{m1} \cdot x'_{m2}}; \quad \sigma_2 \approx 1 + \frac{x'_2}{x'_{m2}}; \tag{5}$$

$r_1, r_2, r_3, r_{m1}, r_{m2}$ – активные сопротивления обмоток: статора первой машины (первый контур), роторного (второго) контура асинхронного каскада, статора второй машины (третий контур), намагничивающих ветвей первой и второй машины;

$x_1, x_2, x_3, x_{m1}, x_{m2}$ – индуктивные сопротивления рассеивания обмоток: статора, роторного контура асинхронного каскада, статора второй машины, намагничивающих ветвей первой и второй машины;

$\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3^r$ – комплексы токов первого, второго и третьего контуров асинхронного каскада;

\dot{U}_1 – напряжение питания каскада. Параметры, приведенные один раз, обозначены одним штрихом, а подвергшиеся приведению на обоих этапах – двумя штрихами.

На основании точной Г-образной схемы замещения приближенно электромагнитный момент асинхронного каскада можно представить в виде выражения:

$$M = \frac{m_1 \dot{U}_1^2 \cdot \left(R_2 + \frac{R_3}{s_2} \right) \cdot (p_1 + p_2)}{2\pi f_1 \cdot s_1 \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_2}{s_1} + \frac{R_3}{s_1 s_2} \right)^2 + (X_1 + X_2 + X_3)^2 \right]} \quad (6)$$

На основе выражения (6) можно заключить, что управление асинхронным каскадом возможно путем изменения: U_1, f_1 , активных и индуктивных сопротивлений обмоток статора первой и второй машины, а также путем изменения количества пар полюсов машин в каскаде. Следовательно, характерные для асинхронных машин управляющие воздействия являются возможными параметрами управления также и асинхронным каскадом. Выбор параметра управления определяет методы управления [4]:

1) параметрические или методы регулирования скольжения – основаны на изменении параметров машины или величины напряжения питания. Вследствие конструкции каскада возможным представляется изменение параметров обмоток статора первой и второй машины в каскаде. Введение дополнительных активно-индуктивных сопротивлений в роторный контур асинхронного каскада возможно в случае вывода роторных обмоток обеих машин на контактные кольца;

2) частотные методы управления;

3) методы изменения числа пар полюсов машин в асинхронном каскаде.

Задачу синтеза оптимальной системы управления асинхронным каскадом при запуске ГТД наиболее целесообразно осуществить путем формирования определенных законов изменения напряжения и частоты питания асинхронного каскада с учетом требований к закону изменения момента асинхронного каскада M_{CT} .

Известно, что ГТД в процессе запуска представляет собой нагрузку с вентиляторным моментом сопротивления M_{CT} . Учитывая, что избыточный момент турбины затрачивается на сообщение

ускорения ротору двигателя [5], уравнение баланса крутящих моментов для всех трех периодов запуска записывается в виде уравнений движения ротора

$$J_0 \left(\frac{d\omega}{dt} \right)_1 = M_{CT} - M_C$$

$$J_0 \left(\frac{d\omega}{dt} \right)_2 = M_{CT} + M_T - M_C \quad (7)$$

$$J_0 \left(\frac{d\omega}{dt} \right)_3 = M_T - M_C$$

где J_0 – динамический момент инерции частей привода, приведенный к оси ротора привода.

На основе известных характеристик компрессора, турбины, а также ограничений по длительности периодов запуска, с помощью выражений (7) для конкретного ГТД определяется вид требуемой механической характеристики стартера (рис. 3).

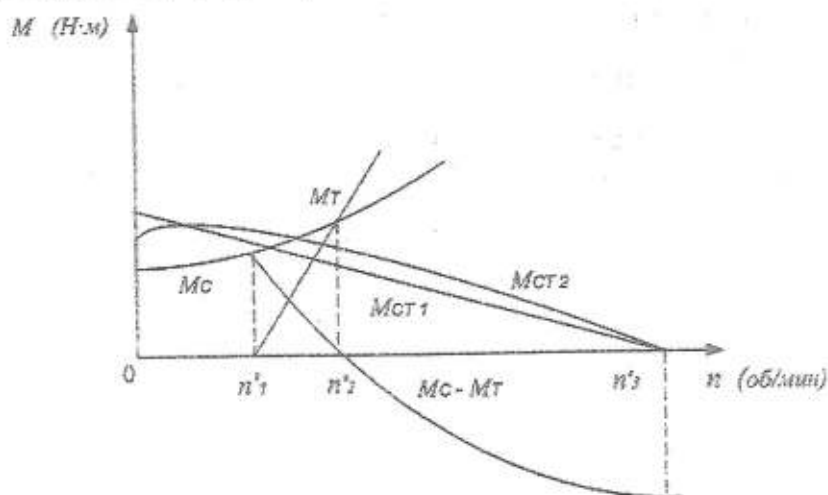


Рис. 3. Диаграмма моментов в процессе запуска ГТД

Запуск ГТД может осуществляться при постоянном моменте стартера либо при произвольном законе изменения момента стартера.

Раскрутка ротора ГТД при переменном моменте стартера может быть равноускоренной либо с изменением ускорения по некоторому закону.

Управление режимом работы стартера осуществляется с целью получения оптимальных энергетических характеристик системы запуска, максимального быстродействия и ограничения пусковых токов в процессе разгона ГТД. Таким образом, критерием оптимальности управления асинхронным каскадом является минимум времени запуска ГТД при минимуме вращающего момента и мощности с учетом ограничений (7) и ограничений на управление – напряжение и частоту питания асинхронного каскада.

Выводы. Изложенные особенности оптимизации управления запуском ГТД посредством стартера особой конструкции – асинхронного каскада, дают предпосылку для решения задачи оптимизации системы управления асинхронным каскадом. Выбор наиболее подходящего метода из имеющегося множества методов синтеза оптимальных регуляторов с учетом применимости к данному классу задач, трудоемкости разработки системы управления, сложности реализации метода требует дальнейшего более детального изучения характеристик объекта управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Синдеев И.М. Электрооборудование летательных аппаратов. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1972. – 442 с.
2. Труды третьей всесоюзной конференции по бесконтактным электрическим машинам. – Рига: Зинатне, 1966. – 285 с.
3. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. Ч.2. – Машины переменного тока: учебн. для студ. высш. техн. учебн. зав. – Л.: Энергия, 1973. – 345 с.
4. Невраев В.Ю., Петелин Д.П. Системы автоматизированного электропривода переменного тока. – Л.: Энергия, 1964. – 104 с.
5. Кац Б.М., Жаров Э.С., Винокуров Б.К. Пусковые системы авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1976. – 220 с.

КАЗАК Василий Николаевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и энергоменеджмента механико-энергетического факультета Аэрокосмического института, Национальный авиационный университет.

Научные интересы:

– техническая кибернетика (системы навигации, управления, автоматизированные системы контроля) и системные методы сохранения живучести летательных аппаратов в особенных ситуациях в полете.

МАЗУР Татьяна Аркадьевна – к.т.н., ассистент, преподаватель кафедры автоматизации и энергоменеджмента Аэрокосмического института Национального авиационного университета.

Научные интересы:

– электромеханические приводы постоянной частоты вращения авиационных генераторов.

РЕДЬКА Анастасия Игоревна – аспирантка кафедры автоматизации и энергоменеджмента Аэрокосмического института Национального авиационного университета, г. Киев.

Научные интересы:

– исследование способов управления работой каскадных машин.

УДК 159.876.5:620.9(045)

В.М. Казак, Л.В. Новачук

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ КОГНІТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗНОГО ГРАФУ

Дослідження присвячено розробці методики енергозберігаючих заходів на основі методів когнітивного моделювання та прогнозного графу. Проведено аналіз сучасних енергозберігаючих технологій, оцінено їх переваги та недоліки. Досліджено прогресивні методи дослідження, а саме методи системного аналізу, обґрунтовано їх застосування в енергетичній галузі. Розглянуто методи прогнозного графу та когнітивного моделювання, що спрямовані на підвищення раціональності споживання енергоресурсів, не завдаючи дискомфорту населенню. Проаналізовано за допомогою методу прогнозного графу пріоритетні напрями та заходи енергозбереження в Борзнянському районі. Розроблено методику енергозберігаючих заходів на основі методу когнітивного моделювання. Виділено фактори впливу на збільшення (зменшення) споживання електроенергії в Борзнянському районі. Розраховано кількісну оцінку ефективності збереження електроенергії та вартісну оцінку економії коштів. Проведено оптимізацію технологій енергозберігаючих технологій з урахуванням складного коефіцієнту.

Вступ. Без електроенергії сьогодні немислимий розвиток жодної галузі господарства світу. Електроенергетика є базовою галуззю економіки, від надійного і сталого функціонування якої значною мірою залежать темпи економічного процвітання чи занепаду країни.

Актуальність дослідження. Енергоефективність та енергозбереження є пріоритетними напрямами енергетичної політики більшості країн світу. Це обумовлено вичерпанням невідновлювальних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), відсутністю реальних альтернатив їх заміни, наявністю ризиків при їх виробництві і транспортуванні. В останній час ці чинники набувають все більшого значення у зв'язку із загальною нестабільністю у регіонах видобутку ПЕР, напругою на паливно-ресурсних ринках та несприятливими прогнозами щодо подальшого зростання цін на енергоресурси. Розвинені країни світу, які вже досягли значних успіхів у вирішенні проблем енергоефективності, продовжують пошук нових джерел енергозабезпечення та розробку заходів щодо енергозбереження, що є позитивним прикладом для України. Одна з основних проблем сучасного розвитку України – надійне забезпечення потреб народного господарства в енергетичних ресурсах на базі науково-технічного прогресу та розвитку концепції активного енергозбереження [1].

Одним із найважливіших пріоритетів структурної перебудови економіки є перехід до енергозберігаючої моделі її розвитку. Реалізація такої моделі потребує кардинального перегляду існуючих структур промислового виробництва та технологій з точки зору їх відповідності заощадливому використанню енергоресурсів.

Постановка задачі. Аналіз світового енергетичного ринку показав: традиційні шляхи з енергозбереження і ставлення до енерговикористання надалі стануть неефективними. Необхідно шукати нові шляхи раціонального використання енергоресурсів та забезпечення потреб суспільства в енергоносіях. Головною задачею дослідження є розробка на основі методів когнітивного моделювання та прогнозного графу шляхів енергозбереження та підвищення ефективності споживання електроенергії типового регіону.

Результати дослідження. На прикладі типового (Борзнянського) району Чернігівської області у дослідженні було проаналізовано споживання електроенергії населенням та промисловими споживачами (рис. 1, 2).

Для аналізу споживання електроенергії районом було обрано період з початку 2004 р. Аналіз споживання електроенергії за 2004-2008 рр. показав, що населення та промислові споживачі використовують електроенергію не однаково, але в обох випадках їх кількість зростає з кожним роком (рис.1, 2). Діаграма має плавно спадаючий характер, з мінімумами споживання енергії у літні та максимумами споживання у зимові місяці. Це пов'язано з тим, що взимку зменшується тривалість світлового дня, більше використовується електричної енергії на освітлення та допоміжні побутові електрообігрівачі. Постійно зростають кількість підприємств, помітно збільшується чисельність населення, кількість шкіл, лікарень тощо. Відповідно потрібно раціональніше використовувати енергію, дбайливо ставитися до природних ресурсів.

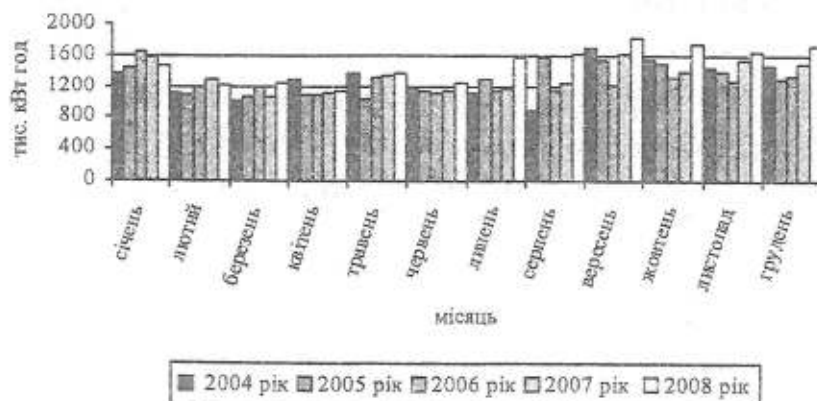


Рис. 1. Діаграма споживання електроенергії промисловими споживачами протягом 2004-2008 рр.

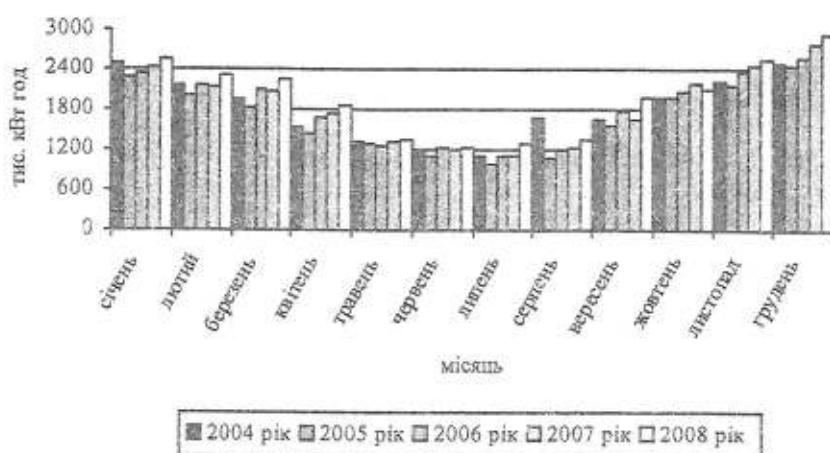


Рис. 2. Діаграма споживання електроенергії населенням протягом 2004-2008 рр.

Як ефективні інструменти пошуку енергозберігаючих технологій у дослідженні обрано методи когнітивного моделювання та прогнозного графу. Головною тривогою апарату когнітивних карт є можливість систематичного якісного обліку віддалених наслідків прийнятих рішень і виявлення побічних ефектів, які важко оцінити інтуїтивно при великій кількості факторів та багатогранності шляхів взаємодії між ними.

При аналізі системи електропостачання та електроспоживання населенням і підприємствами типового регіону було встановлено, що кількість спожитої електроенергії постійно зростає. У дослідженні виділено фактори, що призводять до необхідності збільшення споживання електроенергії і встановлено взаємодії між ними (рис. 3).

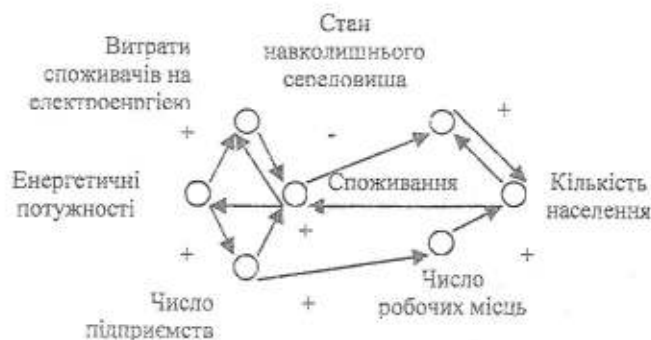


Рис. 3. Аналіз проблем споживання електроенергії

Так, шлях у цьому графі починається з вершини «Енергетичні потужності» і, пройшовши через кілька вершин, знову повертається до даної вершини (рис. 3). Розглянемо перший ланцюг [2]. Збільшення (зменшення) енергетичних потужностей приводить до збільшення (зменшення) числа підприємств у районі, тобто дасть їм змогу розвиватися, використовувати новітні технології, що потребують більші виробництва електроенергії для Борзнянського району на сьогоднішній день. Розширення (зменшення) підприємств, у свою чергу, призведе до збільшення (зменшення) числа робочих місць. Оскільки підприємству потрібно збільшення робочих місць, то необхідно більша кількість населення, адже на даний час ще не всі види робіт можна виконувати автоматизовано. Все це призводить до збільшення споживання електроенергії і, нарешті, до підвищення енергетичних потужностей.

Збільшення (зменшення) кількості населення призведе до підвищення (падіння) споживання електроенергії, а цей фактор, у свою чергу, вплине на погіршення (покращення) екологічної ситуації навколишнього середовища (рис. 3). Також між населенням та екологічним станом району є взаємний зв'язок. Так, окрім впливу екології на людини, про що сказано раніше, людина впливає на зовнішнє середовище. Збільшення кількості людей призводить до зменшення задовільного стану навколишнього середовища.

В обраному регіоні було проведено опитування експертів (серед яких були люди, які працюють у сфері енергетики) щодо шляхів підвищення ефективного використання енергії та напрямів енергозбереження. Серед запропонованих відповідей знайдено абсолютну та відносну значущість, що визначалися з проведеного опитування (табл. 1).

Використання теплонакопичувачів дасть можливість рівномірно використовувати електроенергію, зменшити її піки протягом дня і ночі. Вони працюють вночі, а вдень віддають тепло. В обраному районі немає власного підприємства для проведення енергоаудиту. Це є дуже важливо для підприємств, оскільки при його проведенні буде відомо, де електроенергія використовується неекономно, якими шляхами можливо покращити енергопроблему. Для впровадження енергозберігаючих технологій важливо, щоб керівництво приватних підприємств, влада району, а ще краще області, розуміли роль економії енергоресурсів і були зацікавлені, по можливості, як фінансово, так і розумово. Метод когнітивного моделювання дає змогу виділити шляхи підвищення ефективності енергозбереження.

Таблиця 1

Зміни, ранжирувані за важливістю

№	Зміни	Місце по медіані	Місце середньогометричне
1	Зниження втрат у трансформаторах	1(6)	89,8
2	Заміна ртутних ламп на натрієві в ліхтарях вуличного освітлення	2(6)	87,5
3	Проведення модернізації ЛЕП	3(6)	85,7
4	Використання теплонакопичувачів	4(5)	84,5
5	Проведення енергоаудиту на підприємствах	5(5)	82,3
6	Залучення власних коштів підприємств	6(5)	80,4
7	Підтримка коштами з боку влади району, області	7(5)	79,5
8	Споживання енергоресурсів лише із засобами обліку	8(4)	73,4
9	Удосконалення існуючих технологій та електрообладнання	9(4)	72,5

У дослідженні було проаналізовано метод прогнозного графу. Методи прогнозних графів, що дозволяють адекватно відображати різноманітні ситуації, являються інструментом прогнозування процесу розробки, що тонко реагує на зміни параметрів системи [3]. Велике значення має те, що за допомогою контрольованих параметрів можна досить швидко отримати порівняльну оцінку великої кількості різноманітних варіантів розвитку процесу.

За допомогою методів прогнозного графу та когнітивного моделювання було виділено найбільш доцільні енергозберігаючі заходи. При розрахунках впровадження запропонованих заходів, а саме відключення одного з двох паралельно включених трансформаторів, заміна ртутних ламп ліхтарів вуличного освітлення на натрієві із звичайними дроселями або із елПРА, було побудовано граф з урахуванням економії електроенергії, строків окупності, економії коштів за складним коефіцієнтом (рис. 4).

При впровадженні перелічених заходів на цільовий фактор – споживання електроенергії в районі – зменшиться використання енергії. Це потребує значних коштів, але в подальшому призведе до економії

енергії до 50%. Впровадження деяких заходів у енергетичне життя району визначить економію електроенергії, а також за допомогою когнітивного моделювання та методу прогнозного графу можливо провести оптимізацію енергозберігаючих заходів.



Рис. 4. Граф з впровадженими енергозберігаючими технологіями

Висновки. Вперше розглянуто проблему економії використання електроенергії з точки зору системного аналізу, методів когнітивного моделювання та прогнозного графу. З використанням наведених методів дослідження виявлено шляхи найбільш ефективного використання електроенергії, методами прогнозування та планування проведено аналіз зовнішнього середовища, де функціонує предмет дослідження. Так, виділяються найбільш економічно доцільні заходи енергозбереження на прикладі району в сьогоднішні. При розрахунках строків окупності по простому коефіцієнту, строк окупності запропонованих заходів буде становити 3 роки, а при складному коефіцієнту – 1,5 роки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Енергоефективність'2005: зб. наук. пр. Міжнар. наук.-техн. конф. / Ред.: О.Д. Леонов; Держ. ком. України з енергозбереження. – О.: ТОВ «Фірма «РЕФПРИНТИНФО», 2005. – 130 с.
2. Казак В.М. Системний аналіз автоматизованих організаційно-технічних систем: Навч. посібник – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2008. – 164 с.
3. Коваленко І.І., Гожий А.П. Системные технологии генерации и анализа сценариев: Монография. – Николаев: Изд-во НГГУ им. Петра Могила, 2006. – 160 с.

КАЗАК Василь Миколайович – д.т.н., професор, професор кафедри автоматизації та енергоменеджменту механіко-енергетичного факультету Аерокосмічного інституту, Національний авіаційний університет.

Наукові інтереси:

– технічна кібернетика (системи навігації, керування, автоматизовані системи контролю) та системні методи збереження живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті.

НОВАЧУК Лілія Віталіївна – аспірант 1 курсу, к.т.н., Національний авіаційний університет, м. Київ.

Наукові інтереси:

– методи енергозбереження;

– застосування прогресивних методів дослідження в енергетичній галузі.

УДК 621.3.013

А.В. Китаев, А.Н. Войцеховский,
С.А. Войцеховский

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДВУХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ

У роботі приведено результати експериментального дослідження картин магнітного поля безпосередньо в проводах, між проводами і за проводами двопровідної лінії. Установлено, що струм, що протікає по проводах, не створює усередині їхнє магнітне поле. Магнітне поле між і за проводами динамічно міняється в залежності від величини струму і використовуваних геометричних розмірів.

Введение. Двухпроводные линии широко используются в электроэнергетике, автоматике и других областях техники. Интерес к их магнитным полям обусловлен, например, тем, что последние являются источником помех, негативно сказывающихся на работе различного оборудования и аппаратуры.

Кроме того, они же определяют величину электродинамических усилий между проводами, которые могут быть значительны в режиме короткого замыкания. Поэтому для специалистов, работающих над решением вопросов и проблем подобного рода, крайне важны подробности формирования картин магнитных полей. Считается, что на этот счет теория дает подробный и четкий ответ [1,2,3]. Однако разработчики конкретных устройств (линий, систем автоматизации и т.п.) считают, что в условиях объективной реальности поведение магнитных полей часто не подчиняется предписаниям теории. Отсюда возникает задача согласования положений теории и результатов практики на основе принципов системности и преемственности. Ее решение с учетом сделанного нами экспериментального исследования описано ниже.

Условно магнитное поле двухпроводной линии можно разделить на три зоны: поле проводов, между проводами и за проводами.

Начнем с рассмотрения картин магнитных полей непосредственно самих проводов. Выберем следующие варианты их конструктивного исполнения: цилиндрический сплошного сечения, трубчатый и биметаллический. Примем, что обратный провод линии удален на значительное расстояние от прямого, т.е. их воздействием друг на друга можно пренебречь. Тогда можно высказать следующие суждения.

Цилиндрический провод сплошного сечения. Принято считать, что его картина магнитного поля имеет вид, изображенный на рис. 1а. Причем подчеркивается, что магнитное поле существует

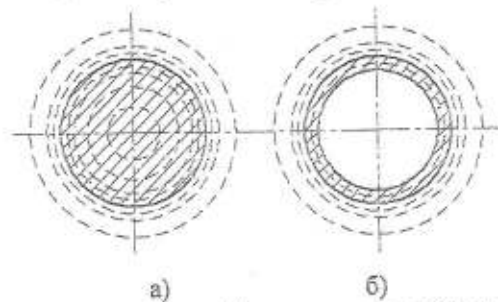


Рис.1 Картина магнитных полей сплошного и трубчатого проводника
внутри и вне проводника, и расчет значений магнитной индукции B , а также соответственно векторного потенциала A здесь должен выполняться по формулам:

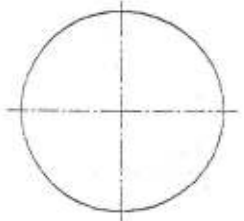
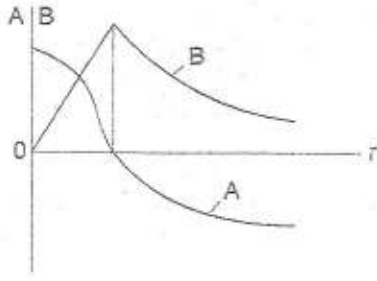
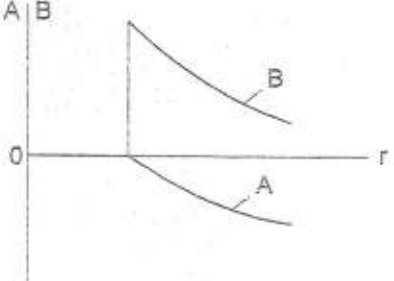
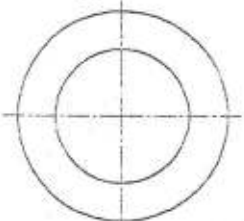
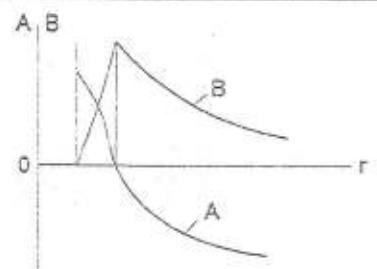
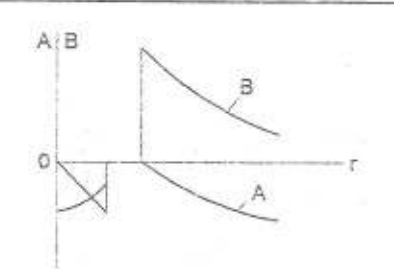
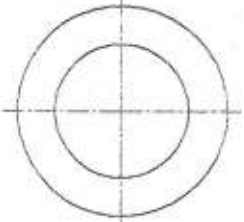
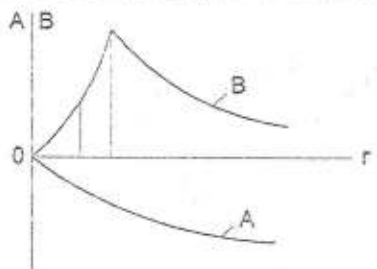
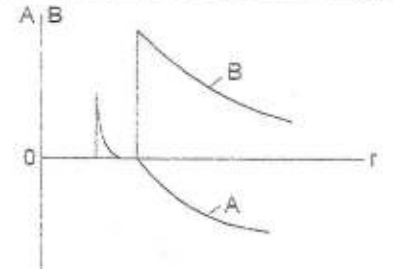
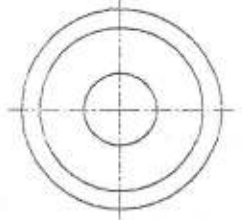
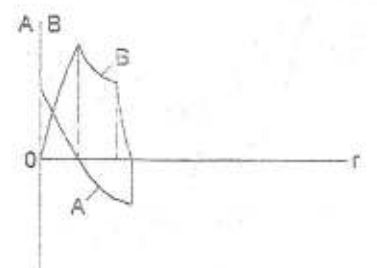
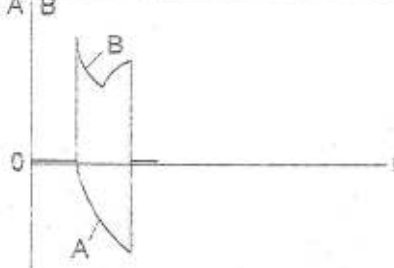

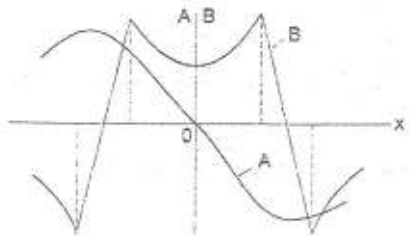
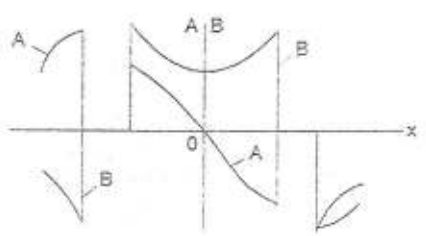
$$\begin{array}{ll}
 \text{внутри проводника} & \text{вне проводника} \\
 B = \frac{\mu I}{2\pi r_0^2} r; \quad A = \frac{\mu I}{4\pi} \left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right); & B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}; \quad A = -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{r}{r_0};
 \end{array}$$

где μ – магнитная проницаемость материала проводника; r_0 – радиус проводника; r – текущий радиус; I – ток, протекающий по проводнику.

Графическое изображение отмеченных зависимостей $B = f(r)$ и $A = f(r)$ приведены в табл. 1. (поз. 1).

Таблица 1.

Графическое изображение зависимостей $B = f(r)$ и $A = f(r)$

№ поз.	Конструктивное исполнение проводника	Принятое	Реальное
1	<p>Одиночный сплошного сечения</p> 		
2	<p>Трубчатый</p> 		
3	<p>Биметаллический</p> 		
4	<p>Коаксиальный кабель</p> 		
5	<p>Двухпроводная линия</p> 		

Однако есть основания утверждать, что ток, протекающий по проводнику, непосредственно в нем магнитного поля не создает. Действительно, обратимся к методике доказательства теоремы Остроградского-Стокса и применим ее к исследуемому проводу, полагая, что последний состоит из элементарных проводников. Тогда скажется, что циркуляции векторов магнитной напряженности \vec{H} вокруг каждого из них взаимно скомпенсируют друг друга (см. рис. 2). В результате первая силовая линия сформируется лишь на поверхности провода, а остальные расположатся над ней, т.е. картина

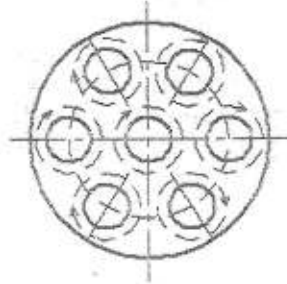


Рис. 2. Иллюстрация к отсутствию магнитного поля внутри проводника с током

магнитного поля одиночного проводника сплошного сечения примет вид (см. рис. 3а). Соответственно сменится и характер зависимостей $A, B = f(r)$, что отражено в таблице 1. Приведем одно из возможных экспериментальных доказательств высказанных положений. С этой целью разрежем

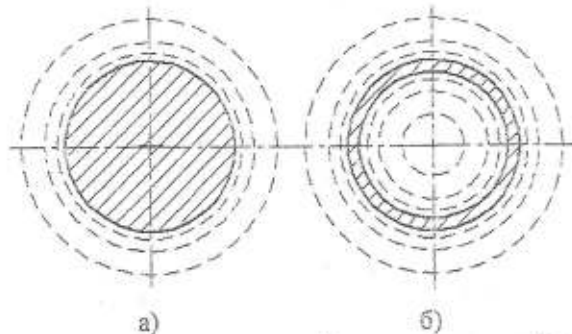


Рис. 3. Истинная картина магнитных полей сплошного и трубчатого проводника

исследуемый проводник по образующей на две половины. На одной из них расположим две длинные плоские измерительные катушки (или датчики Холла), одна из них должна лежать на поверхности разреза, другая вдоль образующей. Пропустим по обоим половинкам ток и будем сближать их по отношению друг к другу так, чтобы вновь восстановился цилиндр. Тогда окажется, что показания измерительной катушки, лежащей на плоскости разреза, будут уменьшаться, а противоположной ей возрастать. Поэтому есть все основания полагать, что при наложении половин друг на друга (этого не позволяет сделать измерительная катушка) магнитное поле между ними исчезнет.

Трубчатый проводник. При составлении картины его магнитного поля (см. рис. 1б) принято рассматривать три области: внутреннюю полость, тело проводника и внешнюю среду. Полагают, что из-за отсутствия тока во внутренней полости там нет и магнитного поля. В пределах второй области изменение магнитной индукции подчиняется закону

$$B = \frac{I(r^2 - r_{вн}^2)}{2\pi(r_{вн}^2 - r_{вн}^2)r};$$

где $r_{вн}, r_{вн}$ – соответственно внутренний и внешний радиусы цилиндра.

В третьей области магнитное поле аналогично магнитному полю цилиндрического провода сплошного сечения. Поэтому зависимости $A, B = f(r)$ имеют графическое изображение, приведенное в табл.1(поз. 2).

Однако на основании положений теории на формирование картины магнитного поля здесь можно составить и иной взгляд. Действительно, возьмем толстостенный цилиндр, состоящий из одного слоя элементарных проводников. Очевидно, что при протекании по ним тока возникнут магнитные поля, которые, суммируясь, сформируют магнитные силовые линии вне и внутри цилиндра. Отсюда наличие

две противоположные точки зрения. И лишь путем проведения экспериментальных исследований можно убедиться в правоте одной из них.

С этой целью расположим внутри трубы несколько миниатюрных магнитных стрелок и пропустим по проводу электрический ток. Окажется, что стрелки сменяют свою хаотичную ориентацию и расположатся по кругу, прижавшись к внутренней поверхности цилиндра. Замена стрелок на железные опилки даст более полную картину магнитного поля в виде совокупности концентрических окружностей. Следовательно, внутри полого цилиндра существует магнитное поле. К тому же выводу приводят и другие приемы логических рассуждений, например, при сворачивании листа в цилиндр (см. рис. 4) и т.д. Но тогда возникает вопрос определения магнитной напряженности внутри цилиндра в условиях, когда закон полного тока, казалось бы, неприменим. Тем не менее, проблема устраняется путем обращения к тому же тонкостенному цилиндру, у которого можно считать, что магнитные напряженности наружной и внутренней поверхности одинаковы. Очевидно, что магнитная напряженность H в точках наружной поверхности найдется по формуле:

$$H = \frac{I}{2\pi r_{вн}}$$

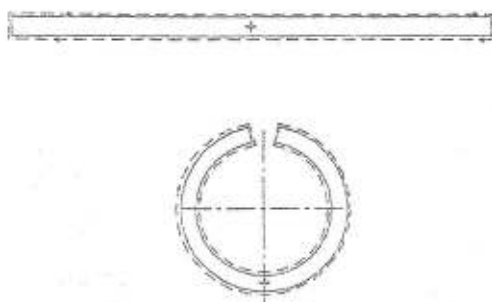


Рис. 4. Иллюстрация к формированию магнитного поля в трубчатом проводнике

Тогда магнитная напряженность внутренней поверхности примет аналогичное значение, если абстрактно полагать, что во внутренней полости сосредоточен проводник сплошного сечения, по которому протекает тот же ток I . В таких условиях аналитическое выражение для H вдоль внутренней поверхности примет вид:

$$H = -\frac{I}{2\pi r_{вн}}, \tag{2}$$

где $r_{вн}$ – внутренний радиус цилиндрического проводника, близкий к $r_{вн}$.

Сужая сечение провода, получим значение H для промежуточных точек радиусом $r < r_{вн}$ по формуле:

$$H = -\frac{I}{2\pi r_{вн}^2} r \tag{3}$$

В итоге искомое значение H найдено опять же на основе закона полного тока, но через введение абстрактного проводника с током обратного направления. С учетом изложенного зависимости $A, B = f(r)$ изменят свой вид (см. табл.1 поз. 2).

Биметаллический провод. Реальная картина магнитного поля проводника такого исполнения также отличается от принятой. Для иллюстрации сошлемся на пример 210, рассмотренный в [1]. Здесь приведен биметаллический провод, содержащий две области (пусть они имеют нумерацию 1 и 2), по которым протекают токи соответственно I_1 и I_2 , определяемые по формулам:

$$I_1 = \frac{r_1^2 I}{r_1^2 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1} (r_2^2 - r_1^2)}; \quad I_2 = \frac{\frac{\gamma_2}{\gamma_1} (r_2^2 - r_1^2) I}{r_1^2 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1} (r_2^2 - r_1^2)},$$

где I – ток провода равный сумме I_1 и I_2 ; r_1, r_2 – радиусы слоев.

Там же установлены расчетные формулы для определения зависимостей $A, B = f(r)$ и дано их графическое изображение, которое повторено в табл.1 (поз. 3). Однако в свете изложенного выше материала с ними нельзя согласиться, поскольку в толще однородного металла магнитного поля не может быть. Допустим, что $I_1 > I_2$, тогда вся первая область должна быть свободна от магнитного поля. Так оно и будет, но на грани раздела областей разница в токах определит возникновение зоны нескомпенсированных значений магнитной напряженности. И только при дальнейшем повышении радиуса r значения H_1 будут снижаться, а H_2 , наоборот, расти, т.е. при некотором r компенсация все-таки будет достигнута. Следовательно, можно говорить о некоторой глубине проникновения магнитного поля первой области во вторую. Верхнее значение радиуса r_B этой зоны можно найти по формуле:

$$r_B = \sqrt{r_2^2 - \frac{I_1}{I_2}(r_2^2 - r_1^2)}.$$

В пределах отмеченной зоны значения B и A_2 вычисляются по соотношениям:

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi r} (I_1 - \frac{r^2 - r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} I_2); \quad A_2 = \frac{\mu_0}{2\pi} (\frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} I_2 - I_1) \ln \frac{r}{r_1} - \frac{\mu_0 I_2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot (1 - \frac{r^2}{r_1^2}),$$

которые устанавливаются согласно метода наложения.

За пределами проводника ($r > r_1$) магнитное поле создается суммарным током I и аналогично полю сплошного цилиндрического проводника. В итоге графическое изображение зависимостей $A, B = f(r)$ сменит свой вид (см. табл. 1 поз. 3).

От картин магнитного поля одиночных проводов перейдем к их комбинации при построении двухпроводной линии в виде коаксиального кабеля и классического исполнения.

Коаксиальный кабель. По сути это исполнение двухпроводной линии с использованием трубчатого проводника, внутри которого соосно размещен цилиндрический проводник сплошного сечения. Здесь принято различать следующие зоны: жила, диэлектрический слой, оболочка и внешняя среда. Причем полагают, что магнитное поле жилы и диэлектрика не имеет отличий от магнитного поля внутри и вне одиночного провода сплошного сечения. Магнитное поле в оболочке рассчитывают на основе метода наложения, а его существование за оболочкой убежденно отрицают. В обоснование тому вновь ссылаются на закон полного тока:

$$\oint H dl = i,$$

где правая часть состоит из суммы двух равных токов противоположного направления и потому равна нулю. Тогда в левой части для выполнения этого равенства следует принять $H = 0$.

В итоге принятый характер поведения зависимостей $A, B = f(r)$ приведен в табл.1 поз. 4.

Разумеется, что объективной реальности они не соответствуют. Дело в том, что согласно приведенным выше соображениям в жиле и оболочке магнитного поля нет. Что же касается диэлектрического слоя, то здесь присутствуют магнитные поля жилы и оболочки. Причем они, проявляя полную самостоятельность, отталкиваются друг от друга и не допускают смешивания. Установлено, что в зависимости от геометрических размеров, а также величины протекающего тока между ними может возникнуть слой магнитного разрежения.

Эксперимент убеждает и в том, что отрицание наличия магнитного поля за оболочкой следует отнести к категории заблуждений. И датчик Холла, и измерительная катушка, установленные над оболочкой коаксиального кабеля, фиксирует наличие магнитного поля. Причем возможны такие условия эксперимента, когда при одном и том же токе значения магнитной индукции над оболочкой коаксиального кабеля и над аналогичной оболочкой в виде самостоятельного элемента электрической цепи будут одинаковы.

На основе изложенного реальное изображение зависимостей $A, B = f(r)$ примет вид (см. табл. 1 поз. 4).

Двухпроводная линия классического исполнения. Она состоит из двух длинных параллельных прямых проводов (см табл. 1 поз. 5). Поместим начало координат в точку O , находящуюся посредине линии, соединяющей центры проводов.

Исследование зависимостей B и A_2 в функции координаты x описанной линии подробно рассмотрено в [2] и основано на использовании метода наложения. Там же приведено их графическое изображение, которое воспроизведено и в табл. 1. Обсудим, однако, приемлемость здесь метода

наложения и потому представим, что провода линии заменены на трубы двух источников воды. Очевидно, что при работе первого источника вокруг него будет формироваться гидрополе (лужа) кругообразной формы. Растекаясь, оно захватит и область трубы второго источника. С принципиальной точки зрения подобная картина повторится при включении второго источника, но при выключенном первом. Однако при совместной работе двух источников их струи никогда не проникнут в соседнюю зону, поскольку будут упруго отталкиваться друг от друга, растекаясь вдоль граничной линии, проходящей через ось симметрии полей. Отсюда следует, что в оговоренных условиях метод наложения по отношению к гидрополям явно неприемлем. Аналогичной ситуация будет иметь место и в случае магнитных полей проводников линии при равенстве токов различного направления. Очевидно, что при взаимодействии эти поля в области своих фронтов будут упруго сжиматься, но не пропустят в свою зону магнитные силовые линии соседнего проводника с током обратного направления, т.е. собственное магнитное поле проводника экранирует его от воздействия магнитного поля обратного провода. Следовательно, внутри проводов линии нет магнитного поля от собственных токов и нет магнитного поля от тока рядом расположенного проводника.

Экспериментальная проверка подтвердила правоту этих соображений. Оказалось, что, действительно, при сближении проводов магнитное поле между ними усиливается, но не из-за наложения полей, а в силу эффекта сжатия магнитных полей отдельных проводов. Одновременно было установлено, что картина магнитного поля двухпроводной линии однозначно описана быть не может, поскольку она определяется значением тока и геометрическими размерами линии. Так при относительно малом токе и большом расстоянии между проводами взаимное отталкивание магнитных полей проводов приведет к созданию зоны магнитного разряжения; магнитное поле за проводами будет иметь место. Если же ток будет велик, а расстояние между проводами мало, то зоны магнитного разряжения возникнут непосредственно за проводами, поскольку из-за повышения сил упругости магнитные силовые линии уходят далеко за провод. Подчеркнем, что наличие зон магнитного разряжения физически легко объяснимо за счет проявления сил отталкивания и не поддается объяснению согласно положений метода суперпозиции.

В соответствии с изложенным одна из возможных картин магнитного поля двухпроводной линии приведена в табл. 1 поз. 5.

В заключение подчеркнем, что выполненный анализ постоянно сопровождался оговорками в отношении использования закона полного тока.

Так пришлось объяснять наличие магнитных полей внутри трубчатого проводника и вокруг оболочки коаксиального кабеля, которых согласно положений указанного закона не может быть. Некорректным следует считать и факт признания магнитного поля за проводами двухпроводной линии, которого нет согласно логики, заложенной в тот же закон.

Однако, по нашему мнению, все проблемы отпадут, если известную формулировку закона полного тока: «линейный интеграл от напряженности магнитного поля вдоль любого замкнутого контура равен полному току, пронизывающему тот же контур» дополнить следующими примечаниями:

1. Закон применим для контуров, которые ток пронзает и создает внешнее магнитное поле; а также для контуров, которые ток ограждает, формируя в них некоторое внутреннее магнитное поле.
2. Расчет магнитной напряженности внутреннего магнитного поля выполняется по формуле закона полного тока при предположении, что указанную область занимает проводник с током обратного направления и сужающего сечения.
3. Выбор контура обхода не может быть произвольным, а определен ходом магнитной силовой линии поля, созданного током, пронизывающим контур.
4. Магнитные поля проводов, по которым протекают токи разного направления, отталкиваются друг от друга, не допуская взаимного смешивания.

Выводы:

1. Ток, протекающий по проводнику, не создает в его теле магнитное поле.
2. Ток, ограждающий некоторый объем, создает в нем внутреннее магнитное поле.
3. На грани раздела двух металлических сред биметаллического проводника возникает зона нескомпенсированных магнитных полей.
4. Ток, протекающий по коаксиальному кабелю, создает внешнее магнитное поле, а в его диэлектрическом слое взаимодействие магнитных полей жилы и оболочки может привести к возникновению зоны магнитного разряжения.
5. Магнитное поле двухпроводной линии динамично меняется в зависимости от величины протекающего тока и геометрических размеров, причем определенное сочетание этих факторов может привести к созданию зоны магнитного разряжения как между проводами, так и вне их.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. – М.: ГЭИ, 1960.– С. 462.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники (Электромагнитное поле). – М.: Высш. школа, 1978. – 291 с.
3. Атабеков Г.И. и др. Теоретические основы электротехники (Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле). –М. «Энергия», 1979. – 432 с.

КИТАЕВ Александр Васильевич – к.т.н., профессор кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– теоретические основы электротехники, электрические машины, электропривод.

ВОЙЦЕХОВСКИЙ Александр Никифорович – доцент кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– автоматизированный электропривод, автоматика, электроника.

ВОЙЦЕХОВСКИЙ Сергей Александрович – аспирант кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– автоматика.

УДК 681.518.5: 656.073.235

О.К. Колебанов, Г.О. Чаусовський,
Л.А. Кошелик, К.О. Юрченко

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ WI-FI ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ І КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СУДНОВИХ РЕФРИЖЕРАТОРНИХ КОНТЕЙНЕРІВ

У роботі розглянуто стандарти, технології та методи застосування бездротової мережі Wi-Fi для вдосконалення системи моніторингу і контролю основних параметрів суднових рефрижераторних контейнерів, а також виконується вибір окремого стандарту передавання сигналів. Актуальність теми підтверджується широким розповсюдженням бездротових технологій та практичною спрямованістю роботи на впровадження стабільно функціонуючої системи моніторингу на судні та усунення недоліків стандартних дротових систем моніторингу.

Вступ. Автоматизація сучасних систем моніторингу та контролю досягає у наш час своїх найвищих рівнів. Це стосується усіх сфер діяльності, включаючи обслуговування суднових електроенергетичних систем.

Широке застосування в усіх галузях автоматизованого моніторингу та контролю знаходять засоби автоматизації, які складаються по модульному принципу. Такий підхід до утворення сучасних систем дозволяє на етапах планування та встановлення оптимально підібрати склад модулів для рішення визначених завдань та у майбутньому модифікувати цей склад за потреби розширення чи при внесенні змін до системи.

Однією з таких систем моніторингу та контролю є модульна промислова система WatchDog pro, в якій реалізовано всі класичні функції реле контролю та часу. Централізоване управління системою відбувається єдиним управляючим модулем з інтелектуальними можливостями, що дозволяє вирішувати складні питання контролю та автоматизації.

Система WatchDog pro знайшла використання в суднових умовах для моніторингу та контролю робочих параметрів рефрижераторних контейнерів. Але вона має суттєвий недолік стосовно моніторингу температури. Даний моніторинг виконується за допомогою кабелю живлення, через який зчитуються сигнали для параметрів температури. По причині низького опору ізоляції кабелю ці показники є помилковими.

У даній роботі розглянуто питання впровадження бездротової мережі Wi-Fi для передавання сигналів параметрів з модулів рефконтейнера до суднової системи моніторингу [1, 2, 3].

Огляд дротової системи WatchDog pro. Дротова система WatchDog pro забезпечує автоматизований моніторинг та контроль основних параметрів рефконтейнерів. За відповідний параметр відповідає окремий модуль. Ядром системи, яке управляє її роботою, є центральний модуль. У ньому зберігається та виконується визначена оператором програма. Режим роботи центрального модуля задається за допомогою перемикача, розташованого на самому модулі. Модуль має 4 цифрові виходи для управляючих сигналів (24-230 В змінного струму, 48-63 Гц, 24-100 В постійного струму), 2 релейних виходи та також має комунікаційний порт RS232 для зв'язку з персональним комп'ютером.

Інформацію про поточну роботу системи (помилки у роботі системи, режим роботи, стан входів/виходів, обмін даними, реєстрація даних) надають розташовані на модулі світлодіоди.

Для управління та налаштування системи, з'єднаної з персональним комп'ютером, використовується спеціальне програмне забезпечення. Робочі параметри та виміряні значення зчитуються в режимі реального часу з центрального модуля та потім відображаються на екрані монітору. Підтримка середою програмування режиму імітації дозволяє задавати віртуальні значення вхідних параметрів та моделювати подальшу реакцію системи на внесені зміни.

Для вирішення системою WatchDog pro окремої задачі оператор підключає до центрального модуля необхідні вимірювальні модулі.

Нижче представлені типи і призначення модулів промислової системи контролю WatchDog pro.

1. Модуль вимірювання напруги в трифазних колах

Цей модуль дозволяє вимірювати фазну (до 300 В) і лінійну (до 520 В) напругу, а також здійснювати контроль за чергою фаз, несиметрією трифазної системи напруг та обривом фази. Він здійснює постійний контроль за живленням рефконтейнера;

2. Модуль вимірювання активної потужності

Вимірювання здійснюється за допомогою трансформатора струму, який дозволяє розширити діапазон вимірювання потужності до 4,8 кВт. Паралельно з вимірюванням активної потужності здійснюється також вимір у першому фазному проводі значення струму. Вимірювання активної потужності дозволяє робити висновки про робочий режим усієї системи рефконтейнерів, зокрема присутніх там електродвигунів, що визначає їх поточний стан – робота, перестій та перевантаження;

3. Модуль вимірювання температури

Для виміру температури призначається модуль для підключення датчику PT100, при цьому використовується стандартний сигнал у межах від 4 до 20 мА. Але у багатьох випадках вимір саме температури зазнає помилок у значеннях та перебоїв сигналу [4].

Недоліки системи WatchDog pro. Помилкові значення при вимірюванні температури з'являються в основному через один головний фактор – нестабільний рівень значення ізоляції кабелю живлення, через який також виконується передавання головного сигналу. Це стосується перш за все погодних умов: дощ, сніг, надмірна вологість повітря – все це приводить до зменшення ізоляції кабелю. Незважаючи на старання спеціалістів удосконалити захист відповідних систем від зазначених факторів, проблема все ще залишається не вирішеною.

Бездротові мережі Wi-Fi. Wi-Fi – розвиток і основні принципи найпоширенішого стандарту бездротових мереж.

Бездротові мережі передавання даних заповнили майже всі сфери нашого життя, дозволяючи більш комфортно користуватися їх можливостями. Враховуючи необхідність в обміні інформацією, постійно вдосконалюються нові стандарти зв'язку. Такий розвиток дозволяє отримувати все більші швидкості з'єднання, більший радіус дії і різні технології захисту. Одною з них і стала бездротова мережева технологія Wi-Fi (Wireless Fidelity) [1, 2, 3].

На даний момент існує чотири основних стандарти 802.11a, 802.11b, 802.11g і 802.11n, які присутні в комп'ютерній і побутовій апаратурі. Архітектура стандарту Wi-Fi однакова для всіх її реалізацій, специфікація кожної з них відноситься до фізичного рівня, змінюючи лише швидкісні характеристики доступу. Радіус покриття також залежить від потужності випромінювання, кількості прийомних антен, схеми модуляції і корекції помилок [5].

Удосконалення функціонування системи WatchDog pro за допомогою бездротової системи Wi-Fi. Порівнюючи всі параметри окремих методів системи Wi-Fi для запровадження дистанційного бездротового моніторингу та контролю за всією роботою рефконтейнерів у системі WatchDog pro, обирається наступна система з двох методів зазначених нижче.

Стандарт IEEE 802.11 передбачає передачу сигналу одним з двох методів - Прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) і Частотних стрибків (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), які розрізняються способом модуляції, але використовують одну і ту ж технологію розширення спектру.

Порівняння методів Прямої послідовності та Частотних стрибків. Метод Частотних стрибків, так само як і метод Прямої послідовності, забезпечує конфіденційність і деяку перешкодозахисну передачу. Перешкодозахисна передача забезпечується тим, що, якщо на якому-небудь із 79 підканалів пакет даних, що передається, не зміг бути прийнятий, то приймач повідомляє про це і передача цього пакету повторюється на одному з наступних (у послідовності стрибків) підканалів. З іншого боку, оскільки при використанні методу Частотних стрибків, на відміну від методу Прямої послідовності, на кожному підканалі передача ведеться на чималій потужності (порівняно з потужністю звичайних вузькосмугових передавачів), про цей метод не можна сказати, що він не заважає іншим видам передач. При цьому завжди потрібний дозвіл на 78 частот [6].

Підсумовуючи, ми можемо виділити наступні властивості Spread Spectrum 7 технології:

- Перешкодозахисна (Надмірність кодування 8 перешкодостійкість).
- Не створюються перешкоди іншим пристроям (Низька потужність сигналу – низький рівень перешкод).
- Конфіденційність передач.
- Економічність при масовому виробництві. (Низька потужність сигналу – дешеві високочастотні компоненти устаткування).
- Шумоподібний сигнал - компактні антени.
- Шумоподібний сигнал - можливість роботи в діапазоні, вже зайнятому класичними системами радіопередач без взаємних перешкод.
- Висока швидкість передач у каналі – можливість економного його використання.

Таким чином, зважаючи усі властивості 2-х методів передавання сигналу, для інтеграції бездротової системи Wi-Fi до системи моніторингу параметрів рефконтейнерів Вотч-Дог Про було вирішено обрати метод Прямої послідовності зі стандартом 802.11b.

Для устаткування такої бездротової системи на судні необхідно вибрати та застосувати відповідне обладнання. В даний час на ринку присутні продукти, що реалізують різноманітні конфігурації бездротових мереж. Продукти, що відносяться до різних категорій, можуть представляти кардинально різні технічні рішення, зрозуміло, так само розрізняються і їх ціни (у декілька разів). Тому, перш ніж вибрати конкретний продукт, необхідно ретельно проаналізувати умови його роботи, невірне рішення при закупівлі може обернутися істотними непродуктивними витратами.

Вибираючи обладнання для цієї мети, необхідно проаналізувати наступні кроки:

- краща відповідність вимогам для призначеного функціонування;
- краща програмно-технічна підтримка;
- оптимальне співвідношення якість-продуктивність-ціна.

Тому при виборі устаткування для бездротової мережі, перш за все, необхідно зазначити функціональну спроможність окремого елемента, мається на увазі підтримка тих чи інших протоколів зв'язку та їх комбінації.

Для устаткування бездротової системи Wi-Fi на судні та її інтеграції до системи WatchDog pro була обрана система з прямим підключенням точки доступу до антени. Саме цей тип підключення був обраний на відміну від інших, таких як простий антено-фідерний тракт чи антено-фідерний тракт з підсилювачем, розрахованими на більший діапазон розповсюдження сигналу.

Ця система включає до свого складу наступні елементи:

1. Точка доступу, тип DWL-2100AP- представляє собою маршрутизатор.
2. Кабельна збірка типу Pigtail, входить до складу комплекту маршрутизатора.
3. Модуль грозозахисту; входить до складу антени.
4. Приймаюча антена, тип ANT24-1400.

Для того, щоб здійснити передавання сигналу від встроєної системи моніторингу рефконтейнера до головного модуля системи WatchDog pro у систему рефконтейнера необхідно інтегрувати модуль прийняття та передавання бездротового сигналу. Для цієї мети обираємо адаптер моделі DWA-142, від виробника D-Link.

Для роботи радіоканалу, окрім якісного активного пристрою, буде потрібно пасивну частину – антену і кабель, що підводить антено-фідерний тракт. З кабелем головне дотримуватися наступного - чим менше загасання (dB Loss), тим він кращий. Причому треба пам'ятати, що загасання потрібно дивитися саме на тій частоті, на якій працюватиме канал.

Зрозуміло, що чим довше кабель, тим більше у ньому втрати. Так, 20 метрів RG58 внесуть загасання близько $20 \times 0,76 = 15,2$ Дб, що порівняно з підсиленням дуже пристойної антени. Окрім великих втрат на загасання, довгий кабель є хорошою антеною, яка збирає всі перешкоди з ефіру. У даному випадку використовується кабель діаметром 1 см для частоти 2,4 ГГц з втратами 0,23 дБмВт.

Таким чином, винесення активного пристрою якомога ближче до топової мачи можна розглядати як насущну необхідність, при довжині фідера більше 30-40 метрів зв'язок швидше за все буде неможливий без підсилювачів і могутніх антен.

Наступний по значенню елемент високочастотного тракту – роз'єми. У бездротових системах для з'єднання функціонуючих елементів широко застосовуються N-type, SMA, TNC і вітчизняний РК-50 типи роз'ємів. Загасання в правильно змонтованих роз'ємах невелике, і еквівалентно 1-2 метрам кабелю. Але навіть невеликий пил або волога здатні його різко збільшити – до декількох Децибел, і неможливості зв'язку. Тому робота з роз'ємами не дуже складна, але вимагає великої акуратності.

Основна причина несправності в умовах – попадання води в роз'єм або навіть кабель (якщо в ньому як діелектрик використаний повітряний зазор). Тому герметизація з'єднань є одним з найважливіших етапів монтажу [7].

На сьогоднішній день застосовується дуже поширений спектр антен, що мають відмінності як у конструктивному виконанні так і стосовно рівня передавання сигналу: панельні, колінеарні (всенаправлені), хвильовий канал, логоперіодичні, спіральні, параболічні, вібраторні та ін. Для проєктування даної системи достатньо застосувати антену колінеарного типу моделі ANT24-1400, від виробника D-Link. Даний тип антени має можливість підключення до бездротових пристроїв у частотному діапазоні 2,4 ГГц. Теоретична відстань передавання сигналу при швидкостях 1/1 Мбіт/с досягає 1000/500 м, що більш ніж достатньо для діапазону довжини судна. Коефіцієнт підсилення даної антени дорівнює 8,5 дБі. Крім того, корпус антени виготовлено з високопробного матеріалу, що дозволяє використовувати її за будь-яких погодних умов [7].

Грозозахист. Оскільки антена планується бути встановленою на топовій палубі, треба зазначити її грозозахисні властивості. Майже всі сучасні типи антен є короткозамкнутими по постійному струму. Це вельми надійний засіб проти атмосферної електрики, тільки потрібно піклуватися, щоб кріплення антени були надійно заземлені. Для цього у даній системі використовується роз'ємний модуль антени із заземлюючим проводом.

Для точки доступу був обраний маршрутизатор типу DWL-2100AP, виробника D-Link. Основні технічні дані:

- Підтримка стандартів:
- IEEE 802.11b – DSSS, IEEE 802.11g – OFDM ;
- 1 порт 10/100Base-TX;
- Максимальна швидкість передавання сигналу 54 Мбіт/с;
- Має антену з коефіцієнтом підсилення 2 дБи (підсилення по відношенню до ізотропічного випромінювача);
- Потужність 16 дБмВт [7].

Розрахунок дальності дії бездротового каналу зв'язку.
Дальність зв'язку (в км) розраховується по формулі:

$$D = 10 \left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F \right), \quad (1)$$

де FSL (Free Space Loss) – втрати у вільному просторі (дБ);

F – центральна частота каналу, на якому працює система зв'язку (МГц).

В свою чергу, втрати у вільному просторі (FSL) розраховуються по формулі:

$$FSL = Y_{дБ} - SOM, \quad (2)$$

де – SOM (System Operating Margin) - запас в енергетиці радіозв'язку (дБ), який враховує можливі фактори, які можуть негативно впливати на дальність зв'язку, такі як температурний дрейф чутливості приймача та вихідної потужності передавача, атмосферні явища (туман, сніг, дощ), розгласування антени, приймача або передавача з антенно-фідерним трактом тощо. Параметр SOM, зазвичай, береться 10 дБ. Вважається, що 10-децибельний запас по підсиленню є достатнім для інженерних розрахунків параметрів передавання сигналу [6];

YдБ – сумарне підсилення системи.

Сумарне підсилення системи (3)

$$Y_{дБ} = P_t, дБмВт + G_t, дБи + G_r, дБи - P_{min}, дБмВт - L_t, дБ - L_r, дБ \quad (3)$$

залежить від багатьох факторів:

$P_t, дБмВт$ – потужності передавача;

$G_t, дБи$ – коефіцієнту підсилення передавальної антени;

$G_r, дБи$ – коефіцієнту підсилення приймальної антени;

$P_{min}, дБмВт$ – чутливості приймача;

$L_t, дБ$ – втрат сигналу в коаксіальному кабелі та роз'ємах передавального тракту;

$L_r, дБ$ – втрат сигналу в коаксіальному кабелі та роз'ємах приймального тракту.

Для кожної швидкості приймач має відповідну чутливість. Для малих швидкостей (1-2 Мбіт/с) чутливість є найменшою: від – 90 дБмВт до – 94 дБмВт. Для вищих швидкостей (6-54 Мбіт/с) чутливість є значно вищою: від – 87 дБмВт до – 66 дБмВт. Залежно від торгової марки виробника чутливість може трохи варіюватися [6].

Таким чином, для розробленого проекту бездротового моніторингу розрахунок дальності зв'язку при передаванні сигналу, враховуючи основні функціональні параметри бездротового обладнання, буде наступним [6]:

Потужність маршрутизатора DWL-2100AP: 16 дБмВт;

Потужність бездротового адаптера DWA-142: 16 дБмВт;

Чутливість маршрутизатора DWL-2100AP на швидкості 11 Мбіт/с: - 85 дБмВт;

Чутливість маршрутизатора DWL-2100AP на швидкості 1 Мбіт/с: - 94 дБмВт;

Чутливість бездротового адаптера DWA-142 швидкості 11 Мбіт/с: - 87 дБмВт;

Чутливість бездротового адаптера DWA-142 швидкості 1 Мбіт/с: - 94 дБмВт;

Коефіцієнт підсилення інтегрованої антени маршрутизатора DWL-2100AP: 2 дБи;

Коефіцієнт підсилення інтегрованої антени бездротового адаптера DWA-142: 0 дБи.

Розрахуємо дальність зв'язку на швидкості 11 Мбіт/с:

З формул (2) та (3) втрати у вільному просторі будуть наступними:

$$FSL = 16 + 2 - (-85) - 10 = 93 \text{ дБ};$$

З формули (1) знайдемо дальність бездротового зв'язку. Центральна частота F для 6-го каналу передавання дорівнюватиме 2437 МГц [6]:

$$D11 = 10^{(93/20 - 33/20 - \lg 2437)} = 0,520 \text{ км} = 520 \text{ м}$$

Розрахуємо дальність зв'язку на швидкості 1 Мбит/с:

З формул (2) та (3) втрати у вільному просторі будуть наступними:

$$FSL = 16 + 2 - (-94) - 10 = 102 \text{ дБ};$$

З формули (1) знайдемо дальність бездротового зв'язку:

$$D11 = 10^{(102/20 - 33/20 - \lg 2437)} = 1,15 \text{ км} = 1015 \text{ м}.$$

Завдяки розрахункам можна зробити висновок, що незалежно від швидкості передавання бездротового сигналу, його дальність буде завжди достатньою для ефективного передавання цього сигналу з бездротового модуля системи моніторингу WatchDog pro рефрижераторного контейнера до приймально-передавальної антени, розташованої на топовій мачті судна.

Завдяки всенаправленості приймально-передавальної антени вплив факторів загасання на бездротовий сигнал зводиться до мінімуму. Тільки незначні показники загасання зв'язку можуть впливати на якість бездротового сигналу. Серед них: кабельна збірка Pigtaie, кабельні роз'єми та атмосферні фактори, такі як дощ, туман чи сніг.

Висновки.

1. Проаналізовано основні методи дротового моніторингу на основі системи WatchDog pro для рефрижераторних контейнерів та технології побудови бездротових мереж на базі стандартів Wi-Fi 802.11.

2. Обрано найбільш придатні для застосування в суднових умовах стандарт та метод бездротової мережі.

3. Розроблено систему бездротового передавання сигналу на основі бездротової технології Wi-Fi зі стандартом 802.11b для інтеграції до системи моніторингу рефрижераторних контейнерів WatchDog pro.

У цілому, необхідність такої системи особливо наявна у наш час, коли кількість рефконтейнерів збільшується, і саме за такими обставинами необхідно дотримуватись надійного моніторингу їхнього робочого процесу.

Вдосконалення системи моніторингу рефрижераторних контейнерів WatchDog pro дає можливість постійного та точного моніторингу, що є дуже важливим, особливо під час транспортування великої кількості рефрижераторних контейнерів. На відміну від кабельних систем, удосконалена бездротова система моніторингу WatchDog pro є дуже надійною у своєму функціонуванні.

Дане рішення по розробці нової бездротової системи є дуже актуальним і з економічної точки зору. Інтеграція такої системи дає можливість уникнути багатьох втрат, таких як зіпсований вантаж чи обладнання самого рефрижераторного контейнера при виникненні значних відхилень у роботі функціональних елементів системи, які не були вчасно поміченими. Розроблена система значно підвищує загальний рівень безпеки та робить набагато безпечнішим безпосереднє обслуговування рефрижераторних контейнерів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Владимиров А.А. Wi-Fi: «боевые» приемы взлома и защиты беспроводных сетей / Андрей А. Владимиров, Константин В. Гавриленко, Андрей А. Михайловский; пер. с англ. А. Слинкина. – М.: ИТ Пресс, 2005. – 463 с.
2. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / [Вишневецкий В., Ляхов А., Портной С., Шахнович И.]. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 592 с.
3. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.
4. Максим М. Безопасность беспроводных сетей / Мерит Максим, Дэвид Полино; пер. с англ. Семенова А.В. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2004. – 288с.
5. Рошан Педжман, Лиэри Джонатан. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11.; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 304 с.
6. Беспроводные сети Wi-Fi. БИНОМ / [Пролетарский А.В., Баскаков И.В., Чирков Д.Н., Федотов Р.А., Бобков А.В., Платонов В.А.]. – Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий. – ИНТУИТ.ру, 2007.
7. <http://www.alpha-teleport.info> – сайт компанії alpha-teleport.info.
8. <http://www.dlink.ru> – сайт компанії D-LINK.
9. <http://www.wireless.ru> – спеціалізований портал, присвячений бездротовим технологіям.

КОЛЕБАНОВ Олександр Костянтинівич – к.т.н., доцент, декан факультету експлуатації електроенергетичних установок і електрообладнання суден Херсонського державного морського інституту.

Наукові інтереси:

– датчики електрофізичних параметрів на основі напівпровідникових матеріалів, засоби автоматизації для моніторингу і контролю, контроль основних параметрів рефрижераторних контейнерів морських судів.

ЧАУСОВСЬКИЙ Григорій Олександрович – к.т.н., старший науковий співробітник, доцент Запорізького національного університету.

Наукові інтереси:

– датчики електрофізичних параметрів на основі органічних сполук, стандарти передавання сигналів, контроль основних параметрів рефрижераторних контейнерів морських судів.

КОШЕЛИК Любов Анатоліївна – асистент кафедри експлуатації електричних систем і комплексів транспортних засобів та загальноінженерної підготовки Херсонського державного морського інституту.

Наукові інтереси:

– бездротові мережі Wi-Fi та їх застосування на морських судах для моніторингу і контролю основних параметрів суднових рефрижераторних контейнерів, розрахунки бездротових каналів зв'язку, програмне забезпечення контролю параметрів.

ЮРЧЕНКО К.О. – курсант спеціальності «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» Херсонського державного морського інституту.

Наукові інтереси:

– стандарти та технології бездротових мереж Wi-Fi, апаратні засоби для побудови бездротової мережі Wi-Fi на морських судах.

УДК 621.314.2

Ю.О. Лебеденко, Г.В. Рудакова

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЯК СКЛАДОВОЇ АВТОНОМНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Стаття присвячена розробці математичної моделі матричного перетворювача, що працює в складі автономної енергетичної системи. Запропонована модель дозволяє аналізувати процеси в будь-яких режимах роботи перетворювача та може бути застосована при синтезі високоефективних законів керування процесами перетворення електричної енергії.

Вступ. Одним з найбільш перспективних напрямків розвитку силових перетворювачів автономних енергоустановок є матричні перетворювачі (МП), до переваг яких частоти можна віднести [1]: високий коефіцієнт корисної дії (ККД) через одноступеневе перетворення енергії; відносно просту силову частину; можливість рекуперації енергії до мережі; а також високий коефіцієнт потужності через відсутність реактивних елементів.

Використання повністю керованих двонаправлених ключів та замкнених систем керування перетворювачами дозволяє певною мірою підвищити їх ефективність через зменшення рівня неосновних гармонік перетвореної напруги, розширення діапазону регулювання частоти та покращення електромагнітної сумісності із споживачами. Питання підвищення якості перетвореної напруги є достатньо висвітленим у літературі, але задача зменшення впливу перетворювача на мережу живлення і на теперішній час залишається нерозв'язною. Вирішення зазначеної проблеми за рахунок застосування сучасних електронних компонентів, новітніх підходів до побудови систем керування та розробки їх математичного та алгоритмічного забезпечення, дозволить підвищити енергетичну ефективність перетворювачів частоти та розширити сферу їх застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Матричний перетворювач є статичним перетворювачем частоти, що припускає дві складові частини – силове коло і систему керування [2, 3]. Силове електричне коло, що має число пульсацій P , складається з груп двосторонніх ключів, призначених для створення провідності протягом керованого інтервалу часу між вхідними і вихідними виводами, тобто між вхідним джерелом і навантаженням. Число цих груп дорівнює числу вихідних фаз. Кожна група містить P двосторонніх ключів.

У загальному випадку n -фазний по входу і m -фазний по виходу статичний перетворювач частоти містить $m \cdot n$ -пульсних ($P=mn$) груп ключів, як показано на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема узагальненого перетворювача частоти з n -фазами на вході і m -фазами на виході

Перетворювач частоти приєднаний до n -фазного джерела змінного струму з частотою f_{BX} , повинен керуватися таким чином, щоб отримати m -фазну вихідну напругу з бажаною частотою f_{BIX} . Система керування аналізує значення струмів та напруг джерела та навантаження і згідно обраної стратегії [4, 5] формує сигнали керування силовими ключами матричного перетворювача, виконуючи наступні задачі:

– формування заданих значень корисної складової вихідної напруги при максимальному використанні потенційних можливостей МП;

- регулювання реактивної потужності на вході МП як елемента системи електропостачання;
- забезпечення електромагнітної сумісності із навантаженням і мережею.

При аналізі як простих, так і складних багатофазних систем перетворення, що містять велику кількість нелінійних елементів, широко застосовується метод комутаційних функцій. Комутаційна функція $h_{pq}(t)$ ($p=1, 2, \dots, m$; $q=1, 2, \dots, n$) математично описує дію силового ключа [6]. Коли $h_{pq}=1$, це означає, що вхідна напруга u_{Bkq} подається на вихід p ; коли $h_{pq}=0$, напруги u_{Bkq} на цьому виході немає. Комутаційні функції можна представити у вигляді послідовності прямокутних імпульсів одичної амплітуди [7]:

$$h_{pq}(t) = \sum_{k=0}^m [1(t_{k-n+q-1}) - 1(t_{k-n+q})], \quad (1)$$

де $(t_{k-n+q-1}, t_{k-n+q})$ – інтервал часу, на якому q -та вхідна фаза напруги u_{Bkq} подається на вихід p ; $1(t_q)$ – одична східчаста функція.

Тоді вихідну напругу МП можна визначити у матрично-векторній формі:

$$U_{BkX}(t) = H(t) \cdot U_{Bk}(t), \quad (2)$$

де $U_{BkX}(t)$, $U_{Bk}(t)$ – вектори вихідної та вхідної напруги відповідно, $H(t)$ – комутаційна матриця, елементи якої є комутаційними функціями $h_{pq}(t)$, що залежать від часу.

Для випадків, коли параметри навантаження або джерела швидко змінюються у часі, або динамічними характеристиками ключів не можна знехатати, моделі на основі комутаційних функцій потребують уточнення. Крім того, задача зменшення впливу перетворювача на мережу живлення також обумовлює необхідність розробки нового математичного та алгоритмічного забезпечення систем керування МП.

Ціль статті: вдосконалення існуючої моделі МП, що дозволить аналізувати процеси в автономних енергетичних системах при асиметричних та нестаціонарних режимах.

Основний матеріал. Комутаційна матриця визначає співвідношення між вхідними та отримуваними вихідними напругами і, отже, описує дію силових ключів перетворювача частоти. Варіант перемикання є допустимим, якщо в матриці комутаційних функцій H у кожному рядку існує тільки один ненульовий елемент. Це обмеження, по-перше, виключає можливість виникнення короткого замикання вхідних фаз перетворювача, по-друге, забезпечує підключення кожної вихідної фази до входу джерела енергії, що необхідно при індуктивному характері навантаження. Таким чином, елементи комутаційної матриці повинні задовольняти обмеженням:

$$\begin{cases} H(t) \cdot \mathbf{1}_{m \times 1} = \mathbf{1}_{m \times 1}, \\ h_{ij}(t) \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (3)$$

Тобто до кожної вихідної фази у будь-який момент часу повинна бути обов'язково підключена одна і тільки одна вхідна фаза.

З (2) витікає, що при відомих характеристиках джерела на вході, тобто при заданих U_{BkX}, f_{Bk} і n , крива вихідної напруги повністю визначається матрицею H . Відповідно кожен елемент матриці H буде у загальному випадку функцією від $f_{Bk}, f_{BkX}, q = U_{BkX}/U_{Bk}$ і часу t , а саме

$$h_{ij} = h_{ij}(f_{Bk}, f_{BkX}, q, t) \quad (4)$$

Оскільки за визначенням комутаційні функції у будь-який момент часу можуть мати значення, що дорівнюють одиниці або нулю, то (4) означає, що виконання рівняння (3) при заданих f_{Bk}, U_{BkX} і необхідних f_{BkX}, U_{BkX} може бути забезпечено відповідною варіацією (модуляцією) їх змінних параметрів (початку, ширини і частоти імпульсів). Тобто, комутаційні функції, які описують роботу силових ключів перетворювача частоти, повинні представлятися послідовністю прямокутних імпульсів з модульованими параметрами [4].

Кожна крива вихідної напруги утворюється з відрізків кривої вхідної напруги [2]. Форма кривої вихідного струму перетворювача визначається вихідними напругами та параметрами навантаження. Якщо навантаження можна вважати лінійним та стаціонарним, його модель у просторі станів має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X}(t) + \mathbf{B} \cdot \mathbf{U}_{ВМХ}(t), \\ \mathbf{I}_{ВМХ}(t) = \mathbf{C} \cdot \mathbf{X}(t). \end{cases} \quad (5)$$

Із урахуванням рівняння для вихідної напруги (2) система (5) приймає вигляд:

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X}(t) + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}(t) \cdot \mathbf{U}_{ВХ}(t), \\ \mathbf{I}_{ВМХ}(t) = \mathbf{C} \cdot \mathbf{X}(t). \end{cases} \quad (6)$$

Крива вхідного струму у загальному випадку складається з ділянок кривих вихідних струмів, що несинхронно повторюються та може бути визначена [3] через комутаційну матрицю та вектор вихідних струмів

$$\mathbf{I}_{ВХ}(t) = \mathbf{H}(t)^T \cdot \mathbf{I}_{ВМХ}(t). \quad (7)$$

Тоді модель матричного перетворювача з урахуванням навантаження відносно вхідного струму буде мати вигляд:

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{X}(t)}{dt} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X}(t) + \mathbf{B}_M(t) \cdot \mathbf{U}_{ВХ}(t), \\ \mathbf{I}_{ВХ}(t) = \mathbf{C}_M(t) \cdot \mathbf{X}(t), \end{cases} \quad (8)$$

де

$$\mathbf{B}_M(t) = \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}(t), \quad \mathbf{C}_M(t) = \mathbf{H}(t)^T \cdot \mathbf{C}. \quad (9)$$

Вхідним вектором є вхідні напруги $\mathbf{U}_{ВХ}$, а вихідним – вектор вхідних струмів $\mathbf{I}_{ВХ}$. Такий підхід дозволяє аналізувати вплив МП на живильну мережу. Із (8) видно, що МП разом із навантаженням представляють собою систему із змінною структурою, зв'язки в якій визначаються комутаційною матрицею \mathbf{H} . Розв'язання рівнянь у просторі станів (8) можна отримати за формулою Коши [8] в більш спрощеному виді:

$$\mathbf{I}_{ВХ}(t) = \mathbf{C}_M(t) \cdot \left(\Phi(t) \cdot \mathbf{X}(0) + \int_0^t \Phi(t-\tau) \cdot \mathbf{B}_M(\tau) \cdot \mathbf{U}_{ВХ}(\tau) d\tau \right), \quad (10)$$

де $\Phi(t) = e^{\mathbf{A}t}$ – перехідна матриця стану системи рівнянь для навантаження, яке згідно (8) є стаціонарним та лінійним.

Враховуючи основні принципи і математичний апарат, описаний вище, розглянемо матричний перетворювач частоти, який перетворює три синусоїдальні вхідні напруги з частотою $f_{ВХ}$ у три вихідні напруги з бажаною частотою $f_{ВМХ}$.

Представимо вхідні напруги в експоненціальній формі:

$$u_{ВХj}(t) = U_{ВХМ} \cdot \exp\left\{j\left(\omega_{ВХ}t - (j-1) \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}\right)\right\}, \quad j = \overline{1,3}, \quad (11)$$

де $U_{ВХМ}$ – амплітуда напруги живлення, $\omega_{ВХ} = 2\pi f_{ВХ}$.

Нехай комутаційні функції $h_{ij}(t)$ обрані довільно у вигляді періодичних прямокутних кривих з частотою повторення f_s . Представимо h_{ij} рядом Фур'є в експоненціальній формі, враховуючи, що при частоті повторення $\omega_s = 1\pi f_s$ фазовий зсув між комутаційними функціями за стовпцями матриці \mathbf{H} буде дорівнювати $2\pi/3$ (тобто $\varphi_{ijk} = \varphi_k - k \cdot (j-1) \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}$), а амплітуди відповідних гармонік у розкладенні Фур'є є однаковими: $h_{i1k} = h_{i2k} = h_{i3k} = h_{ik}$:

$$h_{ij}(t) = \frac{1}{3} + \sum_{k=1}^{\infty} h_{ik} \exp\left\{j\left(k\left[\omega_s t - (j-1) \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}\right] + \varphi_{ik}\right)\right\}, \quad i, j = \overline{1,3}. \quad (12)$$

Підставивши (11) і (12) в (2), одержуємо вираз для i -ї вихідної напруги перетворювача, $i = \overline{1, 3}$:

$$u_{ВВХi}(t) = \frac{3}{2} \cdot U_{ВВХ} \cdot \sum_{l=1}^{\infty} \left\{ h_{i(3l-2)} \cdot \exp\left(j\left[(3l-2)\omega_s + \omega_{ВХ} \frac{1}{2} + \varphi_{i(3l-2)}\right]\right) - h_{i(3l-1)} \cdot \exp\left(j\left[(3l-1)\omega_s + \omega_{ВХ} \frac{1}{2} + \varphi_{i(3l-1)}\right]\right) \right\} \quad (13)$$

У загальному випадку типове навантаження, яке звичайно має переважно індуктивно-резистивний характер, може бути представлено еквівалентною RL-схемою (рис. 2).

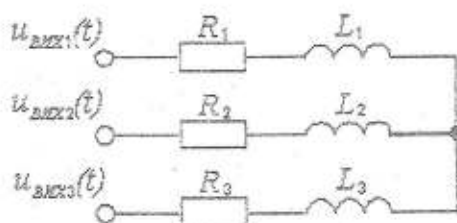


Рис. 2. Еквівалентна схема навантаження

Вихідні струми $i_{ВВХj}$ та напруги $u_{ВВХj}(t)$ у j -х гілках перетворювача можна описати диференційними рівняннями:

$$\frac{d^2 i_{ВВХj}(t)}{dt^2} + a'_j \cdot \frac{di_{ВВХj}(t)}{dt} + a_j \cdot i_{ВВХj}(t) = 2 \cdot b'_{jj} \cdot \frac{du_{ВВХj}(t)}{dt} + b_{jj} \cdot u_{ВВХj}(t) - \sum_{i=1}^3 \left(b'_{ji} \cdot \frac{du_{ВВХi}(t)}{dt} + b_{ji} \cdot u_{ВВХi}(t) \right); \quad \forall j = \overline{1, 3}. \quad (14)$$

Коефіцієнти рівнянь (14) визначаються наступним чином:

$$a'_j = \frac{2 \cdot L_j \cdot R_j + \sum_{i=1}^3 L_i \cdot \sum_{i=1}^3 R_i - \sum_{i=1}^3 L_i \cdot R_i}{2 \cdot L_j^2 + \left(\sum_{i=1}^3 L_i\right)^2 - \sum_{i=1}^3 L_i^2}; \quad a_j = \frac{2 \cdot R_j^2 + \left(\sum_{i=1}^3 R_i\right)^2 - \sum_{i=1}^3 R_i^2}{2 \cdot L_j^2 + \left(\sum_{i=1}^3 L_i\right)^2 - \sum_{i=1}^3 L_i^2};$$

$$b'_{ji} = \begin{cases} \frac{L_j + \sum_{k=1}^3 L_k}{2 \cdot L_j^2 + \left(\sum_{k=1}^3 L_k\right)^2 - \sum_{k=1}^3 L_k^2}, & i = j, \\ \frac{L_i - \sum_{k=1}^3 L_k}{2 \cdot L_j^2 + \left(\sum_{k=1}^3 L_k\right)^2 - \sum_{k=1}^3 L_k^2}, & i \neq j; \end{cases} \quad b_{ji} = \begin{cases} \frac{R_j + \sum_{k=1}^3 R_k}{2 \cdot L_j^2 + \left(\sum_{k=1}^3 L_k\right)^2 - \sum_{k=1}^3 L_k^2}, & i = j, \\ \frac{R_i - \sum_{k=1}^3 R_k}{2 \cdot L_j^2 + \left(\sum_{k=1}^3 L_k\right)^2 - \sum_{k=1}^3 L_k^2}, & i \neq j; \end{cases} \quad (15)$$

Якщо позначити змінні стану системи як:

$$x_{(2-j-1)}(t) = i_{ВВХj}(t); \quad x_{2-j}(t) = \frac{di_{ВВХj}(t)}{dt} - i_{ВВХj}(t) - \sum_{i=1}^3 b_{ji} \cdot u_{ВВХi}(t); \quad j = \overline{1, 3}, \quad (16)$$

то матриці рівнянь станів для навантаження визначаються наступним чином:

$$A = \begin{pmatrix} a'_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a'_2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a'_3 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_3 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} b'_{11} & b'_{12} & b'_{13} \\ b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b'_{21} & b'_{22} & b'_{23} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b'_{31} & b'_{32} & b'_{33} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (17)$$

З урахуванням комутаційних функцій матриці рівнянь станів для перетворювача із навантаженням (8) приймають вид:

$$B_M(t) = B \cdot H(t) = \begin{pmatrix} b'_{11}(t) & b'_{12}(t) & b'_{13}(t) \\ b_{11}(t) & b_{12}(t) & b_{13}(t) \\ b'_{21}(t) & b'_{22}(t) & b'_{23}(t) \\ b_{21}(t) & b_{22}(t) & b_{23}(t) \\ b'_{31}(t) & b'_{32}(t) & b'_{33}(t) \\ b_{31}(t) & b_{32}(t) & b_{33}(t) \end{pmatrix}, \quad (18)$$

де

$$b'_{ij}(t) = \sum_{k=1}^3 b'_{ik} \cdot h_{kj}(t), \quad b_{ij}(t) = \sum_{k=1}^3 b_{ik} \cdot h_{kj}(t), \quad i, j = \overline{1, 3}, \quad (19)$$

та

$$C_M(t) = H(t)^T \cdot C = \begin{pmatrix} h_{11}(t) & 0 & h_{21}(t) & 0 & h_{31}(t) & 0 \\ h_{12}(t) & 0 & h_{22}(t) & 0 & h_{32}(t) & 0 \\ h_{13}(t) & 0 & h_{23}(t) & 0 & h_{33}(t) & 0 \end{pmatrix}. \quad (20)$$

При лінійному навантаженні вихідні струми (матриця вихідних струмів) визначаються із розв'язання системи рівнянь (5) та можуть бути представлені у наступній формі:

$$i_{ВИХj}(t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ I_{ВИХM i(3k-2)} \cdot \exp\left\{j\left[\left((3k-2)\omega_s + \omega_{ВХ}\right)t + \varphi'_{i(3k-2)}\right]\right\} - \right. \\ \left. - i_{ВИХM i(3k-1)} \cdot \exp\left\{j\left[\left((3k-1)\omega_s + \omega_{ВХ}\right)t + \varphi'_{i(3k-1)}\right]\right\} \right\} \quad (21)$$

Вхідні струми можуть бути виражені за допомогою (7) через вихідні струми та транспоновану матрицю H^T :

$$i_{ВХj}(t) = \left[\frac{1}{3} + \sum_{k=1}^{\infty} h_{1jk} \exp(j(k\omega_s t + \varphi_{1k})) \right] \cdot i_{ВИХ1}(t) + \left[\frac{1}{3} + \sum_{k=1}^{\infty} h_{2jk} \exp(j(k\omega_s t + \varphi_{2k})) \right] \cdot i_{ВИХ2}(t) + \\ + \left[\frac{1}{3} + \sum_{k=1}^{\infty} h_{3jk} \exp(j(k\omega_s t + \varphi_{3k})) \right] \cdot i_{ВИХ3}(t). \quad (22)$$

З аналізу (22) випливає, що вхідний струм, відповідний комутаційній функції з частотою повторення f_s , так само, як і вихідна напруга, представляє собою несинусоїдальну періодичну функцію. Частота основної гармоніки вхідного струму дорівнює частоті повторення f_s . Через те, що частоти вхідної та вихідної напруг є кратними частоті повторення, вони обов'язково будуть присутні у спектрі вхідного струму. За допомогою керування моментами перемикання вентилів $(t_{k,n+q-1}, t_{k,n+q})$ є можливість зміни відносних амплітуд складових струму [9]. Оптимальне керування повинне забезпечувати зростання гармоніки вхідного струму, що відповідає частоті мережі живлення за рахунок зменшення амплітуд інших гармонік.

Висновки. Удосконалена модель МП, що базується на математичному апараті комутаційних функцій та підході з позиції «змінних стану», дозволяє здійснювати аналіз процесів як у вихідних, так і у

вхідних колах перетворювача при асиметричних та нестационарних режимах роботи автономних енергетичних систем.

Аналіз отриманих виразів для струмів та напруг показує, що вони містять складові, частоти яких обумовлюються частотою комутаційних функцій ω_f .

Шляхом належного вибору комутаційних функцій можуть бути оптимізовані окремі показники якості вихідної напруги і вхідного струму для того, щоб задовольнити певним умовам застосування перетворювача.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бертинов А.И. Перспективы развития автономных систем генерирования переменного тока стабильной частоты /А.И. Бертинов, С.Р. Мизюрин, В.В. Бочаров и др. Электричество. – 1988; № 10. – С. 17-23.
2. Джуджи Л., Пелли Б. Силовые полупроводниковые преобразователи частоты. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 400 с.
3. Непосредственные преобразователи частоты для электропривода / Чехет Э.М., Мордач В.В., Соболев В.Н. – К.: Наукова думка, 1988. – 222 с.
4. Alesina A. and Venturini M.G.B., "Solid-State Power Conversion: A Fourier Analysis Approach to Generalized Transformer Synthesis", IEEE Transactions on Circuits and Systems Vol. Cas-28 No.4, April 1981, pp. 319-330.
5. Roy G. Duguay L. Manias S. and April G.E., "Asynchronous Operation of Cycloconverter with Improved Voltage Gain by Employing a Scalar Control Algorithm", Conf. Rec. IEEE IAS, 1987, pp. 889-898.
6. Грабовецкий Г.В. Применение переключающих функций для анализа электромагнитных процессов в силовых цепях вентильных преобразователей частоты // Электричество. – 1973. – № 6. – С. 42-46.
7. J. W. Kolar, T. Friedli, F. Krismer, S. D. Round, "The Essence of Three-Phase AC/AC Converter Systems", Proceedings of the 13th Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC'08), Poznan, Poland, pp. 27 – 42, Sept. 1 - 3, 2008.
8. Чаки Ф. Современная теория управления. Нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Пер. с англ. В.В. Капитоненко и др. – М.: Мир, 1975. – 422 с.
9. Лебеденко Ю.О., Рудакова Г.В. Адаптивна система управління безпосереднім перетворювачем частоти з нечітким регулятором // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції. Том 3 (частина 1). – Євпаторія: – 2010. – С. 171-174.

ЛЕБЕДЕНКО Юрій Олександрович – старший викладач кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– системи перетворення параметрів електричної енергії в автономних енергетичних системах.

РУДАКОВА Ганна Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– оптимальне керування великими системами.

УДК 666.189.3

А.А. Новиков, Л.В. Новикова

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНОЙ ПСЕВДОСВЕРХРЕШЕТКИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В роботі показано використання імітаційних моделей при розгляді процесів скло утворення з метою отримання прогнозованих властивостей самоутворюючих матеріалів.

Введение. Как известно, дефекты и внутренние механические напряжения присутствуют во всех структурах, имеющих какую-либо термодинамическую предысторию. В этой связи представляют интерес процессы деградации внутренних механических напряжений, упорядочение примесей и гетерирование дефектов под воздействием внешних факторов. Среди факторов, стимулирующих эти процессы в полупроводниковых кристаллах, известны различные виды эксплуатационных режимов, внешних механических воздействий, радиации, термического нагрева, сильных электрических полей. Наименее изученным фактором воздействия является воздействие СВЧ-излучения. Действие этого фактора на полупроводниковые кристаллические структуры было описано в работах [1-3]. Однако на сегодняшний день интерес представляет воздействие СВЧ-излучения на аморфные и стеклообразные вещества, которые являются довольно распространенной формой существования.

Целью работы является проведение модельных экспериментов по имитации процессов стеклообразования с участием СВЧ-полей с целью получения прогноза результатов свойств стеклообразующих материалов.

Изложение основных результатов. Для аморфного и стеклообразного состояния вещества характерно наличие некоторых специфических физико-химических особенностей, выделяющих стеклообразные вещества среди других твердых тел. К числу таких физико-химических особенностей относятся:

1) изотропность стеклообразных веществ, что означает независимость значений свойств от направления их измерения. Такая особенность стеклообразных веществ определяется их своеобразной структурой;

2) стеклообразное состояние характеризуется избыточным запасом внутренней энергии по сравнению с внутренней энергией того же вещества в кристаллическом состоянии. Как и изотропность, это свойство также определяется специфической структурой стеклообразных веществ, отличающихся от структуры кристаллов;

3) стекло отличается от кристаллических веществ поведением в процессе перехода из расплавленного в твердое состояние. В отличие от расплавов кристаллических веществ, для которых характерно резкое повышение вязкости при температуре кристаллизации и скачкообразный переход в твердое состояние, расплавы стекол при понижении температур делаются все более и более вязкими и в конце концов становятся механически твердым телом. Таким образом, процесс перехода из жидкого состояния в твердое стеклообразное совершается в более или менее широком интервале температур. Следует отметить, что переход из жидкого состояния в твердое является обратимым и может быть повторен при соблюдении определенных режимов множество раз;

4) весьма специфичным является и характер изменения свойств стекла в процессе рассматриваемого перехода. Физико-химические свойства стекол при переходе из расплавленного жидкого в твердое состояние изменяются непрерывно.

Точки перехода низкотемпературной и высокотемпературной областей в промежуточную обозначают T_1 и T_2 . Они являются весьма характерными для любых стеклообразующих веществ, T_1 – температура, ниже которой стекло становится хрупким, а T_2 – температура, выше которой в стекле проявляются свойства, типичные для жидкого состояния.

Весьма характерной для стекла является и сама область ограничения точками T_1 и T_2 , называемая часто аномальным интервалом. Внутри этого температурного интервала стекло существует в пластическом состоянии. В этой температурной области все свойства стекол непрерывно изменяются, в частности, такие свойства, как: плотность, показатель преломления, коэффициент расширения, вязкость, теплоемкость, энтальпия и др.

Низкотемпературная точка T_1 , ограничивающая рассматриваемую область, отвечает температуре стеклования. Для определения этой температуры на кривой температурной зависимости свойства выбирают два приблизительно прямолинейных участка выше и ниже области

наиболее резкого изменения температурной зависимости свойств и экстраполируют их до пересечения друг с другом. Точка пересечения и принимается за T_1 . Интервал температур между T_1 и T_2 , в котором осуществляется стеклование, называют также интервалом стеклования. Этот интервал определяется в основном химической природой стекла и его тепловой историей. Для различных стекол интервал T_1 - T_2 колеблется в пределах от нескольких десятков до сотен градусов. Считается, что при температурах T_1 и T_2 , вязкость стеклообразных веществ имеет строго фиксированные значения: 10^{13} Па·с при T_1 и 10^3 Па·с при T_2 . Следует, однако, отметить, что это не совсем так. Показано, что реально наблюдаемые значения вязкости могут отклоняться от указанных значений примерно на полпорядка, в связи с чем, интервалом стеклования следует называть интервал температур, в котором происходит структурный гистерезис [4].

Определение физического состояния стекла

С учетом изложенных физико-химических особенностей стеклообразных веществ предложено следующее определение стекла:

«Стекло называются все аморфные тела, получаемые путем переохладения расплава, независимо от их химического состава и температурной области затвердевания, и обладающие в результате постепенного увеличения вязкости механическими свойствами твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в стеклообразное должен быть обратимым».

Более лаконичное определение дано Американским обществом по испытаниям и материалам (ASTM): «Стекло – неорганический продукт плавления, охлажденный до твердого состояния без кристаллизации».

Путем определения равновесных положений, которые занимают химически связанные атомы, установлено, что расстояния между соответствующими парами атомов в аморфных веществах статистически имеют такую же величину, что и в кристаллических соединениях, причем значения, меньшие этой величины, практически не встречаются. Отсюда следует, что аморфные вещества, как и кристаллические, характеризуются наличием областей с ближним порядком. Направленный характер химических связей позволяет ожидать, что ближний порядок существует в непосредственном окружении каждого атома, хотя бы в ослабленной форме.

Характер изменения свойств жидкости при переходе ее в стеклообразное состояние объясняется следующим образом. По мере понижения температуры структура расплава непрерывно изменяется. При всех температурах T , расплав успевает переходить в состояние, соответствующее минимуму свободной энергии при данной температуре. Дальнейшее понижение температуры приводит к уменьшению подвижности частиц из-за нарастания вязкости и увеличению времени релаксации структуры. Ниже T_1 скорость установления структурного равновесия становится настолько малой, что расплав не успевает релаксировать к своему метастабильному состоянию. Происходит «замораживание» структуры, свойственной ей при более высоких температурах. Таким образом, стеклование является релаксационным процессом, вследствие чего переход в стеклообразное состояние должен зависеть от скорости охлаждения.

Процесс стеклообразования определяется следующими факторами:

1) внутренними, зависящими от природы веществ, находящихся в расплавленном состоянии; эти факторы стеклования расплавов связаны со строением атомов, входящих в состав расплава, и характером сил взаимодействия между ними;

2) внешними, зависящими от условий термообработки; наиболее общим условием перехода в стеклообразное состояние является возможность переохладения расплава до таких температур, при которых вязкость расплава становится достаточно большой, достигая значений порядка 10^{13} Па·с.

Технология стекла долгие годы была ориентирована на получение стеклообразных веществ при определенных, практически достижимых реальных параметрах. В большинстве работ по стеклообразованию ставилась задача выяснения особенностей состава и строения веществ, используемых в качестве основы для практического получения стекол. При этом наиболее обширные данные получены для оксидных стекол.

Критерии стеклообразования: В настоящее время наметилось, по крайней мере, два подхода к выработке критериев стеклообразования: химический (кристаллохимический) и термодинамический или энергетический.

А.А.Лебедев [5] было высказано предположение, что силикатное стекло имеет скрытокристаллическое строение, т.е. состоит из бесконечного числа мельчайших кристалликов кремнезема и силикатов настолько малых, что при исследовании стеклообразных тел они кажутся оптически однородными и лишь в некоторых случаях проявляют кристаллическую природу.

Основанием для такого подхода к трактовке строения стекла послужили экспериментальные данные, полученные при исследовании изменения показателя преломления и модуля упругости силикатных стекол в зависимости от температуры.

Согласно кристаллитной теории структуру стекол можно рассматривать как скопление микроструктурных образований с упорядоченным расположением атомов. Такие микроструктурные образования, или области, получили название кристаллитов. Центральная часть кристаллитов характеризуется упорядоченным расположением частиц, близких к такому у кристалла, а периферия является переходом от одной микрообласти к другой. Отличительной особенностью кристаллитов является отсутствие границ раздела фаз.

Кристаллит является тем зародышем, тем началом, из которого со временем может получиться настоящий кристалл. Связь между кристаллитом и кристаллом состоит в следующем: всякий кристаллит при определенных условиях может в будущем перейти в кристалл. Он останется кристаллитом до тех пор, пока эта неоднородность в стекле не имеет определенной фазовой границы, в чем и состоит отличие кристаллита от любых иных образований, которые могут быть в стекле.

Вместе с тем нельзя не отметить, что безупречных доказательств в пользу кристаллитной гипотезы строения стекла до сих пор не получено. Свыше шести десятилетий дискутируется вопрос о существовании в стекле кристаллитов. Проведено большое число тщательных исследований структуры стекол рентгеновскими и спектральными методами, однако природа кристаллитов и реальность их существования в стекле так и остаются предметом дискуссий. Следует отметить, что сам автор кристаллитной гипотезы А. А. Лебедев признавал, что применение методов, основанных на использовании дифракции рентгеновских, электронных и нейтронных лучей, не дает, к сожалению, достаточно убедительных результатов вследствие малых размеров упорядоченных областей и значительных искажений решетки. Что касается спектрограмм для стекол, то они кажутся более или менее сходными с кривыми для соответствующих кристаллов, однако максимумы получаются размытыми и маловыразительными, так что остается большой произвол при их истолковании.

Таким образом, если в общем виде характеризовать состояние современных знаний о строении стекла, то можно отметить, что большинство исследователей признают структуру стекла микрооднородной, причем речь идет о неоднородности стекла в широком смысле - геометрической, химической и структурной. Сейчас существование во многих стеклах химической неоднородности, а также вероятность образования структурных группировок, отвечающих по составу фрагментам структуры тех или иных химических соединений, не вызывает сомнений у подавляющего большинства исследователей.

Исходя из изложенного, очевидно, что стекло не представляет собой просто аморфную массу, свойства которой зависят только от химического состава. В известных пределах свойствами стекол, не меняя их состава, можно управлять и за счет изменения их тонкой структуры.

Стекло, как материал, характеризуется чрезвычайно разнообразными свойствами (механическими, оптическими, электрофизическими, тепловыми и др.). Наиболее важными являются оптические свойства, делающие стекло уникальным материалом, а также механические свойства, определяющие в сочетании с химической стойкостью возможность использования стекла для решения различных практических задач.

Вязкое состояние всех процессов стекловаренного производства: варки, выработки и отжига. Наибольшее влияние на вязкость оказывают два фактора: температура и состав стекла.

Зависимость вязкости от температуры весьма своеобразна. При низких температурах вплоть до температуры стеклования вязкость изменяется незначительно. Наиболее резкое падение вязкости по мере нагревания происходит в интервале стеклования, затем следует вновь участок, где влияние температуры сказывается не столь заметно.

В основе вязкого течения лежат активируемые перескоки молекулярных структурных элементов в соседние микропустоты. При достаточно высоких температурных и относительно низких давлениях количество и размеры таких микропустот в расплаве велики; при более низких температурах и достаточно высоких давлениях они только начинают образовываться. "Теория свободного объема" исходит из того, что молекулы и другие агрегаты частиц вследствие термических флуктуаций могут перераспределяться таким образом, что свободное пространство между ними будет сосредоточено в одном месте с образованием "дырки", объем которой близок к объему структурного элемента участвующего в перескоке. Вероятность образования дырки и вероятность отрыва структурного элемента от своих соседей для занятия соседней микропустоты определяются количеством энергии подведенной извне, которая, в свою очередь, делится на две части: энергии необходимой для образования вакансии и преодоления потенциального барьера.

Электромагнитное поле, действующее на образец, является особым видом материи. Всякая электрически заряженная частица окружена электромагнитным полем, составляющим с ней единое целое. Но электромагнитное поле может существовать и в свободном, отделенном от заряженных частиц состоянии в виде движущихся фотонов или вообще в виде излученного движущегося с этой скоростью электромагнитного поля электромагнитных волн.

Характеризуется электромагнитное поле непрерывным распределением в пространстве, и вместе с тем оно обнаруживает дискретную структуру в виде квантов излученного электромагнитного поля,

например, фотонов. Оно является носителем определенного количества энергии, которая способна преобразовываться в другие виды энергии: химическую, тепловую, энергию механического движения и т.п.

Наряду с вышеперечисленными свойствами, электромагнитное поле характеризуется особыми электромагнитными свойствами, не рассматриваемыми в механике, а именно, способностью оказывать силовое воздействие на заряженные частицы. Это воздействие зависит от скорости заряженных частиц.

Распределяется поле неравномерно по сечению проводника, причем плотность тока имеет наибольшие значения на поверхности проводника и убывает по мере удаления от поверхности вглубь проводника. Это явление называется поверхностным эффектом.

Переменный магнитный поток в телах, обладающих конечной проводимостью, вызывает в этих телах вихревые токи, которые ослабляют магнитный поток внутри проводящего тела. Этот эффект иногда называют размагничивающим действием вихревых токов. По существу и в этом случае мы имеем дело с явлением поверхностного эффекта.

Явление поверхностного эффекта можно объяснить, рассматривая проникновение электромагнитного поля вглубь проводника из пространства, окружающего проводник. Потери энергии на его нагревание током следует рассматривать как поглощение внутри проводника электромагнитной энергии, передаваемой в тело проводника через его поверхность из окружающего пространства. Переменная электромагнитная волна затухает по мере проникновения вглубь проводящей среды. Поэтому вполне естественно, что амплитуды плотности тока и напряженностей электрического и магнитного полей при переменном токе и при переменном потоке имеют наибольшее значение у поверхности тел из проводящего материала.

При воздействии электромагнитного излучения на образец стеклообразного материала в последнем возможно протекание целого ряда процессов. В первую очередь, квант ЭМИ несет в себе энергию, которой может быть достаточно для образования вакансии или преодоления потенциального барьера. Таким образом, внутри образца возникает область, представляющая собой термодинамическую систему, способную к вязкому течению.

С другой стороны, при условии, что квант излучения имеет энергию большую чем ширина запрещенной зоны, а в приповерхностной области образца образуются вихревые токи. Благодаря наличию таких токов, приповерхностная область имеет большую температуру, чем основной объем образца.

Благодаря подобному температурному распределению приповерхностная область имеет более низкую вязкость и под действием ЭМИ возникает поперечная поверхностная волна, амплитуда которой зависит от времени воздействия ЭМИ на образец, а частота – от частот ЭМИ. Кроме того, от поверхности вглубь образца распространяется акустическая волна, затухающая по мере увеличения вязкости материала.

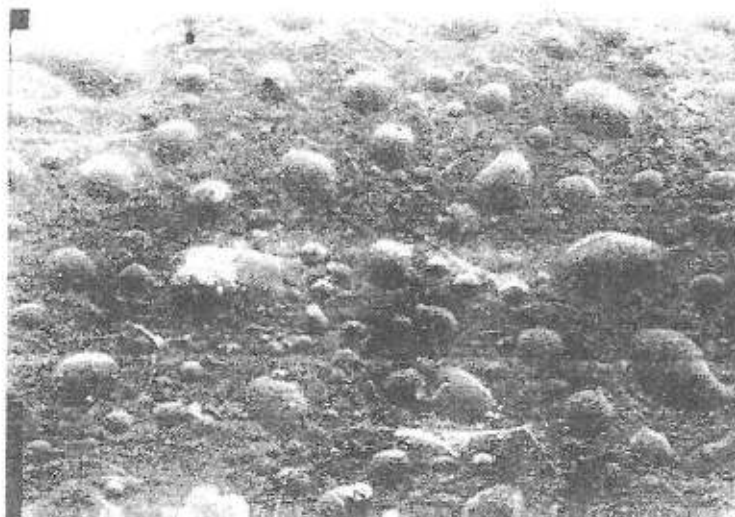
Известно, что при действии на спирт металлом, водород гидроксильной группы, соединенный непосредственно с кислородом, вытесняется металлом и получаются твердые, растворимые в спирте соединения, называемые алкоголятами. В случае воздействия на алкоголят электромагнитным излучением, молекула способна диссоциировать на ион металла и радикал спирта.

При нанесении на поверхность стеклообразного образца алкоголята и воздействии на полученную систему ЭМИ происходит следующее. Молекулы алкоголята, как было указано выше, диссоциируют с образованием на поверхности образца отдельных ионов металлов, которые с повышением их внутренней энергии начинают мигрировать по поверхности. В некоторый момент ионы достигают некоторых несовершенств поверхности и закрывают образованные ими потенциальные ямы.

В результате чего они становятся электрически нейтральными. Поскольку вероятность гомозитаксиального процесса выше вероятности гетерозитаксиального процесса, то ионы металла, продолжая мигрировать по поверхности, способны коагулировать с осевшими ионами. В некоторый момент времени потенциальная энергия образовавшегося ионного кластера превышает потенциальную энергию несовершенства поверхности и отрывается от нее в результате электростатического взаимодействия между соседними кластерами, так на поверхности образуются псевдоупорядоченные структуры из ионных кластеров. Вариант такой структуры показан на фиг. 1.

Однако энергия ЭМИ передается также и по стеклообразной подложке, в результате чего, как было указано выше, снижается вязкость приповерхностного слоя и возникает поверхностная поперечная волна. При этом ионные кластеры под воздействием акустических колебаний переходят в объем образца, где под воздействием электростатических сил занимают некоторые положения, которые можно охарактеризовать ближней или даже средней упорядоченностью.

Благодаря наличию вязкого течения и тому, что плотность микропустот меньше плотности стекла, последние, используя силу Архимеда и энергию акустической волны, поднимаются к поверхности образца, где происходит разрушение их оболочки.



Фиг. 1. Образование псевдоупорядоченных структур из ионных кластеров на поверхности образца

После выключения ЭМИ энергия приповерхностного слоя равномерно перераспределяется по объему подложки и возникает явление повышения вязкости приповерхностного слоя. Однако амплитуда поверхностной волны снижается по практически линейному закону. Поэтому после полного затвердевания образца на его поверхности остается волнообразная структура, как показано на фиг. 2. Все вышесказанное указывает на то, что суммарная плотность образца после проведения эксперимента увеличится, как увеличится и его микротвердость.



Фиг. 2. Результат эксперимента

В объеме же образца приповерхностный слой имеет структуру материала с псевдоупорядоченными включениями. Свойства такого материала могут быть сравнимы со свойствами сверхрешетки при условии, что размеры ионных кластеров имеют соответствующий порядок.

Таким образом, открывается возможность получения аморфного или стеклообразного материала с наперед заданными свойствами.

Подобные процессы и явления можно наблюдать на экране монитора в результате имитационного моделирования их динамических проявлений при помощи средств компьютерной техники. Но большинство графических пакетов позволяют создавать преимущественно статические изображения. Возможность анимации изображений представляют средства plots-модуля математического процессора Maple. Опыт показал, что встроенные функции-макросы `animate` и `animate3d` не всегда удобны при создании

имитационных динамических моделей, на практике интерес представляет возможность покадрового синтеза слайдов, реализуемая опцией `insequence=true` в операторе `display`. При этом структура программы имеет вид:

```
Restart: with(plots): with(plottools):
        Построение числовых и графических параметров программы
```

```
> pustur2 := 0.1*t*cos(abs(x)+t)+0.47*t+8.5:
> pustur3 := 0.1*t*cos(abs(x)+t)+0.37*t+9.5:
> pustur4 := 0.1*t*cos(abs(x)+t)+0.18*t+11.25:
> uroven2:= 1/4*(1-cos(t/2))*cos(abs(x)-t) + (13-0.5*t) :
> uroven1:= 1/2*(1-cos(t/2))*cos(abs(x)-t) + (13-0.25*t) :
> uroven3:= 1/8*(1-cos(t/2))*cos(abs(x)-t)+(13-0.75*t):
> for i from 1 to 95 do
> t:= i/10:
> powerh:= evalf((1-cos(t/2))*cos(abs(x)-t)+13) :
> powerh:= plot(powerh, x=0..11, color=black,
thickness=3):
> d1 := f((2.5-0.05*t),uroven3,t) :
> d2 := f((1.2+0.13*t),uroven1,t):
> d3 := f((3.8+0.02*t),uroven2,t) :
> d4 := f((5.1+0.1*t),uroven3,t):
> d5 := f((6.4-0.04*t),uroven1,t) :
> d6 := f((7.7+0.03*t),uroven2,t) :
> d7 := f((9+0.1*t),uroven3,t):
> d8 := f((10.3-0.03*t),uroven1,t) :
> c1 := fl((1.25-0.05*t),pustur3,t):
> c2 := fl((3.25-0.08*t),pustur1,t):
> c3 := fl(4,pustur4,t) :
> c4 := fl(5.5,pustur2,t) :
> c5 := fl((7.6-0.08*t),pustur3,t) :
> c6 := fl((9.2-0.08*t),pustur4,t):
> c7 := fl((9.6+0.04*t),pustur1,t):
> Gr[i]:=display({powerh, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7,
d8, c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7},
```

```
For I from 1 to N do
```

```
        Построение графических компонентов i-го кадра анимации из N кадров
Gr[i]:=display(11, 12, 13, 14) :
End do:
Plotsetup (gif, plotoutput=c:\\name.gif):
Display(seq(Gr[i],i=1..N), insequence=true);
```

В результате выполнения на диске будет сформирован анимационный графический файл `name.gif`, просмотреть который можно, например, при помощи распространенной программы Div-X.

В предложенной в данной работе имитационной динамической модели формирования аморфной псевдосверхрешетки под воздействием электромагнитного излучения опущены описанные выше процессы диссоциации молекул алкоголята, миграции ионов и синтеза ионных кластеров. Подробно рассмотрено лишь перераспределение ионных кластеров с поверхности образца в его объем, а также упорядоченность расположения их в объеме.

Поверхностная волна в данной модели аппроксимирована синусоидальной функцией с линейно изменяющейся фазой. Амплитуда поверхностной функции сначала возрастает, что обусловлено явлением резонанса, а затем медленно убывает. В целом же функция поверхностной волны может быть представлена выражением:

$$(1 - \cos(t/2)) \cos(x-t) + 13$$

которое в Maple-программе выглядит следующим образом:

```
evalf((1-cos(t/2))*cos(abs(x)-t)+13)
```

Ионные кластеры и микропустоты представлены в модели уравнениями окружности с центрами, лежащими на синусоидальных кривых. Последние, в свою очередь, линейно сдвигаются вниз для ионных кластеров и вверх для микропустот по оси ординат, имитируя прохождение акустической волны вглубь образца. Фаза этих кривых совпадает с фазой поверхностной волны, а амплитуда – линейно затухает или возрастает с течением времени по мере удаления или приближения к поверхности, что обусловлено затуханием акустической волны по мере удаления от поверхности, связанным, в свою очередь, с соответствующим повышением вязкости.

Перераспределение ионных кластеров по горизонтали и вертикали связано, прежде всего, с их электростатическим взаимодействием друг с другом и задано в модели изменением межкластерного расстояния вплоть до некоторой конечной величины. Поскольку рассматривается случай, когда ионные кластеры имеют приблизительно одинаковые размеры и заряды, то логично задание одинаковых сил межкластерного взаимодействия. Таким образом, окончательное расстояние между ионными кластерами искажается только разностью амплитуд акустической волны по мере удаления от поверхности вглубь образца.

Ниже приведена Maple-программа для построения анимационного изображения перераспределения примесей и микропустот в объеме стеклообразного образца при воздействии на его поверхность электромагнитным излучением.

```
> restart: with(plots): with(plottools):
> f:=(m,n,t)-> plot([n+1/2*sqrt(-4*x^2+1+8*x*t-4*t^2),n-1/2*sqrt(-4*x^2+1+8*x*t-4*t^2)],
  x=t-0.5..m+0.5,style=line,color=black,thickness=3):
> f1:=(k,l,t)-> plot([1+1/4*sqrt(-16*x^2+1+32*x*k-16*k^2),1-1/4*sqrt(-16*x^2+1+32*x*k-16*k^2)],
  x=k-0.25..k+0.25,style=line,color=black,thickness=2):
> pusturl := 0.1*t*cos(abs(x)+t)+0.66*t+6.75:
```

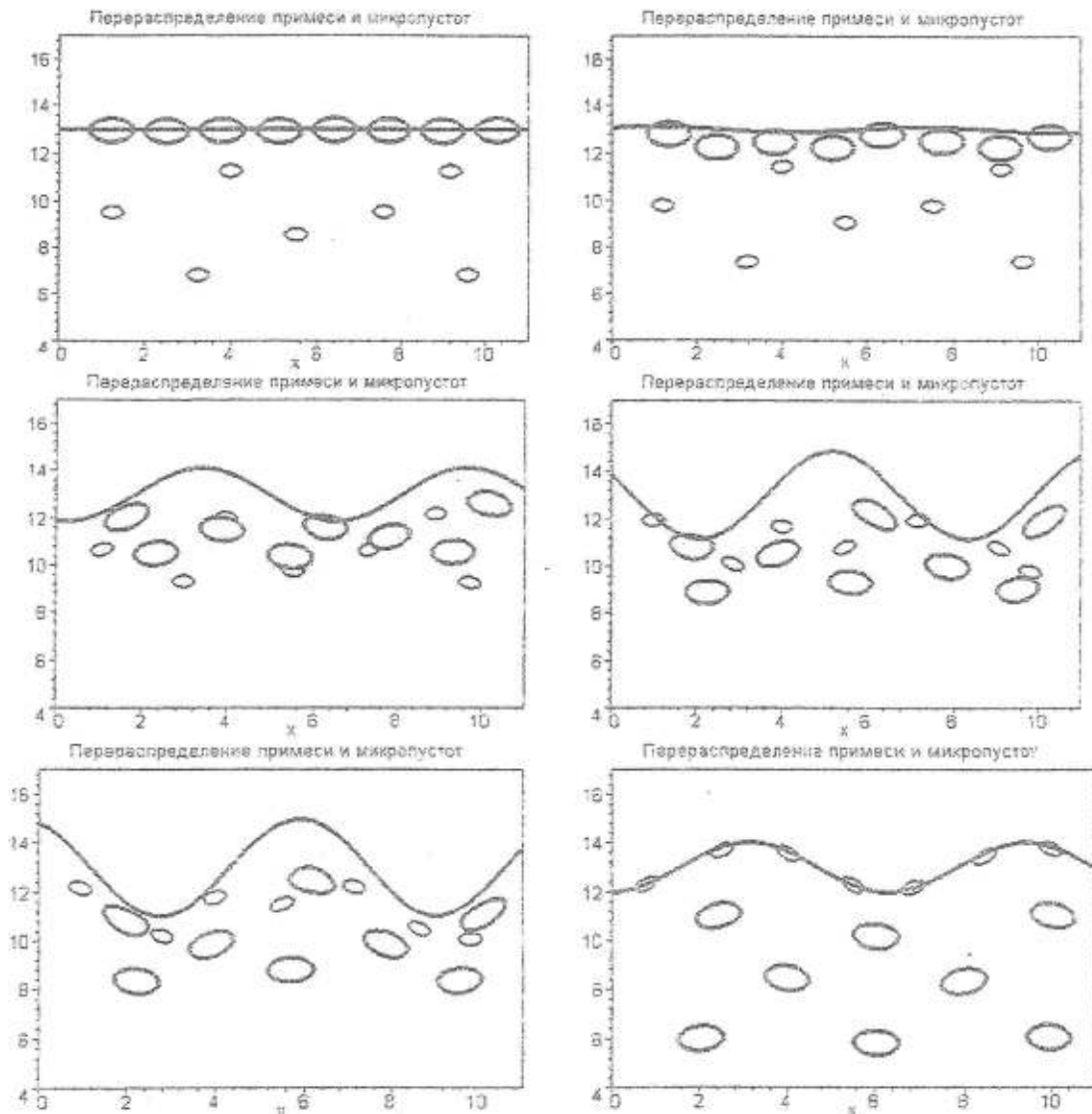
```
view=[0..11,4..17], axes=boxed, color=black,
scaling=constrained, title=Перераспределение примеси и микропустот):
> cd:
> plotsetup (gif, plotoutput = c:\\glass.gif) :
> display(seq(Gr[i], i=1..95), insequence=true);
```

В результате выполнения программы на диске C будет сформирован файл glass.gif, который содержит анимационные кадры фильма, представляющего собой перераспределение примесей и микропустот в объеме стеклообразного образца при воздействии на его поверхность электромагнитным излучением.

На фиг. 3 представлены кадры этого фильма, взятые через равные промежутки времени.

Легко заметить, что при воздействии ЭМИ на поверхность стекла, шарообразная форма ионных кластеров и микропустот искажается. Это обусловлено изменением фронта акустической волны в объеме образца.

Кроме того, как уже было сказано, пустоты в результате эксперимента поднимаются на поверхность образца, где их оболочки разрушаются, образуя кратеры, которые явно видны на фиг. 2. А ионные кластеры, благодаря силам электростатического взаимодействия, занимают в объеме структуры некоторые слабоупорядоченные положения, напоминающие расположение примесей в сверхструктурах.



Фиг. 3. Анимационные кадры фильма

Выводы. Логично предположить, что размеры ионных кластеров, их взаимное расположение и глубина залегания напрямую будут зависеть от частоты и мощности электромагнитного излучения. Так при частоте 1 ГГц и мощности 5 Вт образец приобретает свойства квантово-размерных структур.

Кроме того, как указано в работе [6] наблюдается повышение плотности и микротвердости структуры, что полностью соответствует результатам моделирования. В дальнейшем предполагается проведение модельных экспериментов имитации стеклообразования под действием лазерного излучения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Венгер Е.Ф., Грендел М., Данишка В., Конакова Р.В., Прокопенко И.В., Тхорик Ю.А., Хазан Л.С.. Структурная релаксация в полупроводниковых кристаллах и приборных структурах. Киев; Феникс, 1994.
2. Концевой Ю.А., Литвинов Ю.М., Фаттахов Э.А.. Пластичность и прочность полупроводниковых материалов и структур. М.: Радио и связь, 1982.
3. Беляев А.А., Беляев А.Е., Ермолович И.Б., Комиренко С.М., Конакова Р.В., Ляпин В.Г., Миленин В.В., Соловьев Е.А., Шевелев М.В.. Влияние сверхвысокочастотной обработки на электрофизические характеристики технически важных полупроводников и поверхностно-барьерных структур // ЖТФ.1998, Т. 68, № 12. – С. 49-53.
4. Фельц А.. Аморфные стекообразные и неорганические твердые тела – М.: Мир. –1986. –558 с.
5. Горшков В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. – М.: Высшая школа. – 1988. – 400 с.

6. Дощенко Г.Г., Новикова Л.В., Новиков А.А. Влияние ЭМИ на структуру и свойства полупроводниковых оксидных стекол // Вестник ХГТУ. – Т. 3. – Херсон 1998. – С. 248-250.
7. Мазон Б.М. Maple V: Power edition – М.: Издат. дом «Филинь», 1998.

НОВИКОВ Олександр Олександрович – д.х.н., професор, завідувач кафедри фізичної та біомедичної електроніки Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- біомедична інженерія;
- вплив фізичних полів на речовину та об'єкти.

НОВИКОВА Лідія Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри фізичної та біомедичної електроніки Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- біомедична інженерія;
- вплив фізичних полів на речовину та об'єкти.

УДК 531.01; 546.271

В.В. Одинцов

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ І ПЕРЕДБАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДОДЕКАБОРИДНИХ ФАЗ ЗІ СТРУКТУРОЮ UB_{12}

В роботі методом ГО-ЛКАО з використанням ЕОМ розраховано енергетичний спектр електронів та оцінена термодинамічна стабільність додекаборидів YB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} , AlB_{12} . Результати вказали на металічний характер провідності додекаборидів ітрія, лютетія, цирконія та напівпровідниковий додекаборида ітербія; термодинамічна стабільність підвищується у ряду $MeB_{12} \rightarrow Me_5 \rightarrow MeB_{12}$. Результати теоретичних розрахунків повністю співпали з отриманими експериментальними даними.

Вступ. Фізична і математична науки у пізнанні явищ природи, у відкритті законів природи, поясненні і передбаченні властивостей хімічних елементів, матеріалів, з'єднань тощо, завжди ідуть поруч. Особливу роль у такому процесі відіграють математичні методи моделювання, теоретичні моделі, математичні методи, теорії, методики. Володіння математичними методами дозволяє дослідникам отримувати певну інформацію, що допомагає передбачити конкретні властивості досліджуваних матеріалів.

Постановка проблеми. На основі теоретичних уявлень у рамках моделі ГО-ЛКАО (групові орбіталі – лінійна комбінація атомних орбіталей) [1] встановити тип провідності, термічну стабільність, стійкість і міцність кристалічної ґратки тугоплавких сполук типу MeB_{12} (додекаборидних фаз), де Me – рідкісноземельний елемент Y, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Zr, U та порівняти отримані теоретичні результати з експериментально встановленими.

Розрахунки електронного спектра додекаборидів YB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} і гіпотетичного кубічного AlB_{12} здійснили методом ГО-ЛКАО (сильний зв'язок) у одноелектронному наближенні з урахуванням участі електронних станів не тільки атомів бора: 2s-, 2p-, як це зроблено авторами у роботі [2], але й атомів металів ns-, np-, (n-1)d.

У методі ГО-ЛКАО орбіталі Ψ_r записуються у наступному вигляді:

$$\Psi_r = \sum_i c_{ri} \Phi_i,$$

де Ψ_r – групові орбіталі, Φ_i – атомні орбіталі. Загальне секулярне рівняння має вигляд:

$$(\alpha(i) - E)c_n + \sum_j (\beta(i, j) - Es(i, j))c_n = 0.$$

Матричні елементи виражаються через ефективний одноелектронний гамільтоніан \hat{H} :

$$\alpha(i) = \langle \Phi_i | \hat{H} | \Phi_i \rangle - \text{кулонівський інтеграл};$$

$$\beta(i, j) = \langle \Phi_i | \hat{H} | \Phi_j \rangle - \text{резонансний інтеграл};$$

$$s(i, j) = \langle \Phi_i | \Phi_j \rangle - \text{інтеграл перекриття};$$

Для складання групових орбіталей був взятий фрагмент кристалічної ґратки додекаборидів (рис. 1).

Повне секулярне рівняння отрималось 102 порядку.

$$\Psi = \sum_{i=1}^{12} c_i^{(1)} \Phi_{2s} + \sum_{i=1}^{12} c_i^{(2)} \Phi_{2p} + \sum_{i=1}^{12} c_i^{(3)} \Phi_{2p} + \sum_{i=1}^{12} c_i^{(4)} \Phi_{2p} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(5)} \Phi_{ns} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(6)} \Phi_{np} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(7)} \Phi_{np} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(8)} \Phi_{np} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(9)} \Phi_{nd} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(10)} \Phi_{nd} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(11)} \Phi_{nd} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(12)} \Phi_{nd} + \sum_{i=1}^6 c_i^{(13)} \Phi_{nd(x^2-y^2)}$$

Для спрощення і для можливості розв'язати рівняння у відповідності до групи симетрії вибраного фрагмента структури O_h вікове рівняння було розбито на частинні секулярні рівняння:

– для кубооктаедра бора:

$$12 \times 2s \rightarrow A_{1g} + E_g + T_{1u} + T_{2g} + T_{2u};$$

$$12 \times 2p \rightarrow A_{1g} + A_{2g} + A_{2u} + 2E_g + 2T_{1g} + 3T_{1u} + 2T_{2g} + 2T_{2u};$$

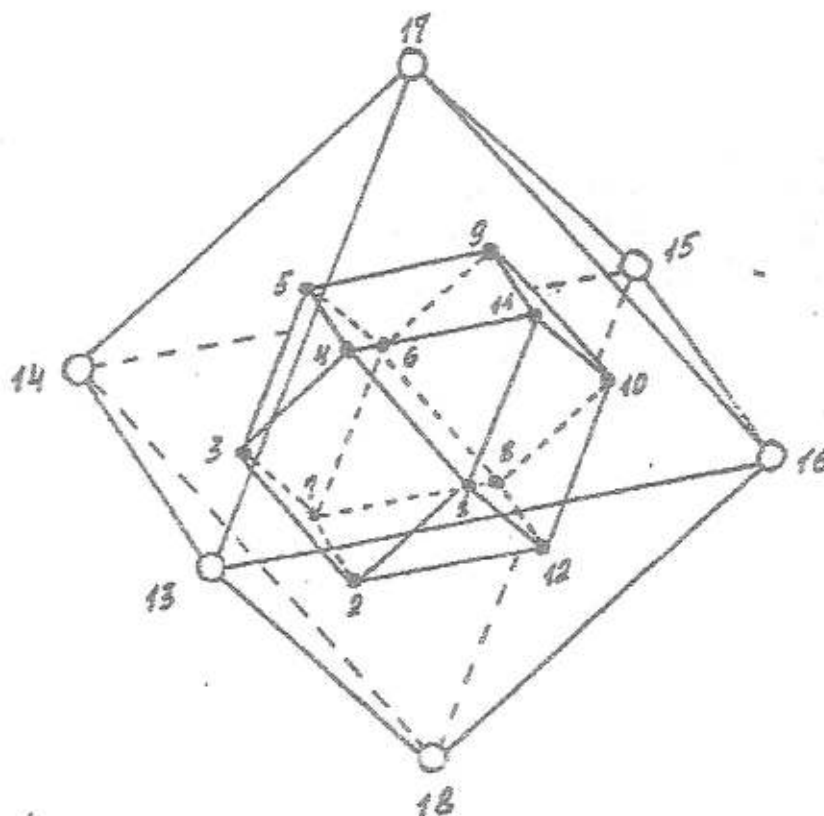


Рис. 1. Фрагмент структури кубічного додекаборида: \circ – метал, \bullet – бор

– для октаедра метала:

$$\begin{aligned}
 6 \times ns &\rightarrow A_{1g} + E_g + T_{1g}; \\
 18 \times np &\rightarrow A_{1g} + E_g + T_{2g} + 2T_{1u} + T_{2u} + T_{3u}; \\
 12 \times ((n-1)dz^2, (x^2 - y^2)) &\rightarrow A_{1g} + A_{2g} + 2E_g + T_{1u} + T_{2u}; \\
 18 \times (n-1)d_{xy, xz, yz} &\rightarrow A_{2g} + E_g + T_{1g} + 2T_{2g} + T_{2u}.
 \end{aligned}$$

Матричні елементи секулярного рівняння визначаються у наближенні Малікена [3].

Потенціали іонізації бралися згідно [4 – 6]. Чисельні значення інтегралів розраховувались за методикою, викладеною у роботі [3]. З отриманих матричних елементів склалися матриці 2 – 9 порядку, розв’язання яких на ЕВМ дозволило отримати власні числа і значення векторів матриць, що дали змогу оцінити значення енергетичних рівнів і коефіцієнтів при базисних функціях молекулярних орбіталей. Значення енергій і заповнення окремих рівнів представлено у вигляді спектра на рис. 2.

Результати експерименту. На основі розрахунків встановлено, що додекаборидні фази, крім YbB_{12} , повинні бути з’єднаннями з типовою металічною провідністю. Це саме слідує з теоретичного розрахунку і пов’язане, згідно зонної теорії, з частковим заловненням електронами енергетичних рівнів $(2t_{2g})^2$, $(4t_u)^4$, $(1t_{1g})^2$ відповідно.

У YbB_{12} за розрахунками (рис. 2) рівень $(3t_g)^4$ повністю заповнений електронами і знаходиться на відстані 0,120eВ і 0,121eВ від рівнів $1a_{2u}$ і $2t_{2g}$. Це за уявленнями зонної теорії провідності відповідає властивостям вузькозонних напівпровідників.

Отримані результати з експериментального визчення залежності електричного опору додекаборидних фаз підтвердили ці результати (рис. 3) [7, 8].

З даних розрахунку методом ГО-ЛКАО згідно виразу:

$$\sigma = \sum_{i,k} I_{i,k} n_{i,k} - \sum 6I_i n_i - \sum 12I_m n_m,$$

де σ – енергія дисоціації фрагмента додекаборида на ізольовані атоми (термодинамічна стійкість); $I_{i,k}$ – енергія i -того рівня k -тої групової орбіталі; $n_{i,k}$ – кількість електронів на i -тому рівні k -тої групової орбіталі; I_i – потенціал іонізації з i -рівня ізольованого атома метала ($i-s, p, d$); n_i – кількість

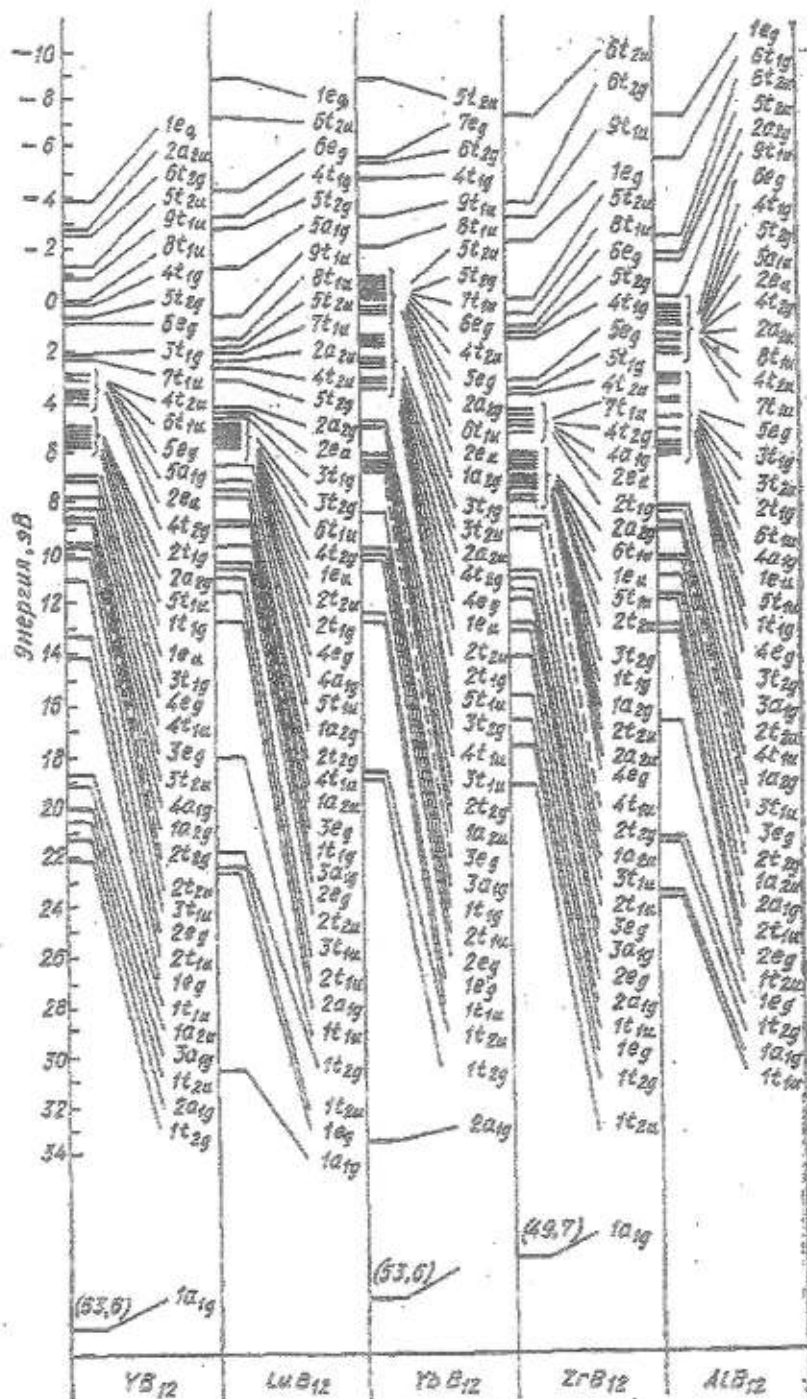


Рис. 2. Энергетичний спектр додакоборидів металів
(Пунктиром вказано положення останнього рівня, що
заповнюється електронами)

електронів на l -тому рівні ізолюваного атома метала; I_n – потенціал іонізації з m -рівня ізолюваного атома бора ($m-s, p$); n_s – кількість електронів на l -тому рівні ізолюваного атома бора; проводилася оцінка стабільності і можливості утворення додекаборидних фаз рідкоземельних елементів. Отримані значення 451,4; 358,5; 328,5; 304,0; 209,0 еВ/комплекс відповідно для YB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} , AlB_{12} , YbB_{12} дозволили зробити висновок у порівнянні з експериментальними даними та іншими сполуками цього ж класу, що ця характеристика зростає у ряду $MeB_4 \rightarrow Me_5 \rightarrow MeB_{12}$.

Висновки. Використання математичної моделі – математичний метод ГО-ЛКАО дозволив дійти висновку про металічний характер провідності додекаборидів YB_{12} , LuB_{12} та напіпровідниковий у

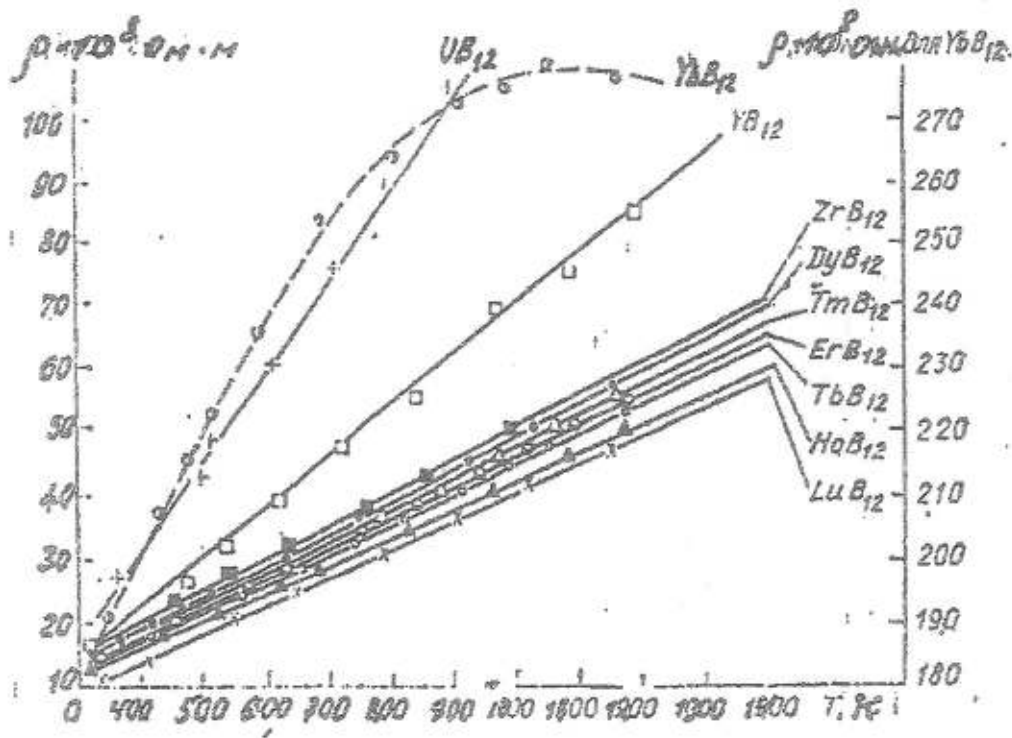


Рис. 3. Залежність електроопору додекоборидів РЗМ від темпер.

YbB_{12} , зростання термодинамічної стабільності досліджуваних фаз у ряду $MeB_4 \rightarrow Me_6 \rightarrow MeB_{12}$. Встановлене теоретично підтвердилося на експериментах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Курик М.В., Цмоць В.М. Фізика твердого тіла. – К.: Вища школа, 1985. – С. 17-21.
2. W. Lipscomb, D. Britton, J. Chem. Phys., 33, 275-1960.
3. Бацанов В.С., Звячина Р.А. Интегралы перекрытия и проблема эффективных зарядов. Т.1. – Новосибирск: Наука, 1966.
4. Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. Т.1, 2. – М.: ГИТТЛ, 1956.
5. Ельяшевич М.А. Спектры редких металлов. – М.: ГИТТЛ, 1956.
6. Herman F. Skillman. Atomic structure calculations. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 1948, 1952/
7. Одинцов В.В., Горячев Ю. М., Падерно Ю.В. Додекабориды металлов. В сб. Химическая связь в кристаллах полупроводников и металлов. – Минск, 1973. – С. 177-183.
8. Одинцов В.В. Механізм електро- та теплове переносу в тугоплавких боридах рідкоземельних металів з каркасною структурою. Автореферат доктора фізико-математичних наук. – Херсон, 1994. – 32 с.

ОДИНЦОВ Валентин Володимирович – д.ф.-м.н., професор кафедри фізики Херсонського державного університету.

Наукові інтереси:

– загальна фізика, фізика твердого тіла.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ

УДК 681.51, 662.8.055

И.П. Завальнюк

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСТРУЗИЕЙ НЕОДНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ

У статті досліджується процес управління екструзією неоднорідних матеріалів. З метою ефективного управління уточнена математична модель екструдера як дисипативного об'єкту. Результати моделювання управління екструзією неоднорідних матеріалів довели доцільність використання модального регулятора у каналі дисипації.

Введение. Интенсификация любого процесса связана с необходимостью повышения производительности процесса и улучшения качества выпускаемой продукции.

Одним из наиболее эффективных методов интенсификации экструзии является метод воздействия на обрабатываемый материал высокочастотными колебаниями, влияющие на реологические свойства материала [1]. Отрицательной стороной данного метода является налипание экструдата на шнек экструдера при чрезмерном разогреве материала, и, как следствие этого, изменение скорости потока продукта. Кроме того, неоднородность перерабатываемого материала, например, отходов пищевой и перерабатывающей промышленности, значительно влияет на нагрузку шнека.

Существующие методы управления экструдерами, как правило, это изменение частоты вращения шнека, не обеспечивают должной скорости реакции на изменение хода процесса.

Постановка задачи. Существенным является, изучив особенности процесса экструзии, а также методы управления современной теории автоматического управления, выбрать тот метод, который позволит сохранить необходимые качественные показатели переходного процесса, а также устойчивость системы управления.

Анализ последних исследований и публикаций. Автор [2] дает детальную характеристику современной системы автоматизации экструдеров varioEC, которая представляет собой два блока: varioPLC – компактный модуль автоматизации для монтажа на DIN-рейке и varioDISP – графический терминал для персонала.

В рассматриваемой системе наряду с регулированием температуры (нагрев/охлаждение) отдельных зон и индикацией температуры расплава со всеми функциями контроля (блокировка запуска, управление шнеками, поле допусков, превышение температуры) осуществляется контроль соответствующих токов нагрева. Измеряется скорость вращения шнеков и контролируется аналоговая величина нагрузки (крутящий момент). Средства измерения других показателей периферийного оборудования могут соединяться с системой посредством имеющихся подключений. Таким образом, на экструдере можно оценить или настроить все «классические» сигналы.

Однако автор статьи не описывает работу системы автоматизации в условиях непостоянных свойств материала, а также реакцию всей системы управления на возникновение критического режима работы, характеризуемого снижением скорости потока и вызывающего аварийные ситуации.

Цель статьи. Уточнение математической модели экструдера, как диссипативного объекта. Разработка способа управления экструдером, позволяющего поддерживать заданные показатели качества процесса в критическом режиме функционирования, возникающем в результате увеличения нагрузки на шнек экструдера из-за неоднородности материала.

Решение задачи. Экструдер является диссипативным объектом, поскольку это объект, взаимодействующий с окружающей средой посредством выделения тепла из-за основного параметра экструзии – трения материала и расплава о стенки цилиндра и шнека. Для составления математической модели экструдера, как диссипативного объекта, необходимо рассмотреть баланс тепловых потоков, входящих в элементарный объем канала экструдера размерами $w, h, \Delta z$ [3, 4].

Тепловой баланс описывается уравнением:

$$q_z \cdot w \cdot h + q_d \cdot w \cdot h \cdot \Delta z = \left[q_z + \left(\frac{\partial q_z}{\partial z} \right) \Delta z \right] \cdot w \cdot h + q_w \cdot w \cdot \Delta z + q_u \cdot w \cdot \Delta z. \quad (1)$$

где q_z – тепловой поток, переносимый вместе с материалом, q_d – тепловой поток, генерируемый за счет внутреннего трения перерабатываемой смеси, $q_{ш}, q_u$ – тепловые потоки, отводимые в каналы цилиндра и шнека.

Важно, что за счет внутреннего трения перерабатываемой смеси в единице объема материала генерируется тепловой поток q_d , который с учетом степенного уравнения Оствальда-де-Вилля [5], определяется следующим образом:

$$q_d = \tau \cdot \dot{\gamma} = \mu \cdot \dot{\gamma}^{1+n}, \quad (2)$$

где τ – напряжение сдвига в материале, $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига (деформации), μ – коэффициент консистенции материала, n – индекс течения материала.

После преобразования и упрощения уравнения (1), математическое описание экструдера, как диссипативного объекта, имеет вид:

$$a_2 \frac{d^2 z(t)}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dz(t)}{dt} + a_0 \cdot z(t) = b \cdot u(t), \quad (3)$$

где $a_2 = \rho \cdot C_p \cdot T$, $a_1 = \left(\frac{2\alpha}{h} \cdot \Delta T - q_d \right)$, $a_0 = -\left(\frac{dq_d}{dt} + C \right)$, $z(t)$ – изменение некоторой координаты потока экструдата во времени, $u(t)$ – стандартная функция управления (изменение скорости вращения ω шнека экструдера); ρ – плотность перерабатываемого материала, C_p – теплоемкость материала, T – температура переработки, ΔT – разность температур перерабатываемого материала и стенок цилиндра (шнека), α – коэффициент теплоотдачи.

Известно [1], что при соаменении гармонических сдвиговых колебаний, образующихся при интенсификации процесса ультразвуком, и стационарного течения, деформация сдвига будет изменяться по следующему закону:

$$\dot{\gamma}(t) = \dot{\gamma}_0(t) + \dot{\gamma}_a \cdot \sin \psi \cdot t, \quad (4)$$

где $\dot{\gamma}_0(t)$ – скорость сдвига в условиях установившегося сдвигового течения, $\dot{\gamma}_a$ – амплитуда сдвиговых деформаций, ψ – частота колебаний.

Поэтому, варьируя параметрами ультразвука, можно изменять характер течения материала. Таким образом, параметром управления диссипативной частью экструдера может быть переменная $\dot{\gamma}(t)$.

Следовательно, уточненную математическую модель экструдера, как диссипативного объекта, можно представить в виде:

$$a_2 \cdot \frac{d^2 z(t)}{dt^2} + a_1 \cdot \frac{dz(t)}{dt} + a_0 \cdot z(t) = u^*(t) + b \cdot u(t), \quad (5)$$

где $a_2 = f_2(\rho, C_p, T)$, $a_1 = f_1(q_d, \alpha, \Delta T, h)$, $a_0 = f_0(q_d, C)$, $u(t)$ – стандартная функция управления (изменение скорости вращения ω шнека экструдера), $u^*(t) = q_d(t) \frac{dz}{dt} = [\dot{\gamma}(t)^{1+n} \cdot \mu(t)] \frac{dz}{dt}$ – предлагаемое управление (изменение амплитуды интенсифицирующего ультразвука).

Анализируя процесс экструзии, а также коэффициенты a_2, a_1, a_0, b можно составить следующую структурную схему экструдера, изображающую его важнейшие динамические каналы, как объекта управления:

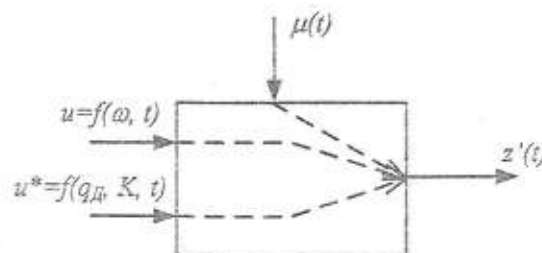


Рис. 1. Структурная схема экструдера, как объекта управления: $\mu(t)$ – мера консистенции материала

(возмущающее воздействие), $z'(t)$ – скорость материала (выходная величина),

$u = f(\omega, t)$ и $u^* = f(q_D, K, t)$ – стандартное и предлагаемое управление.

Интерес представляет коэффициент K в функции предлагаемого управления u^* . Данный коэффициент характеризует нагрузку на вал двигателя, т.е. повышение K выше номинального $K_{ном}$ указывает на недостаточную пластикацию и однородность материала, а понижение K ниже номинального $K_{ном}$ характеризует чрезмерное размягчение экструдата и, как следствие, налипание его на шнек экструдера. Значит, основную идею управления можно представить так:

$$\begin{aligned} \text{if } K > K_{ном} \text{ then } \dot{\gamma}_a \uparrow \\ \text{if } K < K_{ном} \text{ then } \dot{\gamma}_a \downarrow \end{aligned}$$

Таким образом, изменение состояния материала в ходе процесса переработки можно «прочувствовать» достаточно быстро путем изменения нагрузки на валу двигателя.

Уравнение (3) можно представить в виде:

$$\frac{d^2 z(t)}{dt^2} + d_1 \cdot \frac{dz(t)}{dt} + d_0 \cdot z(t) = k \cdot u(t), \quad (6)$$

где $d_1 = \frac{2\alpha \cdot \Delta T - q_D(t)}{\rho \cdot C_p \cdot T}$, $d_0 = \frac{-\frac{dq_D(t)}{dt} - C}{\rho \cdot C_p \cdot T}$, $k = \frac{b}{\rho \cdot C_p \cdot T}$.

Существенно, что коэффициентами d_1 и d_0 :

$$\begin{cases} d_1 = \frac{2\alpha \cdot \Delta T - q_D(t)}{\rho \cdot C_p \cdot T} \\ d_0 = \frac{-\frac{dq_D(t)}{dt} - C}{\rho \cdot C_p \cdot T} \end{cases}$$

может быть задан желаемый вид переходного процесса экструдера. Эти коэффициенты содержат как управляющие, так и возмущающие параметры. Поэтому при изменении возмущения, можно с помощью управляющего воздействия удерживать данные коэффициенты в заданных пределах, а, следовательно, и сохранять желаемое качество переходного процесса.

Характеристическое уравнение объекта, описываемого дифференциальным уравнением (6), имеет вид:

$$\lambda^2 + d_1 \cdot \lambda + d_0 = 0, \quad (7)$$

где $d_1 = -(\lambda_1 + \lambda_2)$, $d_0 = \lambda_1 \cdot \lambda_2$; λ_1, λ_2 – корни характеристического уравнения (или собственные числа матрицы объекта при векторно-матричном описании).

Известно, что задача придания собственным числам желаемых значений или обеспечение принадлежности этих чисел к заданному множеству является основной задачей теории модального управления [6].

Пусть исследуемый объект описывается дифференциальным уравнением 2-го порядка:

$$\ddot{z}(t) + d_1 \cdot \dot{z}(t) + d_0 \cdot z(t) = y(t). \quad (8)$$

Тогда уравнение объекта с модальным ПИД-регулятором будет иметь вид:

$$\ddot{z}(t) + g_1 \cdot \dot{z}(t) + g_0 \cdot z(t) = y(t) + K_i \int y dt. \quad (9)$$

где $g_1 \geq 0$ и $g_0 \geq 0$ – коэффициенты соответствующие желаемому переходному процессу, причем $g_1 = d_1 + K_d$, $g_0 = d_0 + K_p$; K_d , K_p и K_i – коэффициенты передачи дифференциальной, пропорциональной и интегральной составляющих ПИД-регулятора.

Таким образом, коэффициенты регулятора выбираются: $K_d = g_1 - d_1$, $K_p = g_0 - d_0$, значение K_i определяется по необходимой скорости протекания процесса.

Важно, что порядок системы n определяет тип используемого регулятора:

- $n = 1$ - ПИ-регулятор
- $n = 2$ - ПИД-регулятор
- $n = 3$ - ПИДД-регулятор и т.д.

В пакете Simulink программы MATLAB проведено моделирование управления процессом экструзии растительных отходов на экструдере EB-350 (ООО «ЭККО», г. Черкассы) со следующими свойствами перерабатываемого материала и параметрами технологического процесса: плотность материала $\rho = 120 \text{ кг/м}^3$, теплоемкость материала $C_p = 1300 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$, влажность материала $W = 8\%$, температура обработки $T = 513 \text{ К}$, коэффициент теплоотдачи $\alpha = 120 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, тепловой напор $\Delta T = 20 \text{ К}$; диаметр экструдера $D = 0.09 \text{ м}$, скорость вращения шнека $\omega = 10 \text{ об/с}$, глубина и ширина винтового канала соответственно равны $h = 0.0112 \text{ м}$ и $w = 0.077 \text{ м}$. Примем начальное значение коэффициента консистенции материала $\mu_0 = 0.0826 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и индекс течения материала $n = 0.2$.

Имитационная модель в Simulink полностью отражает установленную математическую модель экструдера, как диссипативного объекта – равенства (3) и (5). Кроме того, при моделировании предусмотрено изменение меры консистенции материала $\mu(t)$, по сравнению с начальным значением μ_0 , что характеризует неоднородность материала.

Результаты моделирования, представленные на рисунке 2,а, ярко показывают, что изменение свойства материала, а также применение интенсифицирующих колебаний значительной амплитуды приводит к нестабильности скорости потока материала $\dot{z}(t)$ при дальнейшем росте координаты потока $z(t)$. Данная ситуация может привести к возникновению «пробки» у формирующей части экструдера, и как следствие - вынужденный останов оборудования. Поэтому важным является применение управления, позволяющего предотвратить переход экструдера в критический режим функционирования.

Согласно приведенной выше методике в структурную схему моделирования был включен модальный ПИД-регулятор. Благодаря чему осуществляется управление по каналу диссипации построенное с использованием модального регулятора (рис. 2,б).

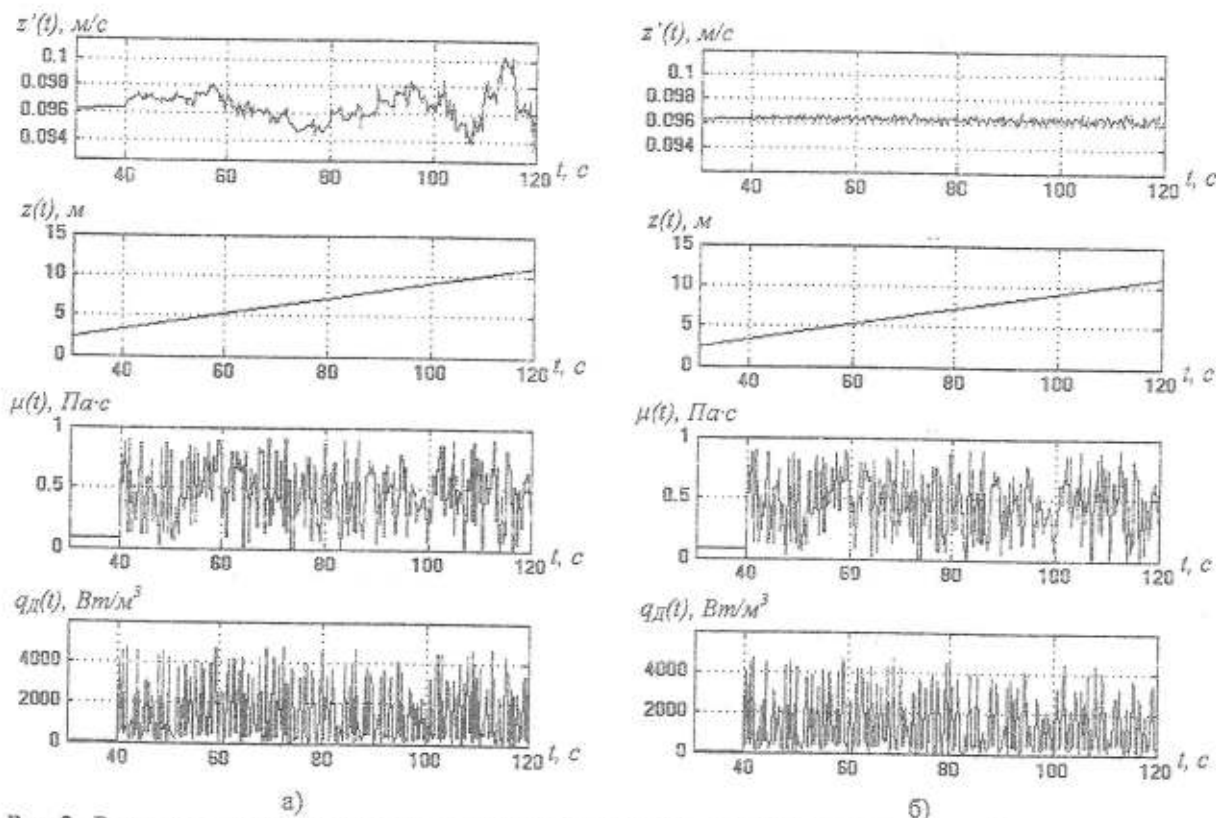


Рис. 2. Результаты моделирования управления экструзией: стандартное управление (а) и управление по каналу диссипации (б); $\dot{z}(t)$ – скорость потока экструдата, $z(t)$ – координата потока, $\mu(t)$ – изменение коэффициента консистенции материала, $q_d(t)$ – тепловой поток, выделяемый за счет внутреннего трения.

Результаты моделирования показывают, что, несмотря на возмущение в виде непостоянства свойств материала, при использовании модального управления по каналу диссипации величина скорости потока изменяется незначительно и в случае дальнейшей интенсификации процесса остается сравнительно постоянной.

Для более точной оценки эффективности использования модального регулятора была проведена статистическая обработка результатов моделирования в программе Mathcad, что отражено в таблице 1. Причем, по результатам моделирования в MATLAB, средняя скорость движения материала в установившемся режиме при отсутствии возмущений составляет $V_M = 96,4$ мм/с.

Таблица 1

Статистическая обработка результатов моделирования

	Стандартное управление	Управление по каналу диссипации
Оценка математического ожидания $M[V_M] \approx \tilde{V}_M = \sum_{i=1}^n \frac{V_{Mi}}{n}$	96,576 мм/с	96,398 мм/с
Оценка среднеквадратического отклонения результатов отдельных наблюдений $\sigma \approx S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{Mi} - \tilde{V}_M)^2}{n-1}}$	1,063	0,213
Оценки среднеквадратического отклонения результата измерения $S(\tilde{V}_M) = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{Mi} - \tilde{V}_M)^2}{n \cdot (n-1)}}$	0,118	0,024
Граница доверительного интервала $\psi_{\Delta} = t \cdot S(\tilde{V}_M)$ при значении коэффициента распределения Стьюдента $t = 2$	0,236	0,047
Результаты моделирования	$V_M = 96,576 \pm 0,236$ мм/с	$V_M = 96,398 \pm 0,047$ мм/с

Выводы:

1. С целью определения закона управления процессом экструзии неоднородных материалов, уточнена модель экструдера как диссипативного объекта.
2. Управление по каналу диссипации с использованием модального регулятора целесообразно использовать в задаче поддержания постоянства показателей качества переходного процесса.
3. Моделирование процесса экструзии подтверждает эффективность модального управления экструзией неоднородных материалов в условиях интенсификации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Басов Н.И. Виброформование полимеров / Басов Н.И., Любартович С.А., Любартович В.А. – Л.: Химия, 1979. – 160 с.
2. Автоматизация процесса экструзии [Электронный ресурс] / У. Маршалл // Официальный сайт компании BG electric. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.germany-electric.ru>.
3. Проектирование экструзионных машин с учетом качества резинотехнических изделий: монография / М.В. Соколов, А.С. Клиников, П.С. Беляев, В.Г. Однолько. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2007. – 292 с.
4. Карманов В.В. Теплообменный и теплотехнический расчет пресс-экструдера с регулируемым винтовым рабочим органом / В.В. Карманов, К.В. Луняка, О.И. Клюев // Вісник Хмельницького національного університету – 2009. – № 4. – С. 239-244.
5. Абдрафиков Р.Н. К определению реологических свойств комбикормов в процессе их экструдирования / Р.Н. Абдрафиков, В.Ю. Полищук // Вестник ОГУ – 2004. – № 4. – С. 139-141.
6. Справочник по теории автоматического управления / [под ред. А.А. Красовского]. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1987. – 712 с.

ЗАВАЛЬНЮК Инна Петровна – инженер кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– разработка и исследование систем автоматического управления технологическими процессами.

УДК 621.391

А.Я. Кулик

АДАПТАЦІЯ ПРИСТРОЇВ ПЕРЕДАВАННЯ ДО ПАРАМЕТРІВ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ

Пропонується алгоритм адаптації пристрою передавання до параметрів каналу зв'язку, який враховує ймовірність спотворення елементарних сигналів і дозволяє вибрати оптимальний алгоритм завадозахищеного кодування.

Вступ. При передаванні інформації каналами зв'язку в реальних умовах велику роль відіграє алгоритм завадозахищеного кодування. В залежності від впливу завад на сигнали в каналі можна використовувати алгоритми кодування з фіксацією помилок, з їх виправленням чи не використовувати завадозахищене кодування взагалі. При цьому необхідно відзначити, що час передавання (а відповідно, і використання каналу зв'язку) крім швидкості суттєво залежить від:

- довжини інформаційного повідомлення (обсягу файлу в умовах використання мікропроцесорних засобів чи комп'ютерної техніки);
- довжини блока елементарних даних, що передаються (байт, напівбайт тощо);
- кількості помилок, що мають виправлятися (в залежності від цього змінюється кількість контрольних розрядів).

Постановка задачі. Виходячи з вище викладеного, необхідно розробити методи передавання з можливістю регулювання по кожному параметру передавання. Ці методи повинні покращити ефективність використання каналу зв'язку при завданій вірогідності передавання інформації, для чого по кожному з них необхідно чітко визначити необхідну послідовність дій із теоретичним підґрунтям, навівши можливу реалізацію на рівні алгоритмів і структур (способів). Алгоритми завадозахищеного кодування широко відомі і докладно описані в літературі [1, 2]. Проблема полягає в тому, який з них потрібно використовувати, в залежності від рівня завад у каналі зв'язку. Основну складність при цьому викликає не питання використання алгоритму циклічного кодування чи Хеммінга, оскільки з точки зору структури даних у них формується однакова кількість контрольних розрядів, а саме кількість помилок, які потрібно виправляти.

Результати досліджень. Після здійснення завадозахищеного кодування довжина повідомлення M становить:

$$M = L + K, \quad (1)$$

де L – довжина інформаційного повідомлення;

K – кількість контрольних символів,

або в умовах блокового кодування

$$M = \sum_{i=1}^n (L_i + K_i), \quad (2)$$

де n – довжина інформаційного повідомлення.

Якщо передавання здійснюється напівбайтами (чотири інформаційні розряди), то для виправлення однієї помилки необхідно додавати три контрольні розряди, а для виправлення двох – дев'ять. Відповідно і час передавання в найпростішому випадку збільшується у 2-4 рази порівняно з передаванням без використання завадозахищеного кодування [3].

У випадку необхідності використання алгоритму фіксації помилок, послідовні інтерфейси спроможні їх реалізовувати без будь-яких зайвих витрат часу, додаючи контрольний розряд перевірки на парність при перетворенні блока з паралельного формату на послідовний. Таким чином, ефективність використання лінії зв'язку суттєво залежить від використовуваного алгоритму завадозахищеного кодування.

В літературі [1, 4] розглянуто вплив завад на інформацію під час передавання каналом зв'язку і показано, що умовна ентропія

$$H_y(x) = - \sum_{i,j} p(i,j) \cdot \log p_i(j), \quad (3)$$

$$p_i(j) = \frac{p(i,j)}{\sum_j p(i,j)} \quad (4)$$

саме і характеризує частку символів, що спотворюються за рахунок завад. Виходячи з цього, доцільно реалізувати адаптацію пристрою до умов передавання таким чином, щоб в залежності від імовірності спотворення одиниць та нулів визначати кількість помилок, які потрібно виправляти в інформаційному блоці і, в залежності від цього, використовувати потрібний алгоритм завадозахищеного кодування. Для цього необхідно ввести режим тестування, при якому каналом зв'язку із вибраною швидкістю передається контрольна послідовність нулів та одиниць, з якої на приймальному боці вибираються спотворені і розраховуються імовірності p_0 спотворення нулів та p_1 спотворення одиниць. Для симетричних каналів ($p_0 = p_1 = p$) розрахунок умовної ентропії складностей не викликає [1, 4]

$$H_y(x) = -p \cdot \log_2 p - (1-p) \cdot \log_2 (1-p), \quad (5)$$

Якщо ж канал несиметричний ($p_0 \neq p_1$), то з двох отриманих умовних ентропій необхідно вибирати більшу. В принципі можна порахувати кількість нулів та одиниць у файлі, що має передаватися, і отримати середнє значення умовної ентропії, але випадковий характер даних (кількість одиниць та нулів у кожному блоці елементарних даних) може призвести до такої кількості помилок, що не можуть бути виправлені. Виходячи з отриманого результату, можна вибрати розмір блоку (кількість інформаційних розрядів – байт, напівбайт тощо), визначити для нього кількість помилок, що можуть виникнути під час передавання, а виходячи з цього і кількість контрольних розрядів, та здійснити завадозахищене кодування за алгоритмом, оптимальним для даних умов передавання. При цьому перед передаванням самого файла необхідно передати службову інформацію щодо вибраного алгоритму кодування і кількості помилок, що мають виправлятися.

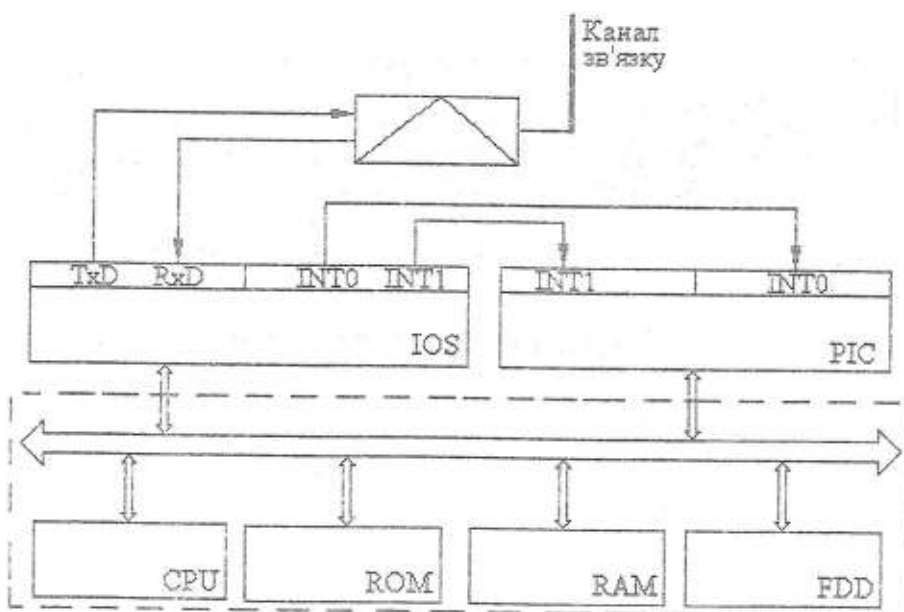


Рис. 1. Структура системи передавання інформації.

Для реалізації вказаного алгоритму використовується мікропроцесорна система, структура якої у класичному вигляді наведена на рисунку 1 [5]. Схема роботи передавальної та приймальної частин пристрою наведена на рисунках 2 та 3. Для організації такої системи доцільно використати режим переривань, оскільки він вже наявний у використовуваних послідовних інтерфейсах і використовує сигнали переривань для передавання і приймання даних.

Оскільки реалізація здійснюється на базі мікропроцесорної системи, то завадозахищене кодування доцільно здійснювати в програмному режимі. Виходячи з цього, доцільно розділити в часі процес підготовки даних та процес передавання, тобто спочатку закодувати весь файл інформації, що має передаватися, а потім його передавати. Це дозволить не використовувати канал зв'язку на час проведення операцій, безпосередньо не пов'язаних з передаванням даних.

Обмін інформацією в даному випадку здійснюється в двох напрямках, причому передається і основна, і службова інформація. Службову інформацію доцільно передавати в режимі повторювання з голосуванням [1]. При цьому дані передаються непарну кількість разів, і шляхом побітового порівняння визначається правильна прийнята кодова комбінація.

Висновки. Оскільки для реалізації пристрою використовуються стандартні послідовні інтерфейси, то передавання буде найбільш ефективним у байтовому форматі, коли передається вісім двійкових розрядів, оскільки послідовний інтерфейс при перетворенні даних з паралельного формату на послідовний все одно доповнює розряди до восьми. При завадозахищеному кодуванні кількість отриманих розрядів кодової комбінації не є кратною восьми. Виходячи з цього, доцільно перекомпоновувати закодований файл таким чином, щоб формувались восьмирозрядні дані, додаючи недостатні розряди з наступних байтів. Це дозволяє скоротити час передавання інформації на 30-40%. Зворотнє перекомпоновування на приймальному боці складностей не викликає. Результати експериментальної перевірки підтвердили правильність теоретичних положень.

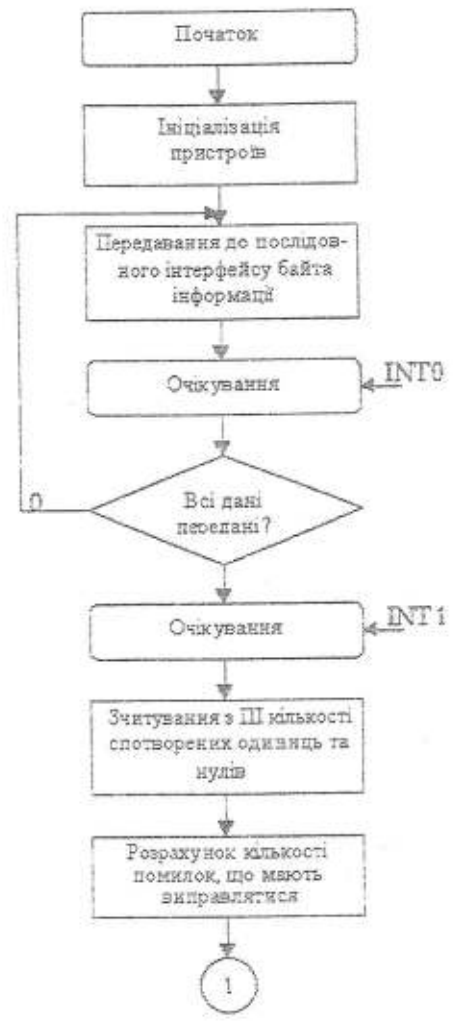
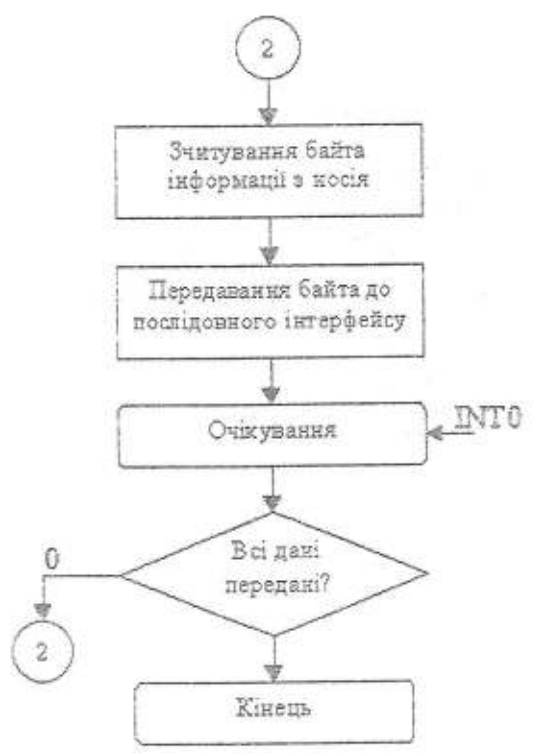


Рис. 2. Схема роботи передавальної частини



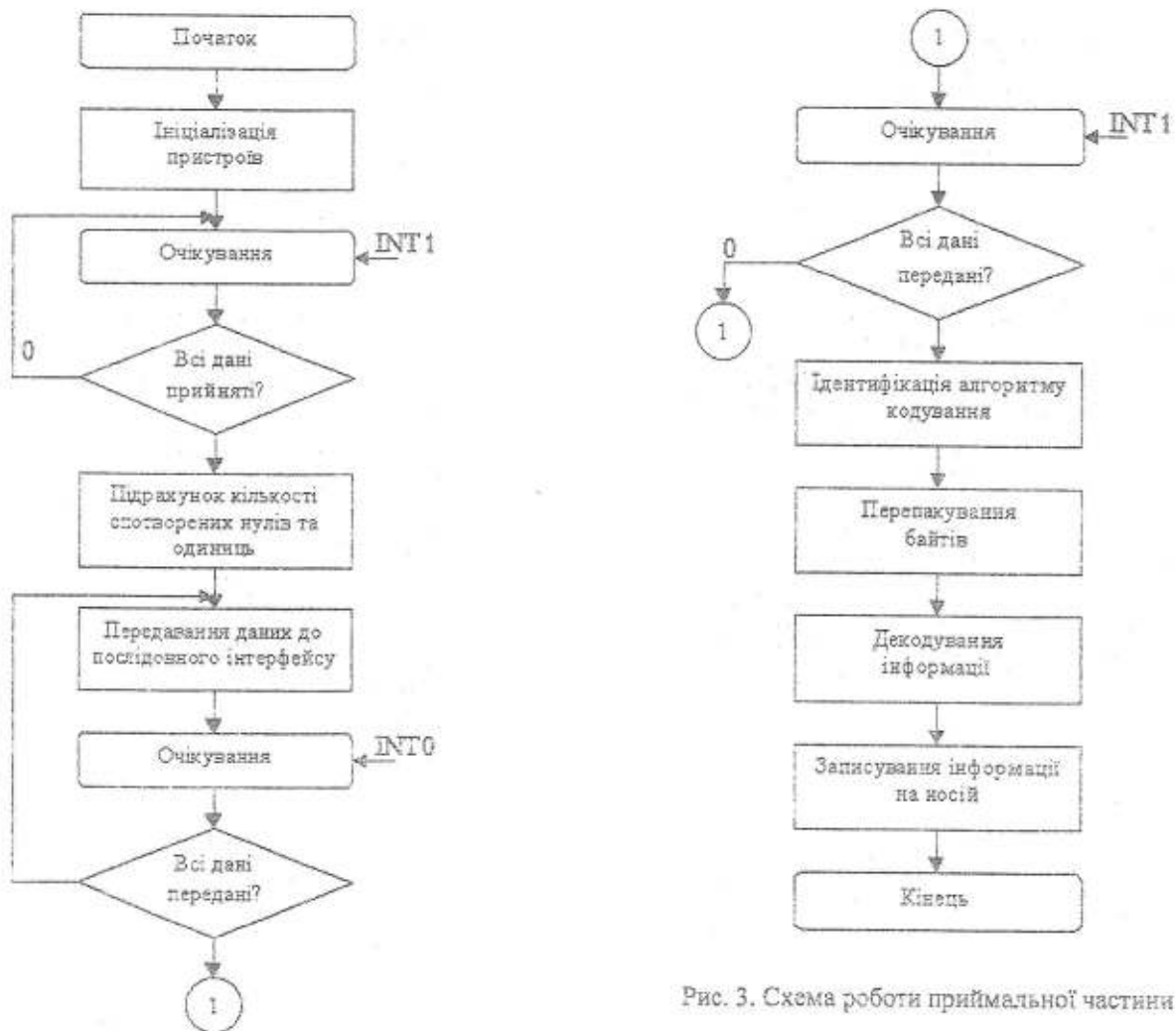


Рис. 3. Схема роботи приймальної частини

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кузьмин И.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. – К.: Вища школа, 1986. – 238 с.
2. Васюра А.С., Кривогубченко С.Г., Кулик А.Я., Компанець М.М., Худолій О.І. Техніка передавання дискретної інформації. – Вінниця: ВДТУ, 1998. – 101 с.
3. Кривогубченко С.Г., Компанець М.М., Кулик А.Я. Особливості використання заводських кодів для захисту інформації при передаванні колективними лініями зв'язку // Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету. Серія "Електротехніка і енергетика", 2000. – № 17. – С. 65-69.
4. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Иностранная литература, 1963. – С. 277-278.
5. Патент 48409А України, МПК⁷ H03M 13/00. Спосіб кодування та передавання дискретної інформації з адаптацією до умов передавання та пристрій для його здійснення / Кветний Р.Н., Кулик А.Я., Кривогубченко С.Г. та ін. (Україна); ВДТУ. – № 2001064411; заявл. 23.06.01, опубл. 15.08.02. Бюл. № 8. – 10 с.

КУЛИК Анатолій Ярославович – д.т.н., доцент, професор кафедри автоматики та інформаційно-виміральної техніки Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- передавання інформації;
- оброблювання сигналів та зображень.

ОСОБЕННОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В ДАННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Побудовано схему нечіткого підходу до аналізу часових рядів, що використовує алгоритм кластеризації нечітких середніх та нечіткі множини другого типу. Схему модифіковано шляхом уточнення кількості кластерів та рівню нечіткості у алгоритмі кластеризації нечітких середніх.

Введение. Функциональная и структурная организация современных сложных систем во многом определяется когнитивными показателями. Для таких показателей характерно наличие большого числа внутренних связей и сложное взаимовлияние. Значения когнитивных показателей, наблюдаемые во времени, формируют многомерные временные ряды. Характерные особенности изучаемых временных рядов быстро изменяются, причём динамика этих изменений зависит от индивидуальных особенностей объекта в системе. Некоторые когнитивные показатели являются вторичными, что делает нестационарность формируемых временных рядов дополнительным источником скрытой неопределённости.

Для выявления структуры когнитивных показателей, описанных данными временных рядов, решаются задачи такой категории интеллектуального анализа данных, как анализ временных рядов. Результатом анализа временных рядов является выявление новых знаний, важных для принятия решений, доступных для интерпретации экспертом в предметной области и пригодных для автоматической обработки.

Традиционные подходы к выявлению знаний в данных временных рядов имеют недостатки, приводящие к повышению неопределённости в описании сложных систем. Проблема несоответствия данных и предположений об их структуре препятствует анализу временных рядов методами многомерной статистики. Субъективные оценки экспертов в предметной области являются основной проблемой в нечётких методах интеллектуального анализа данных.

Современные подходы к выявлению знаний в условиях влияния на систему различных источников неопределённости позволяют применять нечёткие методы, построенные с использованием нечётких множеств второго типа.

Последние исследования временных рядов развивают такое направление как кластеризация данных. В работах O. Uncu, I.B. Turksen [1, 2] для анализа временных рядов используется алгоритм кластеризации нечётких средних Fuzzy C-Means (FCM), а также исследуется возможность применения нечётких множеств второго типа. В исследованиях временных рядов [1, 2] остаются открытыми вопросы определения параметров. В данной работе определение параметров алгоритма FCM с учётом характера неопределённости позволяет повысить эффективность выявления знаний.

Постановка проблемы. Целью данной работы является разработка усовершенствованной схемы реализации нечёткого подхода к выявлению знаний в данных временных рядов, описывающих когнитивные показатели. Усовершенствование схемы заключается в добавлении математических методов, позволяющих определять параметры алгоритма FCM. Автоматизация усовершенствованной схемы позволяет проанализировать результаты её использования для выявления знаний в данных когнитивной природы.

Когнитивная неопределённость данных временных рядов. Среди источников неопределённости нечёткого кластерного анализа временных рядов [1] наименее исследованной является неопределённость, обусловленная спецификой данных. Так как данные временных рядов описывают когнитивные показатели, то неопределённость может быть представлена:

- нечётким характером данных;
- быстрой изменчивостью данных;
- неполной и неоднозначной интерпретацией имеющихся знаний о нелинейной структуре данных.

Схема реализации нечёткого подхода к анализу временных рядов, использующего алгоритм FCM и нечёткие множества второго типа. В данной работе нечёткий подход к анализу временных рядов обозначен Fuzzy Type-2 Approach. Схема реализации Fuzzy Type-2 Approach разбита на 4 основные этапа работы с нечёткими множествами второго типа. Этапы могут быть представлены следующими методами: DZ – метод формирования временных рядов, описывающих входные и выходные данные; FT2M – метод построения нечёткой модели второго типа; FCM – алгоритм кластеризации нечётких средних; MLT – метод построения таблицы соответствия временных рядов и номеров нечётких моделей первого типа.

На рис. 1 этапы обозначены с помощью прямоугольников, переходы между этапами обозначены с помощью стрелок. На стрелках отмечены передаваемые параметры:

- $\{z_k\}$ – множество наборов данных временных рядов;
- k – номер набора данных;
- m^r – уровень нечёткости;
- r – номер модели первого уровня;
- $\{r\}$ – множество номеров моделей первого уровня;
- $\{v_i^{r,c}\}$ – множество центров кластеров для наборов данных временных рядов;
- c – количество кластеров;
- i – номер кластера;
- $\{x_{k,j}\}$ – множество входных данных в наборе z_k ;
- j – номер значения в множестве входных данных.

Выполним модификацию схемы реализации Fuzzy Type-2 Approach. Для этого уточним параметры алгоритма FCM – количество кластеров и уровень нечёткости.

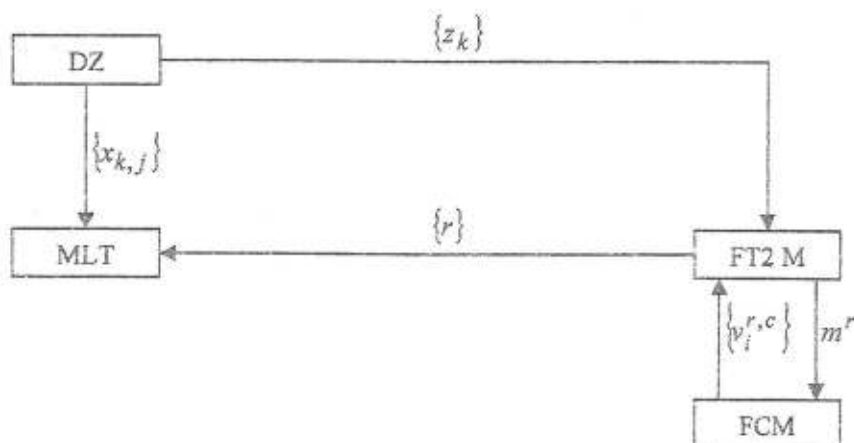


Рис. 1. Схема реализации Fuzzy Type-2 Approach

Модификация схемы реализации нечёткого подхода путём уточнения параметров алгоритма FCM.

В работе [1] описан алгоритм для нахождения оптимального количества кластеров. Проведенный анализ показал, что данный алгоритм обладает большой временной сложностью. Поэтому в данной работе предложен альтернативный метод определения количества кластеров. Предложенный метод включён в схему реализации Fuzzy Type-2 Approach (рисунок 2). Добавленный этап DC – выполнение алгоритма кратчайшего незамкнутого пути [3]. При переходе от этапа DC к этапу FT2 M передаётся полученное количество кластеров (c).

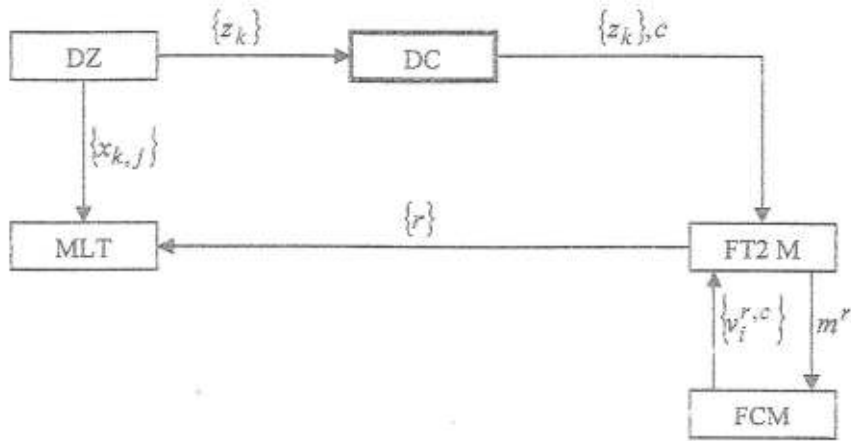


Рис. 2. Первая модификация схемы реализации Fuzzy Type-2 Approach

В работах, посвящённых исследованию алгоритма FCM, приведены рекомендации по выбору множества значений уровня нечёткости. Однако методы определения уровня нечёткости для конкретных данных не описаны формально.

Уровень нечёткости (m^r) определяет степень пересечения между кластерами. Чем больше уровень нечёткости, тем больше области пересечения между кластерами. При $m^r \rightarrow \infty$ алгоритм FCM работает с полностью нечётким пространством. Тогда значения функций принадлежности всех наборов данных каждому кластеру приближаются к обратному количеству кластеров ($\frac{1}{c}$). При $m^r \rightarrow 1$ алгоритм FCM работает с полностью чётким пространством. Тогда каждый набор данных принадлежит единственному кластеру с единичным значением функции принадлежности.

С учётом описанных особенностей уровня нечёткости [4] в данной работе предложен метод определения множества значений данного параметра. Разработанный метод включён в схему реализации Fuzzy Type-2 Approach (рисунок 3). Добавленный этап DM – метод определения уровня нечёткости. При переходе от этапа DM к этапу FT2 M передаётся полученное множество значений уровня нечёткости ($\{m^r\}$).

В данной работе множество значений уровня нечёткости формируется путём включения всех значений из диапазона, заданного минимальным и максимальными значениями уровня нечёткости, а также с учётом шага изменения уровня нечёткости.

Выразим уровень нечёткости, используя описание функции принадлежности в алгоритме FCM [1]. Значение функции принадлежности примем равным обратному количеству кластеров. Сумму относительных расстояний между наборами данных и центрами кластеров примем равной минимальному значению.

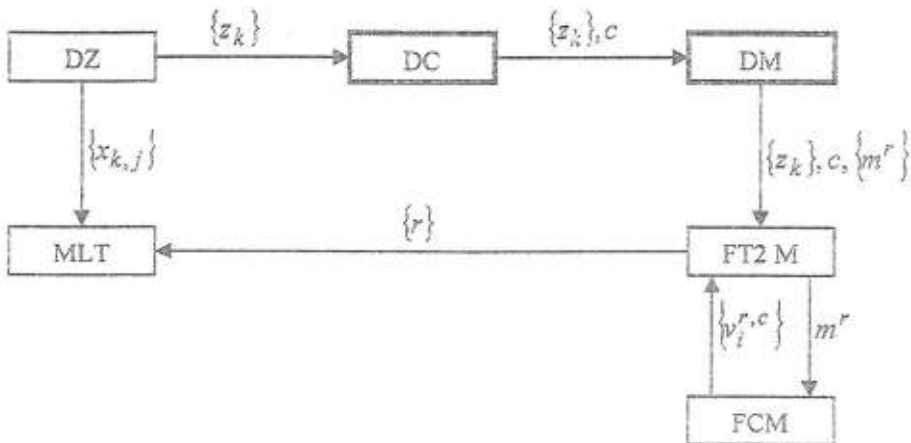


Рис. 3. Вторая модификация схемы реализации Fuzzy Type-2 Approach

В результате описанных преобразований максимальное значение уровня нечёткости определим по формуле (1).

$$m_{\max}^r = \frac{2}{\log_b c} + 1, \tag{1}$$

где m_{\max}^r – максимальное значение уровня нечёткости;

r – номер модели первого уровня;

c – количество кластеров;

$b = \sum_{j=1}^c \left(\frac{d_A(z_k, v_k)}{d_A(z_k, v_j)} \right)$ – сумма относительных расстояний между набором данных и центрами кла-

стеров;

d_A – расстояние между набором данных и центром кластера;

z_k – набор данных;

v_k – центр кластера, к которому относится набор данных z_k ;

k – номер набора данных;

v_j – центр одного из кластеров, полученных с помощью алгоритма FCM;

j – номер кластера.

Минимальное значение уровня нечёткости определим по формуле (2):

$$m_{\min}^r = 1 + \Delta m,^r \tag{2}$$

где m_{\min}^r – минимальное значение уровня нечёткости;

$\Delta m,^r$ – шаг изменения уровня нечёткости.

В работах, посвящённых исследованию алгоритма FCM, наиболее часто используется шаг изменения уровня нечёткости $\Delta m,^r = 0,1; 0,2 [1, 2]$.

Предложенный метод определения уровня нечёткости, как и алгоритм FCM, рассматривается для многомерных временных рядов. Целостное рассмотрение многомерных временных рядов сводит учёт особенностей отдельного когнитивного фактора к ограниченному перебору значений параметров алгоритма FCM. Если имеются дополнительные знания о нечётком характере данных, то внесимую неопределённость можно учесть, исследуя описания отдельных когнитивных факторов с помощью нечётких множеств.

В данной работе предложен метод определения уровня нечёткости, использующий понятие степени нечёткости нечёткого множества. Нечёткие множества выражают неопределённость, обусловленную нечётким характером данных отдельных временных рядов. Каждое сформированное нечёткое множество обладает собственной степенью нечёткости. Степени нечёткости вносят вклад в оценку уровня нечёткости. Следовательно, для определения уровня нечёткости необходимо оценить степени нечёткости сформированных нечётких множеств.

К настоящему времени выделяют два основных подхода к оценке степени нечёткости нечёткого множества: метрический и аксиоматический [5]. В данной работе предложено объединить эти подходы. В качестве базисного множества выбрано чёткое множество, ближайшее к нечёткому множеству. Степень нечёткости определяется с помощью формулы (3) с учётом ограничений, описанных формулами (4), (5).

$$\xi(\tilde{A}) = f[d(\tilde{A}, A)], \tag{3}$$

где \tilde{A} – нечёткое множество, описывающее данные временного ряда;

$\xi(\tilde{A})$ – степень нечёткости множества \tilde{A} ;

f – монотонная функция, измеряющая степень нечёткости;

A – базисное множество для нечёткого множества \tilde{A} ;

$d(\tilde{A}, A)$ – мера расстояния между множествами.

$$\xi(A) = 0, \tag{4}$$

$$\underline{\xi} \leq \xi(\tilde{A}) \leq \bar{\xi}, \tag{5}$$

где $\xi(A)$ – степень нечёткости базисного множества;
 $\xi(\tilde{A})$ – степень нечёткости нечёткого множества, описывающего данные временного ряда;
 $\underline{\xi}$ – минимальное значение степени нечёткости;
 $\overline{\xi}$ – максимальное значение степени нечёткости.

Определение степеней нечёткости нечётких множеств, описывающих данные отдельных временных рядов, позволяет оценить уровень нечёткости данных в целом. Таким образом, оценка уровня нечёткости, прежде всего, зависит от вида функции, измеряющей степень нечёткости (формула (3)), и граничных значений степени нечёткости (формула (5)).

Компьютерные эксперименты на базе усовершенствованной схемы нечёткого подхода к выявлению знаний из данных временных рядов. Для выполнения компьютерных экспериментов (КЭ) с временными рядами различной природы был разработан программный продукт, реализующий Fuzzy Type-2 Approach. С помощью программного продукта выполнены КЭ двух видов. Входными и выходными данными для КЭ первого вида являются стандартные данные (benchmarks), для КЭ второго вида – специальные данные, описывающие когнитивные показатели системы «клавиатурный тренажёр – оператор компьютерного набора».

Первым параметром алгоритма FCM, исследуемым в данной работе, является количество кластеров. Вторым параметром алгоритма FCM, исследуемым в данной работе, является диапазон изменения уровня нечёткости. Исследуемые параметры были определены:

- по аналогии с работой [1] (Uncu & Turksen Evaluation – с обозначением UTE);
- с использованием экспертных оценок (Expert Evaluation – с обозначением EE);
- с использованием методов, предложенных в данной работе (Automated Evaluation – с обозначением AE).

Рассмотрим КЭ первого вида. В качестве примера стандартных входных данных рассмотрим синусоидальные функции, 1-D SINC, 2-D SINC [1, 6].

Для количества кластеров, вычисленного по методу с обозначением UTE, получено значение, равное 20. Метод с обозначением AE дал аналогичный результат. Для задания границ диапазона сначала были использованы различные экспертные оценки, затем – автоматический метод с обозначением AE. Указанные методы дали различные результаты. Для остальных параметров алгоритма FCM: вид правил, Т-норма и Т-конорма, мера расстояния – выполнен полный перебор возможных значений. Тренировочная выборка составила 120 наборов данных вида (X, Y), (X₁, X₂, Y). Контрольная выборка составила других 120 наборов данных. Входные временные ряды для X, X₁, X₂ были сгенерированы случайным образом, выходные временные ряды для Y были получены с помощью соответствующих функций. Рассмотрим результаты КЭ первого вида. Оценим точность и временную сложность Fuzzy Type-2 Approach. Результаты представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Оценки точности и временной сложности Fuzzy Type-2 Approach. 1-D SINC

1-D SINC	Точность (rmse)	Временная сложность (t, с)
EE		
$m \in [1,2; 2,4]; 0,2$	0,154	
$m \in [2,4; 3,2]; 0,2$	0,137	
$m \in [2,0; 3,0]; 0,2$	0,058	206
UTE		
$m \in [2,0; 3,0]; 0,2$	0,031	1789
AE		
$m \in [1,2; 2,6]; 0,2$	0,049	503

Таблица 2

Оценки точности и временной сложности Fuzzy Type-2 Approach. 2-D SINC

2-D SINC	Точность (rmse)	Временная сложность (t, с)
EE		
$m \in [1,2; 2,4]; 0,2$	0,199	
$m \in [2,4; 3,2]; 0,2$	0,180	
$m \in [2,0; 3,0]; 0,2$	0,147	143
UTE		
$m \in [2,0; 3,0]; 0,2$	0,124	1280
AE		
$m \in [1,2; 2,6]; 0,2$	0,108	337

В первых столбцах таблиц 1, 2 указаны: виды временных рядов, метод определения параметров алгоритма FCM, множества значений уровня нечёткости. Автоматически определённое количество кластеров одинаково для всех методов и равно 20. Во вторых столбцах указаны значения среднеквадратичных ошибок прогнозирования (rmse), которые используются для оценки точности. В третьих столбцах указаны значения времени (t), которые оценивают временную сложность в секундах.

В таблице 1 данные разделены в соответствии с методами, используемыми для определения параметров алгоритма FCM. Для метода с обозначением EE приведен набор диапазонов значений уровня нечёткости, которому соответствует набор убывающих значений среднеквадратичных ошибок прогнозирования. Для наиболее точного диапазона значений уровня нечёткости приведенного набора ($m \in [2,0; 3,0]; 0,2$) со значением $rmse = 0,058$ определена временная сложность $t = 206$ секунд. Для метода с обозначением UTE приведен тот же диапазон значений уровня нечёткости и получены значения $rmse = 0,031$ и $t = 1789$ секунд. Для метода с обозначением AE получен диапазон значений уровня нечёткости $m \in [1,2; 2,6]; 0,2$ и приведены значения $rmse = 0,049$ и $t = 503$ секунды.

Таблица 2 имеет структуру, аналогичную структуре таблицы 1, и отражает аналогичный набор значений уровня нечёткости. Наиболее точному диапазону значений уровня нечёткости ($m \in [2,0; 3,0]; 0,2$) для метода с обозначением EE соответствуют значения $rmse = 0,147$ и $t = 143$ секунды, для метода с обозначением UTE - $rmse = 0,124$ и $t = 1280$ секунд. Для метода с обозначением AE получен диапазон значений уровня нечёткости $m \in [1,2; 2,6]; 0,2$ и соответствующие значения $rmse = 0,108$ и $t = 337$ секунд.

Результаты КЭ первого вида подтверждают понижение временной сложности Fuzzy Type-2 Approach путём автоматического определения количества кластеров с помощью алгоритма кратчайшего незамкнутого пути. Метод определения количества кластеров (DC), предложенный в данной работе, имеет преимущество по времени перед автоматическим методом определения количества кластеров, предложенным в работе [1]. Также результаты КЭ первого вида подтверждают повышение точности Fuzzy Type-2 Approach путём автоматического определения уровня нечёткости с помощью метода (DM), предложенного в данной работе. Автоматический метод определения уровня нечёткости позволяет получить точность, сопоставимую с точностью, которую обеспечивают экспертные оценки, и в сочетании с методом определения количества кластеров, предложенного в данной работе, позволяет достичь повышения точности Fuzzy Type-2.

Рассмотрим КЭ второго вида. В данной работе в качестве специальных данных используются когнитивные показатели, описывающие процесс подготовки оператора компьютерного набора с помощью клавиатурного тренажёра. В процессе обучения оператора автоматически фиксируются значения показателей – темпа, ритмичности, количества ошибок и мастерства, а также наличие или отсутствие дополнительного показателя (например, визуальная клавиатура на экране). Значения показателей, равномерно зафиксированные в течение времени обучения оператора, формируют временные ряды.

Когнитивные показатели используются для оценивания факторов, влияющих на подготовленность оператора. В результате экспертного анализа сформирована структура влияющих факторов [7]. КЭ второго вида позволяет выполнить автоматический структурный анализ влияющих факторов по данным временных рядов. Применение Fuzzy Type-2 Approach позволяет обосновать и уточнить структуру влияющих факторов, сформированную с помощью знаний экспертов.

Результаты КЭ первого вида выявляют возможность повышения точности Fuzzy Type-2 Approach путём применения метода определения уровня нечёткости (DM), предложенного в данной работе, к специальным данным. Рассмотрим результаты КЭ второго вида. Оценим точность Fuzzy Type-2 Approach. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Оценки точности Fuzzy Type-2 Approach. Когнитивные показатели

	Точность		Контрольная выборка
	rmse	varc, %	
EE			Random
$m \in [2,0; 3,2]; 0,2$	19,4	8	
$m \in [2,6; 3,2]; 0,1$	19,14	7	
$m \in [2,0; 3,6]; 0,2$	20,06	8	
$m \in [2,8; 3,6]; 0,1$	20,3	8	
AE			Outliers 1 Outliers 2 Outliers 3 Outliers
$m \in [1,2; 2,9]; 0,2$	15,8	6	
	10,67	4	
	57,18	22	
	48,45	19	
	44,21	17	

Для определения количества кластеров был использован метод с обозначением AE. Автоматически определённое количество кластеров равно 6. Для определения множества значений уровня нечётко-

сти были использованы методы с обозначениями EE, AE. Для остальных параметров алгоритма FCM: вид правил, Т-норма и Т-конорма, мера расстояния – выполнен полный перебор возможных значений.

Сформирована тренировочная выборка из 120 наборов статистических данных. Сформирована случайная контрольная выборка из 12 наборов – Random. Сформированы 4 контрольные выборки, соответствующие выбросам данных: выборка, соответствующая выбросам по количеству ошибок, из 5 наборов – Outliers 1; выборка, соответствующая выбросам по ритмичности, из 8 наборов – Outliers 2; выборка, соответствующая выбросам по темпу, из 11 наборов – Outliers 3; объединённая выборка, соответствующая выбросам, из 14 наборов – Outliers. При этом выбросы представляют собой исключительные значения данных, резко отличающиеся от средних значений по соответствующим когнитивным показателям.

В первом столбце таблицы 3 указаны: метод определения параметров алгоритма FCM, множества значений уровня нечёткости. Во втором столбце указаны значения среднеквадратичных ошибок прогнозирования (rmse) и коэффициентов вариации (varc), которые используются для оценки точности. В третьем столбце указаны виды контрольных выборок.

Для метода с обозначением EE приведен набор диапазонов значений уровня нечёткости, который отражает. Наиболее точный диапазон значений уровня нечёткости приведенного набора – $m \in [2,6; 3,2]; 0,1$ со значением $varc = 7\%$. Для метода с обозначением AE получен диапазон значений уровня нечёткости $m \in [1,2; 2,9]; 0,2$ и значение $varc = 6\%$.

Результаты КЭ второго вида подтверждают повышение точности Fuzzy Type-2 Approach путём автоматического определения уровня нечёткости с помощью метода (DM), предложенного в данной работе. Диапазон значений, полученный с помощью этого метода, имеет малое пересечение с наиболее точным диапазоном значений уровня нечёткости, полученного на основании экспертных оценок. Это показывает недостаток использования экспертных знаний для оценки неопределённости, обусловленной спецификой данных, несмотря на достаточную точность отдельных экспертных оценок.

Выводы. Таким образом, в данной работе построена схема реализации нечёткого подхода к анализу временных рядов, использующего алгоритм кластеризации нечётких средних и нечёткие множества второго типа. Обоснован метод определения количества кластеров для алгоритма кластеризации нечётких средних. Разработана система методов определения уровня нечёткости для алгоритма кластеризации нечётких средних. Схема реализации нечёткого подхода модифицирована путём включения предложенных методов.

Для подтверждения эффективности предложенных методов выполнены компьютерные эксперименты. В результате компьютерных экспериментов проанализирована точность и временная сложность работы предложенных методов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ozge Uncu. Discrete Interval Type 2 Fuzzy System Models Using Uncertainty in Learning Parameters /Ozge Uncu, I.B. Turksen //IEEE Transactions On Fuzzy Systems. – 2007. – Vol. 15, No 1. – P. 90-106.
2. Kemal Kilic. A Type 2 Fuzzy System Modeling Algorithm /Kemal Kilic, Ozge Uncu, I.B. Turksen //EUSFLAT Conf. – 2003. – P. 539-543.
3. Гиршов Е. Алгоритмы кластеризации /Е. Гиршов //& Laboratory of Mathematical Logic at PDMI. – Режим доступа: <http://logic.pdmi.ras.ru/ics/papers/aca.pdf>. – Дата доступа: 30 мая 2010.
4. Пегат А. Нечёткое моделирование и управление: пер. с англ. / А. Пегат – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.: ил.
5. Рыжов А.П. Элементы теории нечётких множеств и её приложений / А.П. Рыжов – М.: Диалог-МГУ, 2003. – 81 с.
6. Machine Learning Depository. – Режим доступа: <http://archive.ics.uci.edu/ml/>. – Дата доступа: 1 июня 2010.
7. Петренко Т.Г. Структурный анализ факторов в системе «автоматизированный тренажёр-оператор» / Петренко Т.Г., Резниченко Ю.С. // Вестник ДонНУ. – 2009. – №1, серия А. – С. 466-471.

ПЕТРЕНКО Татьяна Григорьевна – к.т.н., доцент кафедры компьютерных технологий Донецкого национального университета.

Научные интересы:

– нечёткие множества, управление в нечётких системах, нечёткая кластеризация.

РЕЗНИЧЕНКО Юлия Сергеевна – аспирант кафедры компьютерных технологий Донецкого национального университета.

Научные интересы:

– нечёткие множества, модели подготовки операторов сложных систем, нечёткая кластеризация.

СТРЕЛЬЧЕНКО Мария Павловна – студентка 4 курса специальности ИСПР Донецкого национального университета.

Научные интересы:

– нечёткая кластеризация.

УДК 681.3

Ф.Б. Рогальский

СТРАТИФИКАЦИЯ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РЕГИОНЕ

Розглянуто питання взаємодії окремих класів соціотехнічних систем у регіоні та їх стратифікація для використання різних методів моделювання і моделей підтримки прийняття рішень.

Введение. Регион как объект организационного управления представляет собой сложную систему большой размерности. Анализ таких систем возможен на основе выделения подсистем, совместное функционирование которых определяет динамику развития объекта [1, 2]. В регионе принято выделять следующие крупные подсистемы: регионообразующую базу, обслуживающий комплекс, население, природные ресурсы и экологию. Регионообразующая база представляет собой производственный комплекс, включающий в себя промышленность, сельское хозяйство, строительство, науку и т.д., т.е. объекты, выходной продукт которых производится как для нужд региона, так и для внешней среды. Обслуживающий комплекс включает в себя здравоохранение, образование, сферу торговли, общественного транспорта, жилищно-коммунального хозяйства и др. Природные ресурсы – это территория, полезные ископаемые, вода, воздух. Население региона является трудовыми ресурсами и в то же время потребителем производимых благ и услуг. Функционирование региона как целостной системы, а также его отдельных подсистем, рассмотрено в работах [3-5].

Приоритеты развития региона (на примере Херсонской области) и пути их достижения сформулированы в Стратегии экономического и социального развития Херсонской области до 2015 года (далее – Стратегия) [5]. Концептуальную основу разработки Стратегии составили идеи комплексного, устойчивого развития региона, нормализация процессов воспроизводства населения региона, его рабочей силы, природно-ресурсного потенциала, а также производственного, научно-технического, финансового и социального капиталов.

Органы управления регионом несут ответственность за его комплексное развитие, они должны разумно сочетать территориальные и отраслевые интересы. Возрастает информационная нагрузка управления, что нередко приводит к выпадению из поля зрения важных тенденций. В этой связи вопрос формирования информационной и аналитической базы для принятия управленческих решений актуален как на уровне отдельной организации, так и на региональном уровне.

В условиях конкурентной экономики следует использовать системы управления и механизмы принятия решений, соответствующие реальным производственным условиям и позволяющие найти наилучшее соотношение между используемой технологией, вовлеченными людьми и нуждами организации. Объективные условия организации процесса производства и управления на рубеже XX–XXI вв. требуют усовершенствования и развития социально-трудовых отношений между собственниками и работниками, обеспечения сбалансированности развития трудового потенциала и инновационной модели развития экономики, создания более простых и гибких систем управления трудовыми процессами [6].

Этому вопросу уделяли внимание и философы, и представители технических наук (К. Маркс, О. Шпенглер, М. Хайдеггер, Н. Винер, Д. Белл, О.Тоффлер, Н.А. Бердяев, В.М. Глушков, В.И. Скурихин, А.А. Воронин, Б.Ф. Ломов, В.В. Павлов и др.). На протяжении последних ста лет использовались различные модели управления трудовыми процессами: модель научной организации труда и рационального управления крупным производством Ф.Тейлора, модель человеческих отношений Э.Мэйо, модели расширения масштаба работ, ротации работы, обогащения труда, модели социотехнической системы [7, 8].

Цель работы. Современное участие человека в трудовом процессе разворачивается не в традиционной системе «человек-машина», а в сложных системных комплексах, где воедино увязаны технологический процесс с человеко-машинными отношениями, природная экосистема и социокультурная среда, в рамках которой осуществляется новая технология. Современной формой взаимодействия человека и техники является социотехническая система (СТС) [2, 9, 10], впитавшая все преимущества и достоинства других моделей, интегрировав технологическую и социальную стороны организации. Целью работы является рассмотрение вопросов взаимодействия отдельных классов СТС в регионе и их стратификация для использования различных методов моделирования и моделей поддержки принятия решений.

Изложение основного материала. На территории одного региона расположены различные СТС, которые можно объединить в СТС различных уровней. Такое деление не является универсальным, оно лишь показывает многообразие рассматриваемых далее систем [3, 11].

Так СТС уровня предприятия производит товары и услуги. Связана с другими объектами и внешней средой мощными материальными, финансовыми и информационными потоками. Технологический

процесс на предприятии представляет собой СТС более низкого уровня, которая рассматривает процесс производства товара или предоставление услуги, оснащение физического труда, организацию рабочего места и т.д. Здесь структуру СТС образуют рабочие места, в которых работник выступает как элемент технологического прогресса. Крупной, характеризующейся сложными связями социотехнической системой является регион в целом. Основные компоненты социотехнических систем различных уровней приведены на рис. 1.

В СТС уровня предприятия определяются используемые для достижения намеченной цели средства и приемы. Такие средства и приемы определяются при планировании. С точки зрения управления предприятием могут составляться планы финансирования инноваций, развития и реорганизации предприятий и т. д., в зависимости от определенных приоритетов. На уровне технологического процесса конкретного предприятия определяются используемые технологические задания и ресурсы на основании планов, с использованием средств и приемов, определенных на уровне управления предприятием.

Социотехнические системы различных уровней			
Технологический процесс	Технология изготовления товаров и предоставления услуг	Типы и сложность технологических операций и технологического процесса в целом. Оснащение рабочего места. Проектирование труда.	Диагностика (мониторинг) состояния, моделирование, прогнозирование, оптимизация процессов функционирования и развития социотехнической системы
	Персонал	Подбор, обучение и тестирование персонала. Оплата труда.	
	Влияющие факторы	Качество сырья. Надежность оборудования. Квалификация персонала.	
Предприятие	Технико-технологическая система производства	Производственные мощности. Номенклатура и ассортимент продукции. Сложность производственного процесса. Ресурсы. Финансовое обеспечение.	
	Социальная подсистема (персонал)	Организационная структура предприятия. Индивидуальное и командное поведение. Мотивация труда. Степень открытости общения.	
	Внешняя среда	Ритмичность поставок сырья и сбыта готовой продукции. Ценовая политика. Влияние рынка.	
Регион	Показатели развития региона	Валовой региональный продукт, индекс развития человека, объемы промышленного производства и другие экономические, социальные, экологические показатели.	
	Социальная подсистема	Высокая квалификация, способность к оперативному принятию решений, лидерские качества руководителей. Обеспечение безопасности и высокого уровня жизни населения.	
	Внешняя среда	Воздействие природных, экономических, политических и др. факторов.	

Рис. 1. Основные компоненты социотехнических систем различных уровней

Различные подсистемы СТС характеризуются различными целями функционирования [12]. Для технической подсистемы характерны производственные (выпуск заданного вида и количества продукции), технологические (обеспечение качества продукции), экономические (реализация изготовленной продукции), экологические (обеспечение уровня экологических индикаторов) цели. Для социальной подсистемы – социальные (обеспечение качества жизни) и экологические цели. Соответственно и критерии для различных целевых направлений будут различны: достижение максимальной прибыли, обеспечение требуемого качества продукции, обеспечение надлежащего значения индекса человеческого развития и т.д.

Для СТС каждого уровня информационные потоки системы отображают ее функциональную и структурную организацию. Движение информации в таких СТС носит довольно сложный характер и частично отражает его иерархическую структуру. На нижнем базовом уровне происходит обмен информацией ресурсно-технологического характера (базовый технологический уровень). Над ним надстраивается

система управления (первый и второй уровень), в которой осуществляется движение и преобразование информации, необходимой для управления базовым технологическим уровнем.

Концепция социотехнических систем позволяет рассматривать с единых методологических позиций различные объекты, расположенные на территории региона, вопросы автоматизации управления такими объектами, создания информационных систем и т.д. Независимо от природы управляемых объектов (социальных, механических, экономических, биологических) управление ими возможно благодаря принципу обратной связи. Успешное функционирование СТС зависит от способности предусмотреть стратегию развития системы, ее реакцию на изменяющиеся потребности общества, гибкость, способность приспособиться к воздействию возмущающих факторов.

При рассмотрении региона и его компонентов, как объектов моделирования, необходимо учитывать, что: объект исследования является сложной слабоструктурированной системой; отсутствует нормативная декомпозиционная модель региона; имеющаяся информация об объекте не систематизирована и характеризуется высоким уровнем неопределенности (факторами являются внутренняя социально-экономическая обстановка, экологическая, политическая, демографическая ситуация, изменчивость внешней среды, ограниченность ресурсов и пр.); проблемы региона сформулированы нечетко.

Важнейшей характеристикой региона является его экономика, которая должна быть развивающейся, т.е. изменяться целенаправленно по некоторой заданной территории развития. Рассмотрим схему управления СТС регионального уровня, предположив, что система целей СТС постоянна, а изменяются приоритеты развития (веса целей) в зависимости от состояния СТС. Иными словами: для поддержания траектории развития, для регулирования развития, выбираются те или иные параметры СТС, воздействие на которые приводит к его желаемому промежуточному состоянию. В этом случае процесс целеполагания сводится к выбору приоритетов развития.

Целеполагание требует учета основных факторов рассматриваемого процесса, среди которых системообразующим является различие приоритетов развития в различных группах интересов. Для баланса интересов СТС различных уровней и выявления общих приоритетов развития необходимо широкое общественное обсуждение проблем развития региона и разработка стратегии коллективом разработчиков. Итогом такой работы является Стратегия развития экономики региона [5], устанавливающая цели его развития и позволяющая управлять регионом.

На основе стратегии необходимо выработать бюджет региона, модель будущей структуры системы, определить способы ее построения, установить правила оперативного исполнения, выработать идеологию привлечения ресурсов. Затем соотнести с реальными возможностями системы, откорректировать и выразить в способах достижения целей. Установленные критерии позволяют произвести отбор конкретных путей реализации стратегии развития региона.

Здесь следует отметить, что главной структурной чертой постпереходной экономики является ее фрагментарность, развитие ее составляющих с различной интенсивностью. Это наблюдается при рассмотрении региона, отрасли, предприятий – зачастую здесь экономика находится на совершенно различном уровне и имеет различную скорость развития. Фрагментарность экономики дополняет и питает фрагментарность социума. Таким образом, современная региональная экономика является стратифицированной по всем направлениям [13, 14].

Моделирование СТС уровня региона требует разработки взаимосвязанных имитационных и оптимизационных моделей, привлечения экспертов, взаимодействующих с системой в диалоговом режиме и обеспечивающих разработку и принятие эффективных управленческих решений. Многообразие существующих моделей, тем не менее, не позволяет абсолютно точно отобразить реальную систему, поэтому приходится довольствоваться описанием реальных процессов в СТС в соответствии с заранее принятыми допущениями. Задачи, имеющие место в сложной иерархической структуре СТС уровня региона с множеством частных показателей, могут быть решены путем применения стратифицированного подхода к рассмотрению СТС данного класса и их моделирования (рис. 2).

Подход позволяет выделять различные уровни (виды, срезы, варианты) развития региона и разрабатывать соответствующие частные модели, отражающие различные аспекты функционирования СТС. На различных стратах модели СТС можно использовать различные методы моделирования и модели поддержки принятия решений.

Основным методом моделирования при стратифицированном рассмотрении СТС является компьютерное имитационное моделирование, позволяющее наблюдать и прогнозировать поведение системы при различных условиях, реализовать итерационный характер разработки модели и детализацию моделируемых подсистем СТС, проводить испытания системы в короткий промежуток времени и с гораздо меньшими затратами, чем при натурном эксперименте и т.д.

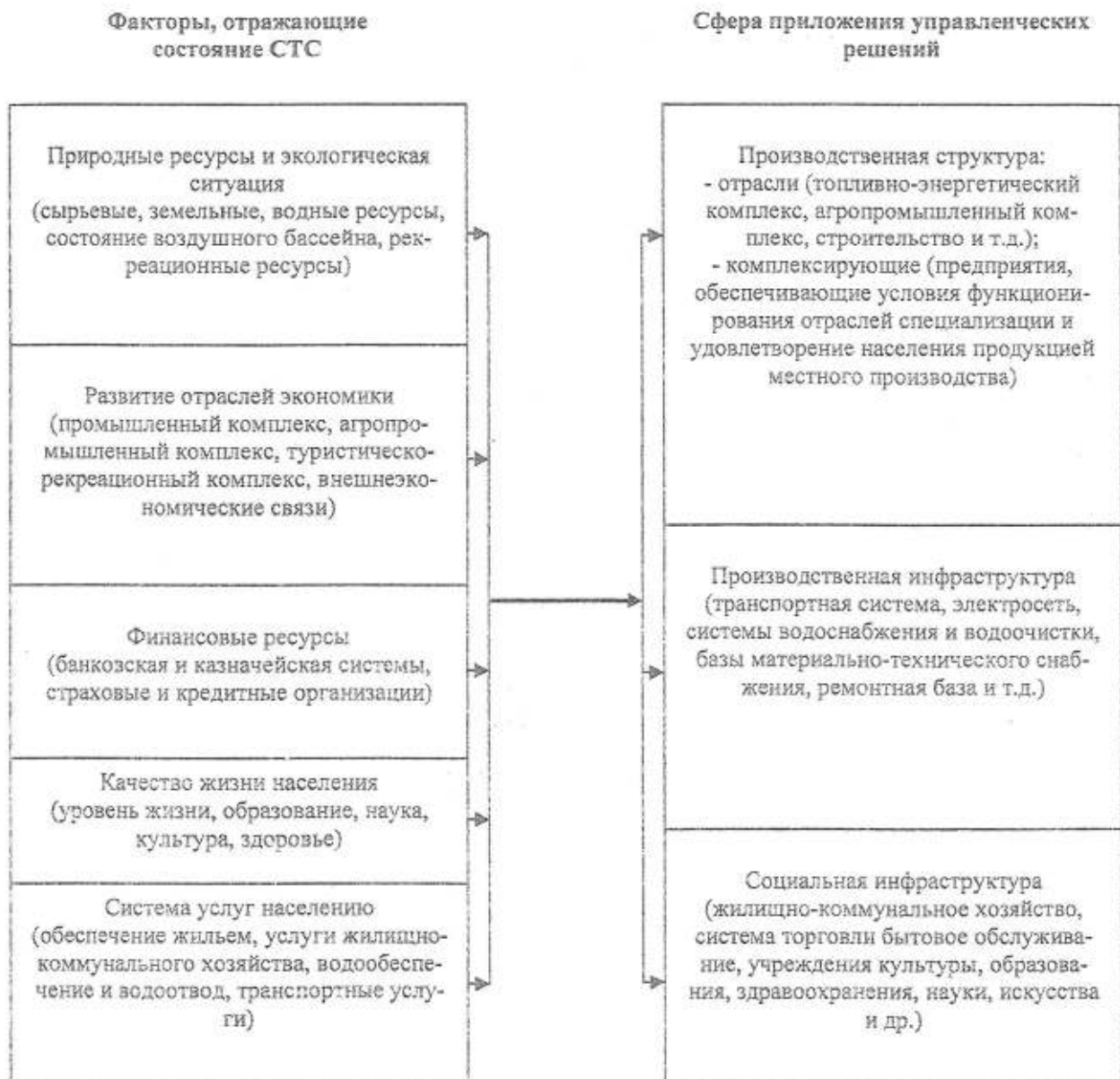


Рис. 2. Вариант стратификации СТС регионального уровня

Стратифицированная структура СТС предполагает наличие соответствующих моделей и подсистем СППР для разработки и принятия решений (рис. 3). В СППР СТС регионального уровня предусмотрен ряд функциональных подсистем, в частности, стратегического планирования, подготовки тактических решений (разработка и выбор проектов), оперативного управления (управление проектами), мониторинга региона, прогнозирования основных показателей развития региона, моделирования сценариев социальной защиты и др. Обратные связи должны позволить провести анализ состояния трудовых ресурсов и необходимости создания рабочих мест, обеспечить отчисления в бюджет и приоритетное финансирование социальных программ, необходимости улучшения инфраструктуры и т.д.



Рис. 3. Общая схема СППР СТС-регион

Формирование потенциала региона и, прежде всего, его финансовых ресурсов, зависит от успешного функционирования СТС, расположенных на его территории. При этом следует учитывать наличие частного бизнеса, а также принимать во внимание наличие тензвого сектора экономики.

Выводы. Под понятие СТС попадает широкий спектр конкретных объектов. На одном конце этого спектра находятся системы, включающие в свой состав одного человека и приданные ему технические средства, а на другом – так называемые «большие системы». При этом на каждом из уровней СТС действуют свои специфические закономерности. Так, те из них, которым подчиняется индивидуальная деятельность, отличаются от закономерностей групповой деятельности, хотя группы, ассоциации, сообщества существуют на материале жизнедеятельности множества индивидов. Это, в свою очередь, определяет разнонаправленность, а зачастую и противоположность тенденций и механизмов, присущих каждому из таких уровней.

Рассматривая СТС различных уровней, следует отметить, что их взаимодействия могут быть весьма многообразными. Часть таких взаимодействий (сотрудничество, содействие, взаимопонимание) могут приводить к образованию метасистемы. Но при наличии конкуренции и противоборства, приводящих к дезинтегрирующим взаимодействиям и приводящим к непредсказуемости, случайности, неустойчивости отношений и связей между отдельными системами, говорить об образовании метасистемы сложно. Именно такие дезинтегрирующие межсистемные взаимодействия отмечаются при анализе сложных человеко-машинных комплексов. На современном этапе развития экономики в большинстве случаев между отдельными СТС преобладают горизонтальные связи, вертикальные связи реализуются лишь в виде координации взаимодействий, что особенно проявляется на региональном уровне. Полная формализация таких ситуаций для автоматического управления невозможна из-за неоднозначности использования количественных критериев оценки эффективности функционирования систем. В таком случае рассмотрение такого комплекса, как одной большой системы, становится достаточно затруднительным.

Таким образом, если на уровне технологического процесса и, в определенной степени, предприятия отношения между системами носят достаточно закономерный и однонаправленный характер, то на более высоком уровне СТС строгость таких отношений уменьшается, отношения между системами могут быть разнонаправленными и складываться стихийно. В связи с вышесказанным, целесообразно рассмотрение СТС в границах отдельных уровней. Именно такой подход, по нашему мнению, наиболее целесообразен при исследовании СТС региона. В условиях различия целей СТС различных уровней в ре-

гионе необходимо реализовать взаимное дополнение централизованного и децентрализованного управления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вебер М. История хозяйства. Город. – М.: КАНОН-пресс-Ц, Кучково поле, 2001. – 576 с.
2. Беляев А.А., Коротков Э.М. Системология организации. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 182 с.
3. Гладкий Ю.Н., Чистобаев А.И. Основы региональной политики. – СПб.: Изд-во Михайлова В.А., 1998. – 659 с.
4. Петров Э.Г. Организационное управление городом и его подсистемами (методы и алгоритмы). – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 144 с.
5. Стратегія економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2015 року. Управління процесами розвитку регіону. Основні напрямки / За ред. Б.В. Сіленкова. – Херсон: Вид-во ХНТУ, 2007. – 354 с.
6. Виханский О.С. Менеджмент / О.С. Виханский, А.И. Наумов. – 3-е изд., – М.: Гардарики, 2003. – 527 с.
7. Лютеис Ф. Организационное поведение: Пер. с англ. 7-го изд. – М.: ИНФРА-М, 1999. – XXVIII, 692 с.
8. Матрусова Т.Н. Организация как социотехническая система и управление персоналом в японской фирме // Труд за рубежом. – 1999. – № 4. – С. 77- 92.
9. Грейсон Д. (мл.) Американский менеджмент на пороге XXI века: Пер. с англ.) / Грейсон Джексон (мл.), К. О'Делл. – М.: Экономика, 1991. – 319 с.
10. Рогальский Ф.Б. Информационная поддержка принятия решений при управлении социотехническими системами // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2008. – № 1(21). – С. 174 -183.
11. Швець В.Я. Виробничо-господарський комплекс міста: проблеми управління та розвитку. – К.: Наук. думка, 2003. – 384 с.
12. Хан Д. Планирование и контроль: концепция контроллинга / Пер. с нем. – М.: Финансы и статистика, 1997. – 800 с.
13. Мезоэкономика переходного периода: рынки, отрасли предприятия / Под ред. Г.Б. Клейнера. – М.: Наука, 2001. – 516 с.
14. Гаврилов А.И. Региональная экономика и управление. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 239 с.

РОГАЛЬСКИЙ Франц Борисович – к.т.н., профессор, заведующий кафедрой информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

- информационные и управляющие системы;
- моделирование в технических и экономических системах.

УДК 621.747.52: 681.52

В.М. Рябенский, А.Н. Голобородько,
Аль-суод Махмуд Мохаммад

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ЭЛЕКТРОДА ЭГУ ДЛЯ ЗАПРЕССОВКИ ТРУБНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В роботі отримано рівняння, що описують криволінійний рух електрода. Показано, що виконання умови термінального керування може забезпечуватись програмним регулюванням швидкості руху асинхронного двигуна за встановленою залежністю. Визначена структура пристрою керування рухом електрода.

Введение. Проектирование систем управления для электрогидроимпульсных установок запрессовки трубных соединений представляет собой сложную научно-техническую задачу. Из литературных источников известно [1-3], что действующим механизмом в ЭГУ является импульс давления, генерируемый расширяющимся каналом разряда инициируемый проводником.

Изготовление изделия (теплообменного аппарата) при электрогидроимпульсной запрессовке связано с получением до 10^4 соединений труб с трубной решеткой. Это требует изменения в процессе обработки теплообменных аппаратов положения электрода, подключающего заряженный накопитель к взрываваемым патронам, которые помещены в концы запрессовываемых труб. Положение последних определяется рисунком трубной решетки, который зависит от типа теплообменного аппарата. Чтобы обойти все трубы электрод должен перемещаться по сложной траектории, конфигурация которой зависит от расположения труб.

При этом наиболее сложной задачей является формирование программы управления движением.

Постановка задачи. В настоящее время отсутствует эффективный алгоритм перемещения электрода вдоль трубной решетки, который бы обеспечил оптимизацию времени обработки изделия при сохранении качества запрессовки. Поэтому задачей, решаемой в данной статье, является создание математической модели устройства управления движением электрода (УУДЭ), формирование ее структурной схемы и построение эффективного алгоритма перемещения электрода по заданной траектории вдоль обрабатываемого изделия.

Решение задачи. Построение математической модели базируется на заранее определенных координатах точек обработки. Последовательность этих координат представляет собой закрепленные точки траектории, по которой должен перемещаться электрод в процессе обработки всего изделия. Объектом управления в нашем случае является электрод. Будем считать, что электрод является абсолютно твердым телом, масса и тензор инерции которого неизменны в процессе движения, а силы приложены к центру масс. Координатами входного вектора $X_g(t)$, которыми можно управлять, и выходного $Y_g(t)$, доступными для измерения, являются соответственно компоненты вектора скорости и геометрические координаты в выбранной системе пространственных координат. Выходы устройства управления движением электрода (УУДЭ), управляющие сигналы, являются входами объекта. Задача устройства управления заключается в выработке сигналов $G_g(t)$, обеспечивающих требуемую траекторию и скорость движения электрода, которая определяется рисунком трубной решетки.

Дифференциальное уравнение состояния системы в общем случае [4], имеет вид:

$$\frac{dX_g}{dt} = \Phi_g(X_g, G_g), \quad (1)$$

где G_g – вектор управляющих воздействий, вырабатываемый устройством управления.

Для получения уравнений модели (1), описывающих движение электрода, рассмотрим схему движения электрода, приведенную на рис. 1.

При описании движения электрода будем использовать две системы координат: прямоугольную базовую ОХУ и криволинейную однокоординатную ОА; оси координат ОХ и ОУ базовой системы расположены в плоскости трубной решетки.

Введем следующие обозначения для векторов скоростей в базовой и криволинейной системах координат. В базовой системе координат векторы скоростей обозначим соответственно V_x, V_y . В криволинейной системе координат вектор скорости V_o направлен по касательной к траектории движения электрода.

При известных скоростях в базовой системе координат скорость V_o в криволинейной системе координат определяется по выражению

При этом

$$V_a = V_y \sin \gamma_x + V_x \cos \gamma_y. \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{V_y}{V_x}$$

При известной скорости V_a для скоростей в базовой системе можно записать:

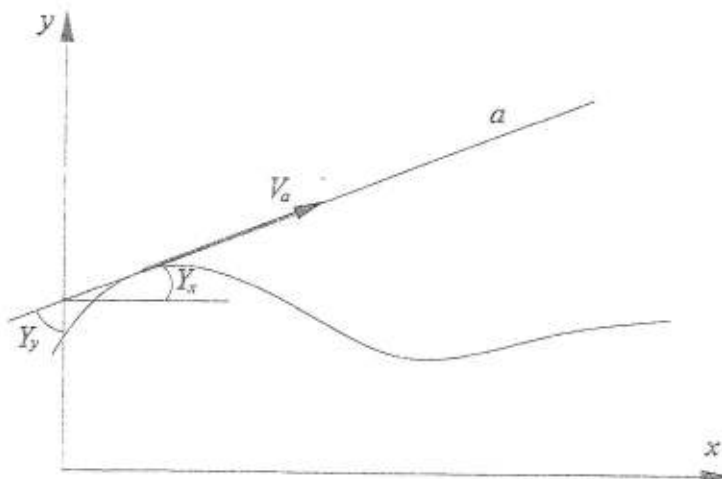


Рис. 1. Схема движения электрода

$$V_y = V_a \cos \gamma_y = V_a \sin \gamma_x, \quad V_x = V_a \sin \gamma_x = V_a \cos \gamma_y. \quad (3)$$

Для инерциального пространства, в качестве которого может рассматриваться базовая система координат, законы динамики [5] записываются в виде:

$$\frac{dK}{dt} = F_g, \quad \frac{dM_k}{dt} = M_F, \quad (4)$$

где K – главный вектор количества движения; M_k – вектор момента количества движения объекта относительно начала инерционной системы координат; F_g – главный вектор внешних сил, действующих на электрод; M_F – главный момент внешних сил относительно начала координат.

Поскольку при электрогидроимпульсной обработке развиваются сравнительно небольшие скорости и ускорения ($V \sim 10^{-2}$ м/с), сопротивление передач можно считать пропорциональным скорости [3]. При постоянстве приведенной массы электрода первое уравнение системы (3.4) примет вид [6]:

$$m \frac{dv}{dt} = G - F_{mp} \quad (5)$$

где $F_{mp} = -K$, v – вектор сил сопротивления; G – вектор управляющих воздействий; m – масса движущихся частей, приведенная к электроду.

В установившемся состоянии

$$G = F_{mp} = K_1 V_{зад}. \quad (6)$$

Для отклонения от установившегося режима запишем:

– для криволинейной системы координат:

$$G_a(t) = G_{a0}(t) + \Delta g_a;$$

– для базовой системы координат:

$$\begin{aligned} G_x(t) &= G_{x0}(t) + \Delta g_x; \\ G_y(t) &= G_{y0}(t) + \Delta g_y, \end{aligned} \quad (7)$$

где $\Delta g_x, \Delta g_y$ – компоненты вектора Δg_a .

С учетом отмеченных выше обстоятельств уравнение, описывающее движение электрода в криволинейной системе координат, имеет вид:

$$m \frac{d\Delta V_a}{dt} = \Delta g_a - K_a \Delta V_a, \quad (8)$$

а в базовой системе координат:

$$\begin{aligned} m \frac{d\Delta V_x}{dt} &= \Delta g_x - K_x \Delta V_x; \\ m \frac{d\Delta V_y}{dt} &= \Delta g_y - K_y \Delta V_y; \\ \Delta V_a &= \Delta V_y \sin \gamma_x + \Delta V_x \cos \gamma_x \end{aligned} \quad (9)$$

Из уравнений (8, 9) следует, что координатами вектора состояния X_a , характеризующего движение электрода, являются составляющие вектора скорости электрода $\Delta V_x, \Delta V_y$. Координатами вектора управления являются приведенные к центру масс электрода векторы сил $\Delta g_x, \Delta g_y$, развиваемые соответствующими координатными приводами.

Рассмотрим возможность синтеза однокоординатного алгоритма управления, обеспечивающего требуемую траекторию движения электрода. Для этого выясним, при каких условиях вектор скорости направлен по касательной к траектории движения электрода. Очевидно, что выполнение этого условия аналогично наложению ограничения на значение фазовых координат V_x и V_y в виде:

$$\frac{V_y}{V_x} = \operatorname{tg} \gamma_x \quad (10)$$

Если условие (10) выполняется, то при любых значениях модуля скорости $V_a = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ электрод будет двигаться по заданной траектории.

Таким образом, может быть создана однокоординатная система управления, которая будет управлять скоростью V_a , обеспечивая движение по требуемой траектории. При ее реализации необходимо предусмотреть звено, в котором при известном значении $\operatorname{tg} \gamma_x$ определялись бы компоненты g_x и g_y вектора управления.

Однако, угол γ_x является непостоянным и значение $\operatorname{tg} \gamma_x$ – для текущего положения электрода должно непрерывно определяться на основании информации о форме траектории. Это требует введения в УУДЭ звена, осуществляющего расчет $\operatorname{tg} \gamma_x$.

Создаваемое УУДЭ должна обеспечивать желаемый характер работы системы. При электроимпульсной обработке изделий правильное функционирование установки будет обеспечено в том случае, если к моменту выхода электрода в точку обработки накопитель зарядится до требуемого напряжения. Таким образом, создаваемое УУДЭ должно обеспечивать условие терминального управления [7]:

$$T_3 = T_{\text{за}} \quad (11)$$

где T_3 – время заряда накопителя; $T_{\text{за}}$ – время движения электрода от одного прессуемого соединения к другому.

$$T_{ос} = S_0 / V_a,$$

Время движения электрода от патрона к патрону определяется выражением:
 где S_0 – расстояние между двумя прессуемыми соединениями.

Тогда для обеспечения терминального закона управления управление скоростью V_a должно осуществляться по формуле:

$$V_a = \frac{S_0}{T_3} \tag{12}$$

Поскольку расстояние между двумя соседними прессуемыми соединениями постоянно меняется, УУДЭ должно содержать звено, осуществляющее расчет S .

Однако, необходимо обеспечить одновременное выполнение условий (11) и (12).

Воспользовавшись выражениями (3.10), (3.11), получим следующие соотношения:

$$V_a = V_x / \cos \gamma_x, \quad V_y = V_x \sin \gamma_x$$

При этом УУДЭ обеспечит движение электрода по требуемой траектории в соответствии с условиями терминального управления, если уравнения фазовых координат V_x и V_y будут иметь вид:

$$V_x = \frac{S_0}{T_3} \cos \gamma_x, \quad V_y = \frac{S_0}{T_3} \sin \gamma_x. \tag{13}$$

После вывода электрода в точку обработки и подрыва в ней патрона в УУДЭ должны быть введены координаты новой точки и начинается новый цикл обработки изделий с выполнением тех же условий терминального управления.

Определим, какой должна быть скорость движения электрода, чтобы выполнить условие (11). Очевидно, что для текущего момента времени можно записать:

$$\int_0^t V dt + V_{зад} (T_3 - t) = S_0, \tag{14}$$

где $\int_0^t V dt$, $V_{зад}(T_3 - t)$, S_0 соответственно пройденная, оставшаяся и общая длина траектории движения электрода между двумя точками обработки.

Из (14) видно, что $V_{зад}$ для текущего момента будет определяться по выражению:

$$V_{зад} = \frac{S_0 - \int_0^t V dt}{T_3 - t}. \tag{15}$$

В начальной точке траектории при $t = 0$, $V = S_0 / T_3$.

Чтобы рассчитать значение $V_{зад}$ для любого момента времени необходимо, прежде всего, определить длину траектории S . Уравнение для отрезка траектории имеет вид:

$$dS = \frac{\partial S}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial S}{\partial y} \Delta y, \tag{16}$$

где $\frac{\partial S}{\partial x} = \operatorname{tg} \gamma_x$, $\frac{\partial S}{\partial y} = \operatorname{tg} \gamma_y$ – текущие углы координаты «а» с координатами x и y .

В случае замены траектории кусочной ломаной уравнение для отрезка имеет вид:

$$\Delta S = \Delta x \operatorname{tg} \gamma_x, \tag{17}$$

а общая длина S_0 определяется по выражению:

$$S_0 = \sum_{i=0}^n \Delta x_i \operatorname{tg} \gamma_i, \quad \Delta x_i = \operatorname{const},$$

$$S_0 = \Delta x_i \sum_{i=0}^n \operatorname{tg} \gamma_{xi} \quad (18)$$

Положение точек на кривой определяется условием, что в $i+1$ точке по отношению к i -ой координата x изменялась на величину шага Δx . Значение координаты y определяется для точек с координатами x , отличающимися на величину шага Δx . При движении электрода из i -ой в $i+1$ -ую точку траектории путь, пройденный электродом, ΔS_i определится следующим соотношением:

$$\Delta S_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2} = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta x_i^2 \operatorname{tg}^2 \gamma_{xi}} = \Delta x_i \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_{xi}} \quad (19)$$

Тогда путь, пройденный электродом при движении его из i -ой точки в n -ую будет:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i = \sum_{i=1}^n \Delta x_i \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \gamma_{xi}} \quad (20)$$

Значение $\operatorname{tg} \gamma_{xi}$ определяется отношением приращений координат

$$\operatorname{tg} \gamma_{xi} = \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i}.$$

Определив общую длину участка траектории S_0 и контролируя скорость движения V_a , можно по уравнению (15) определять значение эталонной переменной $V_{зад}$ для текущего момента времени t .

В случае отклонения V_a от $V_{зад}$ регулятор должен вырабатывать управляющие воздействия в соответствии с принятым законом управления. Учитывая переменность задания V_a и требования быстродействия (обычно T_z не превышает единицы секунд), это может быть П или ПД закон управления. В первом приближении выберем пропорциональный закон управления. Алгоритм управления движением электрода приведен на рис. 2.

Для исследования динамики САУ ЭГУ с УУДЭ рассмотрим более подробно структуру устройства управления движением электрода, которая приведена на рис. 3.

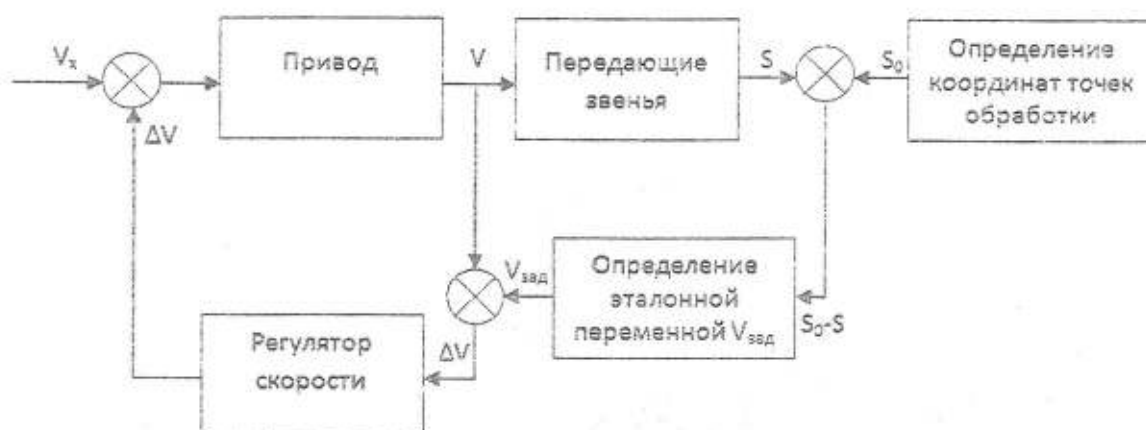


Рис. 3. Структурная схема УУДЭ

Из структурной схемы УУДЭ видно, что устройство обеспечивает определение эталонной переменной на основании сравнения координат точек обработки и электрода в соответствии с условием терминального управления. Происходит сравнение эталонной переменной $V_{зад}$ с текущим значением скорости электрода V_a и при отклонении V_a от задания формирования воздействия, управляющего напряжением, подаваемым на обмотку двигателя и осуществляя тем самым регулирование скорости привода, перемещающего электрод.

В существующих на сегодняшний день электрогидроимпульсных установках наибольшее распространение получил привод с асинхронным двигателем. Уравнение динамики асинхронного двигателя [6] записывается в виде:

$$J_{пр} \frac{d^2\varphi}{dt^2} + K_v \frac{d\varphi}{dt} = K_{\omega\omega} U_{\omega\omega},$$

или

$$T_{\omega\omega} \frac{d\omega}{dt} + \omega = K_1 U_{\omega\omega}, \quad (22)$$

где $K_1 = K_{\omega\omega}/K_v$, $J_{пр}$ – приведенный момент инерции ротора; φ – угол поворота двигателя; ω – угловая скорость двигателя; $T_{\omega\omega}$ – постоянная времени двигателя равная $J_{пр}/k_v$; $U_{\omega\omega}$ – напряжение питания двигателя.

Коэффициенты K_1 и $T_{\omega\omega}$ определяются из условий установившегося режима

$$K_1 = \frac{\omega_{уст}}{U_{ном}} = \frac{2\pi n}{U_{ном}}, \quad \frac{J_{пр}\omega_{уст}}{M_H} = \frac{J_{пр}\omega_{уст}^2}{K_n P_n}, \quad (23)$$

где n – скорость вращения двигателя (об/мин); $\omega_{уст}$ – номинальная угловая скорость двигателя; P_n – номинальная мощность двигателя;

$$J_{пр} = j_{дв} + j_1 \frac{\omega_{дв}}{\omega_1} + \dots + j_n \frac{\omega_{дв}}{\omega_n} + m_n \left(\frac{V_n}{\omega_{дв}} \right)^2, \quad (24)$$

где $\omega_{дв}$, $\omega_1, \dots, \omega_n$, $j_{дв}$, j_1, \dots, j_n – угловая скорость и моменты инерции соответственно вала двигателя и передающих звеньев; m_n , V_n – масса и скорость линейного перемещения частей установки.

Скорости $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ меньше $\omega_{дв}$

$$J_i \frac{\omega_i}{\omega_{дв}} \ll J_{дв},$$

Поэтому

$$J_{пр} = J_{дв} + m_n \frac{(V_n)_{уст}^2}{(\omega_{уст})^2}. \quad (25)$$

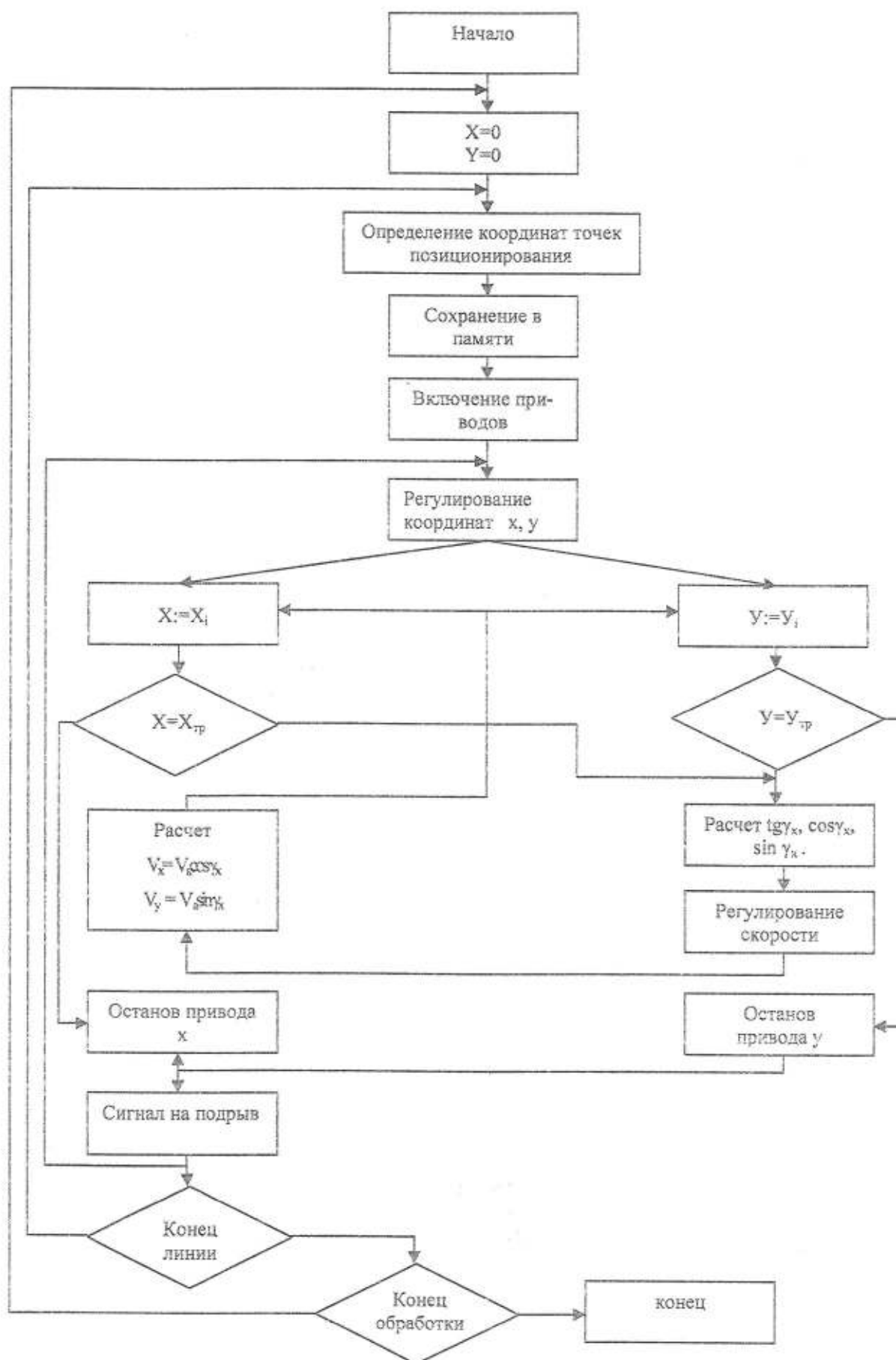


Рис. 2. Алгоритм управления движением электрода

При переходе от угловой скорости ω к линейной V уравнение динамики привода будет следующим:

$$\frac{T_{\text{дв}}}{K_{\omega}} \frac{dV}{dt} + \frac{1}{K_{\omega}} V = K_1(K_1 K_{\omega} \frac{S_0}{T_3} + \Delta U), \quad (26)$$

где K_{ω} – коэффициент передачи привода; T_3 – время заряда накопителя; S_0 – расстояние между последовательно пресуемыми точками обработки; S_0/T_3 – скорость привода, обеспечивающая условие терминального управления при $t=0$.

Воспользовавшись структурной схемой УУДЭ, можно записать следующее соотношение:

$$\Delta U = K_p \Delta V = K_p (V_{\text{зад}} - V),$$

где K_p – коэффициент регулятора

$$V_{\text{зад}} = \frac{S_0 - \int_0^t V dt}{T_3 - t}$$

Тогда будет справедливо следующее выражение:

$$\frac{T_{\text{дв}}}{K_{\omega}} \frac{dV}{dt} + \frac{1}{K_{\omega}} V = K_1^2 K_{\omega} \frac{S_0}{T_3} + K_1 K_p \left(\frac{S_0 - \int_0^t V dt}{T_3 - t} - V \right).$$

Переходя от скорости V к перемещению S получим:

$$\frac{T_{\text{дв}}}{K_{\omega}} \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{1}{K_{\omega}} \frac{dS}{dt} = K_1^2 K_{\omega} \frac{S_0}{T_3} + K_1 K_p \left(\frac{S_0 - S}{T_3 - t} \frac{dS}{dt} \right),$$

$$\frac{d^2 S}{dt^2} + \left(\frac{1}{K_{\omega}} K_1 K_p \right) \frac{K_{\omega}}{T_{\text{дв}}} \frac{dS}{dt} = \frac{K_1 K_p K_{\omega}}{T_{\text{дв}}} \frac{S_0 - S}{T_3 - t} + K_1 K_{\omega}^2 \frac{S_0}{T_3} \frac{K_{\omega}}{T_{\text{дв}}}.$$

Положив

$$\frac{K_{\omega}}{T_{\text{дв}}} \left(\frac{1}{K_{\omega}} + K_1 K_p \right) = a_1, \quad \frac{K_1 K_p K_{\omega}}{T_{\text{дв}}} = a_2, \quad K_1^2 K_{\omega} \frac{S_0}{T_3} - \frac{K_{\omega}}{T_{\text{дв}}} = a_3 \quad (27)$$

Получим:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} + a_1 \frac{dS}{dt} - a_2 \frac{S_0 - S}{T_3 - t} = a_3. \quad (28)$$

Исследование динамики САУ ЭГУ с УУДЭ целесообразно осуществить на основании решения уравнения (28). При этом в том случае, когда уравнение для криволинейной координаты V_a известно, уравнение перемещением электрода обеспечивается регулированием скорости V_a , и исследование динамики системы сводится к решению уравнения (28). В противном случае движение электрода по требуемой траектории раскладывается на два движения, обеспечивается двумя независимыми приводами соответственно вертикального и горизонтального перемещения электрода. Результирующее перемещение определяется путем сложения двух движений по горизонтали и вертикали, а уравнения динамики системы будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} + a_{1x} \frac{dx}{dt} - a_{2x} \frac{x_n - x}{T_3 - t} &= a_{3x}; \\ \frac{d^2y}{dt^2} + a_{1y} \frac{dy}{dt} - a_{2y} \frac{y_n - y}{T_3 - t} &= a_{3y}. \end{aligned} \quad (29)$$

При этом управление движением электрода обеспечивается двумя регуляторами путем регулирования скоростей приводов соответственно горизонтального V_x и вертикального V_y перемещения электрода, а значения эталонных переменных $V_{задx}$, $V_{задy}$ регуляторов скоростей V_x и V_y определяются соответственно:

– для регулятора скорости горизонтального перемещения электрода:

$$V_{xзад} = \frac{x_n - x}{T_3 - t}; \quad (30)$$

– для регулятора скорости вертикального перемещения электрода:

$$V_{yзад} = \frac{y_n - y}{T_3 - t}, \quad (31)$$

где x_n , y_n – координаты точки позиционирования; T_3 – время заряда накопителя.

Уравнения, составляющие систему (29) независимы и идентичны, решения их аналогичны. Поэтому для исследования переходных процессов в системе достаточно решить одно из них, а затем по аналогии найти решение второго уравнения системы (29).

Поскольку решение уравнений системы (29) достаточно сложно и сводится к поиску гипергеометрических функций, кривую переходного процесса построим для случая, когда задание для регулятора скорости определяется согласно условию $V_{зад} = x_n/T_3$.

Тогда для первого уравнения системы можно записать

$$\frac{d^2x}{dt^2} + a_{1x} \frac{dx}{dt} = b_x, \quad (32)$$

где

$$b_x = \frac{K_{ав}}{T_{об}} \left(K_1^2 K_{ex} \frac{x_n}{T_3} + K_{1x} K_p \frac{x_n}{T_3} \right), \quad (33)$$

$K_{ав}$ – коэффициент передачи привода; K_p – коэффициент регулятора.

Решение уравнения (32) может быть получено в виде:

$$x(t) = \frac{b_x}{a_{1x}^2} + \frac{b_x}{a_{1x}} t + \frac{b_x}{a_{1x}^2} e^{-a_{1x} t}. \quad (34)$$

Решив данное уравнение и определив параметры используемых асинхронных двигателей для приводов вертикального и горизонтального перемещений, можно определить такой коэффициент регулятора K_p , при котором обеспечивается перемещение электрода за время, равное времени зарядки емкостного накопителя энергии.

Выводы:

1. Введена криволинейная однокоординатная система координат. Получены уравнения, описывающие криволинейное движение электрода в одной координате. Получено уравнение эталонной переменной, обеспечивающее выполнение условия терминального управления электродом.
2. Показано, что задача управления движением электрода относится к задачам терминального управления и заключается в том, что оптимальное время движения электрода к очередной точке обработки должно быть равно времени заряда накопителя. Выполнение условия терминального управления может обеспечиваться программным регулированием скорости движения асинхронного двигателя.
3. Определена структура УУДЭ, разработан алгоритм управления движением электрода, обеспечивающий вывод электрода в точки обработки за оптимальный интервал времени.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вовк И.Т. Управление электрическим разрядом в течение его длительности. / Подводный электровзрыв. – К.: Наук. думка, 1985. – С. 63-68.
2. Шолом В.К. Исследование процессов преобразования электрической энергии при подводном

- электрическом взрыве проводников: Дисс... канд. техн. наук: 05.14.08. – К., 1975. – 29 с.
3. А.с. 1490791 СССР, МКИ 4 В21Д 26/12. Способ электровзрывной запрессовки труб и устройство для его осуществления / В.Д. Половинко, А.И. Вовченко, Е.Ю. Неделько, Б.Я. Мазуровский, В.А. Поздеев. – № 4163221; Заявл. 16.12.86; Оpubл. 30.06.89 // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 24. – С. 252.
 4. Управление морскими подвижными объектами / Д.М. Леснер, Ю.А. Лукомский, В.А. Михайлов, Б.И. Корневский, С.П. Петров, О.С. Попов, Г.Э. Шлейер. – Л.: Судостроение, 1979.
 5. ТУ88 УССР 91.017-76. Электровзрывные патроны ПЭЗ.
 6. Шелдон С.Л., Чанг С.Г. Синтез оптимальных систем автоматического управления. – М.: Машиностроение, 1964. – 440 с.
 7. Квакернаак Х., Сиван Р. . Линейные оптимальные системы управления. Перевод с английского В.А. Васильева, Ю.А. Николаева. – М.: Мир, 1977. – 324 с.

РЯБЕНЬКИЙ Владимир Михайлович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теоретической электротехники и электронных систем Национального университета кораблестроения.

Научные интересы:

– микропроцессорные и компьютеризированные системы управления технологическими процессами и системами автономной электроэнергетики.

ГОЛОБОРОДЬКО Андрей Николаевич – к.т.н., доцент кафедры теоретической электротехники и электронных систем Национального университета кораблестроения.

Научные интересы:

– микропроцессорные и компьютеризированные системы управления технологическими процессами.

АЛЬ-СУОД МАХМУД МОХАММАД – аспирант кафедры теоретической электротехники и электронных систем Национального университета кораблестроения.

Научные интересы:

– микропроцессорные и компьютеризированные системы управления технологическими процессами.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

У статті викладено принципи організації клітинної моделі споживчої поведінки, призначеної для практичного відпрацювання управлінських рішень, пов'язаних з діяльністю торговельних підприємств. Модель програмно реалізована та використовується в навчальному процесі підготовки менеджерів.

Введение. Компьютерные обучающие игровые программы все более широко используются при изучении экономических и управленческих дисциплин. Главным условием реалистичности бизнес-игры считают адекватную модель спроса, согласующуюся с экономической теорией. Однако стандартная математическая постановка для игрового моделирования обычно приводит к разработке строго детерминированных прогнозных моделей, позволяющих рассчитать объем реализации виртуальной кампании на основе данных, отражающих распределение ресурсов [1]. Между тем, уже накоплен достаточный опыт применения клеточных моделей, доказавших свою эффективность в условиях моделирования социально-экономических процессов [2, 3].

Потребность в мультиагентных моделях искусственной жизни возникает, когда из-за разнообразия поведения отдельных индивидуумов трудно получить формальную модель, описывающую динамику популяции. Современная наука остро нуждается в новых инструментах для теоретических и прикладных исследований сложных систем. Искусственная жизнь, базирующаяся на эволюционной идеологии и синтезе методов нелинейной динамики, синергетики и компьютерного моделирования, претендует на роль одного из таких инструментов [4, 5].

Постановка задачи. С учетом особенностей процедурного обучения управленческим навыкам [6] и требований глобальной задачи обучения (достижение идентичности предприятие-среда) можно сформулировать общие функциональные требования к менеджмент-играм на основе мультиагентной модели:

- реалистичная и адекватная среда, позволяющая пользователю исследовать пространство ее состояний;
- возможность воплощения большого набора решений пользователя, в том числе и нетривиальных;
- однозначно определенные цели деятельности и условия краха;
- интерактивность (любое действие пользователя влияет на конечный результат и, именно поэтому, способствует накоплению опыта);
- возможность оперативного изменения исходного состояния системы для моделирования конкретной ситуации;
- реализация значимой обратной причинно-следственной связи для того, чтобы зафиксировать в сознании пользователя причины успехов или неудач.

Целью настоящего исследования является разработка клеточной модели потребительского поведения, предназначенной для отработки управленческих решений, связанных с определенным набором элементов управления маркетингом. Для решения этой задачи возникла необходимость создания виртуальной самоорганизующейся динамической системы, состоящей из отдельных индивидуумов, наделенных определенными особенностями потребления в зависимости от пола, возраста и уровня дохода. В виртуальном городе необходимо было предусмотреть возможность создания торговых предприятий, реализующих товары различных сфер потребления. При этом любое решение игрока, связанное с рекламой, ценовой политикой, управлением ассортиментом, и т.д., должно приводить к адекватной реакции со стороны рынка.

Параметризация модели проводилась на основе результатов маркетинговых исследований в 14 сферах потребления [7].

Результаты. Пусть популяция P представлена множеством ее членов (клеток) $\{p_1, \dots, p_n\}$, где n – количество жителей определенной геосоциальной зоны. Потребительское поведение каждой клетки определяется набором атрибутов, случайным образом распределенных на множестве клеток с использованием порождающих функций. С точки зрения информационных источников разработки целесообразно выделить три типа порождающих функций:

1. Функции, обеспечивающие заданные параметры популяции с точки зрения половозрастной структуры, уровня дохода, семейного положения.

2. Функции, корректирующие характеристики потребительского поведения клетки для условий конкретной сферы потребления – в зависимости от имеющихся критериев сегментирования популяции. Для формирования таких порождающих функций используются закономерности потребительского поведения, выявленные с помощью системных маркетинговых исследований.

3. Дихотомная функция, устанавливающая принадлежность клеток к целевому рынку. Реализуются пользователем в терминах имеющихся критериев сегментирования.

Таким образом, порождающие функции генерируют множество клеток популяции, каждая из которых обладает уникальным набором атрибутов. При этом изменение, например, половозрастной структуры популяции неизбежно приводит к изменению потребительской активности популяции в целом.

Перечень необходимых атрибутов клеток сгруппируем в соответствии с особенностями их использования в процессе моделирования:

Демографические атрибуты – устанавливаются при инициализации клеточного автомата случайным образом:

Sx – пол, назначается с учетом реальных статистических данных (в Днепропетровской области, например, 53 % женщин и 47 % мужчин).

Ag – возраст, определяется принадлежностью к одной из 10 категорий, заданных возрастными интервалами; назначается с учетом реальной возрастной структуры населения.

In – уровень дохода, определяется принадлежностью клетки к одной из трех категорий (малообеспеченные, среднеобеспеченные и имеющие доход выше среднего уровня). Изменение соотношения численности этих групп позволяют существенно разнообразить социально-экономические ситуации.

Fm – семейное положение.

Tm – принадлежность к целевому рынку, задается пользователем в терминах, используемых в системе критериев сегментирования на этапе концептуализации предприятия.

Nb – принадлежность к зоне обслуживания виртуального предприятия. Устанавливается на основе данных о плотности пешеходных потоков в выбранном квартале размещения предприятия (Df_n). Т.е. вероятность того, что клетка пребывает в зоне обслуживания виртуального предприятия определяется как:

$$f_{un} = \frac{Df_n}{n}.$$

Nr – принадлежность к потенциальному рынку предприятия. Для потенциальных покупателей, не находящихся в зоне обслуживания предприятия, решение о покупке зависит от собственного выбранной сфере потребления коэффициента важности местоположения предприятия (w_{13}). В используемом перечне сфер потребления (СП) минимальные требования к местоположению наблюдается в СП «Мебель» ($w_{13min}=0,0193$), а максимальные – в СП «Продукты питания» ($w_{13max}=0,0382$). Вероятность того, что клетка принадлежит потенциальному рынку предприятия, можно определить следующим образом:

$$f'_{un} = \frac{w_{13max} - w_{13min}}{w_{13} - w_{min}}. \quad (1)$$

Поведенческие атрибуты – задаются в зависимости от демографических атрибутов на этапе инициализации клеточного автомата:

Fr_{MGn} – частота потребления продукта n -ной клеткой (в неделю) – зависит от возраста, пола, уровня дохода клетки и ее семейного положения:

$$Fr_{MGn} = f(Ag_n, Sx_n, In_n, Fm_n). \quad (2)$$

Vl – средний разовый объем потребления продукта.

Sh – уровень перцепции; дихотомный атрибут, позволяющий выделить в целевом рынке индивидов, склонных к активному посещению торговых точек. Устанавливается порождающей функцией:

$$Sh_n = f(Ag_n, Sx_n, In_n)$$

на основе данных исследований потребительского поведения.

Cm – уровень коммуникативной активности: дихотомный атрибут, позволяющий выделить в целевом рынке индивидов, склонных к активному обсуждению своего потребительского опыта. Определяется порождающей функцией:

$$Cm_n = f(Ag_n, Sx_n);$$

M_1, \dots, M_m – принадлежность клетки к аудитории каждого из m медиаканалов, используемых в игровой модели.

Динамические атрибуты:

If – состояние информированности клетки, принимает значение от 0 до 1. Значение $If_n=1$ означает полную информированность о существовании предприятия;

Pr – текущий объем продукта, приобретенного клеткой в виртуальном предприятии;

R – номер декады, во время которой возникает потребность в продукте;

Cd – одно из 4 состояний клетки, порождается функциями перехода.

Значения динамических атрибутов актуализируются в каждый из 72 периодов дискретного времени τ ($\tau=1, \dots, 72$). Поскольку каждая сфера потребления характеризуется определенной цикличностью спроса $\{f_{MG1}, \dots, f_{MG72}\}$, такой, что

$$\sum_{i=1}^{72} f_{MGi} = 1,$$

то общее количество потребленного популяцией продукта в период τ (V_τ) можно рассчитать с использованием формулы:

$$V_\tau = f_{MG\tau} \sum_{n=1}^N V_{1n} F_{rMGn} |_{T_{m,\tau}=1}. \quad (3)$$

При этом мощность множества покупателей в этот период времени будет составлять:

$$n_\tau = f_{MG\tau} \sum_{n=1}^N F_{rMGn} |_{T_{m,\tau}=1}. \quad (4)$$

Каждая из n_τ клеток может приобрести продукт либо в виртуальном предприятии, либо обратиться к конкурентному окружению предприятия. В любом случае следующая потребность в продукте возникнет у клетки через определенный период времени:

$$\tau' = \tau + \frac{1}{F_{rMG\tau}}.$$

Однако последнее выражение справедливо лишь для равномерно распределенной частоты f_{MG} ($f_{MG1}=f_{MG2}=\dots=f_{MG72}$). Тогда, в общем случае, при наличии колебаний спроса, момент наступления очередной потребности в продукте необходимо скорректировать на величину:

$$\Delta = \frac{72 \sum_{i=\tau+1}^{72} f_{MGi}}{\tau' - \tau}. \quad (5)$$

Таким образом, итоговая формула для определения периода времени, в котором для n -ной клетки, которая приобрела продукт в период τ , появляется потребность повторной покупки, будет выглядеть следующим образом:

$$R_n = r + \frac{1}{Fr_{MGn}} \sum_{i=r+1}^{r+Fr_{MGn}} f_{MGi} \quad (6)$$

Предложенная организация механизма цикличной потребительской активности клеток позволяет проводить идентификацию клеток-покупателей за один проход:

- для всех клеток, таких, что $R_n \leq r$, принадлежащих к целевому рынку, выполняется суммирование частот по (4);
- последняя клетка, частота потребления которой доводит сумму до 1, меняет атрибут R в соответствии с (5);
- если текущее значение p' превышает максимальное для данного периода, процесс останавливается.

Рассмотрим возможные состояния членов популяции (клеток), полагая, что для каждой клетки, принадлежащей целевому рынку, существует программа потребительской активности, заданная выражениями (4).

1. **Неведение.** Соответствует начальному состоянию всех клеток в момент инициализации:

$$\forall p_n \rightarrow Cd_n = 1.$$

Ни одна из клеток не знает о существовании торговой точки ($If_n=0$), однако потребляет продукт MG с частотой Fr_{MGn} .

2. **Осведомленность.** Новое виртуальное предприятие начинает свою деятельность, воздействуя на состояние клеток. Переход клетки в состояние осведомленности возможен при следующих условиях:

1. Клетка замечает существование предприятия, знакомится с его ассортиментом и ценами ввиду принадлежности к зоне обслуживания предприятия. При этом переходят в состояние осведомленности лишь клетки, обладающие достаточным уровнем перцепции:

$$\forall p_n | Cd_n = 1 \wedge Nb_n = 1 \wedge Sh_n = 1 \rightarrow Cd_n = 2. \quad (7)$$

2. Клетка подвергается рекламному давлению, т.е. по одному или нескольким из m медиаканалов она информируется о существовании предприятия, причем давление должно быть достаточно активным для достижения предельного уровня информированности:

$$\forall p_n | Cd_n = 1 \wedge Nb = 0 \wedge If_n = 1 \rightarrow Cd_n = 2. \quad (8)$$

Эффективность контактов с медианосителями определяется значением w_{26} . Таким образом, каждый контакт с медианосителем изменяет значение If_n на величину $k_m w_{26}$, где k_m – настраиваемый коэффициент.

3. Клетку информирует о существовании предприятия другая клетка, удовлетворенная приобретением продукта в предприятии (см. состояние 4, «Лояльность»).

3. **Первая покупка.** Клетка, в программе потребительской активности которой заложено приобретение продукта в текущий период времени, находящаяся в зоне влияния виртуального предприятия, информированная о существовании предприятия, анализирует условия продажи и, если условия удовлетворяют ее, приобретает продукт:

$$\forall p_n | Cd_n = 2 \wedge r \geq R_n \wedge (Nb_n = 1 \vee Np_n = 1) \wedge Tm_n = 1 \wedge Cm = 1 \wedge \text{Comp}_n(A_m, A_r) = 1 \rightarrow Cd_n = 3, \quad (9)$$

где $\text{Comp}(A_m, A_r)$ – функция, порождающая подмножество клеток, удовлетворенных значениями атрибутов виртуального предприятия после сравнения атрибутов виртуального предприятия A_m и конкурентно-

го окружения A_r . Вероятность принадлежности клетки к указанному подмножеству в период времени t можно рассчитать с использованием следующего выражения:

$$f = \frac{\sum_{i=1}^S (e_i - e_{vir}) w_i}{5 \sum_{i=1}^S w_i} \quad (10)$$

где e_i – текущие оценки степени реализации потребительских требований w_i для конкурентного окружения, e_{vir} – оценки для виртуального предприятия. Оценки (используется 5-бальная шкала) актуализируются на основе анализа эффективности управленческих решений каждый период времени t .

В момент покупки клетка увеличивает значение атрибута Pr_n на величину V_n и получает новую программу потребительской активности R_n .

4. Лояльность (постоянный покупатель). В этом состоянии клетка приобретает продукт со свойственной ей частотой исключительно в виртуальном предприятии. Это возможно при выполнении следующих условий:

- клетка ранее уже приобрела продукт в виртуальном предприятии;
- существует позитивная динамика изменений комплексной оценки предприятия, т.е. выполняются условия:

$$D_A = \sum_{i=1}^S (e_{ir} - e_{vir}) w_i - \sum_{i=1}^S (e_{i,r-1} - e_{vir,r-1}) w_i > 0. \quad (11)$$

$$\forall p_n | Cd_n = 3 / r \geq R_n \wedge Pr_n \geq V_n \wedge D_A > 0 \rightarrow Cd_n = 4. \quad (12)$$

Если в оценках не произошло изменений, покупка осуществляется, однако количество лояльных потребителей не увеличивается:

$$\forall p_n | Cd_n = 3 / r \geq R_n \wedge Pr_n \geq V_n \wedge D_A = 0 \rightarrow Cd_n = 3. \quad (13)$$

В случае отрицательной динамики клетка переходит в состояние 2, т.е. предприятие теряет клиентов.

$$\forall p_n | Cd_n = 4 / \Delta_A < 0 \rightarrow Cd_n = 2. \quad (14)$$

Клетка в состоянии лояльности активно влияет на осведомленность других клеток в зависимости от свойственной ей коммуникативной активности Cm_n . Восприимчивость клеток к позитивной информации о предприятии зависит от важности потребительского требования «О магазине хорошо отзываются Ваши знакомые» (w_{28}) [7]. Вероятность эффективного контакта в каждый период времени можно определить следующим образом:

$$f_{ca} = Cm_n w_{28}. \quad (15)$$

Каждый контакт увеличивает значение If_n на величину $k_m w_{28}$, где k_m – настраиваемый коэффициент.

Выводы. Таким образом, предлагаемая организация клеточного автомата позволяет отразить достаточно широкую гамму реакций на управленческие решения пользователя. При этом учитываются особенности потребительского поведения различных слоев населения и действия конкурентного окружения.

Предлагаемый подход исключил необходимость рассчитывать результаты хозяйственной деятельности предприятия. Вместо этого они регистрируются как результат автономного поведения целевого рынка. Именно поэтому оказалось возможным получать данные мгновенных «маркетинговых опросов», т.е. изучать статистические закономерности в потребительском поведении, помогающие пользователю отследить результативность своих управленческих решений. Модель программно реализована и в настоящее время используется в учебном процессе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Hall, Jeremy J. S. B. Corporate Cartooning: The art and science of computerized business simulation ASTD TechKnowledge Conference 2001. – P. 120-127.
2. Brown T.A. Nonlinear Politics // *Chaos Theory in the Social Sciences* / Eds. L.D.Kiel, E.Elliot. Ann Arbor.: The Univ. Of Michigan Press. 1996. P. 119-137.
3. Bhargava et al. A Stochastic Cellular Automata. Model of Innovation Diffusion // *Technological Forecasting and Social Change*. 1993. Vol. 44. № 1. – P. 87-97.
4. Барабашева Ю.М. Некоторые модели динамики численностей взаимодействующих видов с точки зрения математической статистики // *Журнал общей биологии*. – М.: 1996.– С.123-139.
5. Дегерменджи А.Г. Механизмы и критерий сосуществования взаимодействующих микробных популяций в проточных системах (гомогенных и пространственно разделенных) // *Экологический прогноз*. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1986. – С. 57-69.
6. Smith P. L., Ragan T.J. *Instructional Design*.- Upper Saddle River, New Jersey Columbus, Ohio, 1999 – P. 230.
7. Сайко В.В. Моделирование потребительского поведения в учебных задачах управления маркетингом // *Збірник наукових праць НГУ № 32 – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2009. – С. 262-268.*

САЙКО Василий Васильевич – к.т.н., доцент, зав. кафедрой управления, Областное коммунальное высшее учебное заведение «Институт предпринимательства «Стратегия», г. Желтые Воды Днепропетровской области.

Научные интересы:

- компьютерные обучающие игры;
- моделирование процессов управления рыночным потенциалом предприятий торговли;
- моделирование экономического поведения.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ INTERNET-ПРИЛОЖЕНИЙ ПОИСКА В ДАННЫХ MYSQL И POSTGRESQL

На основі мов програмування Java та PHP розроблено серверні програми для пошуку в даних СКБД, а також програма-тестер для виміру їх продуктивності. За допомогою створених програм встановлено закономірності зміни продуктивності Internet-додатків від обсягу оброблюваної інформації для СКБД MySQL та PostgreSQL.

Введение. В настоящее время интенсивно развивается сеть Internet, охватывая различные области общественной деятельности: государственный аппарат, сферу образования, электронную коммерцию и т.д. Также совершенствуются аппаратные и программные средства сети, повышается их производительность и масштабируемость.

Особую роль в Internet играют программы доступа к данным, хранящимся на ее Web-узлах. При этом, согласно [1], запросы на поиск являются наиболее важным типом транзакций информационного Web-узла.

В этой связи актуальной является задача получения информации от Internet-приложений с максимальной оперативностью [1], которая, как правило, зависит от того, каким образом программно реализуется их серверная часть. К инструментам решения подобной задачи можно отнести программы определения производительности работы Internet-приложений – Apache JMeter, LoadRunner, Pureload и др. [2]. Однако эти программы либо коммерческие, либо имеют достаточно сложный пользовательский интерфейс и занимают большой объем оперативной памяти компьютера.

В этой связи наряду с задачей выбора программного обеспечения, реализующего сервер, серверные приложения и СУБД Web-узла, актуальной является также и задача выбора программы-тестера Internet-приложения.

Постановка задачи. Для программного обеспечения Web-узлов, как правило, используют продукты Java и PHP-технологии. Программные продукты на языке Java обычно работают с сервером Apache Tomcat, а на PHP используют сервер Apache.

Как известно, сервер Apache является одним из наиболее распространенных и производительных Web-серверов [3], а к наиболее распространенным, производительным и совершенным СУБД относят MySQL и PostgreSQL [4-6]. При этом, разработчики Internet-приложений, как правило, придерживаются общепринятых традиций в выборе сервера и СУБД Web-узла.

Производительность Internet-приложений на основе Java-программ (сервлетов) и PHP-программ (PHP-страниц), работавших с различным объемом данных СУБД MySQL была исследована в работе [7]. Как выяснилось в ходе этих исследований, при возрастании объема хранимой информации от 0.5 до 1.0 МБайт, производительность приложений на основе сервлетов возрастала. На наш взгляд, данный экспериментальный факт требует дополнительного изучения. Определенный интерес представляет также сопоставление производительности Internet-приложений при работе с СУБД MySQL и PostgreSQL при указанных выше объемах хранимой информации.

В настоящей работе была поставлена задача анализа производительности Internet-приложений поиска в данных СУБД MySQL и PostgreSQL, реализованных с использованием Java-программ (сервлетов) и PHP-программ (PHP-страниц), для определения оптимального программного обеспечения Web-узла, работающего с данными СУБД в объеме от 0 до 1.0 МБайт. В этих целях предполагалось также разработать программу-тестер с простым интерфейсом пользователя.

Результаты исследований и их обсуждение. Для решения поставленной задачи было разработано 4 варианта Web-систем, имевших одинаковую клиентскую часть и функционально подобные серверные программы, разработанные с использованием Java и PHP. Эти системы выполняли, используя минимальный объем программных средств, два алгоритма. Первый из них состоял из такой последовательности действий:

1. В клиентском приложении зафиксировать время начала работы Web-системы.
2. Выполнить п.3-п.8 определенное число раз (значение числа определяет пользователь).
3. Сформировать запрос к Internet-приложению со случайным значением параметра (от 0 до максимально возможного в данных поиска).
4. Отправить из клиентского приложения запрос.
5. В серверной программе получить параметр поиска из запроса клиента.
6. Осуществить выполнение SQL-запроса поиска в данных СУБД параметра из п.5.
7. Отправить результат поиска клиенту.

8. В клиентском приложении получить ответ Internet-приложения.
9. Зафиксировать время.

10. Определить полное время работы распределенной системы и сохранить его значение.

Второй алгоритм представлял собой сокращенную версию первого (без выполнения п.4-п.8).

Также были подготовлены объекты исследования, они представляли собой 2 базы данных (БД) СУБД MySQL и PostgreSQL. Эти базы данных имели по 8 отношений (tb1 – tb8), с одной и той же структурой полей (два поля – ключевое и данных), но различным объемом хранимой информации V, в которой осуществлялся поиск (от 125 КБайт до 1.0 МБайт, шаг – 125 КБайт).

Кроме того, в целях анализа производительности Internet-приложений, мы создали компактную программу-тестер JTochno, имеющую простой интерфейс пользователя. Он состоял из пяти полей ввода, трех кнопок и двух таблиц. Программа-тестер была написана на языке Java.

В тоже время, программное обеспечение, использованное в данной работе, представляло собой последние достижения PHP и Java-технологии (на момент написания статьи). Оно включало в себя: пакет PHP 5.2.11, сервер Apache Tomcat 6.0.20, набор Java-классов и утилит jdk 1.6.16, Java-драйверы доступа к СУБД – mysql-connector-java-5.1.10-bin.jar и postgresql-8.4-701.jdbc4.zip. Для исследований также использовались сервер Apache-2.2.14, СУБД MySQL-5.1.39 и PostgreSQL-8.4.1. Программы работали под управлением операционной системы Windows XP (CPU – 2.7 ГГц, RAM – 1.0 ГБайт).

Согласно [1], для определения полного времени Θ выполнения запроса в распределенной Web-системе можно применять выражение:

$$\Theta = \xi + \tau,$$

где ξ – время обдумывания пользователем (время формирования дежурного запроса), τ – время отклика (время на выполнение запроса пользователем), τ – характеризует производительность Internet-приложения [1].

В данной работе для определения времени отклика Internet-приложений поиска в данных СУБД предварительно на сервер Apache-2.2.14, который работал в связке с PHP 5.2.11, устанавливался комплект из PHP-программ поиска в таблицах tb1-tb8 БД СУБД MySQL и PostgreSQL. В то же время, на сервер Apache Tomcat 6.0.20 устанавливался функционально подобный комплект Java-программ, после чего запускались серверы и программа-тестер.

В ходе измерений в программе JTochno сначала формировалась таблица "Request" с URL Internet-приложений одного типа, которые работали со всеми отношениями определенной СУБД, а также максимальными значениями параметров поиска в них. Для этих целей использовались поля ввода "URL" и "Max", а также кнопка "Enter" интерфейса пользователя. Затем в поля ввода "Name", "Repeat" вводились название параметра поиска и число обращений n к Internet-приложению, соответственно. В наших исследованиях число обращений к каждому приложению было постоянным и равным 1000.

После нажатия на кнопку "Run" вначале осуществлялось измерение времени при n-кратном формировании запросов программы-тестера к Internet-приложениям, которые работали последовательно с таблицами от tb1 до tb8 БД СУБД, без выполнения этих запросов. Потом программа-тестер осуществляла подобные измерения, но уже с выполнением запросов. После завершения тестирования в таблице "Data" появлялась информация о времени обдумывания пользователем, полном времени и времени отклика при выполнении n-кратного поиска Internet-приложений в данных СУБД, при работе с каждым отношением БД. Отметим, что для определения табличных значений времени отклика программа-тестер предварительно подсчитывала среднее значение времени обдумывания пользователем при формировании n-запросов ко всем Internet-приложениям, и также помещала это значение в таблицу "Data". С помощью кнопки "Save" программы JTochno данные всех таблиц и параметры тестирования сохранялись в текстовом файле. Имя файла для хранения данных предварительно вводилось в поле ввода "File".

В наших исследованиях вначале измерялась производительность Internet-приложений поиска в отношениях СУБД MySQL, затем – PostgreSQL.

Полученные результаты были обработаны с помощью метода наименьших квадратов. Как выяснилось, время отклика τ при поиске в данных СУБД MySQL и PostgreSQL при однократном запросе к Internet-приложению, удовлетворительно описывается уравнением вида (коэффициент детерминации более 0.99):

$$\tau = \alpha + \beta \cdot V,$$

где α и β – постоянные коэффициенты.

При этом, величина коэффициента α принимала значения $5.615 \cdot 10^{-3}$ с и $3.360 \cdot 10^{-3}$ с, а коэффициент β – $16.896 \cdot 10^{-3}$ с/МБайт и $28.009 \cdot 10^{-3}$ с/МБайт, соответственно для Java и PHP серверных программ

при работе с отношениями БД СУБД MySQL. В то же время, величина коэффициента α была равна $26.389 \cdot 10^{-3}$ с и $26.209 \cdot 10^{-3}$ с, а коэффициента β - $42.422 \cdot 10^{-3}$ с/МБайт и $43.291 \cdot 10^{-3}$ с/МБайт, соответственно для Java и PHP серверных программ при работе с отношениями БД СУБД PostgreSQL.

На рис. 1, 2 изображены зависимости τ для приложений поиска в данных СУБД MySQL и PostgreSQL от объема обрабатываемой информации V , для Java и PHP серверных программ, соответственно.

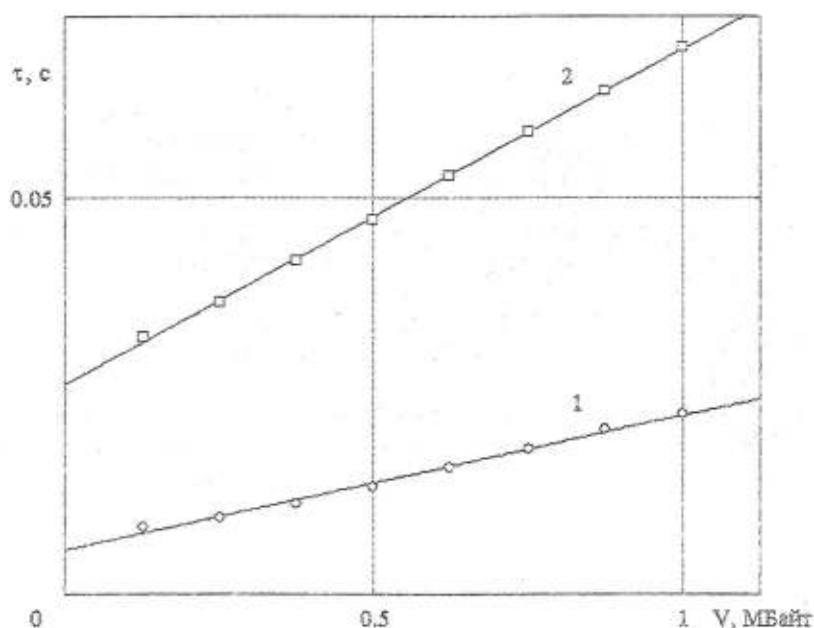


Рис. 1. Зависимость времени отклика τ Internet-приложений поиска в данных СУБД MySQL (кривая 1) и PostgreSQL (кривая 2) от объема обрабатываемой информации V , разработанных на основе Java-технологий. Точки на рисунке – значения τ , полученные при тестировании.

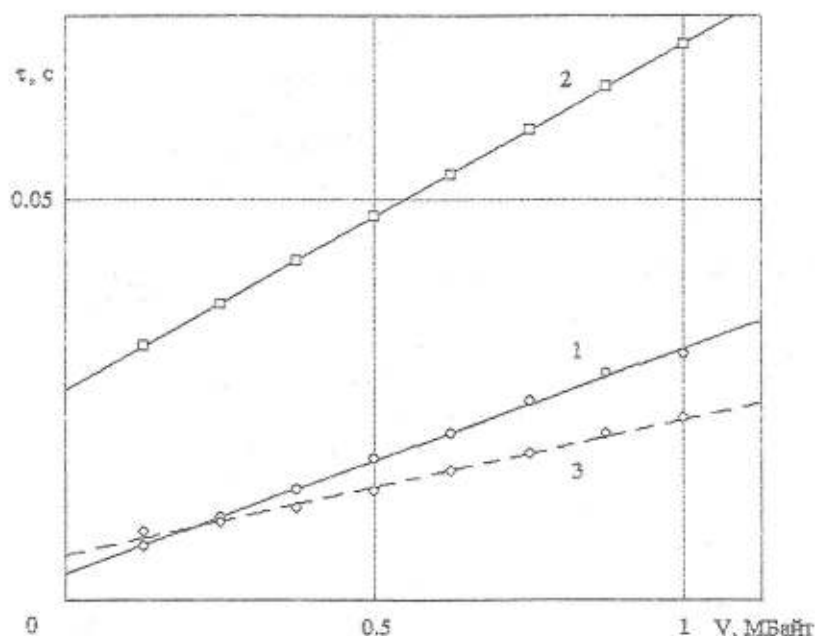


Рис. 2. Зависимость времени отклика τ Internet-приложений поиска в данных СУБД MySQL (кривая 1) и PostgreSQL (кривая 2) от объема обрабатываемой информации V , разработанных на основе PHP-страниц.

Кривая 3 – зависимость $\tau(V)$ для приложений разработанных с СУБД MySQL и сервлетов. Точки на рисунке – значения τ , полученные при тестировании

Как видно из этих рисунков, для рассматриваемых приложений τ линейно возрастало с увеличением объема информации V в использованных базах данных. В то же время, производительность приложений на основе СУБД MySQL была выше, чем на основе СУБД PostgreSQL как для PHP, так и Java серверных программ.

При этом, как показывает сопоставление рис. 1 и рис. 2, производительность Internet-приложений на основе СУБД PostgreSQL как для PHP, так и Java серверных программ имела один и тот же порядок величины.

В случае распределенных приложений на основе СУБД MySQL сопоставление PHP и Java-технологии показывает, что производительность Internet-приложений на основе PHP-страниц была выше, чем на основе сервлетов, лишь при $V < V_1$ (V_1 – объем информации $\cong 0.2$ МБайт). При $V > V_1$ лучшей производительностью обладали Internet-приложения, использующие вместо PHP серверные Java-программы (см. рис. 2).

То есть, для создания высокопроизводительных Internet-приложений с СУБД MySQL, обрабатывающих информацию с объемом до V_1 , целесообразно использовать программное обеспечение PHP-технологии, в противном случае – программные продукты Java-технологии.

Выводы. Таким образом, в настоящей работе нами был выполнен анализ производительности Internet-приложений поиска в данных СУБД MySQL и PostgreSQL. В результате анализа выяснилось, что для всех исследованных приложений время поиска в данных с объемом $V \leq 1.0$ МБайт, хранящихся в БД, линейно зависит от их объема. При этом, производительность Internet-приложений с PHP и Java серверными программами, работающих с СУБД PostgreSQL, имела близкое значение при аналогичных объемах обрабатываемой информации. В то же время, выбор конфигурации программного обеспечения для высокопроизводительных Web-узлов, работающих с СУБД MySQL, зависит от объема информации, которую предполагают в ней хранить.

В дальнейшем предполагается провести подобные исследования с другими Web-серверами и СУБД. Кроме того, предполагается модернизировать разработанную программу-тестер для измерения производительности Internet-приложений при масштабируемых запросах к Web-серверу.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Менаске Д., Алмейда В. Производительность Web-служб. Анализ, оценка и планирование. – СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2003. – 480 с.
2. Рогов С., Намиот Д. Тестирование производительности Web-серверов // Открытые системы. – 2002, №12. – С. 55-59.
3. Колисниченко Д.Н. Самсучитель PHP 5. – СПб.: Питер, 2007. – 640 с.
4. Веллинг Л. Томсон Л. Разработка Web-приложений с помощью PHP и MySQL. – М.: Вильямс, 2008. – 880 с.
5. Уорсли Дж. PostgreSQL. Для профессионалов / Дж. Уорсли, Дж. Дрейк. – СПб: Питер, 2003. – 496 с.
6. Гофман В.Э., Хомоненко А.Д. Delphi 6. Наиболее полное руководство. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 1152 с.
7. Kotsis G., Taferner L. Performance Comparison of Web-based Database Access // Proceedings of DCABES 2002. International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, 16-20 December, 2002.– Wuxi, Jiangsu, China, 2002. – P. 360-364.

ТОЧИЛИН Сергей Дмитриевич – к.ф.-м.н., доцент кафедры компьютерных систем и сетей Запорожского национального технического университета.

Научные интересы:

- вторичное излучение кристаллов и наноматериалов;
- автоматизация физического эксперимента;
- разработка и тестирование программного обеспечения.

ТОЧИЛИН Дмитрий Сергеевич – аспирант кафедры физики Запорожского национального технического университета.

Научные интересы:

- физика твердого тела;
- разработка и тестирование программного обеспечения.

ПОСТРОЕНИЕ МНОГОАГЕНТНОЙ ЛОГИКО-КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ СОВМЕСТНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статті розглянуто питання побудови комп'ютерних моделей сумісного переміщення рухомих об'єктів засобами багатоагентної системи, що використовує логіко-когнітивну модель інтелектуальних агентів. Представлено структуру моделі, запропоновано архітектуру інтелектуального агента та алгоритм його функціонування.

Введение. Обеспечение гарантированной безопасности движения подвижных объектов (ПО) в сложных навигационных условиях представляет собой важную научно-практическую проблему.

При совместном перемещении множества ПО Ob на заданном ограниченном пространстве N под воздействием внешней среды W образуется открытая сложная динамическая система (СДС). Если некоторое подмножество ПО $Ob' \subseteq Ob$ управляется человеком-оператором, СДС является *полиэргатической*. Особенностью указанного класса СДС является целенаправленный характер деятельности операторов и значительная зависимость безопасности управления ПО от психофизиологических и эвристических характеристик операторов, являющихся структурными составляющими полиэргатических систем. Проблема управления ПО в данном случае может сводиться к проблеме принятия решений оператором по формированию управляющих воздействий на органы управления ПО.

Необходимо отметить, что возможности обеспечения гарантированного уровня безопасности движения ПО при сохранении достаточной их управляемости и удовлетворении заданных критериев эффективности и качества для рассматриваемого класса СДС существенно ограничены, несмотря на широкое внедрение передовых достижений в области автоматики и компьютерной техники, поскольку большинство инцидентов и аварий происходит по причине влияния «человеческого фактора» [1].

Одним из важнейших направлений повышения надежности и безопасности управления ПО при их совместном перемещении в сложных навигационных условиях является внедрение бортовых интеллектуальных систем реального времени (БИС РВ), способных обеспечить достаточную эффективность решений оператора и снижение рисков, связанных с влиянием «человеческого фактора».

Вопросы разработки БИС РВ для управления ПО различных типов ранее рассматривались в ряде работ [2-7]. В [2] предложены концепция и принципы реализации интеллектуальной системы управления (СУ) ПО, в [3] представлены теоретические основы разработки БИС РВ ПО, выявлены недостатки и ограничения предложенных решений, в [4] выработаны общие требования, предъявляемые к БИС РВ ПО. В [5] показано, что для обеспечения требуемых надежности и качества управления необходимо проектирование таких систем управления, которые имитируют способность человека-оператора принимать правильные управленческие решения в информационно сложных ситуациях в условиях автоматического или полуавтоматического процесса функционирования ПО.

В [6] предложена концепция реализации БИС РВ ПО, основанная на интеллектуальной системе поддержки принятия решений (ИСППР) оператором. Структура и возможности ИСППР, в основе которой лежит сценарно-прецедентный подход к принятию решений, представлены в [7]. Показано, что БИС РВ ПО должна включать две основные подсистемы – подсистему интеллектуальной диагностики СДС и подсистему сценарно-прецедентной ИСППР, причем обе подсистемы интегрируются посредством компьютерной модели совместного перемещения (МСП) ПО, которую предложено реализовать на основе многоагентной системы (МАС).

Таким образом, моделирование совместного движения множества ПО на ограниченном пространстве с использованием МАС и интеллектуальных агентов (ИА) [8, 9] является, в свою очередь, основополагающим фактором при разработке и совершенствовании БИС РВ ПО.

В образуемых движущимися ПО на заданном пространстве полиэргатических СДС реализация БИС для ИСППР оператора ПО требует, помимо прочего, решения задачи предсказания возможных действий операторов окружающих ПО. Неточность, неполнота и противоречивость исходной информации, подверженность ПО стохастическим воздействиям внешней среды, неопределенность нормативных правил совместного движения ПО и ограниченная рациональность операторов под воздействием психофизиологических факторов значительно усложняют решение указанной задачи.

Поиск способов предсказания возможных действий операторов окружающих ПО сдерживается использованием известных на сегодняшний день архитектур ИА и их логических моделей. Известно, что использование в данном классе ИА делиберативных архитектур, например, BDi, BOiD [10], является

затруднительным вследствие невозможности корректного определения мотивации таких ИА посредством наблюдения за их действиями [11], что связано с использованием в указанных архитектурах ИА низкоуровневой модели мотивационных компонент, а также ограничениями используемых логических средств представления и обработки знаний.

Таким образом, актуальным направлением исследований является создание специализированной архитектуры ИА, предназначенной для использования в БИС РВ ПО. Такая архитектура должна основываться на высокоуровневой модели мотивации и адекватных решаемым задачам средствах логического представления и обработки знаний.

В данной работе рассматриваются основные подходы к построению компьютерной модели совместного перемещения ПО на основе МАС и выбор соответствующей архитектуры ИА.

Постановка задачи. Проблема разработки МСП ПО на основе МАС ранее рассматривалась в общей постановке в ряде работ [8-11], были предложены основные принципы разработки МСП ПО на основе МАС, однако вопросы определения необходимого состава и структуры МАС, структуры и свойств интеллектуальных агентов (ИА) остались за пределами рассмотрения.

Очевидно, что использование существующего широкого спектра логических формализмов, от классической логики первого порядка до комбинированных BDI- и RAO-псевдологик, для решения задачи представления знаний ИА сопряжено со значительными сложностями [12]. Это связано, прежде всего, с необходимостью описания динамики изменений, происходящих в предметной области, необходимостью учета факторов неточности и неопределенности, что делает неадекватным модельно-теоретический подход, используемый большинством разработчиков архитектур ИА.

Основными недостатками, не дающими возможности решить проблему построения адекватной модели ИА на основе модельно-теоретического подхода, являются:

- невозможность представления процесса практических целенаправленных рассуждений в терминах существующих логических формализмов;
- невозможность обработки значительных объемов знаний, связанных с каждой конкретной ситуацией, особенно в тех случаях, когда ситуация является незавершенной;
- невозможность учета допущений, не являющихся «знаниями» или «убеждениями» в общем смысле, для каждого конкретного «возможного мира», являющегося отражением конкретной навигационной ситуации в базе знаний ИА;
- неразрешимость задачи построения всего множества «возможных миров» в развитие каждой конкретной навигационной ситуации;
- невозможность обработки конфликтных целей и предпочтений агентов из-за отсутствия механизма упорядочения «возможных миров»;
- NP-полнота вывода, ставящая проблему эффективности рассуждений в реальных условиях, когда вычислительные ресурсы ИА ограничены.

В то же время, вопросы использования подходов, связанных с моделированием практических целенаправленных рассуждений в условиях ограниченной рациональности либо иррациональности ИА, и в особенности с позиции рассуждений с точки зрения других (окружающих) ИА, должным образом не рассматривались.

Высокоуровневую модель мотивации и адекватные решаемым задачам средства логического представления и обработки знаний в ИА возможно получить, используя логико-когнитивную модель (ЛКМ) [13] оператора ПО как определенный формализм, позволяющий средствами логики моделировать внутренний когнитивный мир ИА.

Целью данной статьи является исследование подходов к построению компьютерной МСП ПО на основе МАС, использующих логико-когнитивных ИА, для использования в БИС РВ ПО.

Принципы построения логико-когнитивных моделей ИА. В ЛКМ множество знаний, убеждений и наблюдений ИА составляют его эпистемическую сферу, множество желаний, намерений и целей – мотивационную сферу, множества обязательств, норм и ценностей – ценностно-нормативную сферу, множество возможностей, планов и действий – сферу планирования. Особенностью ЛКМ является использование комбинированных модальных логик, при этом исследуемым когнитивным состояниям ИА соответствуют предикатные операторы, сочетающие свойства предикатов и индексированных модальных операторов.

Для представления когнитивных состояний ИА в ЛКМ предназначен язык комбинированной логики *LCL*, состоящий из пропозициональной (*P*), алетической (*A*), эпистемической (*E*), деонтической (*D*), аксиологической (*I*), телеологической (*Z*) и временной (*T*) составляющих, позволяющих с помощью модальных операторов адекватно отражать основные когнитивные состояния ИА и их взаимосвязи, моделировать практические рассуждения ИА. Соответственно, система когнитивных состояний ИА представлена на рис. 1.

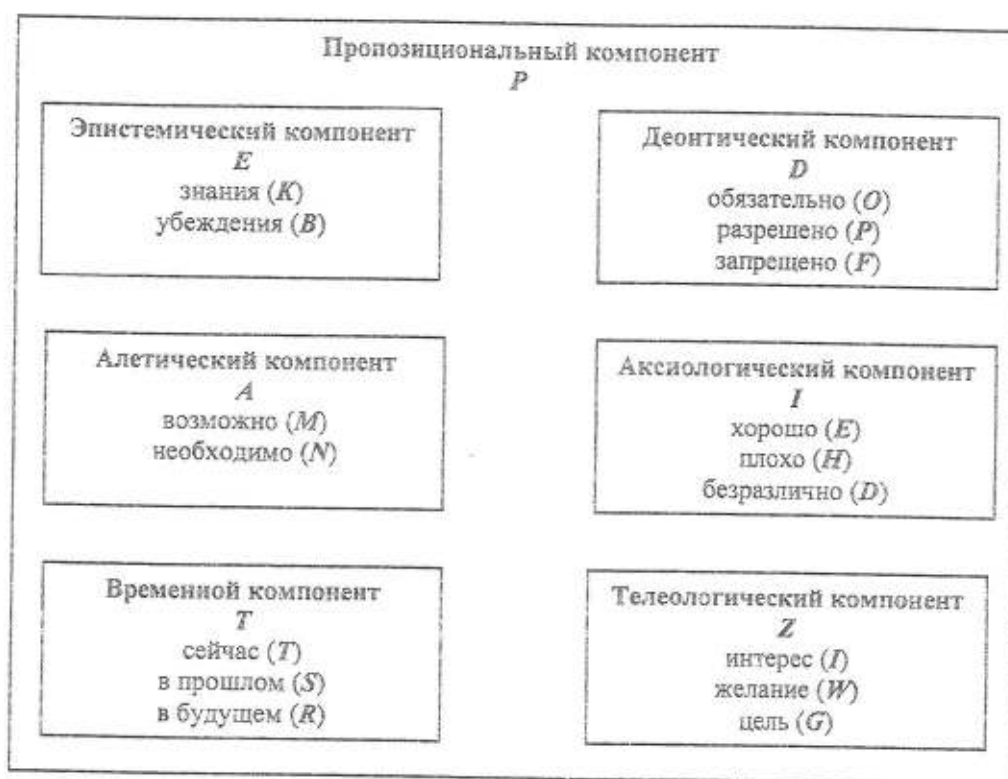


Рис. 1. Компоненты ЛКМ ИА

Каждая из перечисленных составляющих языка *LCL* представляет собой базовое модальное логическое исчисление. В комбинированном языке каждая из модальных компонент является самостоятельно интерпретируемой, в то время как пересечения базовых модальных логик, определяющие взаимосвязи между когнитивными состояниями различных сфер ИА, образуют модальные плоскости [14], интерпретация которых требует реализации специальных методов комбинирования логик.

Поскольку классическую модель «семантики возможных миров» для комбинированных модальных логик использовать невозможно, для уточнения понятия истинности в полученной когнитивной структуре необходимо использовать модифицированную модель Крипке, при этом включив в нее дополнительную компоненту, характеризующую состояние некоторого активного в данный момент мира, называемого «опорной точкой».

Конкретизация «возможных миров» и отношения достижимости между ними предоставляет возможность получить более содержательные семантики, обеспечивая выразительную и адекватную интерпретацию модальных утверждений. Применение подобного подхода позволяет разрешить проблему формирования локальных моделей в рамках заданных ограничений [15]. Использованный способ является по своей сути слиянием логик, при этом имеет место перенос свойств одной семантики в другую.

В работе [16] предложен метод сплетения, когда объединяются семантики двух унимодальных логик и теории доказательств из них сплетаются в комбинированную логику, сохраняя основные свойства обоих компонентов. Основная идея метода состоит в построении моделей обоих компонентов в процессе интерпретации формулы. Серьезной проблемой является не синтаксис комбинированной логики, который может быть простым объединением синтаксиса исходных логик, а необходимость описания моделей и отношений выводимости.

Если в начале некоторой логической формулы имеется модальный оператор, например \diamond_1 , унаследованный из некоторой логики, ее интерпретация производится в два шага – вначале \diamond_1 интерпретируется на соответствующей модели, а затем интерпретируется оставшаяся часть формулы. Если оставшаяся часть формулы также начинается с оператора, соответствующего той же модели (\diamond_1), интерпретация производится без смены модели, иначе оператор вида \diamond_2 интерпретируется на другой модели. Связь моделей выполняется с помощью функции сплетения ϕ , которая и сплетает модели интерпретации в одну комбинированную модель логики.

Функция сплетения ϕ отображает некоторый возможный мир w в другой, w' , подходящий для интерпретации, и устанавливает соответствующее отношение выводимости $\vdash_{\phi(w)}$. Метод сплетения является наиболее мощным, с его использованием можно комбинировать в принципе любые логики.

Семантика комбинированной логики формализуется посредством темпорализации [17] и гибкого сплетения исходных модальных логик, для чего строятся упорядоченные во времени когерентные сегменты «миров» и производится их частичная интерпретация. Получаемое в результате логическое исчисление теряет аксиоматизацию, однако сохраняет выводимость и приобретает необходимую для реализации ЛКМ полноту и выразительную мощь [18].

В данной работе предполагается, что ЛКМ ИА строится на основе языка комбинированной логики LCL. При выборе LCL в качестве базового языка представления знаний становится возможной реализация МСП наблюдаемого множества ПО в форме логической модели.

Построение ЛКМ основано на следующих базовых принципах:

- использовании комбинированных модальных логик;
- точечной или интервальной оценке модальностей по дополняющей шкале;
- моделировании когнитивных состояний ИА с помощью предикатных и итерированных модальных операторов;
- использовании модифицированной «семантики возможных миров», допускающих частичную интерпретацию локальных сегментов «миров»;
- определении мотивации ИА состоянием его знаний и убеждений в рамках принятой системы норм и ценностей;
- замещении точки соотнесения когнитивных состояний ИА для моделирования рефлексивных рассуждений (как минимум, о знаниях и убеждениях других агентов).

Для построения ЛКМ на пространственно-временную модель внешней среды накладывают модель когнитивных состояний ИА. Когнитивные состояния ИА отражают степень его информированности о состоянии пространства перемещения, намерениях, целях, интересах, возможностях, обязательствах своих собственных и окружающих ИА, связанных с процессом принятия решений оператором по управлению ПО.

Структура и особенности модели совместного перемещения ПО. Построение многоагентной модели СДС, образованной совместным движением множества ПО Ob на ограниченном пространстве H под воздействием внешней среды W , производится в соответствии с подходом, представленным в [19].

Выделяется управляемый оператором (или оперирующий) ПО $A_0 \in Ob'$, с позиций которого рассматриваются процессы, протекающие в СДС, и окружающие ПО $A_i \in Ob, i = \overline{1..n}$.

Модель СДС основывается на принципе замещения каждого из ПО множества Ob его моделью – ИА, действующим автономно и асинхронно относительно остальных ИА. Согласно принципу распределенного управления, каждый ПО, отрабатывая свою стратегию перемещения согласно принятой оператором траектории B , изменяет состояние СДС, выполняя те или иные решения оператора.

Совместный поиск каждым ПО из множества Ob' , находящимся на контролируемом пространстве, способов и путей достижения своих целей, приводит к постановке для компьютерной МСП в БИС РВ ПО задачи кооперативного решения проблем.

МСП M_{JM} включает в себя, кроме множества моделей для наблюдаемых ПО, модель контролируемого пространства и модель нормативного регулятора движения (НРД) на заданном пространстве:

$$M_{JM} = \left\{ M_H, M_N, \bigcup_{i=1}^n M_i \right\}, \quad (1)$$

- где M_H – модель контролируемого пространства;
 M_N – модель нормативного регулятора движения;
 M_i – модель i -го ПО;
 n – число наблюдаемых окружающих ПО.

Модель НРД отражает заданные для рассматриваемого класса ПО и заданного пространства H правила перемещения ПО, например, для морских ПО в качестве НРД используются международные правила предупреждения столкновений судов (МППСС-72), для автомобильных ПО – правила дорожного движения (ПДД).

Модель M_N может быть логической, однако для ее реализации недостаточно выразительных возможностей классической логики первого порядка. Одной из подходящих формальных систем для реали-

зации M_N является комбинированная логика, включающая временную, эпистемическую и деонтическую модальности.

Модель контролируемого пространства M_N может быть реализована также в рамках комбинированной пространственно-временной логики.

Необходимо заметить, что воздействия внешней среды (метеорологические, гидрологические и т.д.) в различных точках контролируемого пространства N могут существенно отличаться, поэтому, как правило, производят разбиение пространства N на m непересекающихся сегментов θ_j , $\bigcup_{j=1}^m \theta_j = N$,

оценки параметров воздействий внешней среды $\overline{P_{\theta_j}^W}$, внутри которых предполагаются одинаковыми.

Особенностью МСП ПО является то, что, несмотря на наличие НРД, рекомендаций и правил «здорового смысла», далеко не всегда действия операторов ПО носят рациональный характер и могут быть предсказуемыми. Кроме того, во время работы операторы подвержены воздействию ряда негативных психофизиологических и иных факторов, значительно влияющих на их процессы целеобразования, оценки навигационной ситуации и собственных действий.

Структура модели ИА. Для корректного предсказания возможных действий операторов скружающих ПО A_i и, соответственно, возможных последующих событий в рассматриваемой СДС, необходимо использовать такую модель ИА, которая давала бы возможность максимально воспроизвести ментальную модель оператора с позиций его целеобразования, генерации намерений и оценки возможностей.

Основой для построения МСП ПО на основе МАС является ЛКМ ИА. Модель, соответствующая i -му ПО, является моделью планирующего ИА, и может быть представлена следующим образом:

$$M_i = \left\langle \theta_j, CLS_i, EM_i(t, \theta_j), NM_i(t, \theta_j), MM_i^z(t, CLS_i), Q_i(t), P_i(t), LCM_i(t), CM_i(CLS_i), IS_i(t), SOL_i(t), CTL_i \right\rangle, \quad (2)$$

где $EM_i(t, \theta_j)$ – модель окружения, соответствующая сегменту пространства θ_j , в котором находится ПО A_i в момент времени t ;

$NM_i(t, \theta_j)$ – модель нормативного регулятора движения, соответствующая сегменту пространства θ_j , в котором находится ПО A_i в момент времени t ;

$MM_i^z(t, CLS_i)$ – модель перемещения ПО A_i класса CLS_i с уровнем точности z , используемая в момент времени t ;

$Q_i(t)$ – цель перемещения ПО A_i на момент времени t ;

$P_i(t)$ – план перемещения, обрабатываемый ПО A_i в момент времени t ;

$LCM_i(t)$ – ЛКМ оператора ПО A_i на момент времени t ;

$CM_i(CLS_i)$ – модель взаимодействия ИА соответственно классу ПО CLS_i ;

$IS_i(t)$ – информационная структура ИА в момент времени t ;

$SOL_i(t)$ – решатель ИА, используемый в момент времени t ;

CTL_i – управляющий модуль ИА;

CLS_i – присвоенный ПО A_i класс согласно некоторой предопределенной классификации K [20].

Информационная структура ИА состоит из следующих элементов:

$$IS_i = \left\langle DB_i, KB_i, \langle MM_i^z \rangle, \langle LCM_i \rangle, Q_i, P_i, U_i \right\rangle, \quad (3)$$

где $\langle MM_i^z \rangle$ – библиотека моделей перемещения ПО A_i с различными уровнями точности z ;

$\langle LCM_i \rangle$ – библиотека доступных ЛКМ оператора ПО A_i ;

Q_i – библиотека целей и траекторий перемещения ПО A_i ;

P_i – библиотека планов и сценариев управляющих воздействий ПО A_i ;

U_i – множество возможных управляющих воздействий ПО A_i ;

KB_i – база знаний ИА, включающая фрагменты знаний о проблемной области, доступных для использования текущим решателем SOL_i ;

DB_i – база данных ИА, включающая картографическую, навигационную и иную информацию.

В процессе перемещения ПО их модели-ИА могут образовывать временные (поскольку их состав изменяется во времени) структуры – группы и ассоциации.

Группы образуются ИА, которые реализуют совместные координируемые извне или одним из ИА планы перемещения для достижения одних и тех же целей, что необходимо для моделирования групповых действий и маневров.

Некоторая k -я группа ИА может быть представлена следующим образом:

$$GRP_k = \langle \Phi_k, \langle R_k \rangle, \mathfrak{R}_k, \langle C_k \rangle, \Theta_k, Q_k, P_k \rangle, \quad (4)$$

- где $\langle R_k \rangle$ – множество возможных ролей (позиций) в k -й группе, $\langle R_k \rangle = \{rol_1^k, rol_2^k, \dots, rol_x^k\}$;
 $\langle C_k \rangle$ – множество отношений между ПО в k -й группе, $\langle C_k \rangle = \{rel_1^k, rel_2^k, \dots, rel_y^k\}$;
 Φ_k – структура k -й группы, $\Phi_k = \{A_{1k}, A_{2k}, \dots, A_{mk}\}$;
 \mathfrak{R}_k – функция распределения ролей между ПО в k -й группе;
 Θ_k – функция, задающая отношения $\langle C_k \rangle$ на структуре Φ_k ;
 Q_k – групповая цель k -й группы;
 P_k – групповой план k -й группы.

Ассоциации образуются теми ИА, которые с точки зрения оперирующего ПО A_0 , моделируют ПО одного и того же класса. Некоторая l -я ассоциация ИА может быть представлена следующим образом:

$$ASS_l = \langle \Phi_l, \langle C_l \rangle, \Theta_l \rangle, \quad (5)$$

- где Φ_l – структура l -й ассоциации, $\Phi_l = \{A_{1l}, A_{2l}, \dots, A_{ml}\}$;
 $\langle C_l \rangle$ – множество отношений между ПО в l -й группе, $\langle C_l \rangle = \{rel_1^l, rel_2^l, \dots, rel_y^l\}$;
 Θ_l – функция, задающая отношения $\langle C_l \rangle$ на структуре Φ_l .

Структура МАС для построения МСП ПО может быть представлена следующим образом:

$$MAS = \langle \Phi, \Phi_G, \Phi_A, K, D, \langle NM \rangle, SC, \langle CM \rangle, COM \rangle, \quad (6)$$

- где Φ – структура МАС, $\Phi = \{A_0, A_1, A_2, \dots, A_n\}$;
 Φ_G – групповая структура МАС, $\Phi_G = \{GRP_1, GRP_2, \dots, GRP_k\}$;
 Φ_A – ассоциативная структура МАС, $\Phi_A = \{ASS_1, ASS_2, \dots, ASS_l\}$;
 K – система классификации, заданная для СДС;
 D – функция диагностирования состояния СДС, использующая подсистему интеллектуальной диагностики БИС РВ;
 $\langle NM \rangle$ – библиотека моделей нормативных регуляторов движения для СДС;
 SC – система критериев управления ПО в рассматриваемой СДС;
 $\langle CM \rangle$ – библиотека моделей взаимодействия ИА;
 COM – модуль взаимодействия ИА МАС.

Модель взаимодействия ИА в МАС CM представима как:

$$CM = \langle \Pi, L, \Xi \rangle, \quad (7)$$

- где Π – протокол взаимодействия ИА;
 L – язык взаимодействия ИА;
 Ξ – канал связи ИА.

Цикл функционирования ИА. Общее управление функционированием ИА осуществляется управляющим модулем ИА *CTL* в цикле следующим образом:

- периодический мониторинг контролируемого пространства H , осуществляемый комплексом технических средств, позволяет определить параметры внешней среды P^W , параметры пространства P^H и параметры окружающих ПО P^i , в результате чего обновляется модель окружения EM ;
- окружающие ПО классифицируются с использованием системы классификации K , состояние СДС диагностируется с помощью функции диагностики D ;
- текущий решатель ИА *SOL* на основе полученного результата диагностики с помощью текущей ЛКМ *LCM*, текущей модели окружения EM , текущей модели нормативного регулятора движения *NM* определяет цели перемещения Q и соответствующую им траекторию перемещения B ;
- планировщик ИА *PLN*, используя текущую модель перемещения ПО MM^2 , на основе принятой траектории и цели строит план перемещения P ;
- текущий решатель ИА *SOL* производит анализ возможных планов, реализуемых окружающими ПО, и их целей, соответственно обновляется база знаний ИА *KB*;
- эффектор ИА *EFF*, используя множество возможных управляющих воздействий U , выполняет заданный план перемещения P ;
- текущий решатель ИА *SOL* анализирует состояние СДС на основе системы критериев SC , в результате принимается решение по выбору из соответствующих библиотек новых текущих моделей перемещения ПО MM^2 , окружения EM , нормативного регулятора движения *NM*, ЛКМ *LCM*;
- на основе имеющихся в текущем решателе ИА *SOL* средств обучения производится обновление ЛКМ *LCM* и базы знаний ИА *KB*;
- на основе модели взаимодействия CM выполняется обмен информацией с другими ИА, входящими в состав МАС;
- из множества имеющихся в наличии выбираются подходящий механизм решателя *SOL* и модель взаимодействия CM .

Поскольку имеющиеся библиотеки позволяют для каждого цикла функционирования ИА подбирать необходимые модели, методы и механизмы, а средства обучения предоставляют возможность ИА обновлять библиотеки, МАС, выполненная согласно предложенной архитектуре, дает возможность осуществлять в БИС РВ эволюционное управление движением ПО.

Основные результаты и выводы. Предложенный подход к построению МСП ПО на основе МАС с использованием логико-когнитивной модели ИА позволяет исследовать задачи коллективного взаимодействия ПО при их совместном движении, решать задачи прогнозирования возможных перемещений ПО в рамках полиэргатических СДС, осуществлять информационную поддержку принятия решений операторами ПО, что позволяет избавиться от информационных и временных перегрузок операторов, снизить зависимость качества управления ПО от их психофизиологических и эвристических характеристик. Предложенные структура МСП и модель ИА, а также алгоритм цикла функционирования управляющего модуля ИА могут быть использованы в разработке БИС РВ ПО.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Топалов В.П. К проблеме человеческого фактора в судоходстве / В.П. Топалов, В.Г. Торский, Ю.В. Торский // Судовождение. – 2004. – Вып. 8. – С. 94-102.
2. Пупков К.А. Интеллектуальные системы / К.А. Пупков, В.Г. Коньков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 348 с.
3. Нечаев Ю.И. Концептуальные основы создания бортовых интеллектуальных систем / Ю.И. Нечаев // информационно-измерительные и управляющие системы. – 2006. – № 9. – Ч. 2.: Корабельные системы. – С. 39-49.
4. Быков Э.Б. Самоорганизующиеся системы управления судовыми техническими средствами / Э.Б. Быков, И.И. Туркин // Рациональное управление предприятием. – 2007. – № 1. – С. 74-76.
5. Сиек Ю.Л. Принципы синтеза интеллектуальных систем управления морскими динамическими объектами / Ю.Л. Сиек, Соз Мин Лвин // Искусственный интеллект. – 2009. – № 4. – С. 448-456.
6. Шерстюк В.Г. Принципы интеллектуальной поддержки принятия решений по управлению движением судна // В.Г. Шерстюк / Вестник ХНТУ. – 2009. – № 3(36). – С. 133-141.
7. Шерстюк В.Г. Гибридная интеллектуальная СППР для управления судном / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень // Искусственный интеллект. – 2008. – № 3. – С. 490-500.
8. Liu Y. A Multiagent-Based Simulation System for Ship Collision Avoidance / Y. Liu, C. Yang // Lecture Notes in Computer Science. – 2007. – No. 4681. – pp. 316-326.

9. Вагущенко Л.Л. Мультиагентный подход к решению задачи расхождения судов / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко // Судовождение. – 2008. – Вып. 15. – С. 35-43.
10. Дмитриев С.П. Синтез безопасных траекторий расхождения судов с использованием методов искусственного интеллекта / С.П. Дмитриев, Н.В. Колесов, А.В. Осипов // Судостроение. – 2000. – № 3. – С. 39-42.
11. Шерстюк В.Г. Моделирование навигационных ситуаций на основе логико-когнитивных агентов // В.Г. Шерстюк / Вестник ХНТУ. – 2009. – № 1(34). – С. 24-30.
12. van Linder B. Modal Logics for Rational Agents / B. van Linder // PhD thesis. – Utrecht, Holland: Utrecht University, 1996.
13. Ишмуратов А.Т. Логический анализ практических рассуждений / А.Т. Ишмуратов. – К.: Наукова думка, 1987. – 138 с.
14. Шерстюк В.Г. Аксиоматизация сплетения модальных логик для представления знаний интеллектуального агента / В.Г. Шерстюк, А.П. Бень, Л.Н. Радванская // Вестник ХНТУ. – 2001. – № 3(12). – С.316-321.
15. de Rijke M. Model checking for combined logics with an Application to Mobile Systems / M. de Rijke, M. Franceschet, A. Montanari // Automated Soft. Eng. – 2003. – Vol. 11. – No. 3. – pp. 289-321.
16. Gabbay D. Fibred Semantics and the Weaving of Logics / D.M. Gabbay // J. Symbolic Logic. – 1996. – Vol. 61. – No. 4. – pp. 1057-1120.
17. Gabbay D. Adding a Temporal Dimension to a Logic System / D.M. Gabbay, M. Finger // J. of Logic, Language and Information. – 1993. – Vol. 1. – No. 3. – pp. 203-233.
18. Bennett B. Combinations of Modal Logics / B. Bennett, C. Dixon, M. Fisher, U. Hustadt, E. Franconi, I. Hogrocks // AI Review. – 2002. – Vol. 17. – No. 1. – pp. 1-20.
19. Шерстюк В.Г. Постановка задач бортовой интеллектуальной системы управления морскими подвижными объектами // В.Г. Шерстюк / Вестник ХНТУ. – 2010. – № 1 (37). – С. 208-218.
20. Шерстюк В.Г. Классификация целей в бортовой интеллектуальной системе управления морского подвижного объекта / В.Г. Шерстюк // Вестник ХНТУ. – 2010. – № 2 (38). – С. 172-179.

ШЕРСТЮК Владимир Григорьевич – к.т.н., доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– интеллектуальные системы принятия решений реального времени, принятие решений по прецедентам, мультиагентные системы, мультимодальные и комбинированные логические системы представления знаний.

ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 6641.038/339.13

Н.А. Власенко, В.О. Короленко, О.В. Стоянова

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ВИРОБНИЦТВА КОНСЕРВІВ «ІКРА БАКЛАЖАННА»

В літературі наводяться дані використання замороженої сировини для консервування при виготовленні компотів, у соковому виробництві. В наведеній статті приведено результати виготовлення «Ікри баклажанної» із замороженої сировини, яка перед обсмажуванням не піддавалася дефростації. Вивчення показників конкурентоспроможності вказаної технології виробництва «Ікри баклажанної» довело, що впровадження технології, яка вивчалася, дозволяє підвищити техніко-економічні показники роботи підприємства, що сприяє підвищенню його конкурентоспроможності.

Вступ. За споживчими властивостями та медико-профілактичною дією на організм баклажани – досить цінна у багатьох аспектах сировина. Актуально це ще й тому, що протягом короткого сезону вистигають майже всі овочі, людина фізіологічно не здатна спожити за короткий час відповідну норму кожного з овочів. Однак обмежений термін споживання і переробки у свіжому вигляді не дають змоги використовувати їх упродовж тривалого часу. За звичайного зберігання на овочевих складах вони зазнають значних втрат. Отож, пріоритетним є зберігання зазначених овочів замороженими. До того ж, морфологічні ознаки даної сировини, її хімічний склад доводять придатність до заморожування тривалий час.

У світовій практиці заморожування достатньо поширене і активно застосовується, тому що дає змогу подовжити термін споживання овочів у натуральному вигляді й більш повно завантажити консервні підприємства.

Стан вивчення проблеми. Дослідження проблеми подовження сезону переробки баклажанів за допомогою заморожування аналізувалося вченими різних країн. У літературі наводяться дані використання замороженої сировини для консервування при виготовленні компотів, у соковому виробництві [1]. Дослідження проблеми подовження сезону переробки баклажанів за допомогою заморожування аналізувалося вченими Таврійської державної агротехнічної академії. В.Ф. Ямпачик та інші докладно вивчали фактори, що впливають на процес заморожування, зберігання та дефростації сировини [2].

Дана наукова робота полягає у розробці технологічної схеми виробництва консервів «Ікра баклажанна» з замороженої сировини, аналізуються зразки сировини, дефростованої різними способами, а також недефростованої сировини, оскільки за аналізованими показниками саме ця сировина має оптимальні показники. Також наведено ряд економічних показників за даною технологією та їхнє обґрунтування.

Мета дослідження. Метою дослідження є вивчення проблеми використання заморожених баклажанів для виробництва «Ікри баклажанної».

Для досягнення мети було поставлено основні задачі:

1. Вивчити вплив методів дефростації та використання дефростованої та недефростованої сировини при обсмажуванні баклажанів.

2. Проаналізувати якісні показники обсмаженої сировини:

- а) видиме усмажування;
- б) дійсне усмажування;
- в) процент всмоктування олії.

3. Виготовити консерви з різної сировини та проаналізувати їх якість.

Об'єктом дослідження є консерви «Ікра баклажанна» з свіжої сировини та заморожених баклажанів (недефростованих і дефростованих).

Предметом дослідження є аналіз методів дефростації, структурно-механічних властивостей обсмаженої сировини, вміст сухих речовин, аналіз процесу обсмажування та аналіз обсмаженої сировини, органолептичних та фізико-хімічних показників, та визначення коефіцієнту конкурентоспроможності.

Методика досліджень. Процес тривалого зберігання баклажанів є складним процесом. Під час зберігання відбуваються зміни фізико-механічних показників якості овочів при заморожуванні, також

значні зміни спостерігаються і при дефростації. Методи дослідження представлені стандартними методами експериментальних досліджень:

- органолептичні та інструментальні методи оцінки показників якості баклажанів ГОСТ 8756.1-89;
- визначення загального вмісту сухих речовин у свіжій і обсмаженій сировині методом висушування згідно ГОСТ 29031-91;
- аналітичний метод визначення ступеня видимого і дійсного обсмажування;
- аналіз фізико-хімічних показників: метод визначення вмісту жиру ГОСТ 8756.21-89,
- аналіз економічних показників.

Викладення основного матеріалу. У процесі роботи було проаналізовано дефростовані і недефростовані зразки сировини, контрольним зразком є свіжа незаморожена сировина. Дефростація проводилася повітрям і водою. Після аналізу різні зразки були використані для виготовлення консервів «Ікра баклажанна» за стандартною схемою. Наприклад, технологічна схема виготовлення консервів із замороженої недефростованої сировини представлена нижче (Рис.1):

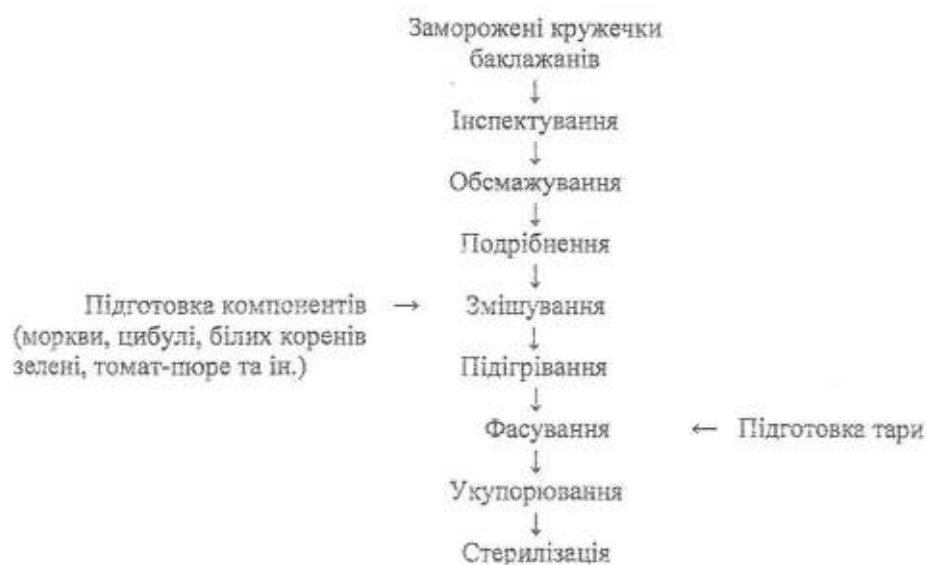


Рис.1. Технологічна схема виробництва консервів «Ікра баклажанна» з недефростованої сировини

При виробництві овочевих закусочних консервів основне місце займає процес обсмажування. Обсмажування проводять для того, щоб овочі набули специфічного приємного смаку та аромату, підвищення калорійності продукту за рахунок видалення вологи з овочів і заміщення її певною кількістю олії.

При обсмажуванні відбувається усадка овочів за рахунок коагуляції білкових речовин. По мірі видалення вологи зменшуються об'єми зразків і еластичність клітин, з'являється пружність, а потім і жорсткість усієї системи, збільшується шпаруватість овочів. По мірі видалення вологи і зменшення об'єму зразків унаслідок плазмолізу їх клітин і коагуляції білків клітинних стінок структура тканин значно змінюється. Втрачається пружність тканин, клітини стискаються і клітинна будова стає нерозбірливою; у товщі тканин утворюються окремі порожнини, частково заповнені жиром. По мірі видалення вологи тканина овочів ущільнюється, стає сухою, а на поверхні утворюється скоринка, за кольором якої визначається візуально ступінь обсмаження. Скоринка утворюється в результаті підсушування верхнього шару продукту, реакції меланоїдиноутворення, незначної карамелізації вуглеводів (крохмалю та цукрів) і незначної деструкції клітковини при наявності солей органічних кислот, білків та інших складних речовин. Якщо всмоктування олії у готовий продукт і видалення частини вологи можна виконати будь-яким іншим технологічним способом, то процес утворення скоринки, що має специфічний смак смаженої сировини, відбувається тільки під час обсмажування овочів у рослинній олії. Скоринка надає продукту не тільки приємний зовнішній вигляд, специфічний смак і аромат, але і зберігає форму шматочка, захищаючи його від деформацій.

Після обсмажування зразки овочів здобули органолептичної оцінки. В них було визначено видиме і дійсне усмажування. Найбільші зміни відбулися з кружечками баклажанів, що дефростувалися у повітрі, вони мали найменшу пружність, значно збільшилася шпаруватість овочів. Це знайшло своє відображення і при аналізі видимого і дійсного усмажування. Вказані зміни можна пояснити значними втратами вологи при дефростації.

Кружечки, дефростовані водою, мали не досить яскраву скоринку. Показники усмажування були низькими. Це можна пояснити значною кількістю вологи, що увібралася при дефростації. Найкращі показники мали обсмажені кружечки з недефростованої сировини. Див. табл. 1 та табл. 2.

З обсмажених баклажанів було виготовлено ікру баклажанну, розфасовану у банки 1-82-500 і через місяць зберігання було проведено аналізи, як фізико-хімічні, так і органолептичні.

Таблиця 1

Визначення видимого і дійсного усмажування

Вид сировини	Свіжа сировина	Сировина, дефростована повітрям	Сировина, дефростована водою	Недефростована сировина
Видиме усмажування, %	32,0	34,1	30,8	32,3
Дійсне усмажування, %	39,4	39,2	38,4	39,6

Таблиця 2

Органолептична оцінка обсмажених баклажанів

Сировина	Зовнішній вигляд	Консистенція	Колір	Аромат	Смак	Загальна оцінка бали
1. Свіжі баклажани	4,9	4,8	4,9	5,0	5,0	4,92
2. Баклажани дефростовані повітрям	4,5	4,5	4,9	4,9	4,8	4,74
3. Баклажани дефростовані водою	4,6	4,6	4,9	4,9	4,8	4,78
5. Баклажани недефростовані	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	4,8

При дегустації «Ікри баклажанної», виготовленої із замороженої сировини, найвищу органолептичну оцінку отримала ікра, виготовлена із недефростованої обсмаженої сировини. Ікра, що була виготовлена із сировини, дефростованої повітрям, мала темно-коричневий колір, інші зразки мали світло-коричневий колір. В ікрі, виготовленій із сировини, дефростованої у воді, недостатня кількість жиру, це може бути пов'язано з тим, що для обсмажування сировини, дефростованої у воді, недостатньо часу на обсмажування, що передбачено за інструкцією. Показники якості «Ікри баклажанної» наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Показники якості «Ікри баклажанної»

Вид	Показники (сировини і консервів)	«Ікра баклажана», виготовлена із свіжої сировини	«Ікра баклажанна», виготовлена із замороженої сировини		
			Недефростована	Дефростована у воді	Дефростована у повітрі
Сировина	Видиме усмажування сировини, %	32,0	34,1	30,8	32,3
	Дійсне усмажування сировини, %	39,4	39,2	38,4	39,6
	Всмоктуваність олії, %	12,2	12,3	11,4	13,6
Консерви	Вміст сухих речовин, %	24,1	24,0	23,4	24,5
	Вміст жиру, %	9,5	9,4	8,8	9,8
	Смак	5,0	4,9	4,8	4,8
	Колір	4,9	4,9	4,9	4,9

Згідно з даними табл. 1, табл. 2, табл. 3 найбільш конкурентоспроможною (за показником якості) є «Ікра баклажанна», виготовлена зі свіжої сировини та «Ікра баклажанна», виготовлена із замороженої

сировини, недефростованої. З наведених даних видно, що «Ікра баклажанна», виготовлена із замороженої сировини, недефростованої, по деяким показникам дещо програс «Ікрі баклажанній», виготовленій із свіжої сировини (видиме усмажування сировини, всмоктуваність олії, вміст сухих речовин, смак), а по деяким показникам не відстає або має кращі показники (дійсне усмажування сировини, вміст жиру, колір). Тому для більш повного аналізу необхідно розрахувати коефіцієнт якості та коефіцієнт техніко-економічних показників, а на основі названих коефіцієнтів – коефіцієнт конкурентоспроможності.

Для розрахунку коефіцієнту якості необхідно визначити спочатку відхилення показників якості продукції «Ікра баклажанна», виготовлена зі свіжої сировини та «Ікра баклажанна», виготовлена із замороженої сировини, недефростованої (розрахунок наведено у табл. 4) та коефіцієнту вагомості показників якості (розрахунок наведено у табл. 5).

Таблиця 4

Показники (сировини і консервів)	Індекс	Варіант		Коефіцієнт відхилення
		«Ікра баклажана» виготовлена із свіжої сировини	«Ікра баклажанна», виготовлена із замороженої сировини, недефростованої	
Видиме усмажування сировини, %	X ₁	32,0	34,1	0,938
Дійсне усмажування сировини, %	X ₂	39,4	39,2	1,005
Всмоктуваність олії, %	X ₃	12,2	12,3	0,992
Вміст сухих речовин, %	X ₄	24,1	24,0	0,996
Вміст жиру, %	X ₅	9,5	9,4	1,011
Смак	X ₆	5,0	4,9	0,980
Колір	X ₇	4,9	4,9	1,000

Таблиця 5

Показники								1 – й крок		2 – й крок	
X	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	v _i	K _{Вi}	v _i *	K _{Вi} *
X ₁	1,0	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	4,5	0,092	29,00	0,091
X ₂	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	0,5	7,0	0,143	44,50	0,140
X ₃	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5	0,5	0,5	7,5	0,153	47,25	0,148
X ₄	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	5,5	0,112	35,75	0,112
X ₅	1,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	5,5	0,112	34,50	0,108
X ₆	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0	0,204	68,5	0,215
X ₇	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,0	9,0	0,184	59,00	0,186
Всього								49	1,000	318,5	1,000

Коефіцієнти вагомості показників якості продукції, яка досліджувалась, розраховувались на основі експертної оцінки спеціалістів кожного наведеного показника якості окремо та при порівнянні останніх.

Таблиця 6

Коефіцієнт якості продукції				
Показники (сировини і консервів)	Індекс	Коефіцієнт відхилення	Пріоритет показника	Загальне значення
Видиме усмажування сировини, %	X ₁	0,938	0,091	0,0854
Дійсне усмажування сировини, %	X ₂	1,005	0,140	0,1407
Всмоктуваність олії, %	X ₃	0,992	0,148	0,1468
Вміст сухих речовин, %	X ₄	0,996	0,112	0,1116
Вміст жиру, %	X ₅	1,011	0,108	0,1092
Смак	X ₆	0,980	0,215	0,2107
Колір	X ₇	1,000	0,186	0,1860
Всього			1,000	0,9904

З табл. 6 видно, що «Ікра баклажана», виготовлена із замороженої сировини, дещо уступає по коефіцієнту якості (0,9904 < 1,0000) «Ікри баклажанній», виготовленій зі свіжої сировини, однак це складає всього 0,96 %.

Таблиця 7

Коефіцієнт економічної доцільності					
Показники (сировини і консервів)	«Ікра баклажана», виготовлена із свіжої сировини	«Ікра баклажана», виготовлена із замороженої сировини, недефростованої	Коефіцієнт відхилення	Пріоритет показника	Загальне значення
Випуск продукції, млн. фізичних банок	4,50	11,25	2,500	0,178	0,4450
Собівартість продукції, %	100,0	105,1	0,951	0,411	0,03929
Прибуток, %	100,00	310	3,100	0,411	1,2741
Всього				1,000	2,1100

Для більш повного аналізу конкурентоспроможності виробництва треба також розрахувати техніко-економічні показники. Слід відмітити, що використання замороженої сировини дозволяє подовжити сезон переробки сировини та збільшити обсяги виробництва продукції, що користується попитом. Так, сезон виробництва «Ікри баклажанної», виготовленій зі свіжої сировини, триває приблизно

60 діб, в той час, як використання замороженої сировини дозволяє подовжити сезон переробки сільськогосподарської сировини ще приблизно на 90 діб. Випуск продукції, при цьому зростає з 4,50 млн. штук фізичних банок 1-82-250 до 11,25 млн. штук фізичних банок, що дозволить отримати додатковий дохід, при цьому ціна продукції залишається постійною. Також це дає додатковий час роботи робітників підприємства, що також треба враховувати. Однак негативними факторами являються: зріст чисельності працюючих (з іншого боку, ріст працюючих зменшує відсоток безробітних), збільшення вартості основних виробничих фондів, незначне збільшення собівартості за рахунок додаткових витрат, таких як – утримання та експлуатація морозильного обладнання та обладнання для зберігання замороженої сировини, заробітна плата та відрахування від неї додатковим працівникам, витрати електроенергії на заморожування та зберігання сировини для подальшої переробки.

Розрахунки техніко-економічного коефіцієнту конкурентоспроможності, що також свідчить про доцільність впровадження технології, наведено у табл. 7.

Як видно з розрахунків, наведених в табл. 7, коефіцієнт економічної доцільності складає 2,11, що свідчить про те, що використання замороженої сировини дозволяє значно підвищити ефективність роботи підприємства. Враховуючи дані, наведені в табл. 6 та табл. 7, можна знайти конкурентоспроможності виробництва, який в даному випадку буде складати 2,08. Оскільки $2,08 > 1,00$, то отриманий коефіцієнт конкурентоспроможності свідчить про доцільність використання технології, що вивчалася.

Висновки:

1. Вивчено вплив методів дефростації на виробництво «Ікри баклажанної».
2. При дегустації «Ікри баклажанної», виготовленої із замороженої сировини, найвищу органолептичну оцінку отримала ікра, виготовлена із недефростованої обсмаженої сировини.
3. Впровадження технології, що вивчалася, дозволяє підвищити техніко-економічні показники роботи підприємства, що сприяє підвищенню його конкурентоспроможності.
4. Коефіцієнт конкурентоспроможності виробництва говорить про доцільність використання названої технології, що приводить до зростання конкурентоспроможності консервного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Технология консервирования плодов, овощей, мяса и рыбы / Под ред. Б.Л.Флауменбаум, – М.: Колос, 1993. – 320 с.
2. Обґрунтування способів заморожування і дефростації плодоовочевої продукції / В.Й. Іванченко, А.С. Модонкаєва, В.Ф. Ялпачик, К.М. Стручаєв, Н.П. Загорко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь. – 2001. – Т. 25. Вип.1 – С. 59-69.
3. Бойко В.М., Борисенко І.П. Роль інноваційної продукції для конкурентоспроможності підприємств. // Наукові праці. Проблеми соціально-економічного розвитку регіонів у контексті сучасних процесів міжнародної інтеграції. ХНТУ. 2008. – С. 19-25.
4. Власенко Н.А., Власенко А.Л. Аналіз українського ринку споживання консервів та доцільність використання кріотехнологій при їх виготовленні. // Наукові праці. Проблеми соціально-економічного розвитку регіонів у контексті сучасних процесів міжнародної інтеграції. ХНТУ. 2008. – С. 34-40.

ВЛАСЕНКО Наталія Анатоліївна – к.т.н., доцент кафедри менеджменту та маркетингу Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– підвищення ефективності використання основних фондів переробних підприємств.

КОРОЛЕНКО Віра Опанасівна – к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– нові технології консервування плодів і овочів.

СТОЯНОВА Ольга Вікторівна – к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– використання замороженої сировини у консервному виробництві.

УДК 504.4.054

М.О. Заїка, Л.О. Яришкіна

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАПОРІЗЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЯК ДЖЕРЕЛА ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Досліджується придатність використання Запорізького водосховища як джерела питного водопостачання та водойми рибогосподарчого користування в світлі забруднення останньої такими важкими металами як марганець і залізо.

Вступ. Дніпро, як основна водна артерія України, що разом зі створеними на ньому водосховищами забезпечує до 75 % потреби країни в прісній воді перебуває в центрі уваги фахівців більше 80 років.

Вивчення складу та якості води Запорізького водосховища почалися ще до зарегулювання р. Дніпро. Так, в 1927-1937 р.р. у зв'язку із проектуванням і будівництвом на порожистій частині ріки першого на Дніпрі водосховища Дніпрогес Запорізького (відомого як Дніпровське або оз. Леніна) тут було розпочато комплексні гідробіологічні й іхтіологічні дослідження. Це дозволило не тільки одержати гідрологічні, гідрохімічні й гідробіологічні виміри різноманітних показників ріки на ділянці майбутнього водосховища, але й розробити рекомендації з екологічно обґрунтованого режиму експлуатації останнього [1]. Але руйнування водосховища в роки Великої Вітчизняної війни, відновлення у післявоєнні, утворення вищих та нижчих за течією Дніпра водосховищ з 60-х років призвело до корінних змін як у гідрологічному режимі водойми, так і до зміни якості води в ній.

Та все ж найбільшим фактором зміни якості води водосховища став прямий вплив техногенного (скидання стоків), а також ландшафтного, атмосферного та інших забруднень. Перевага в структурі господарського комплексу української частини басейну р. Дніпро гірської, металургійної, хімічної, енергетичної, агропромислової, водномеліоративної та ін. галузей промисловості обумовлює значний техногенний тиск на хімічні параметри водозбірних ландшафтів і поверхневого стоку [2]. Вивчення цих змін важливо для розробки наукових основ охорони від забруднення водних ресурсів, у тому числі водосховищ – складних екологічних систем, що накопичують та перерозподіляють водний стік річок. Але оптимальне планування використання води Запорізького водосховища в різноманітних галузях народного господарства потребує об'єктивної оцінки можливостей використання його як джерела питного водокористування, як водойми рибогосподарського призначення або господарського-побутового використання на основі принципів комплексності та обліку часткового внеску окремих складових, утворюючих навантаження на водні екосистеми [3]. І тут особливої уваги заслуговує всезростаюче забруднення водосховища важкими металами [4, 5], сполуки яких є неодмінними компонентами поверхневих вод суходолу й значною мірою впливають на якість водного середовища й функціонування водних екосистем. Багато з них мають мутагенні й канцерогенні властивості [6].

Аналіз попередніх досліджень. Дослідження важких металів у поверхневих водах України, що проводилися раніше, обмежувалися, головним чином, визначенням їхнього загального вмісту й співвідношенням завислих і розчинених форм. Безумовно, результати цих досліджень дозволяють оцінити рівень забруднення водойм сполуками важкими металами, але також є фундаментом для подальшого визначення можливих шляхів трансформації цих важливих компонентів і встановлення рівня їхньої небезпеки для водних тварин і рослин. Крім того, інформація щодо загального вмісту важких металів у воді є складовою для оцінки самоочисної здатності водної маси, а також її потенційної здатності до детоксикації [7]. На Запорізькому водосховищі вивчення динаміки важких металів було включено в комплекс гідрохімічних досліджень з 1969 року. Першочергово для детального дослідження було обрано саме марганець, як біометал природного походження [3]. Серед важких металів марганець, як і залізо, належить до числа тих, що грають важливу роль у формуванні якості води й функціонуванні водних екосистем. Їх часто відносять до групи біоелементів, оскільки ці метали беруть участь у багатьох важливих фізіологічних процесах, що протікають в організмі як гідробіонтів, так і людини. Однак їхні високі концентрації нерідко приводять до погіршення якості води, особливо при її використанні в питному водопостачанні, і створюють певні перешкоди в технологічному циклі водопідготовки. У великих кількостях і марганець, і залізо є типовими забруднюючими елементами природних вод, і поряд з іншими важкими металами можуть бути причиною гноблення життєвих функцій організмів і зниження біопродуктивності водойм. Ступінь їх впливу на життєдіяльність гідробіонтів значною мірою залежить від їх фізико-хімічного стану у водному середовищі. Останнє має істотне значення й відносно міграційної рухливості обох металів, їх накопичення й розподілу серед найбільш важливих компонентів водних екосистем (вода, донні відкладення, біота). Дослідження знаходження металів, включаючи

розглянуті, у поверхневих водах є досить актуальною проблемою, тому ступінь вивченості обох металів у Запорізькій водоймі досить високий. Поряд із цим слід зазначити, що численні дані щодо концентрацій заліза й марганцю, наведені різними лабораторіями, різних інстанцій для можливості зіставлення потребують кореляційної обробки. У даній роботі представлено результати узагальнення та систематизації існуючих даних спостережень за концентрацією вище вказаних металів, а також власні дослідження авторами сучасної ситуації забруднення водосховища в районі впливу на водойму міста Дніпропетровськ.

Мета роботи. Метою роботи стало визначення придатності використання Запорізького водосховища як джерела питного водопостачання та рибогосподарчої водойми в світлі забруднення останньої такими важкими металами, як марганець і залізо. Так, завданням роботи стало дослідження динаміки рівня забруднення води вище вказаними металами за останні сорок років та визначення нинішнього рівня концентрації металів у воді водосховища.

Матеріал та результати досліджень. У ході роботи було визначено:

- динаміку рівня середньорічних концентрацій марганцю з метою виявлення залежності середнього рівня забруднення води Запорізького водосховища від розвитку гідротехнічного будівництва та зростання рівня антропогенного навантаження на навколишнє середовище;

- динаміку рівня величини співвідношення середньорічних концентрацій у водоймі заліза і марганцю для визначення зміни рівня токсичності марганцю по відношенню до гідробіотів з розвитком гідротехнічного будівництва та зростання рівня антропогенного навантаження на навколишнє середовище;

- динаміку рівня концентрацій заліза і марганцю в воді водозаборів Дніпропетровська з метою визначення придатності використання Запорізького водосховища як джерела питного водопостачання та рибогосподарчої водойми.

Для виявлення залежності забруднення води від зарегулювання стоку та промислового розвитку регіону було зібрано та проаналізовано дані середньорічних рівнів концентрації марганцю в водах Запорізького водосховища за всі роки проведення подібних досліджень, а саме за останні чотири десятиріччя. Грубе усереднення даних не дає характеристики забруднення водойми, проте чітко демонструє загрозливу тенденцію наближення рівнів забруднення до граничних для нормального функціонування водосховища і яскраво демонструє вплив промислового розвитку країни і регіону в цілому (рис.1).

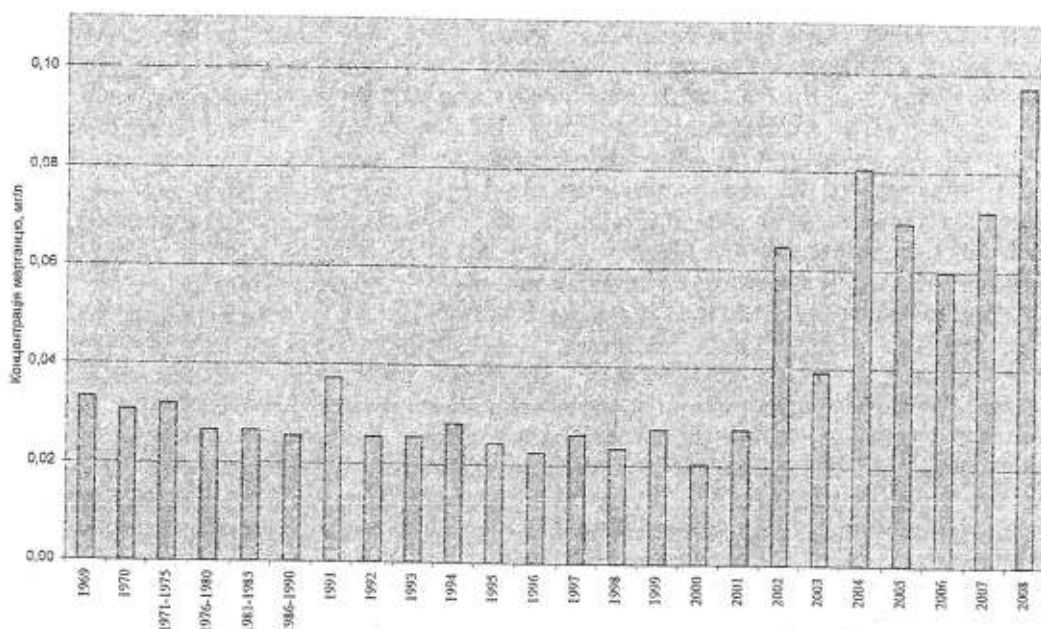


Рис. 1. Середньорічні показники концентрації марганцю у воді Запорізького водосховища

Досліджуючи загальну ситуацію забруднення водосховища, і в особливості важкими металами, не можна не зазначити особливість останніх змінювати ступінь токсичності в залежності від ряду інших супутніх факторів. І марганець не є винятком: він сприяє переходу активного Fe(II) в Fe(III), що охороняє клітину від отруєння, так величина відношення рівнів концентрацій марганцю і заліза впливає на зміну токсичності останнього для гідробіотів, у тому числі і фітопланктону.

Для висвітлення ступеню впливу вищевказаного фактору було зібрано дані щодо середньорічних концентрацій заліза і марганцю в воді Запорізького водосховища, та розраховано співвідношення Fe/Mn (рис. 2).

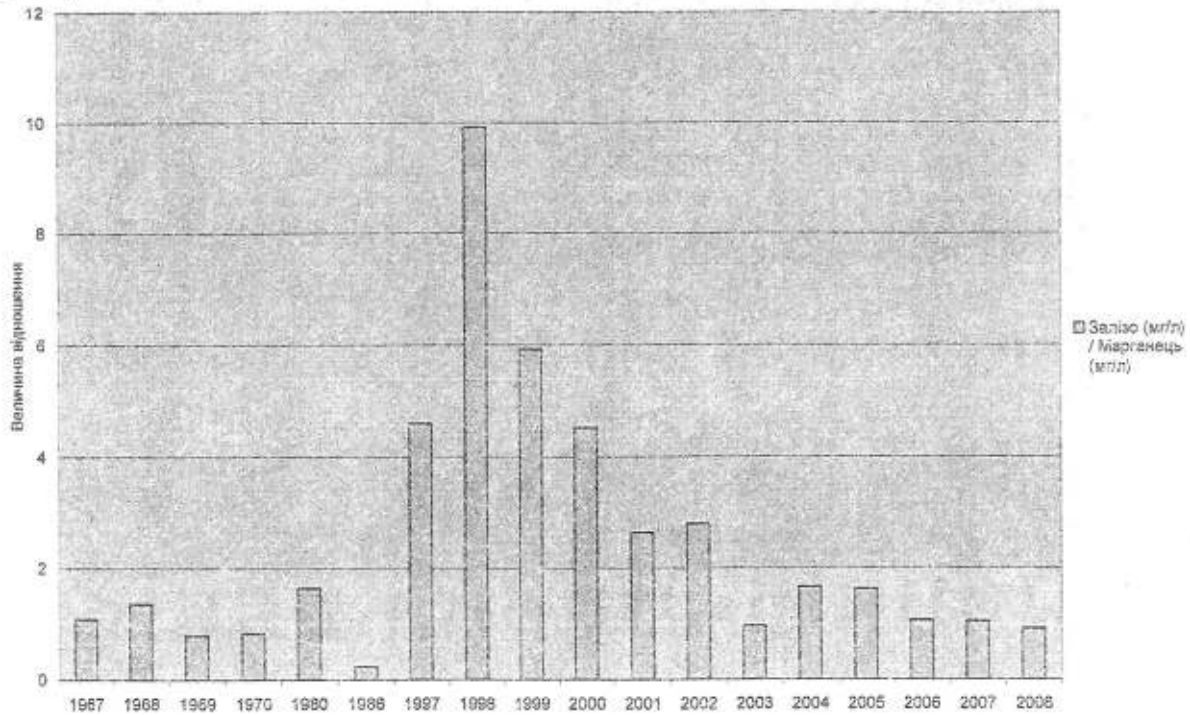


Рис. 2. Співвідношення середньорічних показників концентрації заліза та марганцю у воді Запорізького водосховища

Дані, наведені на рис. 2, демонструють стабілізацію ситуації з впливом фактора рівня співвідношення на токсичну дію марганцю до рівня сорокарічної давності у порівнянні з катастрофічними рівнями попереднього десятиліття. Та на жаль, це лише висвітлює не менш активну тенденцію до зростання рівнів забруднення водою марганцем, ніж залізом.

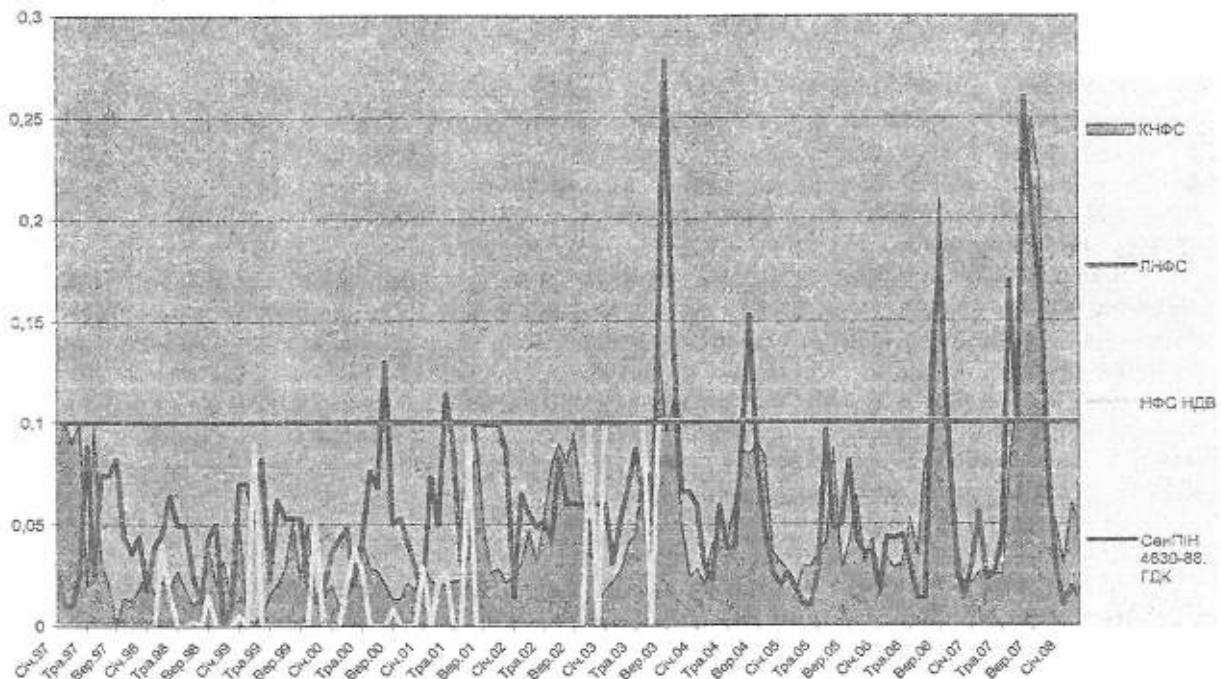


Рис. 3. Динаміка зміни концентрації марганцю в районах водозаборів міста Дніпропетровськ (середньомісячні значення)

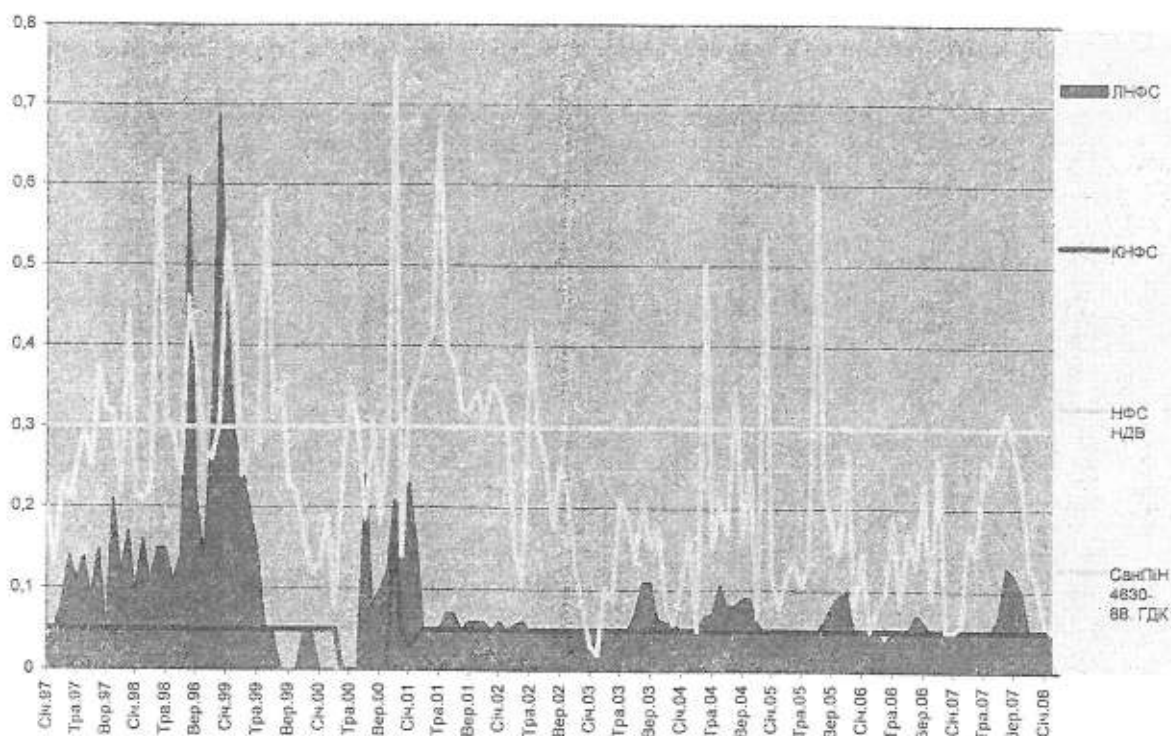


Рис. 4. Динаміка зміни концентрації заліза у воді в районах водозаборів міста Дніпропетровськ (середньомісячні значення)

Для визначення можливості використання Запорізького водосховища, як джерела водопостачання, було проведено дослідження якості води на предмет забруднення її залізом і марганцем у районах Ломовського (ЛНФС) і Кайдацького (КНФС) водозаборів, що забезпечують питною водою основну частину населення м. Дніпропетровськ, та водозабору Придніпровської залізниці (НФСНДВ), який було обрано у зв'язку з розташуванням нижче за течією і вище вказаних водозаборів, і стоків основних промислових об'єктів міста. Результатом обробки зібраних даних стали графіки динаміки рівнів концентрацій марганцю та заліза у воді в районах обраних об'єктів у порівнянні з нормами САНПІНу. (рис. 3, 4).

Висновки. В результаті проведених досліджень забруднення води Запорізького водосховища такими важкими металами, як залізо і марганець можна зробити висновок про катастрофічний рівень збільшення рівня концентрацій марганцю у воді Запорізької водойми за останні чотири десятиліття. Фактично маємо, що з 2000 року водойма не в змозі впоратися з надвисокими рівнями потрапляння марганцю з поверхневим стоком та промисловими скидами, і рівень забруднення демонструє тенденцію до подальшого зростання.

Вивчення співвідношення рівнів концентрації марганцю та заліза у воді водосховища показав, що надвисокі рівні заліза в останнє десятиліття зрівнялися надвисокими рівнями марганцю, що хоч і не збільшує токсичність марганцю для гідробіонтів, але робить водосховище все менш сприятливим для їх життєдіяльності.

Дослідження рівнів концентрації металів у воді в районах водозаборів міста дозволило висвітлити значний вплив на забрудненість води стоків значних промислових об'єктів міста. Отримані результати свідчать про непридатність використання Запорізького водосховища ні як джерела питного водокористування, ні як рибогосподарчої водойми.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Романенко В.Д. Экологические проблемы Днепра в ретроспективе и на современном этапе / Романенко В.Д., Сиренко Л.А., Федоровски А.Д. // Гидробиологический журнал. – 1998. – Т. 34, № 6. – С. 22-35.
2. Яковлев Е.А. Эколого-гидрогеологические особенности южной части бассейна реки Днепр / Яковлев Е.А., Сляднев В.А., Юркова Н.А. // Экотехнологии и ресурсосбережения. – 1999. – № 2. – С. 34.
3. Дворецкий А.И. Запорожское (Днепровское) водохранилище: Монография / Дворецкий А.И., Рябов Г.П. – Д.: Изд-во Днепропетровского ун-та, 2000. – 172 с.

4. Кораблёва А.И. Оценка уровня загрязнения Запорожского водохранилища тяжелыми металлами и предложения по разработке природоохранных мероприятий / Кораблёва А.И. – Днепропетровск: Отдел проблем природопользования и региональной экономики ИТМ АН УССР, 1991. – 51 с.
5. Денисова А.И. Формирование гидрохимического режима водохранилищ Днепра и методы его прогнозирования / Денисова А.И. – Киев: Наукова думка, 1979. – 292 с.
6. Торшин С.П. Микроэлементы, экология и здоровье человека / Торшин С.П., Удельнова Т.М., Ягодин Б.А. // Успехи современной биологии. – 1990. – Т. 109, Вып. 2. – С. 279-292.
7. Линник П.Н. Органические комплексные соединения железа и хрома в водохранилищах Днепра и их природа / Линник П.Н., Чубарь Н.И. // Гидробиологический журнал. – 1996. – Т. 32, № 6. – С. 61-69.
8. Подготовка инвестиционных проектов в черноморском бассейне. THALES-SOGREAH-GKW / ПМПС Днепропетровска / Финальный отчет. – 2005.

ЗАЙКА Марія Олександрівна – аспірантка кафедри хімії та інженерної екології Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Наукові інтереси:

- моніторинг забруднення вод радіонуклідами, важкими металами, нафтопродуктами поверхневих природних водойм Дніпропетровської області;
- дослідження впливу потужного промислового комплексу на якість води в них.

ЯРИШКІНА Лариса Олександрівна – к.х.н., завідувач кафедри хімії та інженерної екології Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Наукові інтереси:

- ліквідація аварійних розливів небезпечних вантажів на залізничному транспорті. Нейтралізація розливів: аміаку, нафтопродуктів, метанолу, хлору, кислот (хлористої, сірчаної, фтористоводневої);
- моніторинг забруднення вод поверхневих природних водойм. Очистка природних та стічних вод.

УДК 677.021.56

Т.О. Кузьміна, Г.А.Тіхосова

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИГОТУВАННЯ ЛЛЯНОЇ ТРЕСТИ

Обґрунтовано і експериментально доведено закономірності зміни властивостей волокна залежно від умов проведення процесу розстилу лляної соломи під дією композиційних хімічних препаратів на основі фосфату карбаміду та поверхнево-активних речовин. Встановлено, що під дією композиційних хімічних препаратів відбувається підвищення ступеня розволокнення, зменшення вмісту інкрустуючих речовин у тіпанолу льоноволокні та скорочення терміну розстилення лляної соломи.

Вступ. Під час розстилу відділення волокна від деревини (та інших тканин стебла) відбувається за рахунок біохімічної діяльності грибів переважно з групи так званих недосконалих, з яких найбільше значення мають *Cladosporium herbarum*, *Alternaria linicola*, деякі мукорові, а також анаеробні бактерії.

Для життєдіяльності грибів необхідний доступ кисню, достатня вологість повітря та позитивні температури. За цих умов спори і міцелії грибів, які знаходяться в ґрунті та на стеблах, починають швидко розвиватися. Гриби проникають в устячка й надлами стебел і розповсюджуються в тканинах рослини.

У результаті розстилу одержують сланку тресту, структура стебел якої відрізняється від структури вихідних стебел тим, що мікроскопічні гриби пронизують неволокнисті тканини лубу, і за рахунок їх біохімічної діяльності відбувається роз'єднання клітин неволокнистої частини лубу, звільнення від них волокнистих пучків і часткове роз'єднання волокон у пучках.

Б.Ф. Слоневський, Л.Є. Старченко і М.І. Андрюшків показали, що в залежності від погодних умов і товщини шару соломи мікологічні процеси можуть проходити по-різному. При несприятливих умовах і без огортання шару соломи інтенсивно розвиваються види *Fusarium*, *Septoria linicola*, *Torula* та ін., і гальмується ріст основного збудника пектинового бродіння – *Cladosporium herbarum* [1].

Постановка проблеми. Відомо, що багато грибів, у тому числі *Fusarium*, здатні руйнувати целюлозу. Розвиток грибів-целюлозоруйнівників спричиняє руйнування стінок елементарних волокон, збільшення порожнин, що призводить до погіршення якості волокна, насамперед, до втрати міцності. Недостатній розвиток збудників пектинового бродіння та інтенсивний розвиток грибів-целюлозоруйнівників є основною причиною зниження якості волокна в тресті при несприятливих умовах вилежування.

З метою зменшення впливу негативних факторів на процес перетворення лляної соломи в тресту на льонищі в роботі запропоновано льоносолому перед розстилом обробляти такими хімічними препаратами, які здатні пригнічувати розвиток гнильних, патогенних грибів і бактерій, будуть сприяти рівномірному розподілу вологи та хімічних препаратів на стеблах льоносоломи і створювати живильне середовище для рівномірного та інтенсивного розвитку пектиноруйнівної мікрофлори, що, в свою чергу, збільшить її активність, покращить деструкцію деревинної частини стебел і ступінь елементаризації отриманого волокна.

Рішення. У результаті досліджень виявлено, що під час приготування трести на стеблах льону, в залежності від строків розстилення і обробки хімічними композиціями, видовий склад мікрофлори змінюється (табл. 1).

Так, до 14 доби розстилу в усіх варіантах видовий склад мікрофлори характеризувався домінуванням пектиноруйнівних мікроорганізмів *Alternaria linicola*, *Cladosporium herbarum*, *Colletotrichum lini*, але після 14 доби вилежування трести видовий склад грибів почав змінюватися. У контрольному варіанті до грибів *Fusarium graminearum* додалася шкідлива мікрофлора *Septoria linicola*, *Dothiorela gregaria*, *Gonatobotrys flava*, які залишилися домінуючими до кінця вилежування. Це підтверджується також зміною кількісного складу мікроорганізмів, особливо целюлозоруйнівних і патогенних, які найбільш шкідливі для якості трести (табл. 2).

Як свідчать дані табл. 1 і 2, обробка лляної соломи перед розстиленням комплексними хімічними препаратами на основі фосфату карбаміду та неіоногенних і аніоноактивних речовин зменшує інтенсивність утворення на стеблах соломи целюлозоруйнівної мікрофлори *Fusarium graminearum*, *Gonatobotrys flava*, *Dothiorela gregaria*, *Septoria linicola*, *Fusarium gibosum* в 5,4-12,9 разів порівняно з контрольним варіантом, що сприяє збереженню міцності волокна при одночасному підвищенні гнучкості й відокремлюваності, а також скороченню терміну розстилення до 10-14 діб.

Таблица 1

Зміна видового складу мікрофлори в процесі розстигання льняної соломи з використанням композиційних хімічних препаратів

Видовий склад мікроорганізмів	Доба відбору стебел	Контроль	Хімічні композиції		
			з натрієвою сіллю додецил-бензол-сульфокислоти	з натрієвою сіллю додецил-діоксіетилсульфокислоти	з оксіетильованим ноніл-фенолом АФ 9-10
1	2	3	4	5	6
<i>Alternaria linicola</i>	0	***	***	***	***
	7	***	***	***	***
	10	***	***	***	***
	14	***	***	***	***
	18	**	**	***	**
	22	*	**	*	**
<i>Cladosporium herbarum</i>	0	***	***	***	***
	7	***	***	***	***
	10	***	***	***	***
	14	**	**	***	**
	18	*	*	***	**
	22	*	*	***	**
<i>Colletotrichum lini</i>	0	***	***	***	***
	7	***	***	***	***
	10	***	***	***	***
	14	***	**	**	**
	18	***	**	*	*
	22	***	**	—	—
<i>Dothiorela gregaria</i>	0	*	*	—	—
	7	**	*	***	***
	10	**	*	***	***
	14	**	*	**	**
	18	***	*	*	*
	22	***	*	—	—
<i>Fusarium gibosum</i>	0	—	—	—	—
	7	—	—	***	*
	10	—	—	***	*
	14	*	—	**	*

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6
	18	*	—	*	—
	22	*	—	*	—
Fusarium graminear	0	—	—	—	—
	7	—	—	*	*
	10	*	—	*	*
	14	*	*	*	—
	18	**	*	*	—
	22	**	*	—	—
Gonatotryps flava	0	—	—	—	—
	7	*	—	—	—
	10	—	—	—	*
	14	*	*	*	—
	18	**	*	*	—
	22	**	*	—	—
Septoria linicola	0	*	***	***	***
	7	*	—	***	**
	10	**	—	**	*
	14	***	*	*	—
	18	***	*	*	—
	22	***	*	—	—

Примітка:

* – гриби, які рідко зустрічаються, з частотою менше 30 %;

** – гриби, які часто зустрічаються, з частотою від 30 % до 50 %;

*** – гриби, які є домінуючими і зустрічаються з частотою більше 50 %.

Таблиця 2
Зміна кількісного складу целюлозоруйнівної мікрофлори в процесі розстилання лляної соломи з використанням композиційних хімічних препаратів

	Доба відбору стебел	Контроль	Хімічні композиції		
			з натрієвою сіллю додецилбензол-сульфокислоти	з натрієвою сіллю додецилдіоксіетил-сульфокислоти	з оксіетиліновим нонілфенолом АФ 9-10
Кількість мікроорганізмів, тис. шт./г	7	14	6	4	2
	10	16	12	8	3
	14	25	15	14	6
	18	465	95	97	45
	22	965	155	175	73

Найбільший вплив на зменшення кількості целюлозоруйнівної та патогенної мікрофлори на стеблах лляної соломи в процесі розстилу має композиційний хімічний препарат фосфату карбаміду з

неіоногенною поверхнево-активною речовиною оксіетильованим нонілфенслом АФ 9-10, який забезпечує майже повне знищення шкідливої мікрофлори, а для целюлози цей препарат виступає як консервант при зберіганні, навіть при підвищеній вологості.

Для визначення зміни вмісту лігніну в лляних матеріалах різних способів обробки використано метод ультрафіолетової спектроскопії, який запропоновано застосовувати під час подібних досліджень російськими вченими Чешковою А.В., Шибашовою С.Ю. і Кузьмінім А.П. (Іванівський державний хіміко-технологічний університет) [2, 3]. За результатами досліджень отримано УФ-спектри діоксанових екстрактів лляного волокна, виділеного з трести після розстилу (рис. 1).

Отримані результати (рис. 1) свідчать, що зниження інтенсивності поглинання за всією довжиною спектра відбувається при 280–290 нм і відповідає поглинанню групвань ароматичної природи, а також при характеристичній смузі поглинання 320-330 нм, яка відповідає хромоформній системі сполуки (рис. 1) [4, 5-8]. Це свідчить про зниження вмісту лігніну під впливом композиційних хімічних препаратів, що використовувалися при розстилі соломи.

Проведено також кількісний аналіз з визначення вмісту основних компонентів у лляному волокні, одержаному після розстилу із застосуванням композиційних хімічних препаратів. Результати кількісного аналізу хімічного складу лляного волокна наведено у табл. 3. Визначення вмісту целюлози, лігніну та пектинових речовин здійснювали за загальноприйнятими методиками [9, 10].

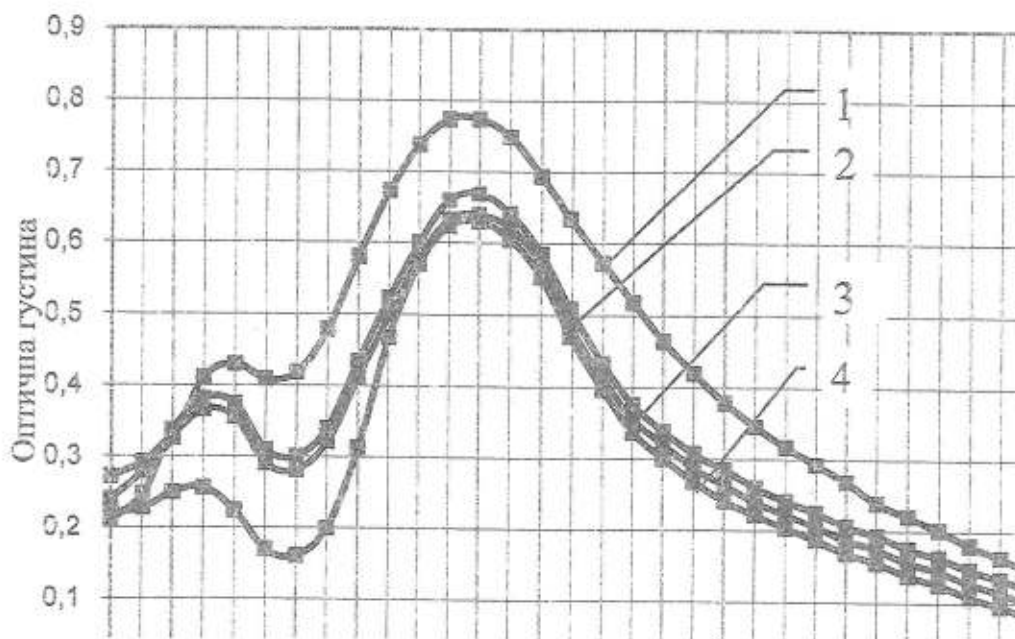


Рис. 1. Ультрафіолетові спектри діоксанових екстрактів довгого волокна льону, виділеного з трести після розстилу:

- 1 – контрольний варіант; 2 – після обробки композицією на основі фосфату карбаміду та додецилдіоксіетилсульфокислоти; 3 – після обробки композицією на основі фосфату карбаміду та додецилбензолсульфокислоти; 4 – після обробки композицією на основі фосфату карбаміду та оксіетильованого нонілфенолу АФ 9-10.

Вивчення хімічного складу льоноволокна, одержаного за різними варіантами досліджень, показує, що найбільший вміст целюлозного компонента має волокно, виділене із трести, стриманої при розстиланні соломи, обробленої хімічним композиційним препаратом на основі фосфату карбаміду та нонілфенолу АФ 9-10 (табл. 3).

Так, вміст целюлози у волокні третього варіанта становить 75,90 %, а у контрольному варіанті – 70,64 %, що на 5,26 % більше. Вміст лігніну у волокні, одержаному після обробки льоносоломи хімічними композиційними препаратами, менший порівняно з волокном, одержаним у контрольному варіанті. Він становить 5,37 %, а в волокні 3-4 варіантів дорівнює 4,54-4,56% відповідно, що майже на 1 % менше. Позитивний вплив застосованих композицій на зменшення вмісту пектинових речовин виявлено також у варіантах 3-4. Наприклад, у контрольному варіанті вміст пектинових речовин у волокні становить 4,62 %, а у варіантах 3-4 – 3,90-3,80 %.

Хімічний склад лляного волокна, одержаного за різними варіантами досліджень

Варіанти досліджень	Склад компонентів, %		
	целюлоза	лігнін	пектинові речовини
1. Довге волокно, контрольний варіант	70,64	5,37	4,62
2. Довге волокно, отримане після обробки соломи композицією на основі фосфату карбаміду та додецилдіоксіетилсульфокислоти	71,65	4,78	4,41
3. Довге волокно, отримане після обробки соломи композицією на основі фосфату карбаміду та оксіетильованого нонілфенолу АФ 9-10	75,90	4,54	3,80
4. Довге волокно, отримане після обробки соломи композицією на основі фосфату карбаміду та додецилбензолсульфокислоти	73,45	4,56	3,90

Таким чином, у результаті обробки лляної соломи хімічними композиційними препаратами на основі фосфату карбаміду та неіоногенних чи аніоноактивних поверхнево-активних речовин досягається достатньо високий ступінь очищення лляного волокна від супутників целюлози – пектинових речовин і лігніну.

Висновки.

1. Запропоновано з метою інтенсифікації процесу видалення пектинових речовин і лігніну з технічних комплексів луб'яних волокон застосовувати під час розстилу композиційні хімічні препарати, дія яких полягає у прискоренні руйнування зв'язків елементарних волокон з інкрустами.
2. Визначено позитивну динаміку зміни вмісту інкрустуючих речовин у лляних матеріалах у процесі отримання трести розстиланням лляної соломи, що обумовлено гідротропною дією препаратів на супутники целюлози.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Тіхосова Г.А. Технологія одержання однотипної трести розстиланням лляної соломи: Дис.... канд техн. наук: 05.18.03. – Херсон, 2003. – 120 с.
2. Чешкова А.В., Кузьмін А.П., Пискарева І.Л. Екотехнологія бєлення льносодержащих текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2004. – №1 (276). – С. 52–56.
3. Шибашова С.Ю., Чешкова А.В. Изучение влияния ферментной и пероксидной обработок на льняные текстильные материалы // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. – № 4 (279). – С. 46–48.
4. Практикум по химии и физике полимеров / Е.В. Кузнецов, С.М. Дивгун, Л.А. Бударина и др. – М.: Химия, 1977. – 256 с.
5. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии: Монография. – М.: Высшая школа, 1971. – 264 с.
6. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии: Учеб. пособ. для студентов педагогических институтов / Т.Я.Паперно, В.П.Поздняков, А.А.Смирнова, Л.М. Елагин. – М.: Просвещение, 1977. – 176 с.
7. Берштейн И.Я., Каминский Ю.Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии: Учеб. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1986. – 200 с.
8. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Целлюлозосохраняющая технология подготовки льяной ровницы с использованием мацерирующих ферментов // Текстильная промышленность. Научный альманах. Специальный выпуск журнала. – 2005. – № 7–8. – С. 45–47.

9. Лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов / Под. ред. Ф.И. Садова. – М: Гизлегпром, 1973. – 273 с.
10. Лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов / Ф.И. Садов, Н.М. Соколова, Н.А. Шикалова, М.Г. Корчагин. – М.: Лёгкая индустрия, 1995. – 349 с.

КУЗЬМИНА Тетяна Олегівна – д.т.н., професор кафедри переробки, стандартизації і сертифікації сировини Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- розробка ресурсозберігаючих технологій первинної переробки натуральних волокон з метою розширення сировинної бази і асортименту продукції текстильної промисловості;
- дослідження впливу різних технологічних факторів на фізико-механічні властивості натуральних волокон і пряжі;
- розробка нових методів оцінки якості лляних волокон на основі комп'ютерної техніки;
- питання сучасного стану національної та міжнародної систем стандартизації.

ТИХОСОВА Ганна Анатоліївна – к.т.н., доцент кафедри переробки, стандартизації і сертифікації сировини Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- дослідження мікробіологічних та хімічних процесів у технології одержання трести росіяним мочінням;
- розробка технологій механічної обробки стебел луб'яної сировини; розробка інноваційних технологій переробки луб'яних культур.

УДК 677.027.254

М.Л. Кулігін, Г.А.Чумаков

ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНИХ ТКАНИН

Частина 1

В роботі досліджено вплив ультразвукового випромінювання на процеси просочення та промивки при підготовці бавовняних тканин. Досліджено вплив ультразвукової обробки на основні показники якості підготовленої тканини – капілярність та білизну. Встановлено оптимальний час ультразвукової обробки для інтенсифікації процесу промивки.

Вступ. Відомо, що приблизно 17 % від загальної енергії, що витрачається текстильною промисловістю, в опоряджувальному виробництві при процесах підготовки [1].

Принципово задача скорочення енергетичних витрат може бути радикально чи частково вирішена наступними шляхами: суміщення процесів розшліхтування, відварювання та вибілювання; інтенсифікування процесів, особливо відбілювання та відварювання; використання холодних способів підготовки.

Холодний спосіб вибілювання є найбільш дешевим одно чи двохстадійним процесом підготовки. Цей спосіб використовується в основному для підготовки сирових бавовняних тканин, а також тканин із суміші волокон і є альтернативою процесу "недрол".

Найважливішою перевагою холодного способу вибілювання, крім заощадження електроенергії, є зменшення небезпеки каталітичного ушкодження волокна. Впровадження цього способу не потребує великих капітальних витрат, процес легко здійснюється, не потребує великої кількості води. Недоліками цього способу є велика тривалість процесу — від 24 до 72 годин, низька капілярність та здатність до змочування відбілених за таким способом тканин [3, 4, 5].

Для прискорення процесу вибілювання та покращення здатності до змочування тканин активацію дії окислювача намагаються здійснити термічним, фотохімічним та хімічним впливом [2].

Термічна активація здійснюється шляхом безпосередньої обробки тканини ІЧ випромінюванням та конвективним теплопереносом. Фотохімічну активацію проводять обробкою тканини ультрафіолетовим випромінюванням ртутних ламп середнього тиску з інтенсивними смугами випромінювання 300 та 350 нм. Хімічна активація передбачає виділення активного кисню (сінглетного) в результаті обробки тканини послідовно гіпохлоритом натрію та пероксидом водню. Досліди показали, що для отримання однаково ступеня білизни тканини перелічені способи не дозволяють отримати задовільні результати.

Одним з шляхів інтенсифікації процесів підготовки текстильних матеріалів може служити обробка білячого розчину з зануреною в нього тканиною ультразвуком.

Використання ультразвуку дозволяє прискорити процес підготовки в 1,5-2 рази без підвищення температури та концентрації на тому ж устаткуванні. В науково-технічній інформації відомі дані про вплив ультразвуку (УЗ) на процес вибілювання бавовняних тканин як періодичним, так і безперервним способом. Промисловість випускає достатньо потужні ультразвукові генератори потужністю від 200 Вт до декількох кіловат з магнітострикційними перетворювачами, які можливо закріпити, наприклад, у барці.

Постановка задачі. Мета цієї роботи – дослідження ефективності ультразвукового впливу на процеси підготовки бавовняних тканин. Для досягнення поставленої задачі було досліджено: вплив УЗ в присутності ПАР (розшліхтування) при кімнатній температурі на процес підготовки бавовняної тканини перед вибілюванням пероксидом водню по холодному способу; вплив УЗ в процесі окислюючої розшліхтовки на основі використання пероксиду водня при підвищеній температурі перед процесом холодного вибілювання; вплив розшліхтування на основі використання сірчаної кислоти та наступної УЗ промивки; вплив УЗ на капілярні властивості та білизну тканини при розшліхтуванні за допомогою біологічного способу (просочення тканини розчином пар з наступним вилежуванням упродовж доби в п/е пакеті).

Основна частина. В даній роботі для обробки текстильних матеріалів в ультразвуковому випромінюванні використовувалося наступне устаткування: генератор ультразвукових коливань УЗГ-3-0,4 з вихідною потужністю 0,4 кВт та частотою коливань у межах 17,5-19,3 кГц; ванна для очищення матеріалів УЗВ-0,4 з потужністю споживання 0,4 кВт, акустичною потужністю 0,1 кВт, робочий об'єм 0,5-3 л.

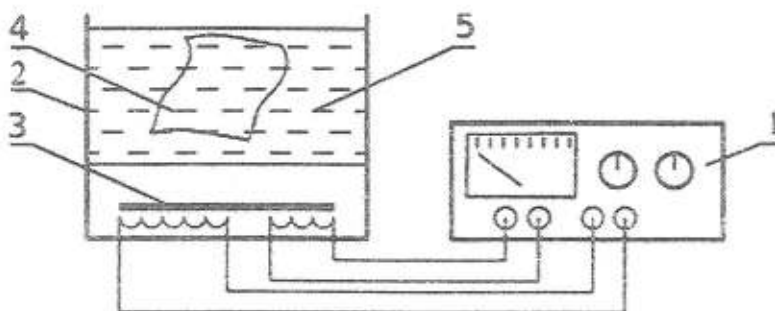


Рис. 1. Принципова схема лабораторної установки: 1 – генератор ультразвукових хвиль УЗГ-3-0,4; 2 – ванна для очищення матеріалів УЗВ-0,4; 3 – магніто-стрікційний випромінювач; 5 – зразок текстильного матеріалу; 5 – розчин

Технологічний процес розшліхтування на основі використання ПАР та УЗ містив наступні операції: просочення на плюсовці водним розчином пар ($C_{ПАР}=1$ г/л, $W=100\%$, $t=20-25^{\circ}\text{C}$); промивання в УЗ ванні водним розчином ПАР ($C_{ПАР}=3$ г/л) впродовж 30 с, 60 с, 3хв, 5хв, 15хв, 20 хв; просочення білячим розчином ($C_{\text{H}_2\text{O}_2}=30$ г/л, $C_{\text{NaOH}}=7$ г/л, $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}=10$ г/л, $C_{ПАР}=1$ г/л, $W=100\%$, $t=20-25^{\circ}\text{C}$) з наступним вилежуванням у поліетиленовому пакеті при $t=20-25^{\circ}\text{C}$ впродовж 24 годин; промивка холодною водою, кислування $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}=3$ г/л; промивки холодною водою, конвективного сушіння при температурі $t=20-25^{\circ}\text{C}$.

Ефективність УЗ впливу на процес промивки перед вибілюванням та після вибілювання оцінювали по основним показникам відбілених тканин: капілярності та білизни.

Отримані дані, що характеризують показники якості (рис. 1), свідчать про те, що в умовах указаних вище, ефективність УЗ впливу достатньо низька. Так, при УЗ впливі впродовж 30 с капілярність зростає в 3 рази, а при обробці впродовж 1 хв досягла максимуму (з 5 мм до 20 мм). Білизна тканини не перевищувала 76 %.

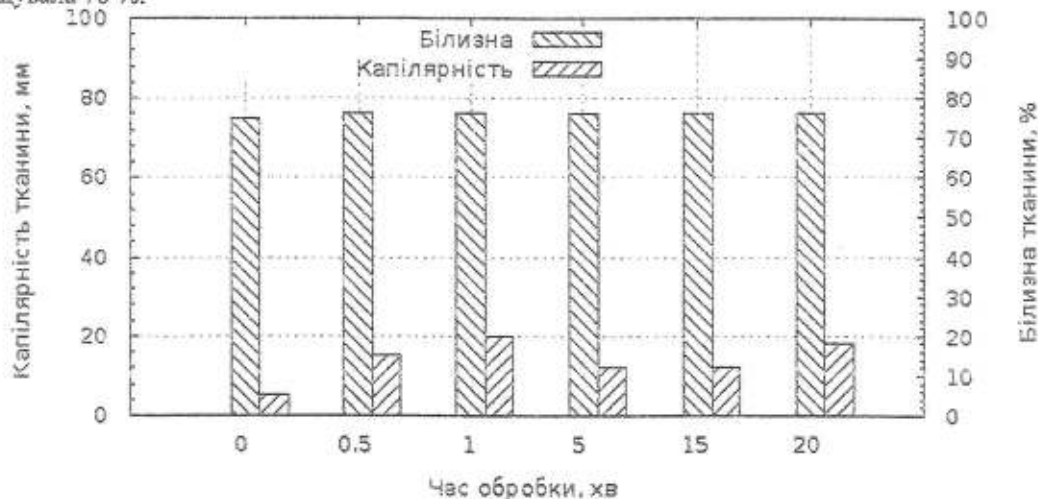


Рис. 1. Залежність капілярності тканини та білизни від часу обробки в УЗВ, під час операції розшліхтування

Дослідження впливу УЗ на капілярні властивості та білизна тканини при розшліхтуванні за допомогою біологічного способу: просочення тканини на плюсовці водним розчином ПАР 1 г/л, віджим 100 %, вилежування 24 години в поліетиленовому пакеті, промивання в ультразвуковій вані при температурі 18°C , 30 с, 60 с, 3 хв, 5 хв, 15 хв, 20 хв з подальшим вибілюванням за холодним способом.

Отримані результати (рис. 2), що характеризують зміну білизни та капілярності, свідчать про те, що максимальна капілярність (за 30 хв) – 70 мм досягається при 20 хв УЗ впливу, а максимум білизни – 80 % можливо отримати вже при 5 хв обробки.

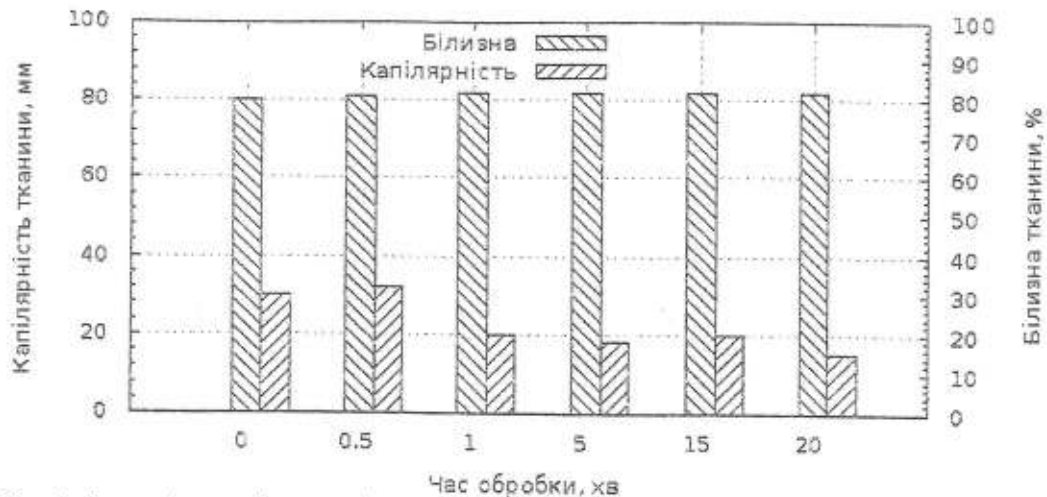


Рис. 2. Залежність капілярності тканини та білизни від часу обробки в УЗВ, після операції розшліхтування біологічним способом

Далі було припущено, що УЗВ сумісно з ПАР та високою температурою розчину (80-90 °С) повинні сприяти видаленню не тільки крохмалю, але й віскоподібних речовин з поверхневого шару бавовняного волокна.

Для більш повного видалення шліхти та емульгування віскоподібних речовин під час промивки в ультразвуковій ванні температуру розчину було підвищено до 85-95°С. Крім того, була додана операція додаткової промивки в гарячій воді після операції вибілювання. Технологія обробки включала наступні стадії: просочення на плюсовці водним розчином ПАР ($C_{\text{ПАР}}=1$ г/л, $W=100\%$, $t=95^\circ\text{C}$); вилежування 24 години в поліетиленовому пакеті $t=20^\circ\text{C}$; промивання в УЗ ванні гарячою водою впродовж 30 с, 60 с, 3хв, 5хв, 15хв, 20 хв $t=85-95^\circ\text{C}$; промивання холодною водою, просочення білячим розчином ($C_{\text{H}_2\text{O}_2}=30$ г/л, $C_{\text{NaOH}}=7$ г/л, $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}=10$ г/л, $C_{\text{ПАР}}=1$ г/л, $W=100\%$, $t=25^\circ\text{C}$) з наступним вилежуванням у поліетиленовому пакеті при $t=20-25^\circ\text{C}$ впродовж 24 годин; промивка холодною водою, кислування $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}=3$ г/л; промивки холодною водою, конвективного сушіння при температурі $t=20-25^\circ\text{C}$.

Аналіз отриманих даних (рис. 3) свідчить, що при використанні УЗВ в гарячій промивній ванні ефективність промивання знижується у порівнянні з промиванням при температурі 20 °С. Білизна тканини при цьому після вибілювання зростає незначно (з 75 до 76 %).

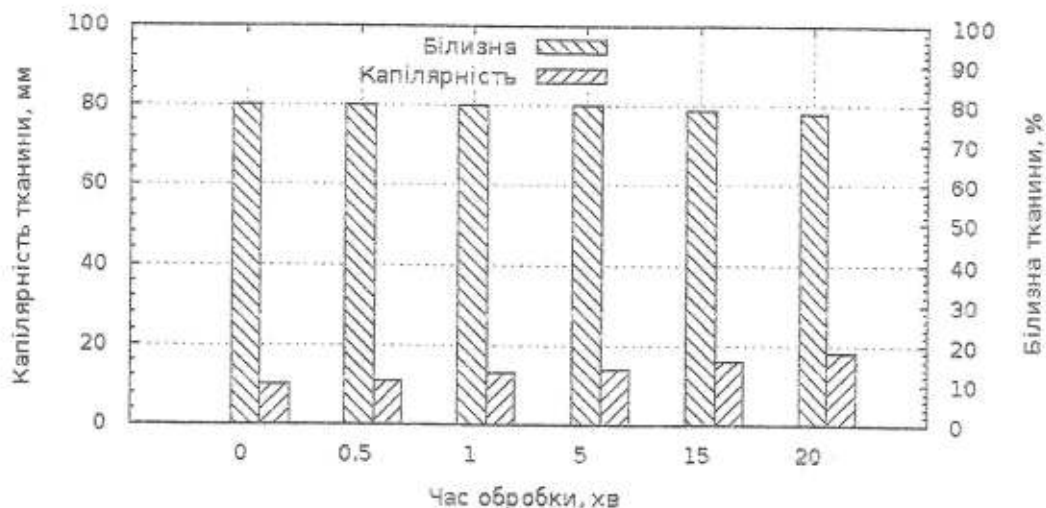


Рис. 3. Вплив УЗВ на ефективність операції гарячого ($t=85-95^\circ\text{C}$) промивання після холодного вибілювання

Представляло інтерес дослідження впливу УЗВ на операцію промивання після біління. Тканини вибілювали за допомогою одностадійного пероксидного способу за технологією, наведеною вище, потім текстильний матеріал промивали в ультразвуковій ванні.

Аналіз отриманих даних (рис. 4) показує, що застосування УЗВ під час стадії промивання після холодного біління не впливає на білизна підготовленої тканини, але істотно впливає на капілярні властивості текстильного матеріалу. Максимум капілярності досягається при часі УЗВ обробки 5 хв

(55 мм). Можна припустити, що під час промивання при високій температурі не розшліхтованої повністю тканини шар крохмальної плівки не дає віскоподібним речовинам покинути поверхню волокна і, навпаки, віскоподібні речовини перерозподіляються в поверхневому шарі бавовняного волокна, тому ефект значного підвищення капілярності не спостерігається.

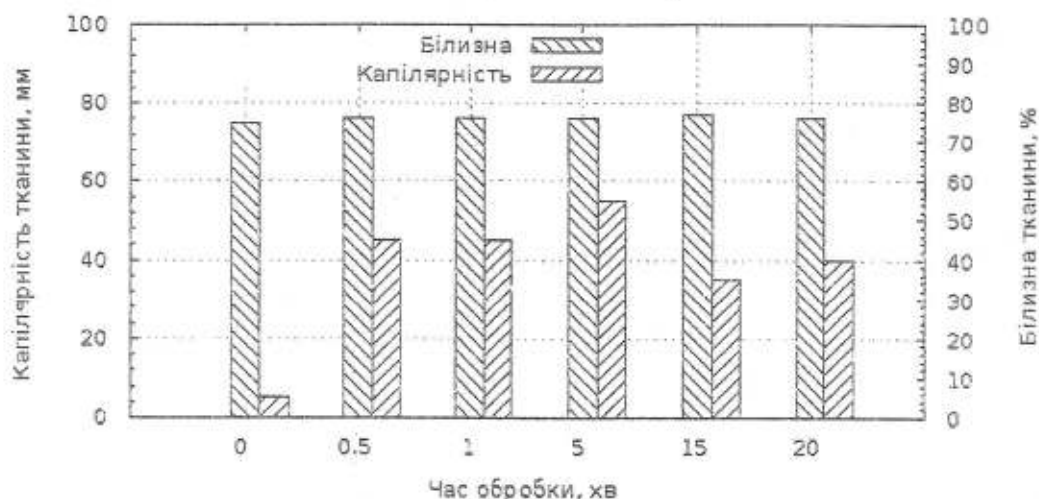


Рис. 4. Вплив УЗВ на ефективність операції промивання після холодного вибілювання

Основними умовами ефективного емульгування віскоподібних речовин є: температура розчину не нижче 70-75°C, присутність лугу та ПАР. Тому наступним етапом роботи було дослідження впливу УЗВ під час промивання з ПАР текстильного матеріалу після біологічного розшліхтування. Після вилежування впродовж 24 години частина крохмальної шліхти розкладається мікроорганізмами, інша набухає. Було припущено, що при використанні УЗВ під час промивки в розчині ПАР з текстильного матеріалу частково також буде видалено і віскоподібні речовини, частка яких емульгується ще на стадії просочення перед біологічним розшліхтуванням, а УЗВ в поєднанні з ПАР видалить його з поверхні волокна. Технологія обробки включала наступні стадії: просочення на плюсовій водним розчином ПАР (неонол) ($C_{\text{ПАР}}=2$ г/л, $W=100\%$, $t=95^\circ\text{C}$); вилежування 24 години в поліетиленовому пакеті $t=20^\circ\text{C}$; промивання в УЗ ванні водним розчином ПАР $C_{\text{ПАР}}=2$ г/л, $W=100\%$, $t=20^\circ\text{C}$ впродовж 30 с, 60 с, 3хв, 5хв, 15хв, 20 хв; промивання холодною водою, просочення білячим розчином ($C_{\text{H}_2\text{O}_2}=30$ г/л, $C_{\text{NaOH}}=7$ г/л, $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}=10$ г/л, $C_{\text{ПАР}}=1$ г/л, $W=100\%$, $t=25^\circ\text{C}$) з наступним вилежуванням у поліетиленовому пакеті при $t=20-25^\circ\text{C}$ впродовж 24 годин; промивка холодною водою, кислування $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}=3$ г/л; промивки холодною водою, конвективного сушіння при температурі $t=20-25^\circ\text{C}$.

Аналіз отриманих даних свідчить, що обробка УЗВ у сполученні з ПАР під час промивки після операції біологічного розшліхтування негативно вплинула на капілярність текстильного матеріалу. Можливо, із-за процесу ресорбції капілярність тканини після обробки в УЗВ зменшилась до 18-22 мм у порівнянні з 64 мм у тканини не обробленої за УЗВ.

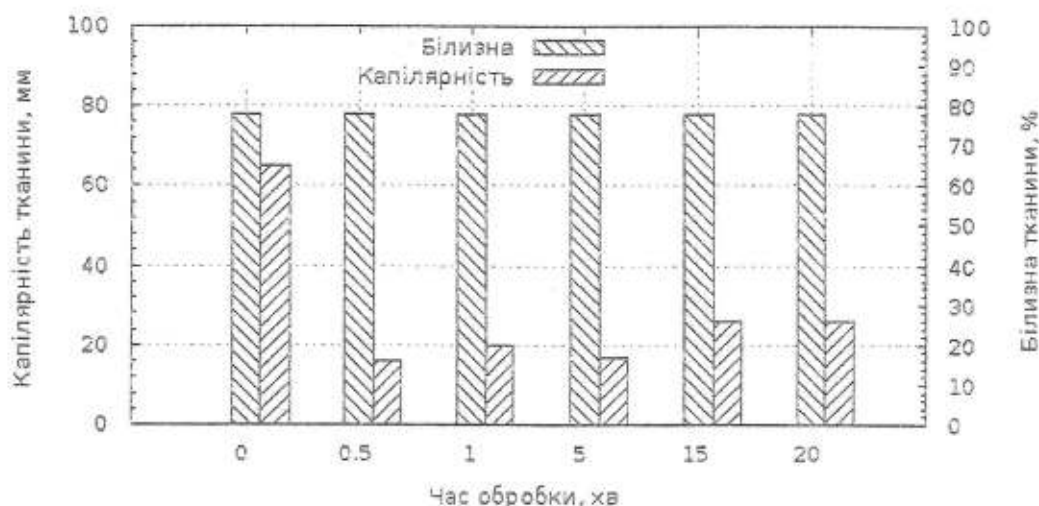


Рис. 5. Вплив УЗВ на ефективність операції промивання після біологічного розшліхтування

Наступним етапом дослідження було використання при розшліхтуванні окислювачів у сполученні з ультразвуковим впливом. В якості окислювача використовувався перексид водню при низькій концентрації у лужному середовищі. Після розшліхтування виконувалась промивка при температурі 80-90°C в ультразвуковій ванні. Технологія обробки включала наступні стадії: просочення на плюсовці водним розчином ПАР (сульфасід) ($C_{\text{ПАР}}=2$ г/л, $W=100\%$, $t=95^\circ\text{C}$), $C_{\text{H}_2\text{O}_2}=2$ г/л, $C_{\text{NaOH}}=7$ г/л, $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}=1$ г/л; вилежування 24 години в поліетиленовому пакеті $t=20^\circ\text{C}$; промивання в УЗ ванні у тому ж розчині впродовж 30 с, 60 с, 3хв, 5хв, 15хв, 20 хв при температурі $t=70-98^\circ\text{C}$; промивання холодною водою, просочення білячим розчином ($C_{\text{H}_2\text{O}_2}=30$ г/л, $C_{\text{NaOH}}=7$ г/л, $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}=10$ г/л, $C_{\text{ПАР}}=1$ г/л, $W=100\%$, $t=25^\circ\text{C}$) з наступним вилежуванням у поліетиленовому пакеті при $t=20-25^\circ\text{C}$ впродовж 24 годин; промивка холодною водою, кислування $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}=3$ г/л; промивки холодною водою, конвективного сушіння при температурі $t=20-25^\circ\text{C}$.

Аналіз отриманих даних (рис. 6) свідчить про незначний вплив УЗВ на ефективність процесу розшліхтування в присутності окислювачів без попереднього замочування. Гаряча промивка після процесу біління не покращила капілярність, що за 20 хв обробки в ультразвуковій ванні досягла лише 20 мм.

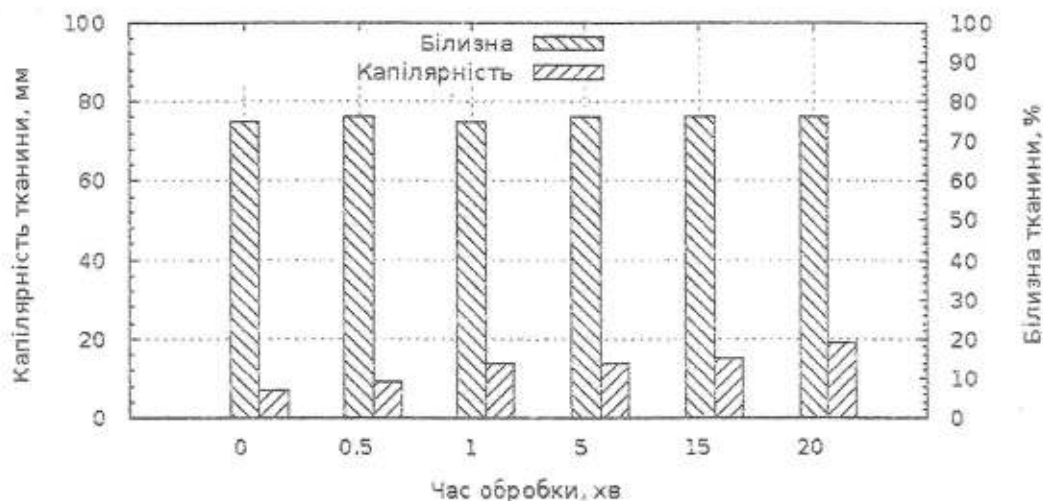


Рис. 6. Вплив УЗВ на ефективність операції промивання після розшліхтування за допомогою окислювачів

В наступному варіанті дослідження операція розшліхтування окислювач було замінено на сірчану кислоту. Технологія обробки включала наступні стадії: просочення на плюсовці водним розчином ПАР (сульфасід) $C_{\text{ПАР}}=2$ г/л; $C_{\text{H}_2\text{O}_2}=2$ г/л, $C_{\text{NaOH}}=7$ г/л; $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}=1$ г/л; $W=100\%$, $t=95^\circ\text{C}$; промивання в УЗ ванні у тому ж розчині впродовж 30 с, 60 с, 3 хв, 5 хв, 15 хв, 20 хв при температурі $t=70-98^\circ\text{C}$; промивання холодною водою, просочення білячим розчином ($C_{\text{H}_2\text{O}_2}=30$ г/л, $C_{\text{NaOH}}=7$ г/л, $C_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}=10$ г/л, $C_{\text{ПАР}}=1$ г/л, $W=100\%$, $t=25^\circ\text{C}$) з наступним вилежуванням у поліетиленовому пакеті при $t=20-25^\circ\text{C}$ впродовж 24 годин; промивка холодною водою, промивка холодною водою, кислування $C_{\text{H}_2\text{SO}_4}=3$ г/л; промивки холодною водою, конвективного сушіння при температурі $t=20-25^\circ\text{C}$.

Параметри та положення в процесі операції промивки з УЗВ залишилися незмінними. Аналіз даних (рис. 7) свідчить про те, що більш ефективно видалення крохмалю здійснюється сірчаною кислотою.

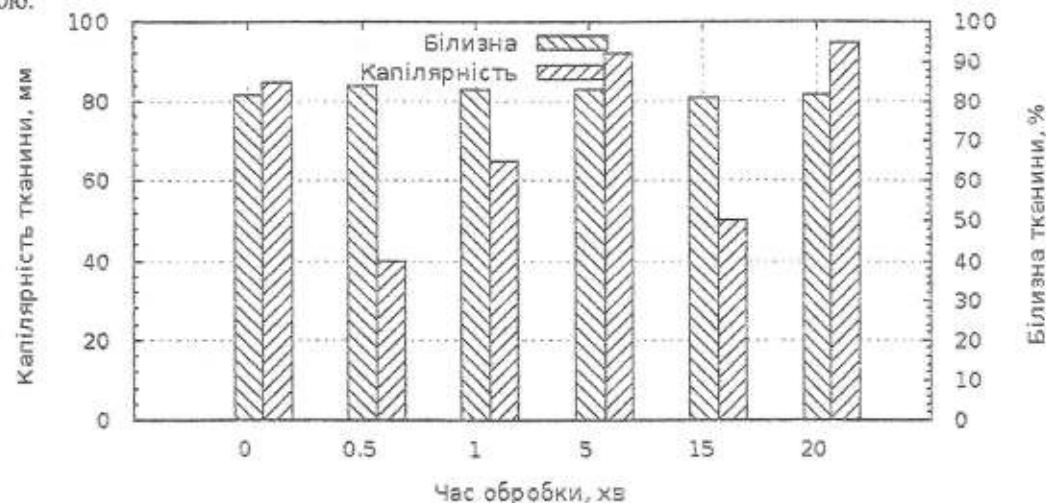


Рис. 7. Вплив УЗВ на ефективність операції промивання після розшліхтування сірчаною кислотою

Білизна тканини максимально складає до 84 % (за мінімальний час УЗВ обробки 30 с). Однак при цьому, досягається лише 40 мм капілярності. Максимального значення 95 мм капілярність досягає за 20 хв обробки в УЗВ. Білизна при цьому складає 82 %, що відповідає вимогам стандарту.

Висновки по даній роботі будуть представлені в наступній публікації.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бельцов В.М. Оборудование текстильных отделочных фабрик: Учебник для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. СПГУТД. – СПб., 2000. – 568 с. ISBN 5-7937-0029-3.
2. Мельников Б.Н. Современное состояние и перспективы использования биохимических процессов в текстильной промышленности / А.В. Чешкова, В.И. Лебедева // Текстильная химия ИХНР РАН, 1998. – № 1(13).– С. 75-81.
3. Бартч Ф. (перевод И.Х. Раскина) Холодный способ беления перекисью водорода. Текстильная промышленность, зарубежный опыт. – М.: ЦНИИ, 1984.– № 15.– С.21-29.
4. Шибашова С.Ю. Одностадийный способ пероксидного беления хлопчатобумажных тканей / О.С. Новикова, А.В. Шибашов // Известия высших учебных заведений.-М.: Технология текстильной промышленности, 2004.– № 5.– С.50-52.
5. Wurster P. Исследование периодических и непрерывных процессов беления. – Текстильная промышленность.– 1987.– № 6. – С. 230-236.

КУЛІГІН Михайло Львович – к.т.н., доцент кафедри хімічної технології та дизайну волокнистих матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- ресурсозаощаджуючі технології в текстильній промисловості;
- попередня підготовка текстильних матеріалів;
- заключна обробка тканин.

ЧУМАКОВ Геннадій Анушевич – к.т.н., доцент кафедри обладнання хімічних виробництв, підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- ресурсозаощаджуючі технології в текстильній промисловості.

УДК 66.065

К.В. Луняка, В.В. Карманов, О.В. Літвіненко, С.А. Русанов

ДОСЛІДЖУВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ПРИ ПРИГОТУВАННІ КОМБІКОРМІВ

Отримання сумішей сипких матеріалів є у наш час актуальною задачею. Такі суміші широко використовуються у переробній, сільськогосподарській, будівельній та інших галузях промисловості. У статті розглядається отримання комбікормів на установці, яка включає змішувач та екструдер. На основі енергетичного та теплового балансу розраховані потужність нагрівальних елементів екструдеру, температура в зоні теплової обробки та потрібна кількість теплоти.

Вступ. У багатьох галузях народного господарства, у тому числі в переробній та сільськогосподарській промисловості, широко використовуються суміші твердих матеріалів, що потребує розробки ефективних змішувачів. Змішування твердих матеріалів вимагає отримання сумішей з комплексом потрібних властивостей при мінімумі економічних та енергетичних затрат. Оскільки потрібні властивості матеріалу закладені у його природі, то процес змішування треба будувати таким чином, щоб при отриманні однорідних сумішей максимально зберегти та проявити ці властивості.

До сумішей твердих сипких матеріалів пред'являються такі вимоги:

- створення рівномірного за вмістом продукту, який би зберігав свою однорідність тривалий час;
- збереження цінних якостей окремих компонентів.

Виконання цих вимог залежить від конструкції змішувача, яка визначається, в основному, фізико-механічними властивостями компонентів та необхідним ступенем однорідності суміші.

Машинобудування різних країн випускає кілька типів змішувачів для дисперсних матеріалів. Усі вони мають певну обмеженість у використанні. Так, у змішувачів періодичної дії можна змішувати тільки добре сипкі дисперсні матеріали з насипною густиною не більш за 1500 кг/м^3 в об'ємах від $0,1$ до 16 м^3 , а при додаванні у суміш невеликих кількостей рідини – до $6,3 \text{ м}^3$ за умови, що суміш залишається добре сипкою масою. Дисперсні матеріали з насипною густиною до 3000 кг/м^3 можна змішувати в об'ємі не вище за $0,63 \text{ м}^3$. У змішувачах безперервної дії можна змішувати тільки добре сипкі дисперсні матеріали за умови комплектування їх високоточними живильниками. При змішуванні компонентів з великою різницею їхнього вмісту в суміші (1:100, 1:1000, 1:10000 і більше), як це часто має місце при виготовленні комбікормів, у промисловості використовують змішувачі періодичної дії серійних типів, малопродатні для цієї мети. Неefективність цих змішувачів у даному випадку намагаються компенсувати значним збільшенням тривалості змішування (до 8-12 годин). Однак якість суміші при цьому залишається незадовільною.

У зв'язку зі сказаним вище дослідження процесу змішування складної суміші твердих матеріалів є актуальною задачею.

Мета роботи полягає у визначенні параметрів процесу змішування, при дотриманні яких можна отримати складну однорідну суміш твердих матеріалів.

Викладення основного матеріалу. У виробництві комбікормів широко використовується процес змішування інгредієнтів, що мають різні фізико-механічні властивості та входять у склад суміші в різних концентраціях. Так, наприклад, як корми для птиці рекомендують однорідні суміші подрібнених до необхідного розміру частинок біологічно активних речовин та наповнювачів – премікси [1]. Як наповнювачі використовують дроблену пшеницю, розсипний комбікорм дрібного помелу, шроти, кормові дріжджі. Розмір частинок наповнювача повинен не перевищувати $1,2 \text{ мм}$. Співвідношення маси наповнювача і вітамінів з антиоксидантами 10:1, тривалість перемішування премікса складає 10-15 хв. Частка введення преміксу у склад кормосуміші складає 0,5-1 %. Премікси, отримані у господарстві, як правило, довго не зберігають, а використовують протягом 2-3 днів, тому для постійного приготування таких сумішей господарство повинне мати ефективно діючі змішувачі. Для крупної рогатої худоби пропонують комбікорми, які включають велику кількість інгредієнтів, їхній склад наведено далі.

Внаслідок того, що до складу суміші входять компоненти, що відрізняються розмірами частинок та густиною, такі суміші здатні до сегрегації. У зв'язку з цим розробляються регламенти введення компонентів у змішувач. Так, у роботі [2] відмічається, що компоненти завантажують у змішувач послідовно, у порядку зростання їхньої схильності до сегрегації, завантаження компонентів здійснюється в зоні, максимально відділені від центрів сегрегації. Дослідження, проведені нами на модельній суміші [3], показали, що при використанні змішувача з високою частотою обертання робочого органу ($12,5\text{-}50 \text{ с}^{-1}$) рівномірність розподілу компонентів досягається за короткий відрізок часу, що складає 10-15 с. Велика швидкість перемішування пояснюється утворенням киплячого шару сипкого матеріалу.

Переходячи у псевдозріджений стан, твердий зернистий матеріал набуває властивостей рідини, що сприяє швидкому змішуванню. При цьому сегрегації суміші не спостерігається, тому немає потреби у встановленні послідовності подачі компонентів, і вони можуть подаватися у змішувач одночасно. За час, потрібний для переміщення компонентів зверху, де вони подаються через завантажувальні люки, вниз, компоненти встигають перемішатись, тому одночасно відбувається вивантаження суміші через вивантажувальний люк, розташований у нижній частині змішувача, тобто процес змішування можна проводити безперервно.

Після виходу з апарату суміш піддається сегрегації, що є негативним явищем, оскільки розшарування суміші з утворенням шару, розташованого у нижній частині ємності (наприклад, на дні кормушки для тварин), що містить один з компонентів, може утворитися за той час, коли корми знаходяться у кормушках. З метою припинення сегрегації кормова суміш може бути оброблена у прес-екструдері [4]. При цьому можна отримати гранули, що складаються з різних компонентів і мають однаковий склад.

Окрім цього, екструзія використовується як найбільш ефективний і доступний спосіб теплової обробки. Оскільки при цій обробці продукт може втрачати до 50 % вологості, проведення екструзії дає можливість включати у склад комбікормів компонентів с високим вмістом води, наприклад, недорогих і високопоживних кормових трав. Проведення такої обробки дозволяє підвищити харчову цінність кормів і збільшити термін їх зберігання.

Для отримання комбікормів нами було використано дані, наведені в роботі [5]. Склад комбікормів такий (%): пшениця фуражна – 22, кукурудза – 15, ячмінь – 15, висівки пшеничні – 24, шрот соняшниковий – 10, трав'яна різка – 10, сіль кухонна – 1, крейда кормова – 2, премікси – 1.

Компоненти вводились у змішувач через верхню частину апарату одночасно. Відбір проб проводився у відповідності зі схемою, зображеною на рис. 1. Така схема зумовлена тим, що при даній конструкції робочої камери і при вибраному способі завантаження співвідношення компонентів у будь-якій точці горизонтальної площини залишається сталим і змінюється тільки по висоті.

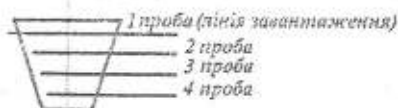


Рис. 1. Схема відбору проб суміші сипких матеріалів з робочої камери

Однорідність розподілу компонентів оцінювалась за вмістом трав'яної різки, яка подавалась у змішувач у вигляді частинок з розміром 5×5 мм, і за кухонною сіллю, вміст якої у суміші найменший. Вміст трав'яної різки визначали шляхом підрахунку частинок трави у кожній пробі, а вміст кухонної солі визначався так: наважку комбікорму (2 г), взятую в різних частинах змішувача, заливали 100 мл води, витримували при перемішуванні протягом 10 хв., відфільтровували, брали пробу 25 мл і титрували 0,01 н розчином $AgNO_3$.

Таблиця 1

Зміна складу компонентів суміші ($\alpha_{\text{легкс}}$, %) у різних пробах у часі

Час, с	2	5	10	20	30	40	50	60	70	80		
Трав'яна різка												
Проба №	1	62	41	26	11	11	10	10	10	10	10	$\alpha_{\text{сум}}$ 10,3
	2	0	5	7	11	10	10	11	10	10	9	10,1
	3	0	3	5	10	10	10	10	10	10	10	10,0
	4	0	2	4	9	10	9	10	11	9	10	9,7
$\alpha_{\text{ср}}$ по усіх пробах												
Кухонна сіль												
Проба №	1	70	25	7	1,1	1,0	1,05	0,98	0,95	0,97	0,97	0,99
	2	0	0,3	0,7	0,98	0,97	0,99	0,97	0,98	1,03	1,03	0,99
	3	0	0,2	0,5	0,99	0,95	1,05	1,00	1,03	1,04	1,0	1,01
	4	0	0,2	0,4	0,98	0,99	1,00	0,99	1,05	0,99	1,0	1,00
$\alpha_{\text{ср}}$ по усіх пробах												
1,00												

* $\alpha_{\text{сум}}$ визначали для рівноважного стану системи, який досягається, як це видно з рис. 2 і 3, після 20 с перемішування.

З метою запобігання сегрегації суміші її піддавали прес-екструзії. Для цього в бункер 1 прес-екструдера вводили вихідну суміш. З бункера, поступаючи у міжвитковий простір регульованого шнека, компоненти додатково перемішуються, спресовуються і нагнітаються у зону пластифікації 3, котра

постачена ззовні нагрівальними елементами, які створюють необхідну температуру за рахунок тепла, що підводиться Q . Слід також врахувати, що механічна енергія, яка передається від приводу шнека до матеріалу, частково перетворюється на теплову енергію за рахунок сил тертя між шнеком і матеріалом, що переміщується.

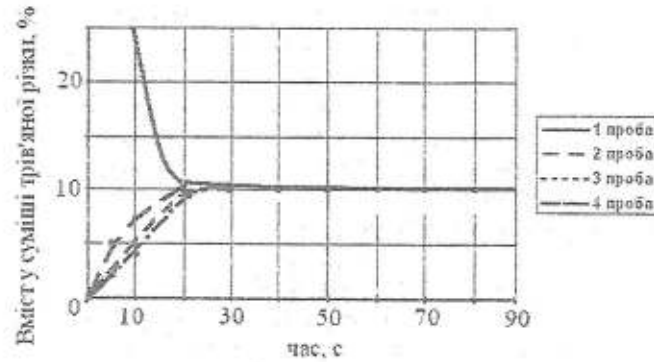


Рис. 2. Зміна вмісту трав'яної різки у суміші з часом перемішування (номери проб відповідають рис. 1)

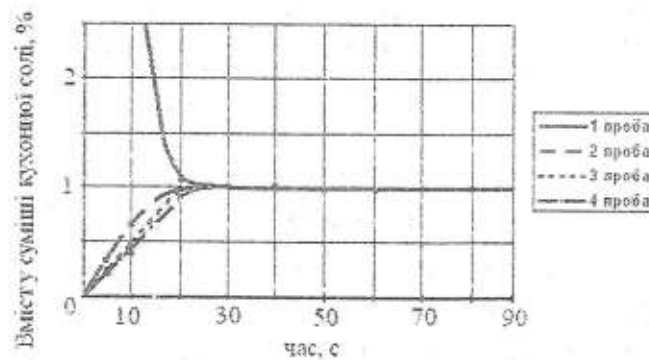


Рис. 3. Зміна вмісту кухонної солі у суміші з часом перемішування (номери проб відповідають рис. 1).

Ефективна робота процесів прес-екструдерів залежить від ступеня збалансованості енергетичних і теплових параметрів, що впливають на даний процес.

Енергетичний і тепловий баланс процесу сталого литва профілів схематично показані на рис. 4.

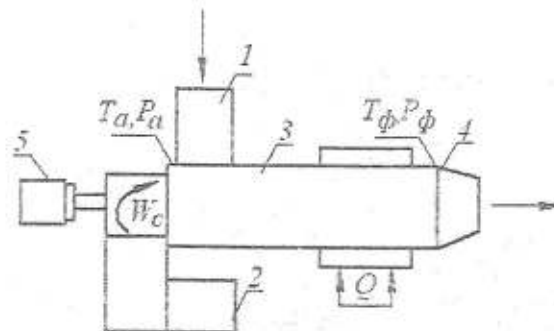


Рис. 4. Схема енергетичного і теплового балансу при сталому процесі екструзії кормової суміші:

- 1 – бункер; 2 – привод; 3 – гвинтовий прес-екструдер; 4 – формувальна головка;
- 5 – пневмо- або гідроциліндр для осьового переміщення валу шнека

Технологічний процес полягає у тому, що прес-екструдер 3 продавляє нагріту суміш через формувальну головку 4. При вході в екструдер 3 з бункера 1 температура матеріалу дорівнює T_a а його тиск P_a . Переміщаючись у гвинтовому каналі прес-екструдера, компоненти перемішуються і під впливом температури з суміші видалається зайва волога. При вході у формуючу головку 4 температура і тиск відповідно рівні T_ϕ і P_ϕ .

Температура теплового балансу Q в прес-екструдері повинна забезпечувати стабільну температуру обробки.

Визначається енергетичний і тепловий баланс при даних характеристиках експериментальної установки. Для цього:

1. встановлюється необхідна швидкість теплопідведення;
2. визначається необхідна температура у формувальній головці.

На основі відомих законів теплотехніки і запропонованої методики розрахунку [4] для прийнятих параметрів обробки: потужність приводу (7,5 кВт), продуктивність 15 г/с, одержали:

- потужність теплообмінного пристрою (нагрівальних елементів) $W_c = 1,5 \cdot 10^5$ Дж/кг;
- температура в зоні підігріву 180-225°C;
- тиск $(1,2-1,5) \cdot 10^6$ Па;
- потрібна кількість теплоти $Q = 1,45$ кВт.

Вологість суміші після прес-екструзії складає 3-5 %, що дозволяє зберігати отриману суміш тривалий час.

Висновки. Запропонована схема установки для одержання комбікормів, яка складається зі змішувача і прес-екструдера. Показано, що запропонований змішувач забезпечує високу швидкість змішування складових комбікормів і високу однорідність суміші. Використання прес-екструдера після змішування дозволяє отримати стійкі суміші твердих матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Єресько В.А. Вплив біологічно активних речовин на ріст та яєчну продуктивність птиці кросса «Хайсек Браун». «Теорія і практика сучасного природознавства». Т 33. Збірник наукових праць. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – С. 30-31.
2. Селиванов Ю.Т., Першин В.Ф. Расчет и проектирование циркуляционных смесителей сыпучих материалов без внутренних перемешивающих устройств. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 120 с.
3. Луняка К.В., Литвиненко О.В., Русанов С.А. Проблемы исследования сыпучих материалов и пути их решения. Збірник наукових праць. – Херсон; ПП Вишемирський В.С., 2007р. – С. 45-48.
4. Карманов В.В., Луняка К.В., Клоев О.І. Тепломассообменный и теплотехнический расчет пресс-экструдера с регулируемым винтовым рабочим органом // Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – № 4. – С. 239-244.
5. Егоров Б.В., Гончаренко В.В., Хоренжий Н.В. Экструдированные комбикорма на основе люцерновой резки. Одесская национальная академия пищевых технологий. Кафедра технологии комбикормов. <http://extrutec.ck.ua/reports/rep-6.htm>.

ЛУНЯКА Клара Василівна – д.т.н., професор, завідувач кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.

КАРМАНОВ Віктор Васильович – к.т.н., доцент кафедри екологія та безпека життєдіяльності Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.

ЛІТВІНЕНКО Олексій Вікторович – викладач Армянського вищого професійного училища хімічної промисловості.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.

РУСАНОВ Сергій Аркадійович – к.т.н., доцент кафедри обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– обладнання хімічних, переробних та харчових виробництв.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОМАТОВ КАК СИГНАТУРА ОБРАТИМОСТИ ПРИ ЗАМОРАЖИВАНИИ

Статья посвящена разгляду научных основ використання електрофізичних властивостей як сигнатур при циклічному заморожуванні томатів по відношенню до фазової оборотності. Обґрунтована необхідність введення в товарознавство терміну «сигнатура» і методологічного підходу його використання з метою підвищення контролю якості замороженої харчової сировини.

Введение. При замораживании сырья и пищевых продуктов, решается одна из основных проблем пищевой промышленности, а именно сохранение урожая и произведенной пищевой продукции, с обеспечением максимального сохранения их товароведных и функциональных свойств [1]. Внутри данной проблемы решаются задачи технологического, товароведного характера, экологической безопасности, технические задачи. Одной из целей решаемых задач является обеспечение обратимости свойств сырья, идентификация сырья на предмет содержания ГМО, антибиотиков и других компонентов, не свойственных данному виду сырья. Указанное требует разработки новых методов и методик для экспресс-анализа качества замороженной пищевой продукции.

Постановка задачи. Целью данной работы является научное обоснование сигнатур перечисленных выше свойств замороженного сырья. При этом под «сигнатурой» понимается какой-либо физический, химический или микробиологический показатель, измеряемый в абсолютных или относительных единицах, и однозначно обладающий чувствительностью к цикличности замораживания, наличие ГМО или антибиотиков в продукции. Важно, чтобы сигнатура регистрировалась с помощью косвенных методов анализа качества, например, электропроводность, вязкость, цветность и т.п., что позволит разработать методы экспресс-анализа. Сигнатура в переводе с древне-латинского означает «знак, обозначение, указание» [2]. Введение такого термина и методологического подхода его использования актуально с точки зрения повышения контроля качества замороженного пищевого сырья.

Решение задачи. Объектом исследования были электрофизические свойства томатов, которые подвергались многократному замораживанию. Предварительными исследованиями установлено, что при циклическом замораживании 3...4 раза наблюдается разделение сырья на жидкую и твердую фазу. Также отмечено, что после четвертого цикла замораживания в жидкой фазе не наблюдается осадка при центрифугировании. Под жидкой фазой подразумевается часть от целого томата, которая выделяется путем центрифугирования, а осадок – твердая фаза. Измерение электрофизических свойств жидкой фазы осуществляли на установке, схема которой изображена на рисунке 1.

На установке были установлены электроды, которые выполнены из металла (Me) и имеют, соответственно, электронную проводимость. Жидкая фаза размещалась между электродами и имела ионную проводимость: K_i^+ – катионы; A_x^- – анионы (рис. 1). Образование i -тых катионов и k -тых анионов связано с диссоциацией простых электролитов (солей, щелочей, кислот) и высокомолекулярных полиионитов (веществ органического происхождения). Методика проведения измерений заключалась в следующем. Вначале томат без замораживания измельчали и, с помощью центрифугирования, делили на две фазы. Жидкую фазу в объеме 20 мл помещали в измерительную ячейку. Площадь смачивания электродов составляла $4 \cdot 10^{-4}$ м². Напряжение на электродах изменяли от 0,1 до 20 В, с помощью источника постоянного тока (ИТ). Силу тока фиксировали миллиамперметром (мА). Удельное сопротивление вычисляли исходя из закона Ома. На рисунке 2 показана кинетика силы тока в относительных единицах при постоянном напряжении для различных циклов замораживания.

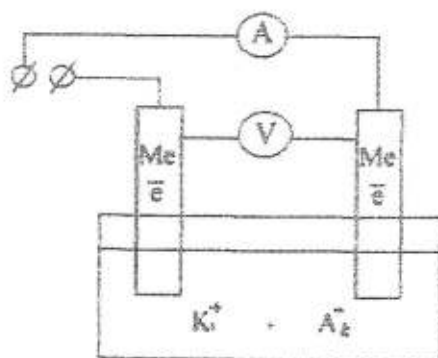


Рис.1. Схема измерений электрофизических свойств пищевого сыра

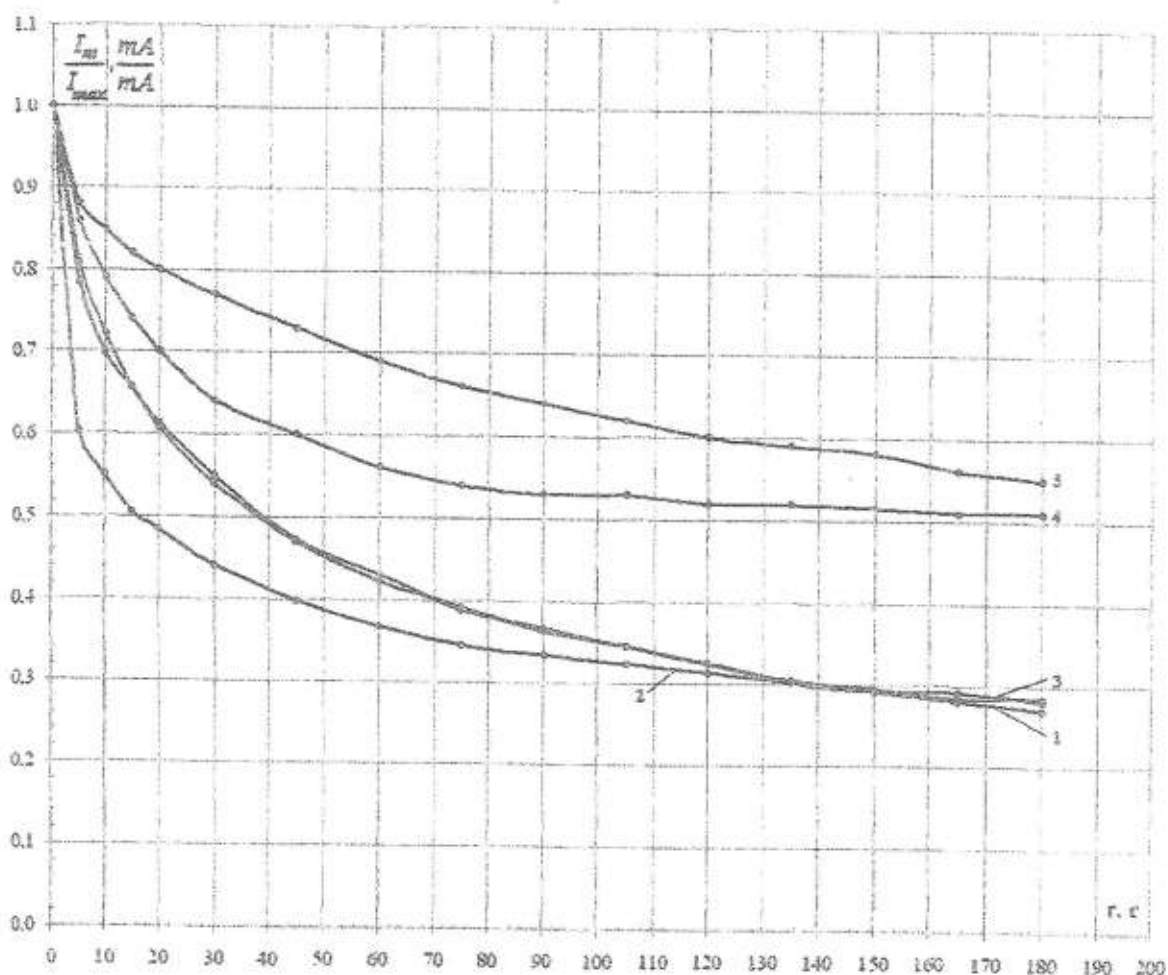


Рис. 2. Кинетика силы тока в исследуемых образцах при $U = \text{const} = 0,1 \text{ В}$

- 1 - без замораживания;
- 2 - после первого замораживания;
- 3 - после второго замораживания;
- 4 - после третьего замораживания;
- 5 - после четвертого замораживания.

Видно, что для установления постоянной силы тока необходим определенный промежуток времени. Очевидно, это обусловлено тем, что жидкая фаза томата содержит ионы различной природы: органического и неорганического происхождения. Такая система характеризуется тем, что при относительном движении ионов с малой массой (низкомолекулярные соединения) и с большой массой (высокомолекулярные соединения), первые связываются кулоновскими силами, что приводит к

ограничению подвижности низкомолекулярных ионов и сила тока уменьшается. Отмечено влияние циклов замораживания на скорость уменьшения силы тока.

Если кривые рис. 2. условно разделить на 2 участка, то видно, что наклон кривых первого участка ($\tau = 0...20$ с) зависит от циклов замораживания. Для свежего сока томатов наблюдается наибольшая скорость падения силы тока, а для четырехкратного замораживания – наименьшая. При этом, для свежего сока сила тока в течение 180 с снизилась в 2,5 раза, а для сока после 4-х кратного замораживания в 1,5 раза. Если бы раствор содержал только низкомолекулярные ионы, то следовало ожидать мгновенное установление уровня тока. Следовательно, при циклическом замораживании и размораживании наблюдается сдвиг поведения электрофизических свойств жидкой фазы томатов в сторону, характерную для простых ионов. На рис. 3. показана вольтамперная характеристика (V-A) для исследуемых образцов.

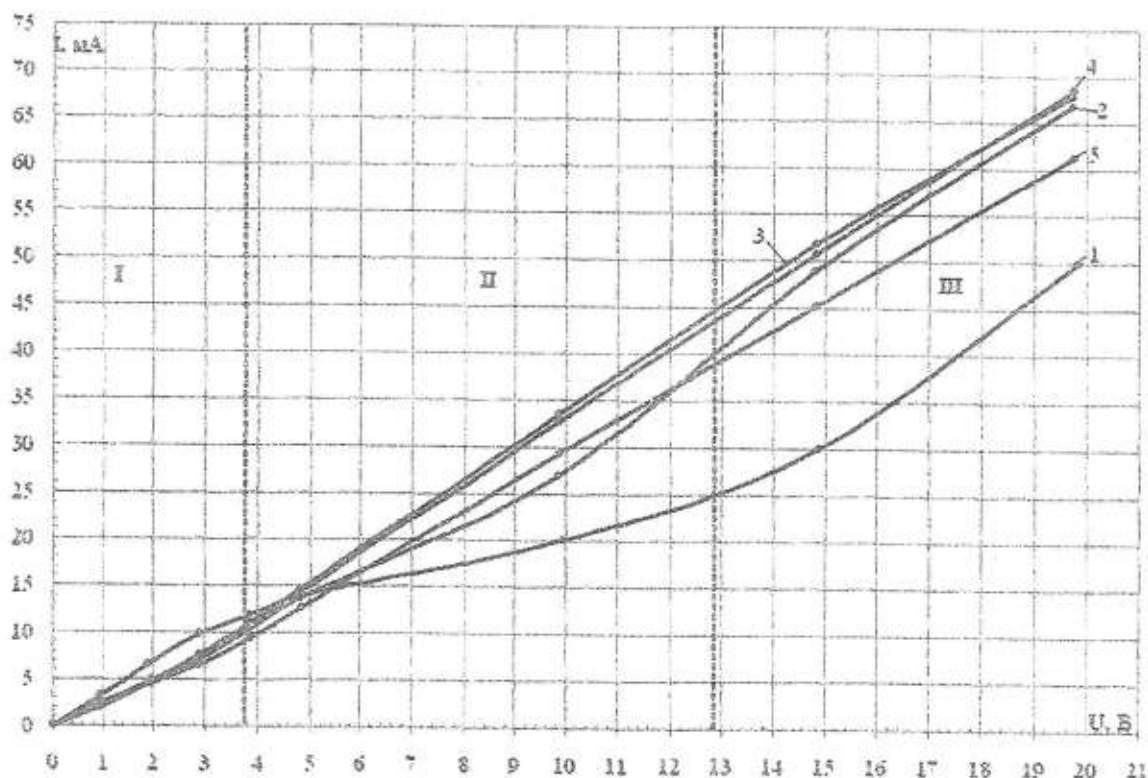


Рис. 3. Сила тока от напряжения на электродах

- 1 - без замораживания;
- 2 - после первого замораживания;
- 3 - после второго замораживания;
- 4 - после третьего замораживания;
- 5 - после четвертого замораживания.

Явно выраженная нелинейность этих характеристик для свежих образцов и после первого замораживания, кроме того, наблюдаются три характерных участка V-A-характеристик. Такие вольтамперные характеристики свойственны для нелинейных электрических цепей. В таких цепях нелинейность обусловлена электрохимическим взаимодействием электролитов, вплоть до катализации химических реакций. Согласно химической теории концентрированных растворов электролитов, развитой Сахановым А.Н. и Плотниковым В.А. [3], вещества в растворителе могут образовывать комплексы, состоящие из молекул растворенного вещества и растворителя. Такие комплексы могут диссоциировать как на сложные ионы, так и на обычные молекулы и ионы. Под действием низких температур часть комплексных ионов удаляется с осадком, вследствие чего электропроводность уменьшается, а дальнейшее разведение раствора приведет к увеличению содержания простых ионов и электропроводность снова возрастет, а участок II – исчезает [4].

Таблица 1

	R, Ом			ρ, Ом*м			J, А/м ²		
	I участок	II участок	III участок	I участок	II участок	III участок	I участок	II участ ок	III участ ок
Без замораживания	276	772	240	52,44	146,68	45,6	31	40,4	29
После 1-го замораживания	394,7	312	274	74,99	59,28	52,06	36	37,1	44
После 2-го замораживания	380	-	246	72,2	-	46,74	38	-	43,3
После 3-го замораживания	418	-	279	79,42	-	53,01	42,8	-	45,2
После 4-го замораживания	452	-	306	85,88	-	58,14	45,2	-	45,2

Различные величины напряжений, при котором характеристики испытывают отклонения от линейности, скорее всего, обусловлены взаимодействием различных по молекулярным массам и заряду веществ.

В таблице 2 представлены величины электродвижущей силы возникающей на электродах, изготовленных из различных металлов, т.е. образуют своеобразные гальванические элементы: цинк – свинец (Zn, Pb), цинк – медь (Zn - Cu), свинец – медь (Pb - Cu).

Таблица 2

Э.д.с на электродах для различных пар металлов

Гальванический элемент	E, В				
	Без замораживания	После первого замораживания	После второго замораживания	После третьего замораживания	После четвертого замораживания
$\bar{e} Zn^{+2} Pb^{+2} \bar{e}$	$0,33 \pm 0,04$	$0,35 \pm 0,04$	$0,41 \pm 0,04$	$0,44 \pm 0,04$	$0,38 \pm 0,04$
$\bar{e} Zn^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	$0,55 \pm 0,05$	$0,63 \pm 0,05$	$0,63 \pm 0,04$	$0,75 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,03$
$\bar{e} Pb^{+2} Cu^{+2} \bar{e}$	$0,56 \pm 0,05$	$0,35 \pm 0,05$	$0,35 \pm 0,03$	$0,39 \pm 0,03$	$0,41 \pm 0,03$

Видно, что наибольшее значение E образует пара цинк-медь. Установлено, что для этой пары цикличность замораживания отображается в некотором увеличении электрического потенциала, в то время, как для других пар металлов значение э.д.с. нестабильная. Сравнивая данные величины с рН, следует отметить (таблица 3), что э.д.с. пары цинк-медь более чувствительны к циклам замораживания-размораживания, чем величина рН.

Таблица 3

рН исследуемых образцов

	Без замораживания	После первого замораживания	После второго замораживания	После третьего замораживания	После четвертого замораживания
рН	$4,21 \pm 0,04$	$4,13 \pm 0,04$	$4,13 \pm 0,04$	$4,09 \pm 0,04$	$4,13 \pm 0,04$

Выводы. Таким образом, исследованиями установлено, что кинетика силы тока, удельное сопротивление постоянному электрическому току при различных напряжениях, а также гальваническая

разность потенциалов могут служить в качестве сигнатур при циклическом замораживании томатов по отношению к фазовой обратимости. Данные электрофизические свойства можно использовать для экспресс-анализа замороженной томатопродукции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Колесник А.А., Елизарова Л.Г. Теоретические основы товароведения. – М.: Экономика, 1990. – 288 с.
2. Большая Советская Энциклопедия. Т. 51 «Се – Со», 1-е изд. – М., 1945.
3. Харнед Г., Оуэн Б. Физическая химия растворов электролитов, 2-е изд. – М., 1952. – 629 с.
4. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии. – М.: ГНТИ. – 432 с.

ПОГОЖИХ Николай Иванович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой энергетики и физики Харьковского государственного университета питания и торговли.

Научные интересы:

– процессы, аппараты и оборудование химических и пищевых производств.

ОДАРЧЕНКО Дмитрий Николаевич – к.т.н., доцент Харьковского государственного университета питания и торговли.

Научные интересы:

– товароведение и экспертиза товаров;
– пищевые технологии.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЗБЕРІГАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ НА ПРИКЛАДІ МОРКВИ

Наведено результати досліджень щодо зберігання моркви сорту «Каротель» із застосуванням обробки електрохімічно-активованої води з метою зменшення втрат і продовження сезону переробки консервних підприємств.

Вступ. Консервні заводи з метою забезпечення ритмічної роботи в міжсезонний період зберігають у свіжому вигляді великі маси рослинної сировини. Це являється звичайним технологічним процесом багатьох консервних підприємств України. В той же час, зберігання рослинної сировини пов'язане зі зміною її як кількості, так і якості. Останній показник для консервної промисловості має особливо важливе значення, адже якість сировини безпосередньо впливає на якість консервованих продуктів. Столові коренеплоди (морква, буряк) являються основними овочевими культурами, так як на їхню долю припадає до 16 % заготівок овочів.

Серед коренеплодів морква, як об'єкт зберігання, являється найбільш вимогливим до вологості повітря (95...98 %), завдяки тонкій покривній тканині. Тому зберігання моркви перешаровуванням піском, глинуванням, у відкритих поліетиленових мішках або періодичним зрошування являються найбільш ефективними способами запобігання в'яненню моркви. Окрім того, у моркви лише в зоні головки слабо виражена здатність до зарубцювання неглибоких механічних пошкоджень, що проходить при температурі вище 12 °С. Перелічені умови зберігання являються достатньо сприятливими для проростання коренеплодів і для розвитку різних видів грибів – збудників хвороб коренеплодів. Для запобігання проростання при довготривалому зберіганні коренеплодів не існує не токсичних і ефективних препаратів.

Актуальним залишається пошук ефективних фунгіцидів для обробки моркви перед закладанням на зберігання [1-3]. З літературних джерел встановлено, що питання зберігання моркви залишається проблематичним, тому визчення способів обробки сировини є актуальним.

Постановка проблеми. Потребує вивчення впливу обробки моркви електрохімічно-активованою (ЕХА) водою на інтенсивність проростання моркви, а також пригнічення розвитку міцеліальних грибів та бактерій при довготривалому зберіганні в умовах холодильника.

Стан вивчення проблеми. Існуючі в наш час способи боротьби з грибами – збудниками хвороб сільськогосподарських культур [3], недостатньо ефективні і тягнуть за собою негативні екологічні наслідки. В той же час з літературних джерел відомо, що так званий аноліт, одержаний електрохімічною активацією (ЕХА) води, пригнічує ріст рослин і володіє фунгіцидними властивостями по відношенню до багатьох видів грибів – збудників хвороб сільськогосподарських культур. ЕХА вода широко використовується у медицині, промисловості, сільському господарстві. Це економічно вигідна, ефективна і, головне, екологічно чиста технологія. Багато авторів досліджували фізичні методи активації води, що дозволило їм зробити висновок про ефективність даних методів [7-8].

Мета дослідження. Метою дослідження є вивчення впливу обробки моркви ЕХА на зберігання (проростання і пошкодження мікроорганізмами) в умовах холодильного зберігання. Для досягнення мети було поставлено основні задачі:

- дослідження впливу обробки моркви ЕХА водою на інтенсивність проростання;
- дослідження зміни маси, вмісту сухих речовин каротину, вітаміну С при довготривалому зберіганні моркви після її обробки ЕХА водою;
- дослідження впливу обробки моркви ЕХА водою на обнаєнення мікроорганізмами та їх розвиток при довготривалому зберіганні.

Об'єктом дослідження була взята морква сорту «Каротель», аноліт і католіт з такими характеристиками, аноліт: рН 3,5-4, окисно-відновний потенціал (ОВП) +980...+1100 мВ, вміст активного хлору 110...130 мг/дм³; католіт: рН 10- 10,4, ОВП -750...-800 мВ. Електроактивовану воду одержували на лабораторній установці з графітовими електродами з питної води, яка мала наступні характеристики: рН 7,5, Са²⁺ - 2,8 мг-екв/дм³, Mg²⁺ - 0,98 мг-екв/дм³, НСО₃⁻ - 3,8 мг-екв/дм³, Сl⁻ - 150 мг/дм³; рН і ОВП вимірювали на іонометрі И 130. Зберігання моркви проводили в холодильнику при температурі +1...+3 °С у відкритих поліетиленових пакетах з товщиною плівки 30 мкм і вологістю 92...95 %. Строк закладання – листопад (18.11.09) одразу після збирання з поля до квітня (21.04.10).

Мікробіологічний контроль проводився шляхом висіву проб з поверхні моркви на тверде поживне середовище м'ясо-пептонний агар і витримкою їх у термостаті при температурі 30° С 7 днів для виявлення міцеліальних грибів.

Моркву було розділено на 2 партії, у першій партії досліджувався вплив живої і мертвої води на проростання моркви і патогенні гриби, у другій – залежність проростання моркви і ступеня повторного враження моркви патогенними грибами при зберіганні від тривалості обробки моркви ЕХА водою.

Перша партія моркви була розділена на дві частини. Перша частина оброблена анолітом 20 хв. (зразок 1), друга – анолітом 20 хв., а потім католітом 5 хв. (зразок 2).

Друга партія також була розділена на дві частини. Перша частина оброблена анолітом 30 хвилин (зразок 3), друга – 10 хвилин (зразок 4). Разом з дослідними зразками було закладено на зберігання контрольний зразок (контроль). Кожен місяць проводилось контрольне зважування проб, візуальний огляд коренеплодів, мікробіологічний контроль поверхні моркви, визначення вмісту вітаміну С.

Таблиця 1

Мікробіологічні і візуальні спостереження

	Мікробіологічні спостереження	Візуальні спостереження
	І партія	
Зразок 1. Морква, оброблена анолітом (20 хв.).	Коки в пригніченому стані менше 10 одиниць у 2-3 полях зору.	Майже незмінний початковий стан моркви, поверхня гладка, без зморшок.
Зразок 2. Морква оброблена анолітом (20хв), а потім католітом (5 хв.) (рис. 1).	Коки, паличкоподібні бактерії, стрептококи	Наявність повітряних коренів, листя, що проросло, зморшкувата поверхня.
ІІ партія		
Зразок 3. Морква, оброблена анолітом (30 хв.) (рис. 2).	Коки в пригніченому стані менше 10 одиниць у 2-3 полях зору.	Незмінний початковий стан коренеплодів.
Зразок 4. Морква, оброблена анолітом (10 хв.).	Коки в пригніченому стані більше 10 одиниць у 2-3 полях зору.	Невелика кількість повітряних коренів, гладка поверхня.
Контрольна проба (рис. 3).	Осередки враження грибами діаметром 1-2 мм. Коки, паличкоподібні бактерії, стрептококи.	Повітряні корені відрослі зелені пагони, осередки враження грибами коренеплодів.

Таблиця 2

Зміни хімічного складу зразків моркви при зберіганні

Місяць зберігання	Контроль			Дослід											
	Втрати маси, %	Сухі речовини, %	Вітамін С, мг/100г	Партія 1						Партія 2					
				Втрати маси, %		Сухі речовини, %		Вітамін С, мг/100г		Втрати маси, %		Сухі речовини, %		Вітамін С, мг/100г	
				Зразок 1	Зразок 2	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 3	Зразок 4	Зразок 3	Зразок 4
Листопад	1,2	14,8	6,2	0,5	0,5	14,8	14,8	6,2	6,2	0,5	0,5	14,8	14,8	6,2	6,2
Грудень	0,7	13,2	5,27	0,5	0,5	14,6	14,2	5,87	5,67	0,5	0,6	14,7	14,3	5,89	5,89
Січень	0,7	11,3	4,58	0,4	0,4	14,3	13,3	5,52	4,98	0,4	0,5	14,5	13,6	5,6	5,47
Лютий	0,6	10,4	3,9	0,4	0,5	14,1	12,6	5,19	4,23	0,4	0,6	14,4	12,9	5,38	5,21
Березень	0,9	9,54	3,32	0,5	0,6	13,9	11,8	4,93	3,62	0,5	0,7	14,3	12,1	5,27	4,87
Квітень	0,7	8,74	2,82	0,5	0,7	13,8	10,9	4,68	3,12	0,5	0,6	14,2	11,3	5,16	4,58
Всього	4,8	6,06	3,38	2,8	3,2	1,0	3,9	1,52	3,08	2,8	3,5	0,6	3,5	1,04	1,62

У першій партії зразок № 1 і зразок № 2 одразу після обробки не містили міцеліальних грибів у жодному з полів зору, контрольний зразок містив гриби роду *Botrytis*, на агарі спостерігався сірий пухнастий наліт, грибів роду *Rhizopus* (міцелія на субстраті частково пофарбований у темно-бурий колір). Візуально зразок №1 не мав суттєвих змін протягом усього строку зберігання, лише незначний ріст повітряних коренів і листя. На зразку № 2 спостерігався ріст повітряних коренів і верхнього листя моркви (рис. 1), у контрольного зразка на поверхні спостерігалось гниття, значний ріст повітряних коренів і листя (рис. 3).

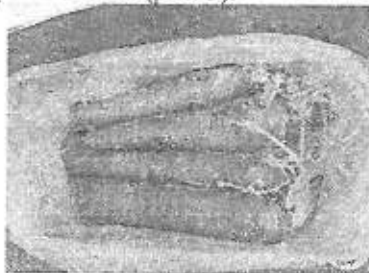


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

У другій партії на зразку № 3 і зразку № 4 одразу після обробки анолітом також не містилося патогенних грибів, у контрольному зразку містилися гриби роду *Botrytis*, на агарі спостерігався сірий пухнастий наліт. Візуально зразок № 3 в кінці зберігання мав найменший ріст повітряних коренів і листя, поверхня коренеплоду мала майже початковий вигляд (рис. 2), друга – ріст поверхневого листя моркви. Зразок № 4 мав зовнішній вигляд, схожий зі зразком № 1, декілька більшим листям і поверхневими корінцями, коки знаходились у пригніченому стані.

При вивченні вмісту сухих речовин методом висушування зразка до постійної маси було встановлено, що найбільше зберігаються сухі речовини у моркві, обробленій анолітом 30 хв., загальні втрати за весь період зберігання склали 2,8 %, а у контрольному зразку, в межах нормованих витрат – 4,8 %. Також було встановлено, що обробка моркви ЕХА водою не зменшує вміст вітаміну С, а навпаки запобігає зниженню при зберіганні.

Висновки. З проведених дослідів можна зробити висновки, що обробка моркви анолітом призводить до:

1. пригнічення проростання моркви при довготривалому зберіганні;
2. часткового знищення і пригнічення розвитку мікроорганізмів, що лишилися, тим самим запобігає поцвітанню коренеплодів при довготривалому холодильному зберіганні;
3. зменшення втрат сухих речовин, каротину і вітаміну С.

А також встановлено, що оптимальна тривалість обробки ЕХА-водою повинна бути в межах 20-30 хв.

Метод підготовки моркви для довготривалого зберігання можна рекомендувати консервним заводам, фермерським господарствам, що займаються вирощуванням, зберіганням і реалізацією коренеплодів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бородай В.В. Ураженість моркви збудниками гнилей в період зберігання залежно від умов її вирощування // Карантин і захист рослин. – 2004. – № 12. – С. 8-9.
2. Барабаш О.Ю., Сиротин М.Ф., Рубцов М.П. Столові коренеплоди. – К.: Урожай, 1987. – С. 10-54.
3. Федоров Ю.С. Разработка технологического процесса хранения столовых корнеплодов с использованием антисептирующих веществ // НИРиОКР, с-х, № 25. БГИНХ. – 1999. – № 9. – С. 28.
4. Хранение моркови, петрушки, сельдерея и пастернака. (Румыния) // РЖ. Овощные и бахчевые культуры. – 1980. – № 11. – С.12.
5. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований // Под общей ред. С.Ю. Дженева и В.И. Иванченко. Ялта, Институт винограда и вина «Магарач», К.: 1998. – 152 с.
6. Бондаренко Г.Л., Белашова Л.П., Гордієнко І.М. Зберігання маточників моркви / овочівництво і баштанництво. – 2008. – Вип. 54. / <http://agrova.net/plant/catalog>.
7. Лаврененко С.С. Вплив активованої води на продукційний процес сільськогосподарських культур / С.С. Лаврененко, І.П. Григорюк // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 1. – С. 52-55.
8. Грабар І.Г. Контроль біоактивації води кінетикою проростання зерен пшениці / І.Г.Грабар, О.І. Троянський, О.М. Максимчук / Вісник ЖНАЕУ. – 2009. – № 1. – С.12-17.

ШИРОКИЙЙ Євген Іванович – к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– фізико-хімічні процеси при зберіганні рослинної сировини, нові способи зберігання.

СТОЯНОВА Ольга Вікторівна – к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– сучасні способи зберігання плодоовочевої сировини.

КОРОЛЕНКО Віра Опанасівна – к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія консервування плодів і овочів.

РАЦУК Марія Євгеніївна – к.т.н., старший викладач кафедри органічної хімії Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– мікробіологічні процеси у плодоовочевій сировині.

ВОДА, ЯК СИРОВИНА ДЛЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Наведено результати досліджень літературних джерел щодо нетрадиційних способів підготовки води для харчових підприємств із застосуванням фізичних і електрохімічних методів з метою підвищення ефективності виробництва, а також якості і безпеки продукції.

Вступ. Одним з основних компонентів багатьох харчових продуктів є вода. У даній роботі ми розглядаємо воду, яка вноситься в ході технологічного процесу і залишається в готовому продукті повністю або якась її частина. До таких продуктів можна віднести: хлібобулочні вироби, пиво, міцні алкогольні і безалкогольні напої, консерви, кондитерські, м'ясні вироби та інші продукти харчування. Отже, для харчових підприємств необхідна значна кількість питної води високої якості.

Постановка проблеми. Джерела водопостачання харчових підприємств підрозділяються на води підземних родовищ (артезіанські та ґрунтові) і поверхневі води (ріки, озера, канали, водосховища). (Рис.1):



Рис. 1. Водопостачання харчових підприємств

Артезіанські води – підземні (пластові) води, що залягають у надрах Землі на значній глибині між водотривкими похилими шарами і утворюють у межах западин (прогинів) водонапірний басейн. При пробурюванні шарів з артезіанською водою свердловинами, так званими артезіанськими трубчастими колодзями, артезіанські води піднімаються вище покрівлі водоносного шару, та при достатньому напорі, виливаються на поверхню, або фонтанують. Такі води не піддаються впливам зовнішнього середовища та поверхневих стоків, не містять органічних речовин, біологічно чисті і мають постійний сольовий склад.

Ґрунтові або фреатичні води – підземні води першого від поверхні Землі постійного водоносного горизонту. Ці води утворюються, головним чином, у результаті інфільтрації атмосферних опадів і вод відкритих водойм. Вони мають менш постійний і менш стійкий сольовий склад, у порівнянні з артезіанськими водами. Мінералізація їх коливається в межах 100...200 мг/дм³, а вміст органічних домішок – до 8 мг/дм³.

Ґрунтовою водою з береговою фільтрацією називається вода, що складається із суміші справжньої ґрунтової води з береговим фільтратом, розташованим поблизу відкритого водоймища (ріки, озера, водосховища). Внаслідок цього можливі коливання температури, а також хімічних і бактеріологічних властивостей такої води.

До поверхневих джерел водопостачання відносяться відкриті водойми — річки, озера, водосховища. Це найпоширеніші джерела промислового водопостачання не тільки харчових підприємств.

Сольовий склад поверхневої води і характер домішок, як правило, непостійний і протягом року міняється залежно від атмосферних опадів і паводкових вод. Вміст солей у більшості річкових вод – 40...700 мг/дм³, хоча вода окремих рік характеризується високою мінералізацією. Вміст органічних домішок у водах відкритих водойм досить великий – 2...150 мг/дм³. Воду відкритих водойм, з метою економії питної води, після відповідної підготовки використовують на технологічні потреби (оходження, постачання парокотельних установок та ін.).

До водозабірних пристроїв, що найбільш часто використовують на харчових підприємствах для постачання питної води, відносяться артезіанські свердловини, які дозволяють:

- освоювати водоносні шари питної води на глибинах, відділених від поверхні непроникними шарами, що перешкоджають їхньому забрудненню;
- здійснювати дешевий і прибутковий видобуток великої кількості води.

Для виробництва харчових продуктів може використовуватися тільки така вода, яка не представляє небезпеки здоров'ю людини, і відповідає вимогам, що ставляться до якості питної води, як з мікробіологічної, так і з хімічної точок зору. Якщо вода не відповідає таким вимогам, вона повинна бути відповідним чином підготовлена.

Основними технологічними прийомами водопідготовки для досягнення необхідної якості та безпеки є:

- 1) очищення води від зважених часток фільтрацією через фільтри, наприклад, гравійні, вугільні;
- 2) пом'якшення води (видалення солей твердості);
- 3) знезаражування реагентними (хлором, озоном, іонами срібла та ін.) і безреагентними (УФ-опромінуванням) методами;
- 4) видалення органічних забруднень (знебарвлення і дезодорація);
- 5) знесолення (дистиляція, виморожування, іонний обмін, зворотний осмос, електродіаліз);
- 6) корекція складу води по рН, іонному складу (наприклад, введення F, I).

Ці прийоми використовують послідовно або комбінуючи в одній операції. Так, наприклад, при фільтрації води через гравійні фільтри від зважених часток одночасно видаляють іони Fe²⁺, Mn²⁺, пропускаючи повітря через потік води.

Перераховані прийоми водопідготовки можна віднести до традиційних методів. Але всі вони мають досить суттєві недоліки. Так, наприклад, в останній час на деяких консервних заводах, у тому числі і в Херсонській області, широкого впровадження водопідготовки набув зворотний осмос. Для цього використовують зворотньоосмотичну машину RO/HT 8,0 BW 2,0 потужністю по перміату 2,0 м³/год (15 °С). Для роботи у нормальному режимі потреба у вихідній воді для однієї машини складає не менше 4 м³/год. Як бачимо, на кожен 1 м³/год знесоленої води екологічне навантаження складає 2 м³/год концентрованого ретентату, що не піддається утилізації, окрім скидання у водойми.

Окрім вище перерахованих способів водопідготовки, існують нетрадиційні, які ще недостатньо широко застосовуються в харчовій промисловості, але в багатьох лабораторіях світу інтенсивно вивчаються властивості отриманої води та області її застосування. До них відносяться:

- 1) магнітна обробка води;
- 2) електрохімічна активація води.

Коротко розглянемо ці два методи.

Магнітна обробка води – полягає в пропусканні потоку води через магнітне поле, що створюється постійним магнітом або електромагнітом. Максимальний ефект впливу магнітного поля досягається, коли потік води, або водного розчину, чи суспензії рухається в ламінарному режимі. (див. рис. 2).

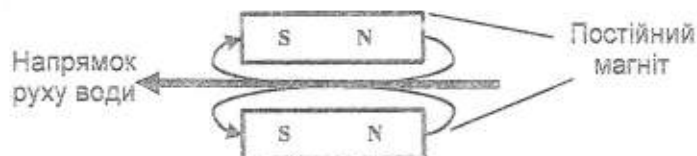


Рис. 2. Схема магнітної обробки води в потоці постійним магнітом

Подібна обробка води вперше була запатентована в 1945 році для зменшення утворення накипу в парових котлах. При цьому кристалізація накипуутворювачів відбувається не на стінках теплообмінної апаратури, а у воді. Крім того, під дією омагніченої води відбувається руйнування накипу, що утворився раніше. Це, мабуть, єдине широке промислове застосування омагніченої води, що використовується на багатьох підприємствах у наш час.

У виробничому циклі одержання хлібобулочних виробів процес бродіння тіста є самим тривалим. Хоча в багатьох лабораторних дослідженнях було показано, що омагнічена вода не тільки прискорює процес бродіння тіста, але й поліпшує органолептичні властивості хлібобулочних виробів, про широке промислове застосування в хлібопеченні омагніченої води нам не відомо. Обробка суслу перед бродінням

також скорочує у два рази строк бродіння останнього. Але це явище також не використовується у виноробстві і виробництві спирту.

Відомо також, що обробка омагніченою водою зерна прискорює процес його пророщення. Це явище застосовується на деяких підприємствах при одержанні солоду.

Полив овочів і фруктів під час вирощування підвищує врожайність останніх на 15-30 %, поліпшує структуру ґрунту, особливо каштанових, суглинних, крім того, дозволяє вирощувати гарні врожаї овочів на засолених ґрунтах. Останнє, на наш погляд, особливо актуально для південних регіонів України (АР Крим, Херсонської, Миколаївської, Запорізької, Одеської областей). Про інші області застосування омагніченої води, а також про існуючі гіпотези механізму дії магнітних полів на водні системи можна ознайомитися в [1].

Електрохімічну активацію (ЕХА) води проводять в електролізері, розділеному напівпроникною перегородкою при пропусканні постійного електричного струму. Склад електродів такий, що вони можуть обмінюватися тільки електронами.

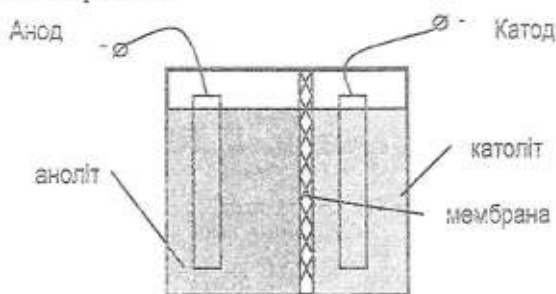
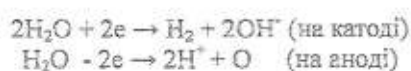


Рис. 3. Схема установки для електрохімічної активації води

Надходження електронів від катода у воду, а потім до аноду супроводжується цілою серією електрохімічних реакцій на поверхні електродів. Основні електрохімічні реакції мають наступний вигляд:



Вода, що перебуває в катодному просторі називається «католіт», а вода анодного простору, відповідно, «аноліт».

Вода в результаті анодної електрохімічної обробки (аноліт) має кислу реакцію (до pH = 2), окислювально-відновний потенціал (ОВП у шкалі індикаторного платинового електрода відносно хлорсрібного електрода порівняння) зростає від +300 мВ (для вихідної води) до +1400 мВ, за рахунок утворення стабільних і метастабільних кислот: сірчаної, соляної, хлорної (HClO₄), хлористої (HClO₂), хлорноватистої (HClO), хлорноватої (HClO₃), пероксосірчаних (H₂SO₅, H₂S₂O₈), перекису водню, пероксокарбонатів, пероксосульфатів та інших проміжних сполук, що виникають у процесі взаємодії і розкладання названих сполук. Аноліт має яскраво виражену антибактеріальну дію. Завдяки цим властивостям він одержав другу назву – «мертвої води».

Вода в результаті катодної електрохімічної обробки (католіт) здобуває лужку реакцію (до pH = 12), ОВП знижується з +300 мВ до -800 мВ, зростає концентрація гідроксильних іонів, утворюються важкорозчинні гідроксиди важких металів, заліза, знижується концентрація розчинених кисню, хлору. Католіт має антиоксидантні, імуностимулюючі та миючі властивості. Завдяки цьому він одержав другу назву – «живої води» [2].

За неповні 40 років, що пройшли після публікації перших робіт з електрохімічного методу регулювання властивостей води і водних розчинів, було опубліковано сотні патентів на установки для одержання ЕХА води. Класифікація цих установок наведена в [3].

Завдяки своїм унікальним властивостям ЕХА вода знаходить найрізноманітніше застосування, у тому числі, і у харчовій промисловості [2, 4].

В першу чергу, варто вказати на застосування аноліта для дезінфекції устаткування, інструментів, тари, спецодягу і навіть деяких харчових продуктів. Так було встановлено, що аноліт знищує бактерії групи кишкової палички протягом 30-40 хвилин.

Слід чекати, що обробка плодів і овочів анолітом перед закладкою на зберігання подовжує строки зберігання на 1-3 місяці у результаті зниження зараженості фітопатогенними мікроорганізмами. Так, на прикладі моркви нами було показано, що обробка коренеплодів перед закладанням на довгострокове зберігання значно поліпшує товарні якості продукту протягом 6 місяців [5].

Застосування католіту для миття технологічного устаткування дозволяє знижувати витрати ПАР, що важливо не тільки з економічної точки зору, але й з екологічної.

У порівнянні з питною водою, католіт підвищує водоутримуючу, водопоглинальну здатність білоквмісних систем, що дуже важливо при виготовленні м'ясних фаршів.

Замочування зерна в католіті скорочує час проростання зерна з 10-12 годин до 8, а замочування зерна в аноліті перед помелом на борошно, знижує кількість мікроорганізмів в одержаному хлібі до рівня слабо зараженого [7].

Пропускання молока через катодні камери електролізера, в анодному просторі якого знаходиться водний розчин з 1 % NaCl і 0,05% NaHCO₃, дозволяє не тільки знизити кислотність молока до свіжоздоєного, але й покращити його мікробіологічні показники [6, 8].

Висновки. Наведені приклади застосування активованої води магнітним полем або електрохімічною обробкою, дозволяє отримати значні позитивні результати в різноманітних галузях без значних матеріальних витрат і дають широке коло дії не тільки для молодих допитливих умів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Классен В.И. Омагничивание водных систем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Химия», 1982. – 296 с.
2. Леонов Б.И. // Электрохимическая активация воды и водных растворов. Прошлое, настоящее, будущее. // <http://www.ecatech.ru>.
3. Борисенко А.А., Шаманаева Е.А. Классификация установок для электрохимической активации жидкостей // <http://www.ncstu.ru>.
4. Бывальцев А.И., Магомедов Г.О., Бывальцев В.А. Свойства активированной воды и ее использование в пищевой технологии // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2008. – № 7. С. 49-53.
5. Широкий Є.І., Короленко В.О., Стоянова О.В., Куліш О.М., Рацук М.Є. Технологічні аспекти сучасних методів зберігання коренеплодів (на прикладі моркви) // *Вестник ХНТУ*. – 2010.
6. Иванова Т.Н., Тарасова М.А., Мартынова О.В. Электрохимическая активация для регулирования кислотности молока // *Пищевая промышленность*. 2008. – № 11. – С. 46-48.
7. Санина Т.В., Шуваева Г.Л., Алехина Н.Н. Интенсификация процесса биоактивации зерна и снижение его микробиологической обсемененности в технологии зернового хлеба // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2008. – № 7. – С. 49-53.
8. Шумилова И.Ш., Руденок В.А. Раскисление молока-сырца // *Пищевая промышленность*. 2010. № 4. – С. 39-41.

ШИРОКИЙ Євген Іванович – к.х.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- харчові технології;
- фізико-хімічні процеси при зберіганні рослинної сировини, нові способи зберігання.

КУЛІШ Олександра Миколаївна – аспірантка Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- харчові технології;
- фізико-хімічні процеси при зберіганні рослинної сировини.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 336.221.24

Ю.М. Бездітко

ОСОБЛИВОСТІ ФІНАНСОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ

В роботі досліджено соціально-економічні та організаційні особливості діяльності малого підприємництва в Україні, які впливають на фінансове забезпечення їх інвестиційної діяльності.

Вступ. Розвиток світової економіки свідчить, що мале підприємництво відіграє важливу роль у структурі народногосподарського комплексу економічно розвинених країн. У європейських країнах, Сполучених Штатах Америки, Японії питома вага малих підприємств у виробництві внутрішнього валового продукту складає 50-60%.

Становлення сектору малого підприємництва в Україні характеризується нестабільністю. У 1992 та 1993 роках темпи зростання кількості малих підприємств склали відповідно 43,9% та 25,2%. У 2009 році динаміка зростання їх кількості знизилася до 5,4%, а питома вага у виробництві внутрішнього валового продукту на кінець 2009 року склала 10%. Однією з причин, яка стримує розвиток підприємств малого бізнесу в Україні є те, що сектор малого підприємництва має певні, притаманні тільки йому особливості, що впливають як на їх фінансово-господарську діяльність взагалі, так і на фінансове забезпечення їх інвестиційної діяльності зокрема.

Стан вивчення проблеми. Дослідженням особливостей фінансового забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств приділяється увага у працях фахівців, які займаються проблемами фінансування малого підприємництва в Україні. З.С. Варналій, С.В. Мочерний, Л.Д. Буряк, А.М. Виноградська, Д.А. Ісаченко, І.Б. Буркинський проводять ґрунтовну оцінку проблем функціонування малого підприємництва, зокрема умов його діяльності, організаційним формам, зовнішнім та внутрішнім чинникам, які впливають на процес фінансово-господарської діяльності підприємств малого бізнесу. С.В. Мочерний, О.А. Устенко та С.І. Чеботар аналізують загальні умови підприємницької діяльності, економіку малих підприємств та зовнішні чинники, які впливають на фінансове забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств, міжнародні форми підприємницької діяльності та її державне регулювання. Водночас розглядають питання економічної сутності підприємництва, умов його виникнення і розвитку.

В працях А.М. Виноградської поряд з теоретичними засадами фінансового забезпечення підприємницької діяльності та його практичною реалізацією, розглянуто широке коло питань стосовно етичної та соціальної відповідальності підприємця, а також сутність та реалізація кар'єри у бізнесі. Однак соціально-економічні та організаційні особливості діяльності, притаманні малому підприємництву, в Українській економічній літературі досліджені мало.

Завдання дослідження. Визначенню особливостей соціально-економічної та організаційної діяльності суб'єктів малого підприємництва в Україні та їх характеристики, присвячена ця робота.

Результати дослідження. Проведене дослідження фінансово-господарської діяльності малих підприємств дає можливість стверджувати, що однією з головних особливостей діяльності підприємства малого бізнесу, що впливає на фінансове забезпечення їх інвестиційної діяльності, є поєднання в одній особі власника та безпосереднього керівника підприємством. Дані таблиці 1 свідчать, що в Херсонській області приватні підприємства були і залишаються основними в їх загальній структурі за формами власності. Зменшення кількості приватних підприємств у 2009 році на 1039 одиниць пов'язано із суттєвим зменшенням загальної кількості малих підприємств на 1048 одиниць, що, в свою чергу, пояснюється масовим переходом приватних підприємств у групу фізичних осіб – суб'єктів підприємницької діяльності, які сплачують єдиний податок.

Таблиця 1

Кількість малих підприємств за формами власності по Херсонській області у 2007-2009 рр.
(одиниць)

Рік	Всього	у тому числі						державна	кому- нальна
		всього	приватна						
			приватна	Коопе- ративна	акціон. товар.	тов. обм. відп			
2007	6731	6287	3608	101	269	2308	54	390	
2008	6896	6457	3709	95	257	2396	53	386	
2009	5848	5418	2668	91	249	2410	50	380	

За даними Херсонського обласного управління статистики

Дослідження показують, що малий бізнес у значній мірі є сімейним бізнесом. Основними, а в окремих випадках і єдиними працівниками на підприємстві є члени сім'ї підприємця, тобто створюється підприємство сімейного типу, що використовує фінансові ресурси сім'ї, в спадщину передається не тільки власність підприємства, а й методи та навички ведення бізнесу. Таким чином, важливою характеристикою фінансового забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств є тісне перебітання коштів сімейного бюджету і підприємницької діяльності, та незначна сума стартового капіталу.

Власник сам є керівником підприємства, і концентрує на себе всі ризики та відповідальність не тільки за результати поточної фінансово-господарської діяльності підприємства, а і за збереження та примноження інвестованого капіталу. Особливості структури підприємства дають можливість його керівникові мати персоніфіковані відносини як із прямими інвесторами, так і суб'єктами ринку, які опосередковано впливають на інвестиційну діяльність його підприємства.

Діючим законодавством України, та законодавством інших країн визначено основні параметри підприємств, що дають можливість відносити їх до малих підприємств. Головні критерії віднесення до цієї категорії це, як правило, чисельність працюючих та обсяг товарообігу. В окремих країнах до критеріїв віднесено суму балансу підприємства, балансову вартість активів, питому вагу у власності підприємства зовнішніх власників тощо. Малими підприємствами в Україні відповідно до Господарського кодексу є підприємства (незалежно від форми власності), в яких середня облікова кількість працюючих за звітний (фінансовий) рік не перевищує п'ятдесяти осіб, а обсяг валового доходу від реалізації продукції (робіт, послуг) за цей період не перевищує сімдесяти мільйонів гривень [1]. Таким чином, можна стверджувати, що характерною особливістю діяльності малих підприємств є обмеження кількісних характеристик їх діяльності, що безпосередньо впливають і на масштаби їх інвестиційної діяльності, обмежуючи безпосереднє інвестування малих підприємств великими інвесторами.

Малі підприємства в основній масі монопрофільні, тобто зосереджені на одному виду діяльності. Як правило, основний напрямок діяльності малих підприємств – виконання таких робіт чи надання таких послуг, сама специфіка яких обумовлює їх функціонування тільки в окремих місцях чи незначних територіях, наприклад, послуги перукарні, окремі невеликі торговельні точки. Ми вважаємо, що незначні масштаби діяльності малих підприємств обмежують їх діяльність тільки на незначних за обсягами ринках ресурсів та збуту товарів чи послуг і не дають їм можливості суттєво впливати на ціноутворення в межах галузі, що в значній мірі впливає на масштаби їх інвестиційної діяльності і ставить у залежність від місцевих органів влади. Це, в свою чергу, спонукає їх проводити стратегію прилаштування до середовища. Звичайно, із цього правила є винятки, окремі малі підприємства захоплюють ринки на теренах всієї держави, та навіть стають монополістами.

Специфіка організаційної структури та масштаби діяльності є причиною того, що продуктивність праці на малих підприємствах нижча порівняно з крупними підприємствами, про що свідчать дані таблиці 2. Крім того, витрати на 1 гривню реалізованої продукції за елементами витрат на малих підприємствах у порівнянні із структурою витрат, що склалися на великих підприємствах, є вищими. Зокрема у 2009 році в Херсонській області на малих підприємствах вищими є витрати на оплату праці на 5,4 коп., матеріальні витрати на 3,9 коп., відрахування на соціальні заходи на 1,6 коп., амортизаційні

відрахування на 1,8 коп., та за статтею „Інші витрати” на 8,3 коп. [2]. Ці фактори призводять до зниження прибутковості малих підприємств і відповідно до зменшення суми власних коштів, які мале підприємство може спрямувати на забезпечення своєї інвестиційної діяльності.

Таблиця 2

Продуктивність праці великих та малих промислових і будівельних підприємств Херсонської області за 2007-2009 роки

Вид діяльності	Показники	2007	2008	2009
Малі підприємства				
Промисловість	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.	434180,5	487420,4	588929,8
	Середньорічна кількість зайнятих, осіб	7779	7542	7192
	Продуктивність праці, тис. грн. на I особу	55,8	64,6	81,9
Будівництво	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.	278563,5	429197,6	490134,4
	Середньорічна кількість зайнятих, осіб	4381	4431	4559
	Продуктивність праці, тис. грн. на I особу	63,6	96,8	107,5
Великі підприємства				
Промисловість	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.	3757435,2	5122654,0	6536730,4
	Середньорічна кількість зайнятих, осіб	22937	49955	46097
	Продуктивність праці, тис. грн. на I особу	163,8	102,5	141,8
Будівництво	Обсяг реалізації продукції, тис. грн.	632664,1	818988,5	1060897,0
	Середньорічна кількість зайнятих, осіб	9906	8706	9099
	Продуктивність праці, тис. грн. на I особу	63,8	94,1	116,6

Розраховано за даними Херсонського обласного управління статистики

Малі підприємства в своїй загальній масі не мають відповідних внутрішніх захисних структур, таких як власна служба безпеки, власний юридичний відділ, тому легко піддаються впливу силового тиску з боку незаконних дій як окремих посадовців, так і кримінальних структур, що робить фінансове забезпечення їх інвестиційної діяльності більш ризикованим та важкопрогнозованим порівняно з великими підприємствами, особливо в умовах трансформаторної економіки України.

На фінансово-господарську діяльність малих підприємств суттєво впливають навіть незначні зміни в оточуючому їх середовищі, що також підвищує ризики їх інвестиційної діяльності. Ці зміни можуть відбуватись як на загальнодержавному рівні і проявляться у зміні законодавства, системі оподаткування, ліцензування, зміні політичної кон'юнктури, так і на місцевому рівні – їх відносинами з органами місцевої влади, співробітниками місцевих контролюючих органів. Коли це сімейні господарства, на діяльність малого підприємства впливають навіть відносини в сім'ї. Все це призводить до зростання ризиків у фінансовому забезпеченні їх інвестиційної діяльності.

Проведені дослідження показують, що характерними для малих підприємств є їх відносини з комерційними банками та іншими кредитно-фінансовими установами, що суттєво впливають на їх інвестиційну діяльність. Особливо на початковому етапі створення підприємства у них відсутнє майно чи інші активи, які можна було б віддати в заставу по кредиту, відповідно малі підприємства в якості застави пропонують родинне майно – квартири чи будинки. Недоліки діючого законодавства України створюють значні проблеми кредиторів у разі необхідності відчуження та реалізації заставленого майна: право власності інших членів родини на дане майно; проживання на даній житловій площі неповнолітніх членів сім'ї; надзвичайно складна та витратна процедура реалізації заставленого майна.

Стримуючим фактором у фінансовому забезпеченні інвестиційної діяльності малих підприємств комерційними банками в Україні є практична відсутність вторинного ринку обладнання. Це призводить до того, що комерційні банки практично не можуть спрогнозувати майбутню вартість заставленого

майна, присуття висока імовірність реалізації майна за ціною значно нижчою ніж та, яка була закладена при його оцінці, що, в свою чергу, спонукає комерційні банки з одного боку занижувати оціночну вартість закладеного майна, а з іншого – видавати кредити на суму, яка є значно нижчою, ніж реальна вартість заставленого майна.

Малі підприємства на початковому етапі своєї діяльності не мають достатньої кредитної історії, що є негативним фактором в їх намаганнях отримати позики. Організаційні умови діяльності малого підприємництва такі, що позитивна кредитна історія часто формується не навколо окремого малого підприємства, а належить одній особі – її керівнику, який фактично і уособлює в очах кредитних структур дане підприємство. Це нівелює значення кредитної історії самого підприємства, оскільки таким чином формується кредитна історія конкретної фізичної особи, яку він зможе використовувати, перейшовши в інше підприємство, або навіть створивши новий бізнес.

Важливим стримуючим фактором на шляху отримання суб'єктами малого бізнесу інвестиційних ресурсів у комерційних банках є високі відсоткові ставки по кредиту. Проведені дослідження свідчать, що відсоткові ставки по кредитах малим підприємствам на 2-3 % вищі, ніж великим підприємствам (табл. 3).

Таблиця 3

Динаміка середніх відсоткових ставок при кредитуванні малих підприємств банківськими установами Херсонської області, %

Показник	2005	2006	2007	2008	2009
Відсоткові ставки комерційних банків при кредитуванні великих підприємств	23,2	19,1	16,6	17,2	19,5
Відсоткові ставки комерційних банків при кредитуванні малих підприємств	25,9	22,0	18,8	19,3	21,8
Відхилення	2,7	2,9	1,2	2,1	2,3

Розраховано за даними офіційних сайтів комерційних банків

Така динаміка пояснюється підвищенням ризиком вкладання кредитних ресурсів саме в підприємства малого бізнесу, причому новостворені малі підприємства практично не мають можливості отримати банківські кредити, хоч потреба в них є досить високою. Кореляційно-регресний аналіз з високою ймовірністю прогнозів показує, що зближення відсоткових ставок по кредитах великих та малих підприємств прогнозується у значно віддаленій перспективі (Рис. 1).

Вище наведені аргументи підтверджують тезу, що підприємствам малого бізнесу отримати інвестиційні ресурси в комерційному банку досить проблематично, а на етапі їх створення практично не можливо.

Слід звернути увагу на наступну сторону взаємовідносин суб'єктів малого бізнесу та комерційних банків, яка відноситься до проблем фінансового забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств. Це перелік та пріоритетність надання послуг комерційними банками малим підприємствам.



Рис. 1 Показники відсоткових ставок по кредитах великих та малих підприємств Херсонської області

За даними опитування, проведеного Ресурсним центром підтримки малого підприємництва Російської федерації [3], для суб'єктів малого бізнесу пріоритетними послугами комерційних банків є розрахунково-касове обслуговування, кредити, фінансовий лізинг, пошук інвесторів та консультаційні послуги, зокрема при складанні бізнес-планів (табл. 4).

Таблиця 4

Пріоритетні сфери взаємовідносин комерційних банків та малих підприємств, % від загальної кількості опитаних

Види послуг	З точки зору ком. банків	З точки зору малих підпр.
Розрахунково-касове обслуговування	94,74	95,7
Кредитування	67,37	92,6
Управління тимчасово вільними коштами	95,26	2,6
Розміщення грошових коштів клієнтів на строкових депозитах	36,84	3,7
Брокерське обслуговування (робота на фондовому ринку)	5,26	1,1
Операції з вексями	57,89	2,6
Консультаційні послуги	17,37	83,2
Конверсійні операції (обмін валюти)	42,11	2,1
Обслуговування експортно-імпортних операцій	28,95	2,3
Факторинг	2,63	10,5
Карткове обслуговування підприємств	88,89	10,5
Фінансовий лізинг	26,3	28,0
Пошук інвесторів	1,2	36,8
Складання бізнес-плану	1,7	26,9

Офіційний сайт Ресурсного центру малого підприємництва

Комерційні банки віддають перевагу забезпеченню обслуговування малих підприємств корпоративними пластиковими картками, обслуговуванню зарплатних проектів по пластикових картках, операціям по обміну валюти, та обслуговуванню експортно-імпортних операцій, тобто операціям по залученню коштів малих підприємств за мінімальними відсотками при мінімальних ризиках. Таким чином, впливає певний антагонізм у взаємовідносинах комерційних банків та суб'єктів малого підприємництва, що негативно впливає на встановлення рівноправних та взаємовигідних відносин.

Для стимулювання фінансування інвестиційної діяльності малих підприємств з боку комерційних банків, в першу чергу, в законодавчому порядку необхідно запровадити систему пільг та преференцій для тих комерційних банків, які інтенсивно інвестують сектор малого підприємництва: пільги по оподаткуванню, які повинні підвищити рентабельність операцій по інвестуванню малих підприємств; створення відповідних умов доступу комерційних банків, які кредитують малий бізнес, до дешевих фінансових ресурсів за рахунок рефінансування з боку Національного банку України. Важливим стимулюючим фактором при інвестуванні малих підприємств з боку комерційних банків може стати створення системи гарантій, про що буде йти мова в наступних розділах даної роботи.

Дослідження показують, що специфічними, які суттєво впливають на фінансове забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств, є їх відносини з небанківськими кредитно-фінансовими установами, кредитними спілками, фондами взаємного кредитування, фондами підтримки підприємництва, що створюються для фінансування як поточної, так і інвестиційної діяльності малого підприємництва.

Ринок фінансових послуг кредитних спілок в Україні інтенсивно розвивається. За даними Державної комісії з регулювання ринків фінансових послуг на кінець 2008 року в Україні було зареєстровано 1884 кредитних спілок, і динаміка їх створення має стрімку позитивну тенденцію [4]. Зокрема в Херсонській області, за даними Управління економіки обласної державної адміністрації, станом на кінець 2008 року їх кількість складала 64 одиниці, тобто можна стверджувати, що кредитні спілки поступово займають свою нішу на ринку фінансових послуг, особливо що стосується

мікрокредитування фермерських господарств та дрібних товаровиробників – фізичних осіб та приватних підприємств.

Головними факторами, які обмежують кредитування суб'єктів малого підприємництва кредитними спілками є, по-перше, недостатність у них фінансових ресурсів. Незважаючи на те, що діяльність кредитних спілок підпадає під дію закону України «Про регулювання ринку фінансових послуг», який регулює окремі сторони їх фінансової діяльності, все ж ризик вкладення коштів в кредитні спілки досить високий, оскільки контроль з боку держави за діяльністю комерційних банків та їх фінансовим станом значно вищий.

По-друге, високі відсотки по депозитах призводять до високих відсоткових ставок по кредитах, які майже на 10% вищі, ніж у комерційних банків, що не завжди прийнятно для суб'єктів малого бізнесу. Високі відсоткові ставки по кредитах кредитних спілок пояснюються також тим, що незначні обсяги кредитних операцій, невеликий середній розмір виданих кредитів, призводять до значно вищих витрат на одну гривню кредитних ресурсів, ніж у комерційних банків.

По-третє, високий ризик вкладення коштів у кредитні спілки приводить до того, що вони не мають так званих "довгих грошей", і вимушені видавати тільки короткострокові кредити. Таким чином, суб'єкти малого бізнесу можуть використовувати їх кошти тільки на покриття короткострокової нестачі обігових коштів, і аж ніяк не на довгострокові інвестиції.

По-четверте, відповідно до діючого законодавства, кредитним спілкам не дозволяється кредитувати юридичні особи – суб'єкти господарювання не приватної форми власності, що значно звужує масштаби їх інвестиційної діяльності у секторі малих підприємств [5]. В результаті за 2008 рік діяльність кредитних спілок Херсонської області проводилась тільки серед фізичних осіб, суб'єктів підприємницької діяльності без створення юридичної особи та фермерських господарств, кредити малим підприємствам у 2008 році не видавались.

Негативним фактором у фінансовому забезпеченні інвестиційної діяльності малих підприємств є відсутність в Україні фондів взаємного кредитування. Пояснюється це слабкою організованістю суб'єктів малого бізнесу та низькою культурою ведення бізнесу.

Важливим джерелом формування фінансових ресурсів підприємств малого бізнесу в економічно розвинених країнах є використання фінансових інструментів, серед яких можна виділити акції та корпоративні облигації [6, с.77].

Однак вимоги до випуску дрібними емітентами фінансових інструментів в Україні ті ж самі, як і до крупних емітентів, що практично створює умови неможливості використання малими підприємствами акцій та корпоративних облигацій. Аналіз показує, що мінімальні показники для створення акціонерних товариств весь час підвищуються, і органи державної влади залишаються байдужими до того, що ця форма інвестування є практично неможливою для створення або розширення підприємств малого бізнесу.

Дії державних органів влади по послідовному підвищенню вимог до створення акціонерних товариств пояснити складно, адже ніяких міжнародних угод з цього приводу, які б примушували Уряд підвищувати мінімальні вимоги для емісії акцій та облигацій, Україна не підписувала. З цієї ситуації можна знайти вихід, поділивши акціонерні товариства на загальнонаціональні та регіональні, і відповідно адаптувати вимоги, що дозволить контрагентам легко розрізнити, з ким вони мають справу. Можна з впевненістю стверджувати, що на регіональному рівні акції чи облигації місцевих малих підприємств будуть користуватись попитом, адже створення та функціонування підприємства буде проходити на очах акціонерів, що забезпечить їх упевненість у майбутньому, а також дасть можливість приймати активну участь у контролі за діяльністю даного підприємства. При проведенні емісії необхідно поставити вимогу, що кошти, які надходять від емісії облигацій суб'єктам малого бізнесу по спрощеній формі, повинні витрачатись тільки на вкладення в необоротні активи, які, в свою чергу, будуть заставою у випадку не повернення ним суми основного боргу по облигаціях, за аналогією забезпечення повернення споживчого кредиту.

Однак фактичні дані дають можливість стверджувати, що кількість малих підприємств акціонерної форми власності в Херсонській області неухильно знижується як в абсолютних, так і в відносних величинах (Табл. 5).

Вияток складає 2009 рік, коли на фоні загального зменшення кількості малих підприємств, навіть при зменшенні абсолютної кількості акціонерних товариств, зросла їх питома вага. До того ж всі малі підприємства акціонерної форми власності створено у вигляді закритих акціонерних товариств, що робить неможливим котирування їх акцій на фондовому ринку.

Таблиця 5

Динаміка та структура малих підприємств за формами власності по Херсонській області за 2007-2009 роки

Малі підприємства	2007		2008		2009	
	одиниць	%	одиниць	%	одиниць	%
Всього	6731	100	6896	100	5848	100
Приватна власність	3608	53,6	3709	53,8	2668	45,7
в т.ч. кооперативи	101	1,5	95	1,4	91	1,5
Акціонерні тов.	269	4,0	257	3,7	249	4,2
ТОВ	2308	34,3	2396	34,7	2410	41,3
Державна власність	54	0,8	53	0,8	50	0,8
Комунальна власність	390	5,8	386	5,6	380	6,5

За даними Херсонського обласного управління статистики

Щодо корпоративних облігацій, то важко надіятись на спрощення процедури їх емісії та обслуговування. При практичній відсутності у малих підприємств кваліфікованих кадрів у сфері інвестиційної діяльності і економічній не вигідності їх найму для оформлення дрібних запозичень, можна сказати, що малі підприємства зазнають дискримінації за розмірами капіталу.

Таким чином, на нашу думку, в умовах економіки України, нерозвиненості фондового ринку в державі взагалі та місцевих фондових ринків зокрема, малі підприємства можуть розраховувати тільки на власні кошти та кошти бюджетів усіх рівнів.

Важливим з нашої точки зору є той факт, що основна маса малих підприємств є приватними, тобто власник підприємства є одноосібним, і розширення такого підприємства за рахунок випуску акцій взагалі неможливе, оскільки буде тягти за собою реорганізацію підприємства в колективну форму власності, що з психологічної точки зору для власника підприємства не завжди є прийнятним.

У цілому, організація ефективної системи регіональних запозичень з використанням фондового ринку, в тому числі і малими підприємствами, в Україні знаходиться на вкрай низькому рівні, і потребує певної нормативної підтримки, подальшої розробки методики використання існуючих та впровадження нових регіональних фінансових інструментів.

Висновки. Проведене дослідження дає можливість зробити висновки, що факторами, які впливають на фінансове забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств є: поєднання в одній особі власника та безпосереднього керівника підприємства; використання коштів сімейного бюджету в підприємницькій діяльності, та незначна сума стартового капіталу; обмежені масштаби діяльності малих підприємств; неспроможність малих підприємств впливати на ціноутворення в межах галузі чи регіону; монопрофільність та обмеженість діяльності місцевими ринками; специфічні взаємовідносини з комерційними банками та іншими кредитно-фінансовими установами, що призводить до підвищення відсоткових ставок при їх кредитуванні; нижча, порівняно з великими підприємствами, продуктивність праці і, як наслідок, більші витрати на 1 гривню реалізованої продукції за елементами витрат.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Господарський кодекс України від 16 січня 2003 р. №436-IV// Голос України. – 2003. – 14 березня.
2. Про стан та тенденції розвитку малого підприємництва Херсонської області за 2009 рік. // За редакцією І.Г. Трандашир. – Головне управління статистики у Херсонській області, 2010.
3. Малое предпринимательство в России. Москва, май 2008 г. / Ресурсный центр малого бизнеса www.rcsme.ru
4. Звіт про стан виконання Національної програми сприяння розвитку малого підприємництва в Україні за 2008 рік. / Офіційний сайт Державного комітету з питань регуляторної політики та підприємництва. www.dkcr.gov.ua
5. Закон України Про кредитні спілки від 20 грудня 2001 року №2908-III/ www.ukrcu.kiev.ua

6. Чесноков В.Л. Використання фінансових інструментів для організації інвестування в малий бізнес. // Матеріали міжвузівської науково-практичної конференції "Організація, аналіз і привабливість інвестицій для малого і середнього бізнесу в Україні" 3-5 лютого 2005 р.– Херсон: ХМД, 2005 р. – 329 с.

БЕЗДІТКО Юрій Михайлович – старший викладач кафедри податкової та бюджетної політики Херсонського національного технічного університету.

Науковий інтерес:

– фінансове забезпечення інвестиційної діяльності малих підприємств.

УДК 336.226.322

Ю.М. Бездітко, Е.В. Піралієв

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ АДМІНІСТРУВАННЯ ПОДАТКУ НА ДОДАНУ ВАРТІСТЬ

Досліджено фіскальну ефективність податку на додану вартість та його місце серед основних бюджетоутворюючих податків. Проаналізовано основні проблеми, пов'язані з необгрунтованим відшкодуванням податку на додану вартість та несвоєчасним поверненням сум податку на додану вартість суб'єктам підприємницької діяльності з державного бюджету.

Вступ. У системі непрямих податків найбільш вагомим з точки зору виконання ними фіскальної та регулюючої функцій виступає податок на додану вартість (ПДВ). З моменту його запровадження він залишається головним бюджетоутворюючим елементом податкової системи України. Проте останніми роками через недосконале податкове законодавство, особливо в частині відшкодування ПДВ, даний вид непрямого оподаткування замість того, щоб бути основним джерелом наповнення дохідної частини бюджету, ставав наваки – інструментом викачування коштів із державного бюджету. Саме тому питання дослідження проблем адміністрування ПДВ є актуальним сьогодні, адже неефективність функціонування ПДВ на нинішньому етапі становлення економіки України не лише нівелює його фіскальну функцію, а й створює додатковий тягар для підприємств, унаслідок несвоєчасного відшкодування ПДВ.

Стан вивчення проблеми. Дослідженням місця ПДВ в податковій системі України та проблемам його адміністрування приділяється значна увага у фаховій літературі. Питанням удосконалення формування бази розрахунку ПДВ, оптимізації процедури його нарахування та сплати до бюджету займалися провідні науковці в галузі оподаткування Ю.Б. Іванов, П.В. Мельник, А.М. Соколовська, А. Скрипник, З.С. Тарангул. Проблемам відшкодування ПДВ, мінімізації його негативного впливу на бюджетний процес в Україні присвячені публікації З.С. Варналія. Однак проблеми адміністрування ПДВ досліджено мало.

Завдання досліджень. Основним завданням статті є аналіз місця ПДВ серед основних бюджетоформуючих податків України, дослідження його фіскальної ефективності та ризиків при формуванні надходжень від ПДВ до Державного бюджету України.

Результати досліджень. ПДВ – це непрямий податок, що входить до складу податкових систем більшості країн світу. В перше податок на додану вартість був введений у Франції в 1958 р., нині його використовують 135 країн світу. Надходження від ПДВ складають приблизно 27% податкових надходжень і в середньому становлять понад 5% ВВП країн світу. Як правило, використовують декілька ставок оподаткування. Оптимальною вважається ставка ПДВ на рівні, не нижче 15% [1].

В Україні податок на додану вартість був введений у дію 1 січня 1992 року Законом України «Про податок на добавлену вартість» від 20.12.1991 р. Закон діяв лише до червня 1993 року і був замінений декретом КМУ «Про податок на добавлену вартість» від 26.12.1992 р. Нині діє наступник цього декрету – Закон України «Про податок на додану вартість» від 03.04.1997 року. Він набув чинності 1 липня 1997 року. Базова ставка ПДВ в Україні становить 20%, хоча існує і пільгова на рівні 0% для експортних операцій. На сьогоднішній день – це один з основних джерел надходження в дохідну частину бюджету як в Україні, так і в більшості країн світу [2].

Основна роль ПДВ проявляється через його фіскальну функцію, тобто мобілізацію фінансових ресурсів до Державного бюджету України. Якщо проаналізувати таблицю 1, то чітко видно, що за період з 2005 до 2008 років більше третини всіх податкових надходжень до Державного бюджету належать саме надходженням від ПДВ. В цей період середні значення надходжень ПДВ в загальній сумі податкових надходжень дорівнювало 37,8%. В умовах значного бюджетного дефіциту наявність стабільних надходжень є доволі важливим. А враховуючи те, що в Україні в останні роки дефіцит пенсійного фонду покривається за рахунок державного бюджету, то ефективність фіскальної функції ПДВ взагалі має надзвичайно високе значення.

Якщо порівняти надходження від ПДВ із надходженням інших найбільш вагомих податків (рис. 1), то ми ще раз упевнімося, що ПДВ залишається одним із основних джерел наповнення бюджету. За період з 2006 по 2008 роки надходження від ПДВ майже вдвічі перевищують надходження від податку на прибуток чи податок з доходів фізичних осіб. Перш за все, це пояснюється наявністю широкої бази оподаткування та значним зростанням цін, що, відповідно, відобразилося і на надходженнях ПДВ. Крім того, в 2004 році було внесено зміни в податкове законодавство, а саме поліпшення проведення

контрольно-перевірочної роботи державною податковою службою України бюджетного відшкодування платників податків, що в подальшому сприяло лише зростанню надходжень ПДВ.

Однак останні роки, не дивлячись на фіскальну ефективність ПДВ з точки зору надходжень, існує ряд проблем, пов'язаних з процесами відшкодування ПДВ. Найбільш вдалим прикладом цьому є 2003 рік, коли надходження ПДВ з урахуванням відшкодування мало від'ємне значення. Якщо поглянути на рис. 2, то чітко видно, що частка експорту далеко не відповідає відсотку відшкодування, тобто зростання експорту не спостерігалось. А це значить, що відбувалось фіктивне зростання експорту й неправомірне зростання відшкодування ПДВ. Тобто, можна сказати, що процесу нарахування відшкодування в цей час було притаманне явище корумпованості та криміналізації.

Таблиця 1

Частка ПДВ в податкових надходженнях до державного бюджету України

№	Роки	Податкові надходження всього, млн. грн.	ПДВ в доходах Держбюджету, млн. грн.	Питома вага, %
1	2005	98 065,2	33 803, 8	34,5
2	2006	125 743,1	50 396, 7	40,1
3	2007	161 264,2	59 382, 8	36,8
4	2008	227 811,7	90 501, 3	39,7

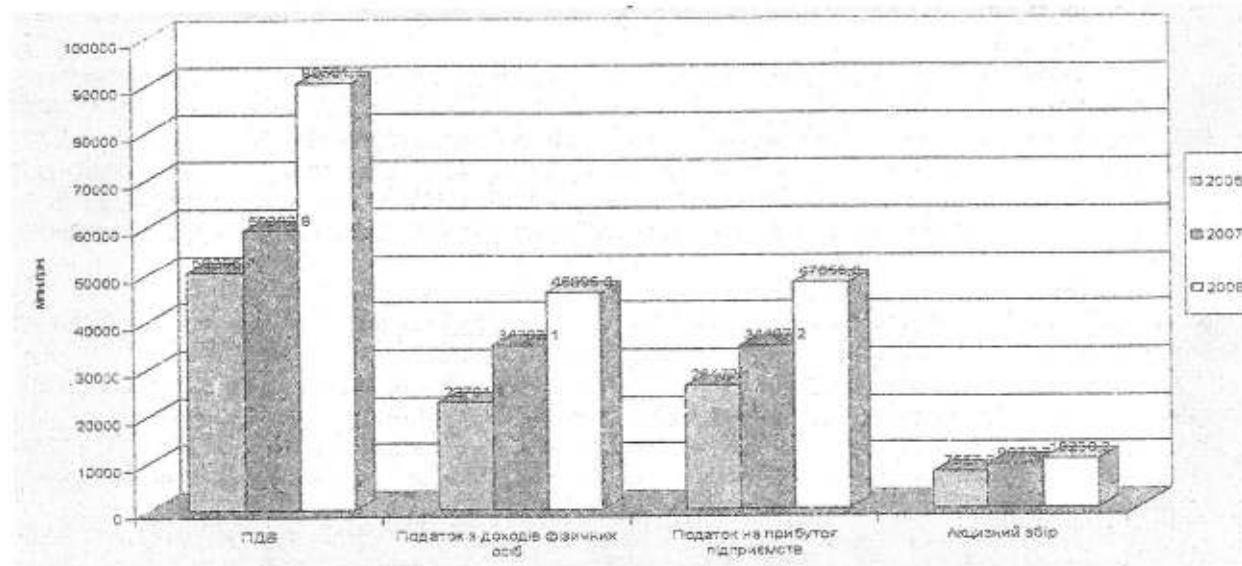


Рис. 1. Надходження від основних податків до Державного бюджету України за 2006-2008 роки

Якщо поглянути на весь аналізований період, то звертає на себе увагу те, що посилення податкового контролю за нарахуванням, сплатою і відшкодуванням ПДВ дещо стабілізувало ситуацію. Хоча проблема правомірності відшкодування ПДВ залишається актуальною і сьогодні.

Так, станом на грудень 2009 року, з третини декларацій, заявлених до бюджетного відшкодування ПДВ, за даними департаменту податкового контролю юридичних осіб ДПА України, виявлено порушення та упереджено незаконне відшкодування з бюджету на суму 7,4 млрд. грн. За виявленими фактами порушено 467 кримінальних справ. Під кримінальним провадженням знаходиться 2,4 млрд. грн., незаконно заявлених до відшкодування сум податку (33,4%). За 2008 рік цей показник складав 1,2 млрд. грн. [3].

Отже, лише завдяки заходам, проведеним підрозділами державної податкової служби, сьогодні вдається перешкоджати значному відтоку коштів з Державного бюджету внаслідок необґрунтованого відшкодування ПДВ, яке вже на нинішньому етапі набуває загрозливого характеру для всієї економіки.

Однак на цьому проблеми з ПДВ, а саме з відшкодуванням ПДВ себе не вичерпали. Актуальним залишається проблема несвоєчасного відшкодування з Державного бюджету сум ПДВ, що спричинює порушення законних прав та інтересів суб'єктів господарювання та посилює інфляційний тиск на економіку в цілому.

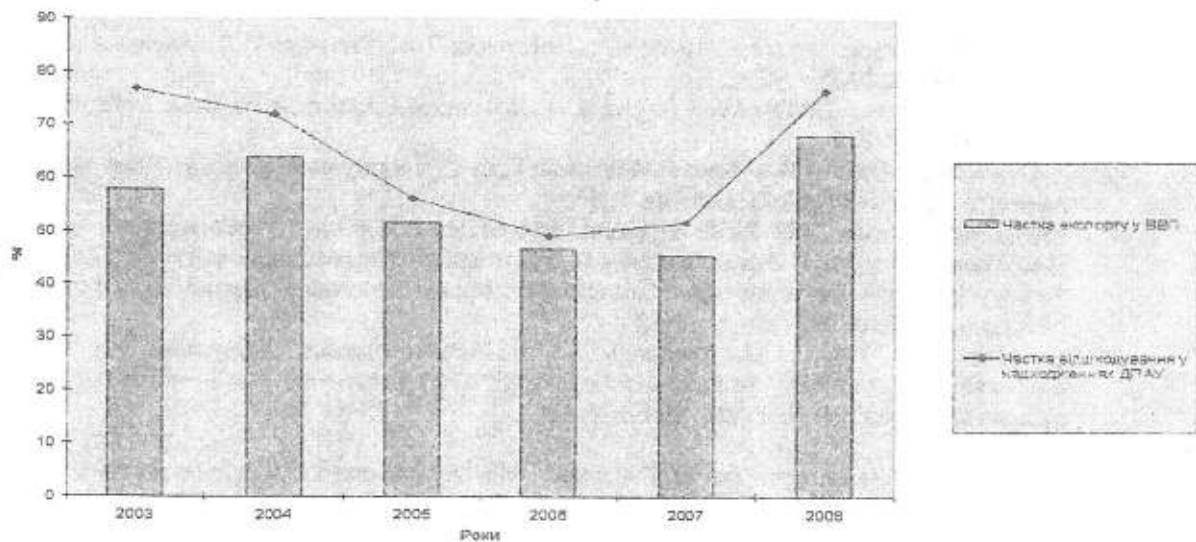


Рис. 2. Частка експорту у ВВП та частка відшкодування в загальній сумі надходжень

Так станом на грудень 2009 року, з третини декларацій, заявлених до бюджетного відшкодування ПДВ, за даними департаменту податкового контролю юридичних осіб ДПА України, виявлено порушення та упереджено незаконне відшкодування з бюджету на суму 7.4 млрд. грн. За виявленими фактами порушено 467 кримінальних справ. Під кримінальним провадженням знаходиться 2.4 млрд. грн., незаконно заявлених до відшкодування сум податку (33.4%). За 2008 рік цей показник склав 1.2 млрд. грн. [3].

Отже, лише завдяки заходам, проведеним підрозділами державної податкової служби, сьогодні вдається перешкоджати значному відтоку коштів з Державного бюджету внаслідок необґрунтованого відшкодування ПДВ, яке вже на нинішньому етапі набуває загрозового характеру для всієї економіки.

Однак на цьому проблеми з ПДВ, а саме з відшкодуванням ПДВ себе не вичерпали. Актуальним залишається проблема несвочасного відшкодування з Державного бюджету сум ПДВ, що спричинює порушення законних прав та інтересів суб'єктів господарювання та посилює інфляційний тиск на економіку в цілому.

Так, заборгованість з відшкодування ПДВ у 2009 році склала 16 млрд. грн., що у 5 разів більше, ніж у попередні роки, і станом на 1 квітня 2010 року сума неповернутого податку на додану вартість українським підприємствам вже сягнула близько 28.4 млрд. грн. Таким чином, у 2009 році держава просто завдала нищівного удару по тим підприємствам, які працюють легально, заробляють валюту для країни, легально платять заробітну плату, податки до бюджету та Пенсійного фонду [3].

Держбюджет 2010 року передбачає 33.3 млрд. грн. для здійснення відшкодування ПДВ, і це при заборгованості в 28.4 млрд. грн. Основним шляхом погашення заборгованості від невиконаних сум відшкодування ПДВ стануть облігації державної внутрішньої позики, які отримають суб'єкти економіки, що мають право на відшкодування, на відповідну їм суму боргу. Планується, що ці облігації матимуть вільний обіг на фондовому ринку, тож це дещо поживить вітчизняну економіку [3].

Висновок. Проведене дослідження показало, що ПДВ є найбільш фіскально-ефективним податком в Україні, однак проблеми, пов'язані з необґрунтованим відшкодуванням ПДВ та несвочасним поверненням сум відшкодування ПДВ роблять його фактично податком на експорт та найбільшим джерелом «відкачування» значних грошових коштів з Державного бюджету. Саме тому, питання удосконалення механізмів адміністрування ПДВ стає нагальною проблемою вже сьогодні.

На нашу думку, проблеми несвочасного бюджетного відшкодування ПДВ грошовими коштами, перш за все, закладаються з невірної оцінки сум відшкодування на рівні Державного бюджету України, а відсутність відповідальності за несвочасне відшкодування з боку держави призводить лише до збільшення ухилення від оподаткування. Що ж до неправомірності відшкодування ПДВ, то тут мають місце корупційність у системі управління та зловживання службовими обов'язками, а також незадовільна організація бухгалтерського обліку та звітності на підприємствах, установах, організаціях та недоліки у взаємодії органів податкового контролю з органами податкової міліції та іншими контролюючими та правоохоронними органами. Лише усунення цих негативних факторів дозволять ПДВ й надалі залишатися найбільш фіскально-ефективним податком в Україні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Податкова політика України: Монографія / Мельник П.В., Тарангул Л.Л., Варналій З.С. – К.: Знання України, 2008. – 675 с.
2. Податкова система: Підручник. / За ред. Ю.Б. Іванова, А.І. Крисоватого, О.М. Десятнюк. – К.: Атіка, 2006. – С. 811.
3. Інфом-Агенція Голос.УА - Новини за міткою: ПДВ // [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: [http://www.golosua.com/tag/ ПДВ /](http://www.golosua.com/tag/ПДВ/)
4. Економіка України 1999-2008: втрачене десятиліття | Новини | «Єврофінанс Капітал»// [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <http://www.efc.com.ua/ua/news/news2/2069/>
5. Регуляторна політика стримування нелегального підприємництва в Україні / О.О. Глущенко / Регіональна економіка. – 2009. – № 2. – С. 191.
6. Онисько С.М., Тофан І.М., Грицина О.В. Податкова система: Підручник. 3-тє видання, виправлене і доповнене / За загальною редакцією С.М. Онисько. – Львів: «Магнолія Плюс»; видавець СПД ФО «В.М. Піча», 2005. – С. 20.

БЕЗДІТКО Юрій Михайлович – старший викладач кафедри податкової та бюджетної політики Херсонського національного технічного університету.

Науковий інтерес:

– дослідження фінансової ефективності ПДВ та основних проблем, пов'язаних з його відшкодуванням.

ПРАЛІЄВ Елчин Валех-огли – студент 2-го курсу економічного факультету Херсонського національного технічного університету.

Науковий інтерес:

– дослідження фінансової ефективності ПДВ та основних проблем, пов'язаних з його відшкодуванням.

УДК 351.83

С.Ю. Бірюченко

ОСОБЛИВОСТІ ЛОКАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДОХОДУ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА

В статті представлено аналіз локальних нормативних документів регулювання відносин між підприємством і персоналом у сфері формування доходу останнього та для забезпечення несуперечності документів, їх системності і послідовності у регулюванні розроблено узагальнене Положення про порядок нарахування та виплати доходу персоналу підприємства.

Вступ. У сучасних умовах господарювання економіка сільського господарства зазнає значних змін. Розвиток ринкових відносин поступово вдосконалює економічні відносини між суб'єктами господарювання та його персоналом. Проте, ще досі існують суперечності в цих відносинах, які пов'язані з працею, інтересами працівників, їх взаємовідносинами та необмеженими потребами. Джерелом суперечностей між роботодавцем та працівниками, перш за все, виступає величина доход персоналу, який включає в себе заробітну плату, соціальне забезпечення та доходи від вкладень. Тому кожне підприємство за допомогою державних, галузевих, ринкових та мікро важелів повинно шукати механізм регулювання цих відносин у сфері праці з метою досягнення балансу інтересів, обмеження трудових конфліктів, забезпечення умов для сталого економічного розвитку.

Усунення дисбалансу у взаємовідносинах підприємств і його робітників надасть можливість забезпечення конкурентоспроможності підприємств, запровадження нових методів ведення економічної діяльності, досягнення нових цілей та орієнтирів. Однак, для працівників регулювання має також неабияке значення, оскільки забезпечується захист їх прав та інтересів, належний життєвий рівень.

Оскільки суміжні інтереси суб'єктів економіки розглядаються в мікро середовищі, то вагомий вплив на їх поєднання має договірне регулювання доходу отриманого персоналом з підприємства, яке в більшості випадків підкріплюється локальними положеннями. Такий спосіб регулювання дозволяє збалансувати інтереси підприємства і персоналу на основі врахування позицій кожної сторони та прийняти мобільні заходи щодо їх вирішення, та має документальне підкріплення.

Отже, в ряді проблем формування доходу персоналу підприємства особливе місце займає удосконалення механізму його регулювання в існуючих соціально-економічних умовах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні дослідженням аспектів колективно-договірного регулювання займаються Д. Богиня, А. Калина, А. Колот, В. Лагутін, Е. Лібанова, В. Новіков та ін. Галузеве регулювання розглядають Н.С. Павловська, С.М. Шелешкова та С.І. Ходакевич. Удосконалення державного регулювання вивчають Ю. Лігум та Г. Куліков, І. Ломанов. Усі ці вчені у своїх працях досліджують різні аспекти вдосконалення чинного централізованого механізму регулювання оплати праці, проте поза увагою залишаються питання щодо локального регулювання оплати праці та загального доходу персоналу.

Завданням даної статті є дослідження регулювання доходу персоналу на рівні підприємства та розробка узагальнюючого локального нормативного акту.

Викладення основного матеріалу. Важливим елементом побудови ефективного виробничого процесу є забезпечення здорових економічних відносин між його суб'єктами, що досягається шляхом регулювання, що відбувається на трьох рівнях: державному, регіональному та локальному (підприємства).

Оскільки в своїх дослідженнях ми розглядаємо дохід персоналу підприємства, як основне джерело суперечностей між роботодавцем і працівниками на мікрорівні, то і регулювання формування даного показника будемо розглядати на основі застосування локальних нормативних актів.

Локальні нормативні акти покликані пристосовувати загальне законодавство до умов конкретного підприємства, його реальних можливостей, специфіки галузі та окремого виробництва. До них належать: штатний розпис, правила внутрішнього трудового розпорядку, положення про оплату праці, положення про преміювання, положення про структурний підрозділ, посадові інструкції службовців та робочі інструкції працівників, положення про охорону праці, положення про атестацію працівників, колективний договір тощо.

Найважливішим локальним актом підприємства на сьогодні є колективний договір, який укладається на основі чинного законодавства, прийнятих сторонами зобов'язань з метою регулювання виробничих, трудових і соціально-економічних відносин і узгодження інтересів працівників, власників та уповноважених ними органів. Відповідно до статті 1 Закону України "Про колективні договори та угоди" та статті 11 Кодексу законів про працю України (далі – КЗпП) обов'язку щодо укладення колективного

договору не встановлено. Що ж до норми пункту 7 статті 65 Господарського кодексу, яким передбачено, що на підприємствах повинні укладатися колективні договори, то ця норма розглядається як загальна, а при колізії норми загального та спеціального законодавства перевага надається нормам останнього (Закон "Про колективні договори і угоди", міжнародні норми, ратифіковані Україною, КЗпП). Крім того, відповідно до частини 1 статті 4 Господарського кодексу трудові відносини не є предметом його регулювання. Отже, укладення колективного договору відбувається на цілковито добровільній основі.

Змістом колективного договору є узгоджені сторонами положення щодо врегулювання питань виробничих, трудових, соціально-економічних відносин на даному підприємстві. Стаття 7 Закону України "Про колективні договори та угоди" та стаття 13 КЗпП містять приблизний перелік питань, які можуть бути включені до колективного договору, зокрема: зміни в організації виробництва і праці, забезпечення продуктивної зайнятості, встановлення гарантій, компенсацій, пільг тощо.

Як додаток до колективного договору традиційно на підприємствах існує «Положення про порядок оплати праці працівників» або просто «Положення про оплату праці», «Положення про преміювання» та «Положення про винагороду за підсумками роботи за рік» та інші положення, регламентуючі формування та виплату оплати праці працівникам підприємства.

Під час розроблення даних положень важливо визначити джерела коштів на оплату праці, якими є частина доходу та інші кошти, одержані в результаті господарської діяльності підприємства, та критерії рівня оплати відповідно до результатів господарської діяльності підприємства, рівня доходності, місячних окладів, особистого внеску працівника в загальні результати роботи тощо.

Положення про оплату праці, про преміювання та про винагороду за підсумками роботи за рік на практиці розробляються відділом організації праці та заробітної плати і затверджуються, як правило, наказом керівника підприємства. Можливе також затвердження відповідним грифом.

Завданням даних нормативних актів є побудова стрункої системи оплати праці всіх працівників підприємства залежно від їх внеску в його діяльність, рівня їх утворення, кваліфікації й інших особистісних якостей (дисциплінованості, оперативності, уміння працювати в команді або інших якостях, необхідних для роботи в даній організації), встановлення джерел фінансування і умов виплати.

Якщо розглядати не лише заробітну плату, а весь дохід персоналу підприємства, то крім згадуваних положень на підприємстві також затверджуються Положення про нарахування та виплату дивідендів у акціонерному товаристві (визначаються умови та обмеження по виплаті дивідендів) та Положення про соціальний пакет.

На практиці суб'єктами господарювання не сформовано загальних правил щодо того, чи потрібно положення про оплату поєднувати в одному документі з положенням про преміювання та іншими локальними положеннями, що регулюють трудову діяльність підприємства. Різні підприємства застосовують різні механізми. Деякі ж навіть положення про преміювання розбивають на кілька документів – положення про преміювання за підсумками року, окремо – за підсумками кварталу і т.д. На нашу думку, найбільш правильним є все-таки створення єдиного документа, який охоплював би всі положення щодо формування доходу персоналу, оскільки це, в першу чергу, забезпечить несуперечність статей даного документа, його системність і послідовність у регулюванні відносин по формуванню доходу персоналу підприємства.

Саме дане положення дасть змогу до реалізації всіх принципів формування доходу персоналу (соціальної справедливості, правового забезпечення, простоти, конкурентоспроможності та єдності протилежності інтересів).

Як основу для підготовки локального нормативного акту про формування доходу персоналу підприємства можна використовувати зразок Положення про оплату праці працівників, порівнявши його з типовим положенням Росії, та використати статті інших попередньо згадуваних положень (табл. 1). Однак, це тільки методична основа. При розробці свого нового Положення багато питань підприємство має вирішувати індивідуально. Так, якщо на підприємстві використовується вахтовий метод праці, наймаються на роботу сезонні робітники, або працівник є лише власником капіталу підприємства і не приймає участі у його виробничій діяльності, то схеми формування доходу цих категорій працівників повинні бути докладно описані.

Змістова частина й структура даного Положення залежить від багатьох обставин, що визначають компетенцію спеціалістів підприємства в розробці умов розподілу доходу. Це практично означає, що створення даних документів строго індивідуальне. Для великих підприємств і об'єднань підприємств вони можуть являти собою об'ємну книгу й навіть складатися з декількох томів, а для малих підприємств і однорідних по номенклатурі випускається продукції, що, і професійно кваліфікаційному складу підприємств можуть складатися з 5-6 сторінок машинописного тексту. Проте змістова частина повинна мати певну логічну структуру незалежно тому, буде це оформлено в окремі пункти, параграфи, розділи або книги та регулювати загальний механізм формування і розподілу доходу персоналу.

Слід зазначити, що, як таке, положення про формування доходу не є обов'язковим: більшість його норм уже включені (або, принаймні, повинні бути включені), або в правила внутрішнього трудового

розпорядку, або в колективний договір, або в трудовий договір, а також безпосередньо встановлені в КЗпП. Фактично таке положення про формування доходу персоналу носить, у першу чергу, інформаційний характер, оскільки поєднує вказівки всіх наведених джерел і консолідує застосовувані на підприємстві правила нарахування та виплати доходу персоналу. Крім того, не слід забувати, що дане положення має велике значення й для цілей оподаткування, оскільки значною мірою знімає з підприємств проблему обґрунтування документального підтвердження витрат на персонал.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика локальних нормативних актів з формування складових доходу персоналу України та Росії

Р о з д і л н	Положення				Пропозиція автора
	Росії	України			
	про оплату праці	про оплату праці	про соціальний пакет	про порядок нарахування і виплати дивідендів	про порядок нарахування та виплати доходу персоналу підприємства
1	Загальні положення (законодавче забезпечення, відповідальні особи, поширення, правила та строки надання розрахункового листа)	Форми організації та оплати праці на основі законодавчих та інших нормативних актів, генеральної угоди, колективних і трудових договорів	Загальні положення (законодавче та нормативне забезпечення)	Загальні положення (суть та управління)	Загальні положення (законодавче забезпечення, структура та критерії рівня доходу)
2	Заробітна плата працівників (вимоги до працівника, норми праці, системи оплати, розміри, порядок, місце і строк виплати)	Структуру заробітної плати (основна зарплата, додаткова, премії, заохочувальні та компенсаційні виплати)	Порядок визначення і формування фонду фінансування додаткових соціальних гарантій	Загальні правила про сплату дивідендів (джерело виплати, періодичність, види)	Заробітна плата (норми праці, системи оплати праці, основна зарплата, додаткова)
3	Преміювання працівників за основні результати діяльності (види премій, показники, розміри, коло працівників, строки виплат)	Порядок перегляду та індексації зарплати	Напрями реалізації соціальної політики та порядок використання коштів, направлених на надання працівникам додаткових соціальних гарантій (диференціація виплат за категоріями персоналу)	Процедура сплати дивідендів	Соціальний пакет (показники, розміри, коло працівників)
4	Інші умови оплати праці	Строки та періодичність виплат зарплати	-	Обмеження на виплату дивідендів	Дивіденди (умови виплати)
5	-	Порядок вирішення спорів щодо оплати праці	-	-	Джерела фінансування доходу персоналу
6	-	-	-	-	Строки і періодичність виплат доходу персоналу підприємства

Всі проаналізовані положення в табл. 1 регулюють відносини підприємства з його персоналом. В загальній сукупності головних засад вони стали основою створення нового Положення про порядок нарахування та виплати доходу персоналу підприємства.

Запропоноване положення містить у собі обґрунтування формування складових та джерела виплати доходу персоналу підприємства. Крім цього, обумовлено строки та періодичність виплат доходу персоналу, що підкріплено державними законодавчими актами та колективним договором підприємства.

Висновки. Отже, введенням цього акту підприємство вирішує ряд управлінських завдань:

1. Використання єдиного документа, у якому викладена система формування і виплати доходу персоналу носить системний характер. Всі питання вирішені в одному документі й немає необхідності постійно звертатися до різних джерел.

2. Положення стає основою захисту прав персоналу підприємства на належний життєвий рівень. В ньому регламентуються складові потенційного доходу, умови та джерела виплати.

3. Зведення правил визначення розмірів доходу персоналу й інструментів управління цими розмірами, робить механізм формування «прозорим» для інвесторів, партнерів і податкових органів і зрозумілим для всіх працівників. Останнє особливо важливо, тому що працівник, знаючи за що і яку плату він одержить, активно включається в процес освоєння нових ділянок роботи або розвитку власної, підвищення кваліфікації й т.д.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про колективні договори і угоди: Закон України від 01.07.1993 року № 3356-ХІІ (остання редакція від 07.05.2008) [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=3356-12>
2. Кодекс законів про працю України від 10.12.1971 № 322-VIII (поточна редакція від 16.06.2010) [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=322-08>
3. Господарський кодекс України від 16.01.2003 № 436-IV (остання редакція від 24.02.2010) [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=436-15>

БІРЮЧЕНКО Світлана Юріївна – асистент кафедри економіки Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- дохід персоналу підприємства;
- управління потенціалом підприємств.

УДК 336.221(045)

О.В. Дикий

ПОСТКРИЗОВА ФІНАНСОВА АРХІТЕКТУРА СВІТУ

У статті розглянуто поточне положення фінансової ситуації країн світу в посткризовий період. Розглянуто антикризові програми провідних країн світу, виявлено зв'язок виходу з кризи з посиленням експортної продукції країни, реформування фінансової системи та проведенням інтервенції на ринку, та головною перевагою ґрунтується на більш ранньому накопиченні золотовалютного запасу. Проаналізовано правильні фінансові дії деяких країн у напрямку виходу з кризи.

Вступ. Світовий ринок фінансових послуг зазнав істотних змін. Відмінною рисою ситуації, що склалася, є прискорення процесу перерозподілу сил у світовій економіці в бік Сходу; підвищення прозорості банківського бізнесу на основі наближеної до класичної моделі банківської діяльності; зростаюча участь урядів у капіталі приватних фірм, що призводить до істотного конфлікту інтересів; більш чітка структура управління, в основі якої лежать національні і міжнародні регулятивні вимоги, і необхідність у використанні стійких бізнес-моделей, що сприяють переходу від стратегій виживання до більш довгострокових стратегій.

Криза зародилася в США, але більшу тяжкість його тягаря доводиться нести периферійним країнам. Збитки, завдані цим країнам, ще повністю не усвідомлені. Капітал біжить з периферії, де важко рефінансувати кредити, а експортні операції страждають від нестачі обігових коштів. Периферії потрібні можливість у найкоротші терміни отримувати суттєві грошові кошти на короткі проміжки часу, а також доступ до довгострокового фінансування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблеми посткризової фінансової ситуації та історичний аналіз економічної кризи знайшли своє відображення в працях: М.І.Туган-Барановський, А.Анікін, А.І.Бельчук, Л.А.Мендельсон, К.Кіндльбергер, та ін. вчених.

Формування цілей статті.

Ціль даної статті полягає в аналізі посткризової фінансової ситуації країн світу та виявленні найкращих засобів виходу з кризи на прикладі країн, що показали високу статистику ВВП, курсу своєї валюти та ін. показників.

Постановка завдань дослідження.

Для дослідження фінансової посткризової архітектури світу в сучасних конкурентних умовах необхідно розв'язати наступні завдання:

- розглянути теперішню фінансову картину світу;
- проаналізувати антикризові програми країн світу;
- виявити які дії привели і вивели країни з кризової ситуації.

Експериментальна частина і результати власного дослідження.

В останньому «Огляді світової економіки» експерти Міжнародного валютного фонду на основі статистичних досліджень роблять висновок про те, що зниження валютних курсів у значній мірі компенсує ефект від зменшення бюджетних витрат. «Без подібного збільшення чистого експорту зниження бюджетних витрат скоротило б випуск у два рази сильніше», – цей зв'язок між падінням курсу валюти, збільшенням чистого експорту і ВВП виявили на основі аналізу статистики експерти МВФ.

Багато країн світу в цей час почали активно стимулювати експорт і економічне зростання шляхом зниження вартості національної валюти. Цей спосіб у порівнянні з іншими подібними опинився і дешевше, і набагато простіше.

Так, Японія, чие економічне зростання в другому кварталі 2010 року зменшилось до 1,5%, а внутрішнє споживання стрімко падає вже протягом довгого часу, провела в середині вересня першу за останні 10 років валютну інтервенцію на ринку, а на початку жовтня знизила процентну ставку практично до нуля. Ці заходи були спрямовані, в першу чергу, на зниження курсу національної валюти країни. Зараз один долар можна купити приблизно за 83 ієни, тоді як ще навесні долар коштував близько 90 ієн [1].

Наступна таблиця 1 характеризує прогнозні показники кризи – скорочення приросту валового внутрішнього продукту за групами країн.

Таблиця 1

Глобальне гальмування світового розвитку економіки в період кризи 2008-2010 рр.
(у відсотках до попереднього року)

	2008	2009	2010
Світ у цілому	3,4	0,5	3,0
Розвинені країни	1,0	-2,0	1,1
США	1,1	-1,6	1,6
Євразія	1,0	-2,0	0,2
Країни, що розвиваються	6,3	3,3	5,0
Китай	9,0	6,7	8,0
Індія	7,3	5,1	6,5
Росія	6,0	-0,7	1,3
Світова торгівля	4,1	-2,8	3,2

Розглянемо як справляються з кризою деякі з країн світу.

Теорія оптимальних валютних зон (розроблена в 1960-х рр. майбутнім нобелівським лауреатом – Робертом Манделлом) говорить про те, що одним з критеріїв введення єдиної валюти в різних країнах повинен бути схожий характер бізнес-циклів у цих країнах. Інакше якщо одна країна буде перебувати в стані рецесії, а інша буде в цей момент рости, то загальна грошова політика призведе або до збільшення рецесії в одній країні, або до прискорення інфляції в іншій. Криза показала, що євразона тепер включає настільки економічно різні країни, що це не абстрактна, а цілком конкретна проблема.

Як з цими проблемами справляються Сполучені Штати Америки? Адже в штатах США єдина валюта, а економіки різних штатів зовсім несхожі одна на одну. В американських штатах економічні шоки згладжуються гнучкістю цін і зарплат, мобільністю праці і капіталу. Якщо в якомусь штаті зростає безробіття, то в ньому знижуються зарплати, що призводить або до від'їзду робітників, або до припливу капіталу і створення нових робочих місць.

Європейська економіка серйозно поступається американській по гнучкості та мобільності. До введення євро це «всього лише» оберталось відставанням від американської за ефективності виробництва і темпами економічного зростання. При наявності єдиної валюти все набагато серйозніше. Якщо в країні євразони рецесія, то вона більше не може підвищити свою конкурентоспроможність (по відношенню до інших членів) за допомогою девальвації. Необхідно, як і в американських штатах, звільняти робітників і знижувати зарплату. А ринок праці в Європі, як і раніше, дуже негнучкий [2].

Характерно, що антикризові заходи у Росії, почавшись із державних фінансових вливань у кредитно-банківську систему, спочатку переслідували комплекс цілей: у соціальному плані – зберегти вклади населення, в економічному – зробити все, щоб не зламався хребет економіки, і одночасно направити через банки кредити у виробничий сектор. На тому етапі об'єднання соціальних та економічних завдань не вийшло, і акцент був перенесений на фінансову допомогу і підтримку реального сектору економіки при продовженні антикризової соціальної політики.

Справа в тому, що існує два альтернативних варіанти соціальної політики в умовах різкого падіння виробництва: будь-якими шляхами змусити працювати всі підприємства, щоб зберегти зайнятість працівників, або селективний відбір об'єктів державної підтримки. Незважаючи на заявлену приналежність до другого варіанту, складається враження про триваюче коливання керівництва між варіантом першим і другим. Такі коливання зрозумілі з політичної, але не з економічної точки зору [3].

Останні десятиліття російська економіка, як відомо, не була "перегрітою". Тому сучасна Великоросія постраждала відносно небагато – лише в результаті певного скорочення експорту і уповільнення темпів індустриального зростання. Москва вирішила цю проблему за рахунок завчасно створеного Стабілізаційного фонду, значна частина коштів якого була спрямована на розширення внутрішнього ринку і модернізацію пріоритетних галузей економіки.

Правонаступниця Російської імперії та Радянського Союзу поставила перед собою надзвичайно складне, проте вирішуване завдання – технологічно переозброїти в найближчі роки національну промисловість, АПК, зробивши їх енерго- і ресурсозберігаючими, наукомісткими, і вийти в післякризовий період на передові позиції в світі за якістю створюваної продукції і обсягом ВВП, а також за величиною реальних доходів громадян. Для досягнення намічених цілей Кремль радикально змінив інвестиційну політику. Відтепер у країні створюються сприятливі умови для вкладення іноземного та національного приватного капіталу не в банківську сферу, як було в перше десятиліття пострадянської РФ, а у пріоритетні галузі розвитку економіки та науки.

Якісно змінюється і структура імпорту – тепер основна увага приділятиметься вже не ввезенню тієї чи іншої передової іноземної техніки, а створенню спільних підприємств для її виробництва на

російських просторах. Унаслідок цього, з одного боку, внутрішній ринок почне наповнюватися продукцією місцевого виробництва, скоротиться безробіття і збільшаться надходження до держбюджету, а з іншого – вітчизняні товаровиробники отримають доступ до надсучасних закордонних технологій, що неминуче стимулює у Великій Русі розвиток інженерної думки і науково-технічної революції.

Промовці на форумі західні експерти констатували: у цьому році в США і фактично в усіх країнах Європейського Союзу продовжується сповільнення темпів економічного розвитку, збільшення безробіття і зростання інфляції. Внаслідок цього спостерігається значне зниження зарплат бюджетників і зменшення соціальних витрат, у тому числі і пенсій громадян, які пішли на заслужений відпочинок. У той же час на території РФ розгортаються зовсім інші процеси. Тут відзначається прискорення зростання ВВП, вкладаються мільярди рублів на модернізацію виробництва і відбувається зниження інфляції, яка зараз (в умовах кризи!) є найнижчою за останні два десятиліття. Завдяки цьому Кремль упевнено дивиться в майбутнє і фактично щоквартально підвищує розміри зарплат бюджетників, ветеранських пенсій і соціальних.

У багатьох американців і західноєвропейців виникає питання: у чому секрет російського успіху? Адже, здавалося б, для нього немає об'єктивних підстав, тому що світова криза боляче вдарила по всіх країнах, у тому числі і по Росії. Після бурхливих дискусій західні аналітики прийшли до думки, що нинішні економічні досягнення росіян є наслідком відсторонення десять років тому від влади мільярдерів-олігархів, відмови від суто ринкової моделі розвитку і введення в країні елементів планової економіки [3].

Антикризова програма Китаю складається із стимулювання внутрішнього попиту, і, як не дивно, зростання внутрішнього споживання з місяця в місяць говорить саме за себе. ВВП на початок кризи сповільнився до 6,3%, але вже потім продовжив своє зростання. На боротьбу з кризою КНР витратили \$ 4 трлн. юанів, це приблизно 586 млрд. доларів США, і не виключена необхідність додаткових вливань в економіку. Велике скорочення Китайського експорту також було відзначено і було виконано всі програми з його збільшення. Хочеться відзначити, що КНР також надає важливе значення зростанню безробіття, і основна частина грошового вливання йде саме на боротьбу з нею. Китай швидко відреагував на економічну кризу, і, можливо, один з перших покаже перші паростки виходу з нього.

Нагадаємо, що Китай є найбільшою «скляною банкою», де зосереджені долари США, хоча внутрішня політика Китаю проводить програми поступового відходження від «зелених папірців», хоча б на прикладі розрахунків з Японією в національній валюті [4].

Сучасна фінансова та економічна криза порушила струнку плани китайського керівництва і поставила його перед необхідністю терміново вирішувати гострі проблеми, пов'язані з різким падінням темпів зростання ВВП і скороченням промислового виробництва, особливо в найбільш передових і прибуткових експортних галузях. Він вибрав половинчате рішення, можливо, найбільш прийнятне в даний час: зберегти прив'язку юаню до долара протягом усього або більшої частини 2009 року. Це, з одного боку, дозволить зберегти значну частину експорту, а з іншого – зменшити торгівельний профіцит, що лише за два останні місяці 2009 року склав майже 80 млрд. доларів. Збереження курсу юаня полегшить китайським властям вирішити завдання щодо підвищення купівельної спроможності населення (про те, що вона поставлена також недавно широко оголошувалося).

Прив'язка до долара ставить перед китайським керівництвом ті ж проблеми, що й девальвація, хоч і в меншому масштабі: виникає питання, що робити з інфляційним торгівельним профіцитом. Продовжувати купувати американські цінні папери – туліковий шлях. Коли світова економіка стане виходити з кризи, багатотрильйонний американський борг неминуче викличе світову інфляцію. А це, у свою чергу, знецінить китайські резерви і знову поставить економіку КНР в залежне від США становище. Саме тому китайські монетарні власті приступили до чергового реформування фінансової системи [5].

Дійсно, за оцінкою фахівців, Республіка Корея впоралася з кризою. Про це говорять зростання ВВП у першому кварталі 2010 р. на 7% в порівнянні з аналогічним періодом минулого року. А також те, що починаючи з другого кварталу минулого року, в країні швидкими темпами відновлюються фінансовий і валютний ринки.

Очевидно, що це відбулося багато в чому завдяки тому, що Республіка Корея витягла уроки з азіатської фінансової кризи 1997 р., а саме: змогла поліпшити і посилити структуру економіки, почала проводити більш здорову фінансову і бюджетну політику, збільшувати свої золотовалютні резерви.

Після того як вибухнула сучасна фінансово-економічна криза, уряд Республіки Кореї запусив програму підтримки експорту. Сьогодні 26% від загального обсягу експорту корейських товарів експортується за державної підтримки у вигляді надання пільгового страхування, державних гарантій [6].

Висновки: Виконаний у статті аналіз показує, що:

1) Найкраще виходять з кризи країни, що мають суму боргу, яка не перевищує золотий запас, – Росія.

2) Реформування фінансової системи та проведення інтервенції на ринку також ефективно впливає на призупинення кризової ситуації у країнах Китай, Корея, Японія.

3) Країни, де існує єдина валюта, а саме ЄС, не можуть підвищити свою конкурентоспроможність (по відношенню до інших членів) за допомогою девальвації. Необхідно тільки звільнити робітників і знижувати зарплату, що не є кращий варіант виходу з кризи, і саме це питання вимагає подальшого розгляду.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Шамін О. Валютні війни «Expert Online» / 7 жовтня 2010
2. Мау В.А. Кризис на начальной стадии: причины и проблемы // Экономическая политика. 2008. № 6 (декабрь). – С. 58.
3. Гурієв С., Цивінській О. Європі потрібний ремонт. Газета «Відомості» 25 травня 2010 р.
4. Примаков О.М. – академік РАН Що треба робити, щоб відкрити для нашої країни післякризовий завтра 2009-07-02.
5. За кордоном формується багатополярна структура цивілізації. Київський Вісник № 121 від 25 жовтня 2010 р.
6. Антикризисні програми / Електронний ресурс: <http://www.traderblog.biz/antikrizisnye-programmy.html>.

ДИКИЙ Олександр Віталійович – доцент кафедри міжнародного бізнесу Київського національного університету ім. Т.Г. Шевченка.

Науковий інтерес:

– аналіз антикризових програм країн світу.

УДК 336.145.1

Н.М. Костіна, О.В. Черепанова

СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМНО-ЦІЛЬОВОГО МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ БЮДЖЕТНИМИ РЕСУРСАМИ В УКРАЇНІ

Розглянуто роль програмно-цільового методу в процесі формування бюджету. Проаналізовано модель традиційного бюджету та бюджету, складеного за програмно-цільовим методом. Визначено завдання та наслідки впровадження програмно-цільового методу в Україні.

Вступ. У своєму розвитку Україна знаходиться на стадії, коли вже здійснено комплекс соціально-економічних реформ. Однак проблема ефективного управління бюджетними ресурсами лишається досить актуальною, особливо зважаючи на необхідність жорсткої економії як державних, так і місцевих фінансів. У сучасних умовах доцільно впроваджувати альтернативні методи в бюджетний процес на всіх рівнях бюджетної системи. З урахуванням вітчизняних реалій таким альтернативним методом повинен стати програмно-цільовий метод (ПЦМ) формування і виконання бюджету, механізми якого орієнтовані, перш за все, на ефективність кінцевого результату.

Завдання статті. Основне завдання статті полягає у дослідженні організаційних аспектів становлення ПЦМ в Україні та його впливу на бюджетну ідеологію в державі.

Аналіз останніх публікацій. Дослідженням особливостей програмно-цільового методу приділяють багато уваги вітчизняні науковці, зокрема: Бабич Т.С., Запаріна І.В., Кульчицький М.І., Огонь Ц.Г., Чугунов І.Я., Федосов В.М. та інші. Незважаючи на вагому базу досліджень, актуальним є розгляд подальших перспектив впровадження ПЦМ з урахування нового бюджетного законодавства.

Виклад основного матеріалу. Бюджетний процес можна представити як виробничу функцію, що встановлює зв'язок між бюджетними результатами та ресурсами державного сектора, що використовуються для досягнення цих результатів. У цьому контексті формування бюджету полягає в тому, щоб виходити, у першу чергу, з обсягу наявних ресурсів, що використовуються для досягнення певних результатів у державному секторі. Саме принципи виробничої функції і можна покласти в основу ПЦМ.

Програмно-цільовий метод у бюджетному процесі, зазвичай, розуміється як система управління бюджетними коштами в середньостроковій перспективі для розробки й виконання бюджетних програм, орієнтованих на кінцевий результат.

Світова практика виділяє такі головні елементи програмно-цільового бюджетування, як:

1. стратегічне планування діяльності органів державної влади та його складова фінансово-стратегічне планування (перший етап циклу бюджетування);
2. середньострокове бюджетування, що визначає певні часові фіскальні рамки для оптимального розподілу ресурсів у середньостроковій перспективі за програмами (другий етап циклу бюджетування);
3. система моніторингу й оцінки бюджетних програм і результатів діяльності їх виконавців (основною для останньої є стратегічні плани) [3, с. 7].

Технічними інструментами програмно-цільового бюджетування є [6]:

- 1) стратегічний план головного розпорядника бюджетних коштів;
- 2) середньострокові фіскальні рамки (обсяги доходів, видатків і джерел фінансування дефіциту на середньострокову перспективу);
- 3) бюджетна програма, що є інструментом реалізації бюджетування, який систематизує цілі та очікувані результати від витрачання бюджетних коштів;
- 4) показники виконання, що відбивають безпосередні результати (від реалізації програми) та кінцеві результати діяльності органів державної влади (показники реалізації стратегії).

Зазначимо, що програмно-цільовий метод складання та виконання бюджету має такі переваги:

1. Забезпечення прозорості бюджетного процесу, що чітко визначає цілі і завдання, на досягнення яких витрачаються бюджетні кошти, підвищення рівня контролю за результатами виконання бюджетних програм.

2. Забезпечення за результатами виконання бюджету здійснення оцінки діяльності учасників бюджетного процесу щодо досягнення поставлених цілей та виконання завдань, а також проведення аналізу причин неефективного виконання бюджетних програм.

3. Упорядкування організації діяльності головного розпорядника бюджетних коштів щодо формування і виконання бюджетних програм шляхом чіткого розмежування відповідальності за

реалізацію кожної бюджетної програми між визначеними головним розпорядником бюджетних коштів відповідальними виконавцями бюджетних програм.

4. Посилення відповідальності головного розпорядника бюджетних коштів за дотримання відповідності бюджетних програм законодавче визначеній меті його діяльності, а також за фінансове забезпечення бюджетних програм і результати їх виконання.

5. Підвищення якості розроблення бюджетної політики, ефективності розподілу і використання бюджетних коштів.

Впровадження програмно-цільового методу в Україні пройшло певний еволюційний етап свого становлення. Так, ст. 10 та 38 Бюджетного кодексу України (редакція 2001 р.) [1] передбачає пріоритетність складання та виконання бюджету за програмно-цільовим методом.

Програмно-цільовий метод було продекларовано при складанні проекту Державного бюджету України на 2002 р., а 14 вересня 2002 р. розпорядженням Кабінету Міністрів України № 539-р. було схвалено Концепцію застосування програмно-цільового методу у бюджетному процесі [7].

У Концепції бюджетна програма визначається, як систематизований перелік заходів, спрямованих на досягнення єдиної мети та завдань, виконання яких пропонує та здійснює розпорядник бюджетних коштів відповідно до покладених на нього функцій. Згідно з Концепцією метою застосування програмно-цільового методу є встановлення безпосереднього зв'язку між виділенням бюджетних коштів та результатами їх використання. При цьому аналіз ефективності витрат вимагає від розробників політики державного сектора шукати такий метод досягнення того чи іншого рівня «виходу» бюджетного сектора, який пов'язаний із якнайменшими витратами.

22.12.2002 р. було затверджено Наказ Міністерства Фінансів України «Про паспорти бюджетних програм». Наказом визначено, що паспорт бюджетної програми – це документ, який містить повну інформацію про бюджетну програму та застосовується для здійснення моніторингу, оцінки реалізації і контролю ефективності виконання бюджетної програми та цільового використання бюджетних коштів.

Паспорт бюджетної програми визначає мету, завдання, напрями використання бюджетних коштів, відповідальних виконавців, результативні показники та інші характеристики бюджетної програми відповідно до бюджетних призначень, встановлених законом про Державний бюджет України на відповідний бюджетний період, на основі яких здійснюється контроль за цільовим та ефективним використанням бюджетних коштів і аналіз виконання бюджетної програми [8].

Подальший крок із впровадження ПМЦ був здійснений із прийняттям Закону України «Про державні цільові програми» від 18.03.2004р, в якому зазначено, що державна цільова програма – це комплекс взаємопов'язаних завдань і заходів, спрямованих на розв'язання найважливіших проблем розвитку держави, окремих галузей економіки або адміністративно-територіальних одиниць, здійснюються з використанням коштів Державного бюджету України та узгоджені за строками виконання, складом виконавців, ресурсним забезпеченням.

Закон також передбачає, що державні цільові програми поділяються на [4]:

– загальнодержавні програми економічного, науково-технічного, соціального, національно-культурного розвитку, охорони довкілля, що охоплюють всю територію держави або значну кількість її регіонів, мають довгостроковий період виконання і здійснюються центральними та місцевими органами виконавчої влади;

– інші програми, метою яких є розв'язання окремих проблем розвитку економіки і суспільства, а також проблем розвитку окремих галузей економіки та адміністративно-територіальних одиниць, що потребують державної підтримки.

Прийняття вище зазначених нормативно-правових актів визначило теоретичне підґрунтя для застосування програмно-цільового методу у бюджетному процесі. Однак практична реалізація теоретичних засад так і не відбулася.

Значно більше уваги до застосування програмно-цільового методу передбачено у новому Бюджетному кодексі України від 08.07.2010 р., що буде введено в дію з 2011 р. Ст. 20 Бюджетного кодексу визначає відповідальних виконавців бюджетних програм, порядок затвердження бюджетних програм та порядок використання коштів у межах програми. Крім того, зазначено, що програмно-цільовий метод у бюджетному процесі має передбачати складання прогнозу бюджету на наступні за плановим два бюджетні періоди [2].

Важливо зазначити, що в Україні вже є практика використання ПМЦ за окремими програмами, але досвід свідчить, що у сучасних умовах рівень показників за результатами прийнятих управлінських рішень є досить низьким, а використання бюджетних коштів за окремими бюджетними програмами неефективним.

У 2008 р. було передбачено реалізацію 122 державних цільових програм із річним обсягом фінансування 28,036 млрд. грн. (з них – 24,979 млрд. грн. за рахунок бюджету). У сусідній Російській федерації внаслідок реформування програмного методу протягом 2000-2003 рр. кількість федеральних цільових програм було скорочено більш, ніж у 3 рази (зі 172 до 50) зі збільшенням бюджетного

фінансування (з 50 до 160 млрд. руб. на рік) [5]. Отже, можна дійти висновку, що подальше поширення практики використання ПМЦ вимагає вдосконалення як організаційних, так і практичних підходів.

Основними причинами неефективності використання бюджетних коштів і низької результативності бюджетних програм також є:

- відсутність пріоритетів у бюджетній політиці на середньо- й довгострокову перспективу;
- недостатня обґрунтованість запровадження бюджетної програми та без урахування головних вимог Закону України «Про державні цільові програми»;
- непослідовність управлінських рішень для досягнення результативності бюджетних програм;
- непослідовність у виконанні й реалізації бюджетної програми.

Висновки. Для повного та успішного переходу на програмно-цільовий метод формування бюджету в Україні необхідно вдосконалити:

1. Необхідність перегляду та вдосконалення існуючої структури програм для усунення організаційних та інформаційних обмежень, що заважають роботі керівників установ усіх рівнів.

2. Необхідність поліпшення практики розрахунку видатків бюджету, роль якої є дещо обмеженою у традиційному формуванні бюджету. Ця практика може бути вдосконалена шляхом використання методів аналізу витрат.

3. Запровадження нової системи звітності за результатами діяльності, при цьому визнаючи, що управління бюджетом за програмно-цільовим методом є складовою ефективного управління державними ресурсами [9].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бюджетний кодекс України від 21.06. 2001 р. – № 2542-III [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi>.
2. Бюджетний кодекс України від 08.07. 2019 р. № 2542-III [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?reg=2542-14>.
3. Гладких Д. Особливості планування доходів та витрат бюджету / Д. Гладких // Вісник НБУ. – 2008. – № 1. – С. 6-8.
4. Закон України «Про державні цільові програми» від 18.03.2004 р. № 1621-I [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?reg=1621-15>.
5. Малирчук І.А. Проблеми формування та реалізації державних цільових програм // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nisp.gov.ua/vydanna/papogama>.
6. Радул Л.І. Сутність та проблематика бюджетування в Україні / Л.І. Радул // [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://intkonf.org/radul-li-sutnist-ta-problematika-byudzhetuвання-v-ukrayini>.
7. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції застосування програмно-цільового методу в бюджетному процесі» від 14.09.2002 р. № 538-р [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?reg=538-2002-%F0>.
8. Наказ Міністерства фінансів України «Про паспорти бюджетних програм» від 29.12.2002 р. № 1098 [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?reg=z0047-03>.
9. Чугунов І.Я., Запатріна І.В. Розвиток програмно-цільового методу планування бюджету / І.Я. Чугунов, І.В. Запатріна // Фінанси України. – 2008. – № 5. – С. 3-14.

КОСТИНА Наталія Миколаївна – асистент кафедри податкової та бюджетної політики Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– регіональна фіскальна політика.

ЧЕРЕПАНОВА Ольга В'ячеславівна – студентка 4-го курсу спеціальності «Фінанси і кредит» Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– бюджетна система України, застосування програмно-цільового методу в бюджетній системі України.

УДК 336.145.1

Л.П. Сідельникова, І.В. Недайборщ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕРЖАВНОГО ФІНАНСОВОГО КОНТРОЛЮ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БЮДЖЕТНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ

Розглянуто організаційні особливості державного фінансового контролю в Україні. Проаналізовано діяльність Державної контрольно-ревізійної служби України. Надано рекомендації щодо підвищення ефективності контролю за використанням бюджетних ресурсів.

Вступ. На сьогоднішній день у більшості країн світу надзвичайно актуальною залишається проблема ефективного та раціонального використання бюджетних ресурсів. Це ж стосується і України, бюджетна політика якої функціонує в умовах обмеженості доходних джерел і, як наслідок, постійного дефіциту. В процесі вдосконалення системи державного управління в Україні, важлива роль відводиться організації контролю та підвищенню його дієвості і результативності, як важливого чинника соціально-економічного розвитку адміністративно-територіальних одиниць та держави в цілому.

Завдання статті. Основне завдання статті полягає у дослідженні пріоритетних напрямів проведення державного фінансового контролю за витрачанням бюджетних ресурсів та аналізі їх ефективності у сучасних умовах. У процесі дослідження використовуються методи емпіричного аналізу.

Аналіз останніх публікацій. Серед сучасних науковців, які досліджують питання фінансового контролю, особливої уваги заслуговують праці Л. Вороніна, А. Козальова, В. Симоненко, В. Родіонова, С. Шохіна та ін.

Виклад основного матеріалу. За своєю економічною сутністю фінансовий контроль – це комплекс заходів, що вживаються законодавчими і виконавчими органами влади всіх рівнів, а також спеціально створеними установами для забезпечення законності та ефективності формування, володіння та використання фінансових ресурсів з метою захисту фінансових інтересів держави, місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання та громадян, а також успішного досягнення поставлених цілей [2, с.65].

Ефективність фінансового контролю за економним і цільовим витрачанням бюджетних коштів, станом збереження державного і комунального майна залежить від комплексності його здійснення, своєчасності й повноти реалізації заходів для відшкодування завданих державі збитків, усунення причин, що призвели до фінансових втрат. Більшість із цих функцій покладено на органи Державної контрольно-ревізійної служби України (ДКРСУ).

Однак, у своїй діяльності органи ДКРС стикаються з низкою проблем щодо ефективної організації фінансового контролю, які, в свою чергу, спричинені жорсткою процедурою його здійснення. А саме: органи ДКРС повинні завчасно попередити про проведення планової ревізії, що, в свою чергу, суперечить принципу раптовості проведення заходу і обумовлює можливість для приховування та перешкоджання виявлення порушень. Також необхідно зазначити про часові обмеження у проведенні ревізій та їх періодичності, що зумовлює обмеження прав ДКРС на здійснення контролю в необхідних обсягах за використанням державного майна суб'єктами господарювання [3].

Ще однією перешкодою є необхідність в отриманні рішення суду на проведення позапланової ревізії [5], адже у зв'язку з цим значно затягуються терміни фактичного початку проведення контрольного заходу через наявність процесуальних строків підготовки та розгляду справ у судах.

Таким чином, ДКРС втрачає можливість в короткі строки здійснювати контрольні заходи для документального підтвердження фактів зловживань, відомості про які отримані у встановленому порядку, зокрема, містяться в дорученнях правоохоронних органів.

Потребує вдосконалення і порядок проведення зустрічних звірок. Адже нині такі заходи можуть проводитися лише в одержувачів робіт. Проте, необхідно зауважити, що дослідити законність використання бюджетних коштів можна лише перевіривши документацію в юридичних осіб, які виступають не замовниками, а виконавцями відповідних робіт, оплачених за бюджетні кошти [2, с.103].

Аналіз діяльності органів Державної контрольно-ревізійної служби України за січень-лютий 2010 р., показує, що тільки за два місяці було проведено контрольні заходи майже на 2,4 тис. підприємствах, установах і організаціях. При цьому, виконано 247 доручень Секретаріату Президента України, Верховної Ради (в тому числі депутатські запити), Кабінету Міністрів та Міністерства фінансів України [4].

За результатами проведених контрольних заходів на 1,9 тис. підприємствах, установах і організаціях усіх форм власності виявлено фінансові порушення, що призвели до втрат фінансових та

матеріальних ресурсів на загальну суму 357,8 млн. грн.

При цьому виявлено незаконне і нецільове витрачання загальнодержавних і комунальних ресурсів, їх недостача, а також недоотримання бюджетами всіх рівнів, бюджетними установами, державними і комунальними підприємствами фінансових ресурсів загалом на 321,4 млн. грн. З них, унаслідок неправомірних дій окремих керівників, безоплатного надання в оренду природних і матеріальних ресурсів недоотримано доходів у сумі майже 53,2 млн. грн. (з них бюджетами – 43,6 млн. грн.), що складає 16,6 % від загальної суми порушень при використанні державних і комунальних ресурсів.

У процесі перевірок виявлені також незаконні витрачання ресурсів при виконанні державних цільових програм, оплаті отриманих товарно-матеріальних цінностей, виплаті заробітної плати на суму понад 165,1 млн. грн. (в тому числі бюджетних ресурсів – 117,7 млн. грн.), що складає 51,4% від виявлених порушень при використанні ресурсів держави (рис. 1) [4].

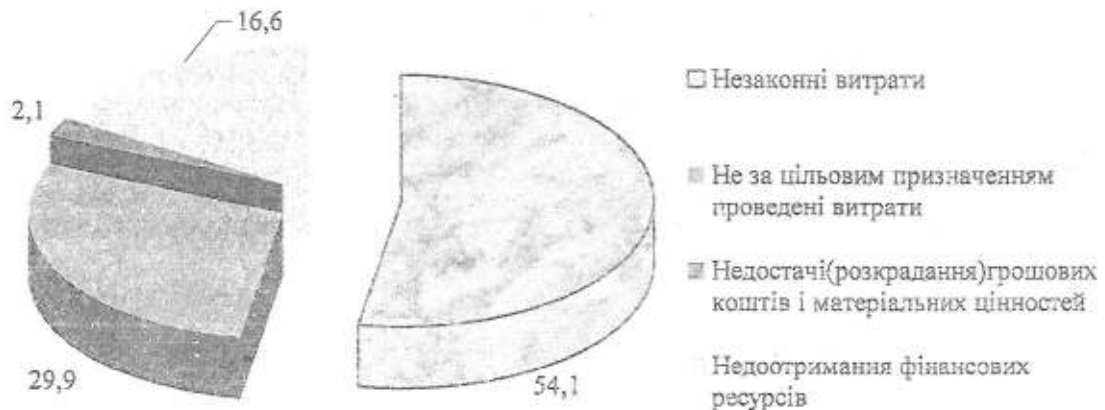


Рис. 1. Структура порушень, що призвели до втрат фінансових і матеріальних ресурсів держави, виявлених органами ДКРС в січні-лютому у 2010 року

За результатами перевірок виявлено нецільове витрачання державних ресурсів у сумі 96,1 млн. грн. (з них: 41,9 млн. грн. – кошти державного бюджету та 18,8 млн. грн. – кошти місцевих бюджетів), що складає 29,9 % від виявлених порушень за операціями з бюджетними коштами, державним і комунальним майном. Недонараховано також фінансових і матеріальних ресурсів держави на загальну суму 6,9 млн. грн., що складає 2,1% від виявлених порушень при використанні державних і комунальних ресурсів.

Протягом січня-лютого 2010 р. на 680 об'єктах визначено втрати державних фінансових і матеріальних ресурсів, допущених унаслідок неефективних управлінських дій, на суму майже 1,4 млрд. грн.

Крім того, контрольними заходами виявлено фінансових порушень, що не призвели до втрат фінансових і матеріальних ресурсів держави, на суму майже 3 млрд. грн., з яких заниження в обліку вартості активів та не взяття їх на баланс – 1,3 млрд. грн.; завищення кредиторської заборгованості та зобов'язань перед фізичними та юридичними особами – 11,3 млн. грн.; завищення потреби в бюджетних коштах, яку не профінансовано – 11,9 млн. грн.; взяття до сплати зобов'язань на суми, що перевищують виділені асигнування – майже 128 млн. грн.; оплата за державні кошти вартості товарів, робіт і послуг без проведення процедури закупівлі – 233,7 млн. грн. тощо [4].

У межах прав і наданих повноважень ДКРС за результатами проведених ревізій вжито відповідні заходи, в результаті яких за січень-лютий 2010 року забезпечено усунення порушень, що призвели до втрат фінансових і матеріальних ресурсів, на суму 181,5 млн. грн.

Загальна сума фінансових ресурсів, які в результаті контрольних дій додатково надійшли до бюджетів, бюджетних установ і організацій та державних і комунальних підприємств, складає 74,4 млн. грн. (з них по порушеннях, виявлених у попередні періоди, – 62,2 млн. грн.), в тому числі до бюджетів усіх рівнів – 17,1 млн. грн.

Найбільші суми порушень, що призвели до втрат фінансових і матеріальних ресурсів держави, виявлено контрольньо-ревізійними управліннями в Донецькій області (92,3 млн. грн.), м. Києві (10 млн. грн.), Харківській (8,7 млн. грн.) та Запорізькій (8,1 млн. грн.) областях.

Необхідно зазначити, що відповідно до сучасних міжнародних стандартів, основними формами державного фінансового контролю є аудит та інспектування, які відрізняються між собою метою,

способами, методами, об'єктами та суб'єктами здійснення. У чинному законодавстві України поняття «державний фінансовий аудит», виділяється як різновид державного фінансового контролю, а не як самостійна форма контролю, що є принциповою відмінністю від сучасних світових методологічних підходів. Як наслідок, потребують відповідного законодавчого та теоретико-методологічного уточнення терміни «форма фінансового контролю», «державний фінансовий аудит» та «інспектування» [1, с. 346].

Висновки. Отже, запровадження нової форми контролю, такої як аудит ефективності, дасть змогу запобігати виявленим порушенням та підвищити ефективність при здійсненні фінансово-господарської діяльності бюджетних установ.

Разом з тим, традиційна ревізія (інспектування) залишається необхідною і діючою формою фінансового контролю, яка забезпечує ситуаційний підхід у разі суттєвих розбіжностей законодавчих норм і кошторисних стандартів при використанні розпорядником бюджетних коштів.

Отже, саме поєднання застосування таких форм контролю, як: контроль, ревізія, перевірка та аудит покликане посилити боротьбу з крадіжками і нецільовим використанням державних коштів, зробити контроль за використанням бюджетних ресурсів прозорішим й ефективнішим.

Таким чином, для створення в Україні ефективної та дієвої системи державного фінансового контролю необхідне запровадження чіткої системи відповідальності у фінансово-бюджетній сфері, яка повинна складатися з двох взаємопов'язаних складових: відповідальність розпорядників та одержувачів бюджетних коштів і відповідальність уповноважених на фінансовий контроль органів влади.

Загалом, існуючі проблеми у системі відповідальності слід вирішувати через глибинні організаційно-функціональні, структурні реформи системи державного фінансового контролю і розробку пакету змін у нормативно-правовій базі, що стосується відповідальності не лише за порушення бюджетного законодавства, а й інших споріднених сфер.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Дудко В.П. Державний фінансовий контроль: Навчальний посібник / В.П. Дудко – Чернівці: Прут, 2005. – 484 с.
2. Симоненко В.К. Основи єдиної системи державного фінансового контролю в Україні / В.К. Симоненко. – К.: Знання України, 2006. – 280 с.
3. Проблеми діяльності державної контрольно-ревізійної служби // [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Головного контрольно-ревізійного управління України. – Режим доступу: <http://www.dkrs.gov.ua/kru/uk/publish/articl/63866>
4. Загальні дані про результати контрольних заходів, проведених протягом січня-лютого 2010 року // [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Головного контрольно-ревізійного управління України. – Режим доступу: <http://www.dkrs.gov.ua/kru/uk/publish/category/63577>.
5. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку проведення органами державної контрольно – ревізійної служби аудиту ефективності виконання бюджетних програм від 10.08.2004 р. № 1017 // [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Верховної ради України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1017-2004-%EF>.
6. Фінансовий контроль бюджетних ресурсів: Монографія / Є.В.Мних, Г.О.Кравченко, Н.С. Бардаш та ін.; За заг. ред. Є.В. Мниха. – К.: Київ. нац. торг. екон. ун-т, 2008. – 186 с.

СІДЕЛЬНИКОВА Лариса Петрівна – к.е.н., доцент, завідувач кафедри податкової та бюджетної політики Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- фіскальна політика регулювання податково-бюджетних відносин регіону;
- управління податковими платежами.

НЕДАЙБОРЦІ Ілона – студентка 4-го курсу напряму «Фінанси і кредит» за професійним спрямуванням «Фінанси» Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- фіскальна політика регулювання податково-бюджетних відносин регіону;
- управління податковими платежами.

УДК 657.52:347.728.1

Т.М. Чебан, Г.О. Земська

ДЕФІНІЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ЦЕНТРІВ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ У СУЧАСНІЙ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ УПРАВЛІНСЬКОГО ОБЛІКУ

Розглянуто суть поняття «центр відповідальності», а також визначено пріоритетні напрямки щодо їх класифікації на підприємствах.

Вступ. Перехід до ринкової економіки обумовлює підвищення ролі управлінського обліку в діяльності підприємств. Суттєво зростає інтерес керівників підприємств до облікової інформації, яка б допомагала при плануванні, контролі і прийнятті управлінських рішень. Надання такої інформації внутрішнім користувачам організації є основною задачею управлінського обліку.

Постановка проблеми. Останнім часом в умовах загострення конкуренції та низької платоспроможності споживачів продукції керівництво вітчизняних підприємств, з метою підвищення прибутків, почало шукати шляхи зниження витрат виробництва. Базуючись на обліковій інформації про розмір і види витрат, керівництво підприємства одержує відомості про використання ресурсів, формування собівартості продукції. В результаті адміністрація отримує можливість здійснювати контроль і планування різних господарських показників, аналізувати відхилення від запланованих величин, а значить і приймати обґрунтовані управлінські рішення. Одним із напрямків управлінського обліку є надання допомоги керівництву підприємства в управлінні витратами. Серед різних методів, які використовує управлінський облік для управління затратами, велике значення для функціонування підприємств має облік за центрами відповідальності.

Завдання дослідження. В економічній літературі не існує єдиної думки щодо трактування поняття «центр відповідальності». Звідси виникає насущна потреба правильного трактування даного поняття з метою організації витрат за їх діяльністю, що є об'єктивною необхідністю. Вважаємо за необхідне розглянути дискусію науковців щодо класифікації центрів відповідальності, адже оптимальність визначення цих класифікаційних ознак відіграє важливе значення при калькулюванні собівартості продукції.

Стан вивчення проблеми. Проблеми розкриття поняття та класифікації центрів відповідальності розглядалися у працях багатьох учених, як вітчизняних, так і зарубіжних, таких як Рей Вандер Віла, Д.Міддлтона, В.Лалія, Дж.Фостер і К. Друрі, Ч.Т. Хорнгрена, О.В. Блоцького, А.М. Герасимовича, П.Е. Горбатенко, З.В. Гуцайлюка, В.П. Завгороднього, Г.Г. Кірейцева, А.М. Кузмінського, В.Г. Лінника, Ю.Я. Литвина, О.І. Малишкіна, В.В. Сопка та ін. Незважаючи на їх значний теоретико-методологічний доробок, виклики та практичні потреби сучасного менеджменту вимагають більш чіткого та однозначного визначення центрів відповідальності. Перехід цієї проблеми із площини теоретичних досліджень до складу прикладних питань обумовлює необхідність більш глибокого з'ясування сутності центрів відповідальності, що забезпечується їх ґрунтовною класифікацією.

Результати досліджень. Ідея організації обліку за центрами відповідальності не нова. Вона започаткована у 30-х роках ХХ ст., але розвивалась лише з початку 70-х років, коли актуальність та гострота поставленої проблеми спонукали багатьох фахівців обґрунтувати пропозиції щодо створення центрів відповідальності та центрів витрат. Серед інших важливо назвати таких учених-економістів, як В.Палій, В.Сопко, у працях яких найбільш докладно розроблено тенденції розвитку виробничого обліку. У таблиці 1 наведено визначення центру (місця) виникнення витрат, що пропонуються рядом учених-економістів.

Таблиця 1

Трактування центрів відповідальності у працях учених

Автор та використане джерело	Визначення
Ф.Бутинець [1, с. 41]	Центр відповідальності – це сегмент діяльності підприємства, в якому встановлено персональну відповідальність керівника за показники діяльності, які він повинен контролювати
С.Голов [2, с. 404]	Центр відповідальності – сфера (сегмент) діяльності, у межах якої встановлено персональну відповідальність менеджера за показники діяльності, які він має контролювати
Т.Карпова [6, с.156]	Центр відповідальності – це таке групування витрат, котре дозволяє поєднати в одному процесі місця виникнення витрат: виробництво, цех, ділянку, бригаду з відповідальністю керуючих ними менеджерів
В.Ластовецький [7, с.165]	Центр відповідальності – це ті місця витрат, де можна не тільки визначити планове завдання та зафіксувати у відповідних регістрах його виконання, але і визначити відхилення від виконання робочого завдання
В.Сопко [11, с. 421]	Центром відповідальності вважається місце, де виникають правові відносини між учасниками господарських процесів
С.Стуков [12, с.127]	Центр відповідальності – це частина організації, по котрій доцільно акумулювати бухгалтерську інформацію про діяльність такого центра

Очевидно, що більшість науковців ідентифікують центри відповідальності як частину (сегмент, сферу) діяльності підприємства. Деякі фахівці ототожнюють центри відповідальності та місця виникнення затрат.

На нашу думку, центр відповідальності – це таке групування витрат, яке дозволяє поєднувати в одному обліковому процесі місця витрат (виробництво, цех, ділянку, бригаду) з відповідальністю очолюваних ними менеджерів.

Очевидно, що наразі в економічній літературі не існує єдиної думки щодо трактування поняття "центр відповідальності". На наш погляд, термін "центр відповідальності" є більш широким поняттям, ніж місце виникнення затрат. Останнє, як видно з назви, припускає тільки контроль і відповідальність за станом затрат. Система ж центрів відповідальності припускає контроль за станом затрат, доходів і інвестицій, а також розподіл, делегування повноважень і відповідальності між керівниками різних центрів відповідальності. Наприклад, витрати можуть виникнути в такому центрі відповідальності, як механічний цех, однак право прийняття рішення, що привело до виникнення даних витрат, було надано керівнику іншого центру відповідальності і значить до нього і мають відноситися дані витрати.

В економічній літературі існує декілька підходів до класифікації центрів відповідальності. Деякі автори підрозділяють центри відповідальності на два види – за витратами та за фінансовим результатом.

С.Стуков вважає, що центром відповідальності може бути цех, ділянка, бригада і навіть окремий агрегат, верстат, машина. В управлінських службах центрами витрат є відділи, наприклад, постачання, збуту, конструкторський, плановий, праці і заробітної плати, бухгалтерія [12, с.127]. Ентоні Р. і Ріс Дж. виділяють такі види центрів відповідальності, як: центр прибутків, центр витрат, центр прибутку та центр стандартної собівартості. При цьому, центр стандартної собівартості – це особливий вид центру витрат, у якому для багатьох його елементів собівартості встановлено стандартну собівартість [16, с.126].

М.Пушкар та Т.Карпова класифікують центри відповідальності за такими критеріями, як відношення до процесу виробництва та внутрішнього господарського механізму [10, с. 256; 6, с.156].

Відповідно до Дж.Фостера і Ч.Т.Хорнгрена, Ф.Бутиця, С.Голова існують наступні види центрів відповідальності: центр витрат, центр продажів, центр прибутку і центр інвестицій [14, с.125; 1, с. 43; 2, с. 405].

Як бачимо з вище викладеного, більшість авторів здійснює класифікацію центрів відповідальності за якимось з одних критеріїв: або за об'єктом відповідальності, або за рівнем управління. Відмінності в

характері відповідальності менеджерів у вітчизняній практиці дозволяють виділити чотири типи центрів відповідальності: центри витрат, центри доходів, центри прибутку та центри інвестицій.

Центром витрат є підрозділ підприємства, керівник якого відповідає тільки за витрати. Прикладом може бути виробничий цех, що не випускає кінцевої або завершеної продукції та напівфабрикатів, відділи заводоуправління, соціальні служби тощо. Як правило, центр відповідальності за витратами пов'язаний з виконанням визначених функцій, що не мають чітко вираженого вимірника об'єму діяльності. Центри витрат можуть входити до складу інших центрів відповідальності або існувати окремо.

Центр інвестицій – це підрозділ, керівник якого відповідає за витрати і результати інвестиційного процесу, ефективність використання капітальних вкладень. Завдання такого центру – забезпечити максимальну рентабельність вкладеного капіталу, його швидку окупність, збільшення акціонерної вартості підприємства. При цьому вкладення ресурсів у капітальні активи підприємства, на відміну від інших видів витрат, пов'язує їх на тривалий строк. Повне відшкодування таких витрат передбачає більш тривалий строк їх погашення та отримання корисного ефекту. Менеджер управляє витратами за допомогою операційного бюджету, звітності про його виконання, інформації про рух грошових потоків. Керівник вирішує завдання розподілу обмежених ресурсів: часу, капіталу, робочої сили. Управлінський облік у даному випадку є важливим інструментом забезпечення оптимальних фінансових результатів у довгостроковому плані.

Центри доходів включають підрозділи маркетингово-збутової діяльності, керівники яких відповідають тільки за виручку від реалізації продукції, товарів, послуг та за витрати, пов'язані з їх реалізацією. Вони надають інформацію про найбільш рентабельні у виробництві або закупках товарів, а результати діяльності оцінюють, головним чином, за обсягом та структурою продаж у натуральному та вартісному вираженні за величиною витрат. На думку С.Ф. Голова, в «чистому» вигляді не існує центру доходу. Він пропонує називати його центром доходу та обмежених витрат. С.Голов вважає, що на практиці дуже рідко можна зустріти підрозділ, який контролює тільки доходи, але не витрати, хоча сам і виділяє центр витрат, центр доходу, центр прибутку, центр інвестицій [2, с. 406].

Центри прибутку – це підрозділи, керівники яких відповідальні не тільки за витрати, але й за фінансові результати своєї діяльності. Це можуть бути окремі підприємства у складі великого об'єднання, філії, дочірні підприємства, торгові представництва, магазини тощо. Їх керівники мають можливість контролювати всі компоненти діяльності, від яких залежить величина прибутку: обсяги виробництва та продаж, ціни, витрати.

Звичайно, центри прибутку включають декілька місць витрат. Загальні витрати та результати їх діяльності відображаються в системі бухгалтерського обліку.

При організації управлінського обліку на підприємстві вважаю за доцільне використовувати комплексну класифікацію центрів відповідальності, що передбачає безперервний їх розподіл: за типами (основні, функціональні), видами та територіальною ознакою.

Основні центри відповідальності організують контроль за місцем виникнення витрат, а функціональні – у різних місцях, але під впливом одного центру відповідальності. Але необхідно відзначити, що різним рівням управління властиві різні об'єкти відповідальності. Наприклад, менеджер ділянки або цеху швидше за все не може відповідати за дохід або контролювати процес надходження інвестицій, адже це входить у компетентність вищого керівництва підприємства.

На практиці при виділенні центрів відповідальності не завжди їх можна чітко відокремити один від одного. Так, діяльність одного центру відповідальності, наприклад, ремонтної бригади, може бути поширеною на підприємство в цілому.

Мета обліку за центрами відповідальності полягає у накопиченні даних про витрати і доходи за кожним центром відповідальності таким чином, щоб відхилення від кошторису (бюджету) могли бути віднесені на відповідальну особу.

Функціональний і територіальний аспекти побудови центрів відповідальності унаочнює рис. 1.



Рис. 1. Функціональний і територіальний аспекти формування центрів відповідальності

Створення центрів витрат за побудови управління витратами на підприємстві на засадах персональної відповідальності здійснюється за відповідними місцями витрат, тобто за сегментами їх формування. Первинним місцем витрат є робоче місце. Як місце витрат може розглядатися й сукупність організаційно поєднаних робочих місць (дільниці, відділення тощо). Отже, центри відповідальності за витрати (центри витрат) — це місце витрат або організаційна єдність декількох місць, за якими контролюються витрати і встановлено персональну відповідальність за їх рівень.

Формування центрів відповідальності має здійснюватись із дотриманням наступних вимог:

- порівняність планових і звітних результатів виконання роботи за певний період;
- однозначне обчислення планових і фактичних витрат за розрахунковий період на основі обґрунтованих методик і раціональної системи обліку;
- чітке визначення меж повноважень і відповідальності керівника центру відповідальності. Керівник може відповідати лише за ті витрати, на які він може впливати (які для нього є регульованими);

- персоніфікація документації внутрішньої звітності;
- участь керівників центрів відповідальності у складанні планів (кошторисів).

При формуванні центрів відповідальності слід прагнути того, щоб модель центрів відповідальності була наскрізною, причому за кожним центром повинні бути закріплені відповідні місця виникнення витрат. Або іншими словами, для кожного місця виникнення витрат визначено центр відповідальності, в який воно входить, і який планує йому встановлені показники.

Основні результати та висновки. Застосування системи обліку по центрах відповідальності може мати сенс у великих та середніх організаціях із децентралізованою системою управління. Для її впровадження в організації повинні бути чітко визначені сфери відповідальності і контрольовані статті витрат та доходів для кожного керівника потенційного центру відповідальності. Дана система надає допомогу в плануванні і контролі затрат та доходів організації, дозволяє об'єктивно оцінювати ефективність сегментів бізнесу та роботу конкретних менеджерів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бутинь Ф.Ф., Давидюк Т.В., Канурна З.Ф., Малюга Н.М., Чижевська Л.В. Бухгалтерський управлінський облік: Підручник для студентів спеціальності "Облік і аудит" вищих навчальних закладів / За ред. проф. Ф.Ф. Бутинця. – 3-тє вид., доп. і перероб. – Житомир: ПП "Рута", 2005. – 485 с.
2. Голов С.Ф. Управлінський облік. Підручник. – 4-тє вид. – К.: Лібра, 2008. – 850 с.

3. Друри К. Введение в управленческий и производственный учет. – М.: Аудит, ЮНИЛП, 1998. – 315 с.
4. Завгородній В.П., Шайкан А.В. Облік витрат та прибутків за центрами відповідальності в умовах стандартизації обліку // Економіка: Вісник. Вип. 51. – К.: Київський національний університет ім. Тараса Шевченка. – 2001. – С. 21-26.
5. Карпова І.С. Впровадження управлінського обліку за центрами відповідальності в комерційному банку. – К.: МІМ-Київ, 2001. – 515 с.
6. Карпова Т.П. Управленческий учет. – М.: Аудит, 1998. – 220 с.
7. Ластовецкий В.Е. Учет затрат по факторам производства и центрам ответственности. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 316 с.
8. Макевич М.А. Метод учета затрат с совмещением центров затрат и центров ответственности // Регіональні перспективи. – 2001. – № 5-6. С.287-289.
9. Миддлтон Д. Бухгалтерский учет и принятие финансовых решений / Пер. с англ.; под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 410 с.
10. Пушкар М.С. Управлінський облік. – Тернопіль: Карт-бланш, 1998. – 470 с.
11. Сопко В. Бухгалтерський облік. – К.: КНЕУ, 1998. – 468 с.
12. Стуков С.А. Система производственного учета и контроля. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 413 с.
13. Ткач В.И., Ткач М.В. Управленческий учет: международный опыт. – М.: Финансы, 1994. – 514 с.
14. Хорнгрен Ч., Фостер Дж. Бухгалтерский учет: управленческий аспект. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 614 с.
15. Шайкан А.В. Облік та аналіз витрат і доходів за центрами відповідальності: Автореферат дис. к.е.н.: 08.06.04 / Київський національний економічний університет. – К., 2002. – 17 с.
16. Энтони Р., Рис Дж. Учет: ситуации и примеры. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 348 с.

ЧЕБАН Тетяна Миколаївна – к.е.н., доцент кафедри обліку та аудиту Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– стан та перспективи розвитку управлінського обліку.

ЗЕМСЬКА Ганна Олександрівна – магістрант спеціальності «Облік і аудит» Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– облік, аналіз, аудит фінансових результатів діяльності підприємств.

УДК [378.22 : 657] (477)

Т.М. Чебан, Г.О. Земська

ПРОФЕСІЙНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУХГАЛТЕРІВ ЗА ПРОГРАМОЮ САР/СІРА ЯК ІНСТРУМЕНТ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ «НАВЧАННЯ ВПРОДОВЖ ЖИТТЯ» (LLL)

«...Для осіб, які прагнуть стати професійними бухгалтерами, недостатньо володіти лише теоретичними знаннями...»

Типовий навчальний план з бухгалтерського обліку програми СІРА

Розглянуто концепцію «навчання впродовж життя» у сучасному баченні та сертифікацію бухгалтерів за програмою САР/СІРА як інструмент її реалізації.

Вступ. В сучасних умовах розвитку ринкових відносин з притаманними їм невизначеністю зовнішнього середовища, жорсткою конкурентною боротьбою та динамічними змінами розгалужена освітня інфраструктура є однією з найбільш важливих рушійних сил розвитку та модернізації суспільства. Більш того, формування суспільства, заснованого на знаннях, набуває все більшого значення не тільки для розвитку економіки, а й для просування демократичних процесів та боротьби з соціальним роз'єднанням. Темп розвитку сучасного суспільства, що постійно зростає, вимагає постійного оновлення знань, у зв'язку з чим кожній людині має бути надана можливість набувати нових знань у кожний період її життя.

У 1973 році Організація Економічної Співпраці та Розвитку (ОЕСР) опублікувала звіт «Періодична освіта: Стратегія навчання впродовж життя», в якому основну увагу було приділено потребам глобальної економіки і конкурентоспроможності. Розроблене в той період, насамперед, у відповідь на кризу в системах освіти, поняття «навчання впродовж життя» («Lifelong Learning» – LLL) визнане ЮНЕСКО як поняття глобальної перспективи. В 90-ті рр. ХХ століття у зв'язку з економічною кризою і зростанням безробіття нова концепція навчання заявила про себе з новою силою [3, с.17]. В Меморандумі з питань навчання Європейської комісії дається таке визначення терміну LLL: це цілеспрямоване навчання, здійснюване на постійній основі для вдосконалення знань, умінь і компетенцій в інтересах особистісного, громадського і соціального розвитку, а також для отримання роботи» [3, с. 26]. Концепція LLL означає новий підхід до навчання впродовж життя людини у різноманітних формальних та неформальних ситуаціях, зорієнтована на людину у контексті забезпечення її зайнятості та активної громадянської позиції. Вже сьогодні у всьому світі концепція LLL стала реальністю, а в майбутньому її значення буде постійно зростати.

Постановка проблеми. В умовах трансформації національної моделі економіки великого значення набуває сукупність заходів, спрямованих на забезпечення та покращення управління господарською діяльністю. Невід'ємною складовою економічної діяльності суспільства протягом тривалого історичного розвитку є бухгалтерський облік, раціональна організація якого виступає передумовою та інформаційним забезпеченням ефективного управління власністю і господарською діяльністю підприємств. Тому важливою проблемою є постійне підвищення кваліфікації бухгалтерів, які у відповідності з трансформацією вітчизняної економіки повинні швидко адаптуватися в непередбачуваних і мінливих умовах та здатні ефективно вирішувати складні завдання. Розв'язання цієї проблеми неможливе без врахування сучасних реалій приєднання України до процесу створення загальноєвропейського простору вищої освіти.

Стан вивчення проблеми. Проблема підготовки бухгалтерів в умовах безперервного навчання в контексті Болонського процесу розглядається у працях багатьох вітчизняних учених: Кузьмінського Ю.А., Нападівської Л.В., Солко В.В., Степко М.Ф., Клименка Б.В., ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л.Л. та ін. Проте більшість цих праць присвячена проблемам зміни сучасної парадигми вищої освіти, її модернізації на основі інтелектуалізації, індивідуалізації та забезпечення гарантій якості навчання. Поза увагою дослідників залишилися питання післядипломного навчання фахівців з обліку, а для такої динамічної та соціально відповідальної професії, професіоналізм – це якісна характеристика, яку необхідно підтримувати і розвивати впродовж всієї кар'єри [6].

Завдання досліджень. Метою статті є теоретичне обґрунтування міжнародної сертифікації професійних бухгалтерів за програмою САР/СІРА, спрямованої на підвищення їх професійної компетентності, соціального статусу та громадське визнання, як однієї з можливостей реалізації концепції навчання впродовж життя.

Результати досліджень. В останній час попит на бухгалтерські послуги різко збільшився, змінилися й вимоги до їх якості. Ведення бізнесу в ринкових умовах висуває підвищені вимоги і до якості інформації, яка пристосованої до запитів користувачів, вирішення їх проблем. Завдання бухгалтера або бухгалтерської служби полягає у формуванні якісної, достовірної і повної інформації про ведення господарської діяльності та її результати, використання якої дозволить приймати оптимальні управлінські та фінансові рішення. Неточності, помилки, несвоєчасність подання інформації можуть не лише завдати збитків, а й призвести до банкрутства підприємства. Високий ступінь залежності ефективності управлінських і фінансових рішень від якості бухгалтерської інформації визначає роль бухгалтера в процесі розвитку бізнесу в будь-якій сфері діяльності [2, с.33]. Таким чином, можна стверджувати, що загальний високий рівень бухгалтерської професії – це запорука ефективної національної економіки.

Неможливо переоцінити роль вищих закладів освіти в підготовці сучасних бухгалтерів нової генерації. Поряд з модернізацією змісту освіти, вдосконаленням методики і технології навчання, активне впровадження в навчальний процес університетів кредитно-модульної системи стало одним із першочергових завдань національної вищої освіти у присланні до Болонського процесу і вже зараз демонструє позитивні результати щодо підвищення якості підготовки фахівців. Однак виходячи з особливостей бухгалтерської професії – її державного регулювання та стрімкого «старіння» економічних знань очевидно, що навіть високопрофесійний фахівець з обліку повинний вміти самостійно здобувати знання поза межами системи формальної освіти і після неї. Тому в сучасних умовах основним ключовим вмінням стає здібність фахівця з обліку здійснювати пошук нових знань та розвивати нові компетенції без підтримки з боку формальної освіти. Формування таких умінь, пошук нових способів мислення, перехід до нової парадигми навчання і є основною метою концепції LLL.

Одним з інструментів реалізації цієї концепції для забезпечення безперервного навчання фахівців з обліку є участь у міжнародних програмах професійної сертифікації. Світове визнання здобули декілька програм міжнародної сертифікації професійних бухгалтерів: CPA (США), ACCA, ICCAEW (Велика Британія), CGA (Канада). Для держав СНД найбільш прийнятною є програма CAP/CPA, що обумовлено її наступними перевагами:

- це єдина російськомовна програма міжнародної сертифікації професійних бухгалтерів,
- вона відповідає стандартам та етиці Міжнародної федерації бухгалтерів (МФБ),
- має високий рівень визнання в професійних колах, серед роботодавців та з боку державних органів (НБУ),
- відрізняється якісним змістом, що базується на Типовому навчальному плані та Міжнародних стандартах фінансової звітності,
- адаптована до реалій ділового середовища України (програма CPA включає курс «Податки і право», що базується на українському законодавстві),
- участь у програмі не передбачає необхідності виїздити за межі України (наразі навчання за програмою CPA здійснюється переважно Навчально-методичним центром Федерації професійних бухгалтерів і аудиторів України через мережу регіональних відділень у більшості обласних центрів України) [6].

Програма CAP/CPA складається з трьох компонентів: навчання, проведення іспитів та сертифікації [5, с.111].

Кандидатам, які успішно склали необхідні іспити та виконали додаткові кваліфікаційні вимоги, присуджуються кваліфікаційні рівні CAP та CPA з видачею відповідних сертифікатів:

- CAP (Certified Accounting Practitioner: Сертифікований бухгалтер-практик) здатний вести систему бухгалтерського обліку на підприємстві та складати всі основні звіти, включаючи податкові декларації.

- CPA (Certified International Professional Accountant Сертифікований міжнародний професійний бухгалтер) здатний застосовувати професійне судження до питань фінансового управління і брати участь у прийнятті управлінських рішень.

Переваги професійної сертифікації бухгалтерів очевидні:

- Для суспільства:
 - ✓ економічне зростання завдяки ефективному використанню ресурсів;
 - ✓ захист інтересів інвесторів шляхом розкриття правдивої фінансової інформації;
 - ✓ зростання взаємної довіри серед учасників ринку;
 - ✓ гармонізація систем бухгалтерського обліку;
 - ✓ інтеграція у світову економіку.
- Для вузу:
 - ✓ конкурентні переваги на ринку освітніх послуг. Говорячи мовою маркетингу, вузи, що готують студентів до участі у програмах професійної сертифікації, позиціонують себе на ринку освітніх послуг як такі, що пропонують продукт з підвищеною споживчою вартістю. Питома вага випускників, які

здобули професійні сертифікати, є одним з ключових вимірників якості вузівської освіти в західних країнах [4, с.37].

- Для підприємств:
 - ✓ швидкий ефективний пошук кваліфікованих бухгалтерів;
 - ✓ сприяння зі сторони кваліфікованих бухгалтерів у прийнятті обґрунтованих та ефективних управлінських рішень;
 - ✓ підвищення довіри до фінансової звітності підприємства зі сторони інвесторів, партнерів і аудиторів.
- Для практиків обліку та аудиту:
 - ✓ незалежне та надійне підтвердження рівня компетентності;
 - ✓ постійне підвищення кваліфікації;
 - ✓ кращі кар'єрні можливості;
 - участь у діяльності професійної організації бухгалтерів та аудиторів.

Наочним представленням визнання переваг професійної сертифікації бухгалтерів є зростаюча динаміка кількості бухгалтерів в Україні, які отримали кваліфікаційні рівні CAP та CPA (рис.1).

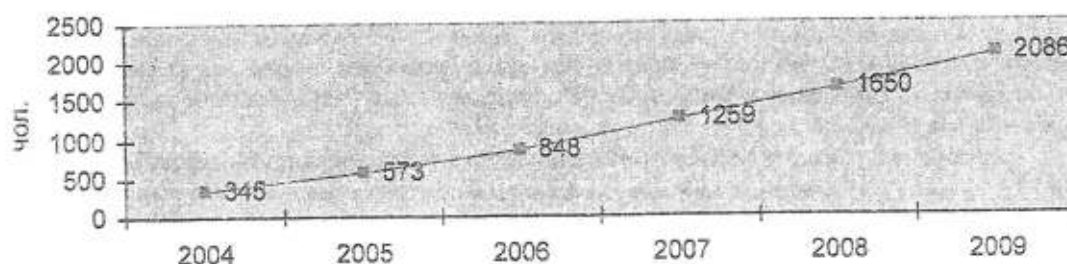


Рис.1. Динаміка зростання кількості сертифікованих бухгалтерів і аудиторів в Україні [6]

Центр CPA в країнах СНД постійно проводить моніторинг ефективності навчання та працевлаштування слухачів за програмою. Встановлено, що за 5 років існування програми до 20% власників сертифікатів CAP/CPA знайшли собі нову цікаву роботу, 15% отримали підвищення заробітної плати, 65% стали впевненішими у власному професіоналізмі.

Завдяки програмі CPA в Україні почала формуватися нова плеяда бухгалтерів та фінансистів, які можуть виконувати не тільки «традиційні» функції, але й здатні мислити креативно, знаходити неординарні виходи із складних ситуацій, приймати ефективні рішення щодо забезпечення економічного зростання та стійкого розвитку підприємств. Безумовно, це позитивно впливає на економічний розвиток не тільки підприємств і організацій, а й країни в цілому. Крім того, знання міжнародних стандартів бухгалтерського обліку і фінансової звітності та вміння застосувати їх на практиці надзвичайно важливе вже сьогодні в зв'язку зі вступом України до СОТ, прийняттям нової інвестиційної парадигми національної економіки, залученням іноземних інвестицій та виходом вітчизняних підприємств на міжнародні ринки [1, с. 44].

Основні результати та висновки. Для здійснення кардинальних економічних реформ України необхідні фахівці, які зможуть побудувати суспільство, засноване на знаннях, упоратися з такими фундаментальними змінами в світовій економіці, як: глобалізація ринків, швидкий темп технологічного розвитку і світова конкуренція. За таких умов системи освіти, які були адекватні ситуації в недавньому минулому непридатні для сучасності і в майбутньому. Забезпеченню необхідних компетенцій фахівців у галузі такої динамічної професії як бухгалтерський облік, сприяє нова концепція LLL – навчання впродовж життя, одним з дієвих інструментів якої на етапі післядипломної підготовки є участь у міжнародних програмах сертифікації бухгалтерів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Нападовська Л. Проблеми підготовки фахівців з обліку та аудиту, їх професійне визнання // Бухгалтерський облік і аудит. – 2004. – № 8. – С. 41-44.
2. Сопко В. Болонський процес: питання вищої освіти і науки за спеціальністю «Бухгалтерський облік, контроль, аналіз і аудит» // Бухгалтерський облік і аудит. – 2004. – № 7. – С. 33-34.
3. Степко М.Ф., Клименко Б.В., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Болонський процес і навчання впродовж життя: Монографія. – Харків: НТУ «ХПІ», 2004. – 112 с.

4. Труш В.Е., Чебан Т.Н. Некоторые проблемы преподавания бухгалтерского учета в вузах в соответствии с требованиями и положениями Болонского процесса // Бухгалтерский учет и аудит. – 2004. – № 10. – С. 35-38.
5. Труш В.Е., Чебан Т.Н. Основные тенденции и проблемы развития системы учета в Украине // ААЭКС. – 2001. – № 1.– С.110-114.
6. www.cipa.org.ua

ЧЕБАН Тетяна Миколаївна – к.е.н., доцент кафедри обліку та аудиту Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– стан та перспективи розвитку управлінського обліку.

ЗЕМСЬКА Ганна Олександрівна – студентка 5 курсу спеціальності «Облік і аудит» Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– облік, аналіз, аудит фінансових результатів діяльності підприємств.

УДК 339.137.2:338.2

П.О. Чумак

ЕКСПОРТНИЙ ПОТЕНЦІАЛ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ У СУЧАСНИХ КОНКУРЕНТНИХ УМОВАХ

У статті зроблено макроекономічний аналіз динаміки експорту товарів України по регіонам; аналіз товарної та географічної структури експорту торгівлі регіонів; аналіз виробництва основних видів промислової продукції. Виявлено країни світу та перспективи розвитку зовнішньоекономічної діяльності України з цими країнами, які мають попит на певний український товар.

Вступ. Значимість зовнішньоторгівельної діяльності як для всієї економіки, так і для економіки окремого регіону пов'язана із зростанням обсягів зовнішньоторгівельного обороту, так як він забезпечується, в першу чергу, за рахунок прискореного зростання обсягів експорту продукції підприємств.

Іноземний сектор, як макроекономічний агент, тісно пов'язаний з ринком виробництва і ринком товарів і послуг, хоча цьому приділяється не така вже велика кількість уваги аналітиків-економістів.

Основною метою нарощування експортного потенціалу є створення умов для входження у країни до системи міжнародних господарських зв'язків і використання переваг міжнародної торгівлі при вирішенні завдань економічного розвитку держави за рахунок розширення обсягів, поліпшення структури та умов збуту вітчизняної продукції на зовнішніх ринках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблеми та перспективи використання експортного потенціалу знайшли своє відображення в працях Глазьева С.Ю., Кравця Д.М., Воронової Є., Шафікова М.Т., Яновського Е.А., Іванової Н.В., Фамінського І.П., Новицького В., Кравченко В.А., та інших учених.

Формування цілей статті.

Ціль даної статті полягає у виявленні експортного потенціалу регіонів України та потенціалу виробництва, міжрегіональних та зовнішньоекономічних зв'язків.

Постановка завдань дослідження.

Для дослідження експортного потенціалу регіонів України у сучасних конкурентних умовах необхідно розв'язати наступні завдання:

- проаналізувати динаміку розвитку економічної системи регіонів у структурі світових господарських зв'язків;
- розглянути країни, які мають попит на певний український товар, взаємозалежний аналіз;
- визначити макроекономічні потоки експорту;
- виявити ефективність функціонування експортоорієнтованих виробництв у конкретній галузі.

Експериментальна частина і результати власного дослідження.

При детальному розгляді експортного потенціалу регіонів можна опиратися на дані, отримані з дисертації Крушницької Г.Б. [1], яка вважає, що виявлення умов і джерел формування регіональних конкурентних переваг формується з структури показників оцінки виявлення і розвитку конкурентних переваг, що складається з наступних шести груп: абсолютні показники; структурні показники; показники інтенсивності; показники динаміки; показники зіставлення; підсумовуючі показники.

Застосування даної системи показників дає можливість оцінити масштаби, темпи, тенденції та напрями розвитку регіонального потенціалу експортування. Розроблена методика виявлення вигідності використання наявних регіональних конкурентних переваг на світовому ринку на основі структуризації експортного потенціалу регіону за відповідними критеріями та аналізу системи показників оцінки використання виявлених конкурентних переваг, яка складається з показників, що характеризують ступінь включення економіки регіону в зовнішньоторгівельні зв'язки; показників, що використовуються для оцінки стану експорту; показників, що визначають ступінь експортної спеціалізації та ефективність структури експорту.

Розглянемо обсяги експорту товарів за регіонами, дані наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Обсяги експорту товарів за регіонами України за січень-вересень 2010 року

	Експорт		
	млн.дол. США	у % до січня-вересня 2009 р.	до загального обсягу
Україна	36252,8	132,1	100,0
Дніпропетровська	5749,2	158,1	15,9
Донецька	9431,3	144,5	26,0
Запорізька	2315,8	122,0	6,4
Луганська	2390,3	203,7	6,6
Миколаївська	1103,0	106,0	3,0
Одеська	1252,9	121,5	3,5
Полтавська	1593,6	194,0	4,4

З урахуванням нерозподілених за регіонами поставок нафти сирової.

З таблиці 1 бачимо, що конкурентоспроможними регіонами є: Донецька, Дніпропетровська, Запорізька та Луганська область.

При аналізі товарної структури зовнішньої торгівлі України (табл.2) бачимо, що найбільший прибуток дають недорогочінні метали та вироби з них, а також чорні метали.

Таблиця 2

Товарна структура зовнішньої торгівлі за січень-вересень 2010 року [3]

Код і назва товарів згідно з УКТЗЕД	Експорт		
	тис.дол. США	у % до січня-вересня 2009 р.	у % до загального обсягу
Усього	36252776,4	132,1	100,0
Дорогоцінне або напівдорогоцінне каміння, дорогоцінні метали та вироби з них	52920,1	103,4	0,1
Недорогоцінні метали та вироби з них	12635797,8	139,2	34,9
Чорні метали	10727929,5	149,7	29,6
Вироби з чорних металів	1370657,2	92,6	3,8

Більшість металургійних підприємств України мають повний цикл виробництва і щорічно виплавляють від 1 до 10 млн тонн сталі. Найбільші з них — «Криворіжсталь», «Азовсталь», «Запоріжсталь». Україна має 13 металургійних комбінатів. Усі вони відносяться до числа найбільших підприємств світу.

Сучасний металургійний комплекс України майже повністю зосереджений у Донецькій, Луганській, Дніпропетровській, Запорізькій областях, де сформувався один з найбільших металургійних районів світу [2]. На території цього району з урахуванням умов і особливостей розвитку і розміщення галузей комплексу виділяються три металургійних підрайони: Придніпровський, Донецький і Приазовський. Металургійні підприємства України мають свої певні принципи розміщення. Першим з них є орієнтація на наявність власного коксівного вугілля і довізну сировину. Згідно з цим принципом металургійні підприємства розміщені в Донбасі (Донецьк, Макіївка, Костянтинівка, Краматорськ у Донецькій області і Стаханов, Алчевськ у Луганській області). У Придніпровському районі чорна металургія стала профільною комплексною галуззю, на основі якої сформувалися великі промислові центри і вузли з металургійними підприємствами, що виробляють близько 50 % виробництва чорних металів і мають виразну спеціалізацію і стійкі зв'язки між собою та споживачами металу. Тут розташовано 14 металургійних заводів з 32 в Україні.

Було проаналізовано країни світу та їхню динаміку видобутку залізної руди [3]. Розроблено таблиця 3, у якій розглянуто видобуток залізної руди у світі, а саме ті країни, які мають невелику кількість добутої руди.

Таблиця 3

Видобуток залізної руди у світі

	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.
Всього	985,9	1074,5	1184,4	1320,4	1482,6
Азія					
Китай	108,8	122,7	145,7	200,3	276,4
Індія	86,4	99,1	120,6	145,5	185
Америка					
Бразилія	225,1	245,6	270,5	292,4	318,6
США	51,5	48,5	54,7	54,3	52,9
Канада	30,9	33,3	28,6	30,1	34,1
Венесуела	20,9	19,2	20	21,2	22,1
Австралія	187,2	212	234,7	257,5	275,4
СНГ					
Росія	84,2	91,8	97	96,8	103,9
Україна	58,9	62,5	65,6	68,6	73,1
Казахстан	15,4	17,3	18,7	16,5	18,6
Африка					
ЮАР	36,5	38,1	39,3	39,5	41,2
Мавританія	9,6	10,1	10,7	10,7	11,1
Туніс	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Європа					
Швеція	20,3	21,5	22,3	23,3	23,3

З цих даних бачимо, що такі країни, як ЮАР, Мавританія, Венесуела, Канада, Туніс, Швеція добувають дуже мало залізної руди.

Значення окремих країн та регіонів світу у загальногеологічних запасах залізних руд різне. Більше 28 % їх перебуває в державах Східної Європи, переважно в СНД (Росія, Україна), до 17 % – в Азії (КНР, Індія), по 16 % – у Південній Америці (Бразилія) і Африці, 13 % – у Північній Америці (США, Канада) і по 5-6 % у Західній Європі та Австралії. Географія запасів залізної руди по регіонах і країнах світу далеко не збігається з потребою в ній у цілому ряду держав, часто повністю позбавлених розроблюваних родовищ цієї сировини, але мають велику чорну металургію (Японія, ФРН, Республіка Корея та ін.)

Коломієць В.В. [4] вважає, що при оцінці економічного значення експорту треба враховувати не тільки абсолютні розміри надприбутку і валового прибутку, що він приносить, але й те, скільки треба було використовувати коштів, щоб одержати цей результат, і яка була їхня віддача, тобто, необхідно розраховувати такий відносний показник, як ефективність експорту.

Собівартість та ціни на товарні залізні руди у 2008 році наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Собівартість та ціни на товарні залізні руди у 2008 р [10]

Собівартість 1 т залізрудного концентрату, дол. за тонну	17 - 30
ціни на товарні залізні руди у 2008 р. на європейському ринку, цент за 1% зміст заліза у тонні, FOB	кускова - 7 концентрат – 4,9

З таблиці 4 бачимо, що собівартість 1т. залізного концентрату дуже мала, якщо її порівнювати з ціною на європейському ринку. Це підтверджує те, що Запорізька, Дніпропетровська, Донецька області мають потенціал експорту у країни, які добувають дуже мало залізної руди, а саме: ЮАР, Мавританія, Венесуела, Канада, Туніс, Швеція.

Висновок: Виконаний у статті аналіз показує:

- 1) Найбільш конкурентоспроможними у експорті товарів є області: Донецька, Дніпропетровська, Запорізька та Луганська;
- 2) Мають потенціал розвитку експорту Запорізька, Дніпропетровська, Донецька області, так як сучасний металургійний комплекс України майже повністю зосереджений у цих регіонах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Крушницька Г.Б. Експортний потенціал регіону та шляхи покращення його використання (на прикладі Чернівецької області) Дис... канд. екон. наук: 08.05.01. – Київ, 2001.

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

УДК 65.011:38151

Н.Л. Нятина, Д.В. Ходаков

АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕГИОНА ПОТРЕБНОСТЯМ В КАДРОВОМ ПОТЕНЦИАЛЕ

В роботі показано, що система вищої освіти регіону самодостатня, веде підготовку кадрів, які можуть забезпечити сталий розвиток економіки регіону. Доцільно почати підготовку кадрів з напрямів товарознавства і торгівлі та туристичного бізнесу.

Введение. Важнейшим фактором общественного производства, определяющим его темпы, эффективность, был и остается труд. Результаты экономической деятельности трудящихся, в свою очередь, определяются количественными и качественными характеристиками трудовых ресурсов региона и его потенциала, в частности состоянием уровня образования, культуры, здоровья и т.п. [1,2].

Управление подготовкой трудовых ресурсов кадрового потенциала региона вписывается в определенную идеологию. Это многоуровневая система, включающая 4 уровня иерархии (рис. 1): уровень региона, уровень отдельных организаций (предприятий), уровень структурных подразделений организаций и уровень отдельных рабочих мест.



Рис. 1. Уровни иерархии управления кадровым потенциалом региона

Одной из задач управления трудовыми ресурсами в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве, экономике региона является формирование – подготовка кадров требуемых квалификаций в достаточном количестве. Эти задачи выполняются школой, средними специализированными заведениями, высшими учебными заведениями I-II уровней аккредитации, высшими учебными заведениями III-IV уровня аккредитации. Схема движения трудовых ресурсов представлена на рис. 2. Учебное заведение, как сложная система, имеет ряд особенностей, таких как проблемная ориентация, наличие единого центра управления, интеграция целеполагающей деятельности, иерархическая структура [3].

2. Долгоруков Ю. Економічне забезпечення структурної перебудови металургії України. // Економіка України. – 1995. – № 10. – С. 40-45.
3. Державний комітет статистики. Електронний ресурс <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Коломієць В.В. Експортний потенціал та його зовнішньоекономічна діяльність (на прикладі Черкаського регіону) дис... канд. екон. наук: 08.10.01. – Київ, 2005.

ЧУМАК Павло Олександрович – здобувач кафедри міжнародного бізнесу Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Наукові інтереси:

– аналіз конкурентоспроможності експортного потенціалу регіонів України.

ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

УДК 65.011:38151

Н.Л. Нятина, Д.В. Ходаков

АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЯ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕГИОНА ПОТРЕБНОСТЯМ В КАДРОВОМ ПОТЕНЦИАЛЕ

В роботі показано, що система вищої освіти регіону самодостатня, веде підготовку кадрів, які можуть забезпечити сталий розвиток економіки регіону. Доцільно почати підготовку кадрів з напрямів товарознавства і торгівлі та туристичного бізнесу.

Введение. Важнейшим фактором общественного производства, определяющим его темпы, эффективность, был и остается труд. Результаты экономической деятельности трудящихся, в свою очередь, определяются количественными и качественными характеристиками трудовых ресурсов региона и его потенциала, в частности состоянием уровня образования, культуры, здоровья и т.п. [1,2].

Управление подготовкой трудовых ресурсов кадрового потенциала региона вписывается в определенную идеологию. Это многоуровневая система, включающая 4 уровня иерархии (рис. 1): уровень региона, уровень отдельных организаций (предприятий), уровень структурных подразделений организаций и уровень отдельных рабочих мест.



Рис. 1. Уровни иерархии управления кадровым потенциалом региона

Одной из задач управления трудовыми ресурсами в промышленности, транспорте, сельском хозяйстве, экономике региона является формирование – подготовка кадров требуемых квалификаций в достаточном количестве. Эти задачи выполняются школой, средними специализированными заведениями, высшими учебными заведениями I-II уровней аккредитации, высшими учебными заведениями III-IV уровня аккредитации. Схема движения трудовых ресурсов представлена на рис. 2. Учебное заведение, как сложная система, имеет ряд особенностей, таких как проблемная ориентация, наличие единого центра управления, интеграция целеполагающей деятельности, иерархическая структура [3].

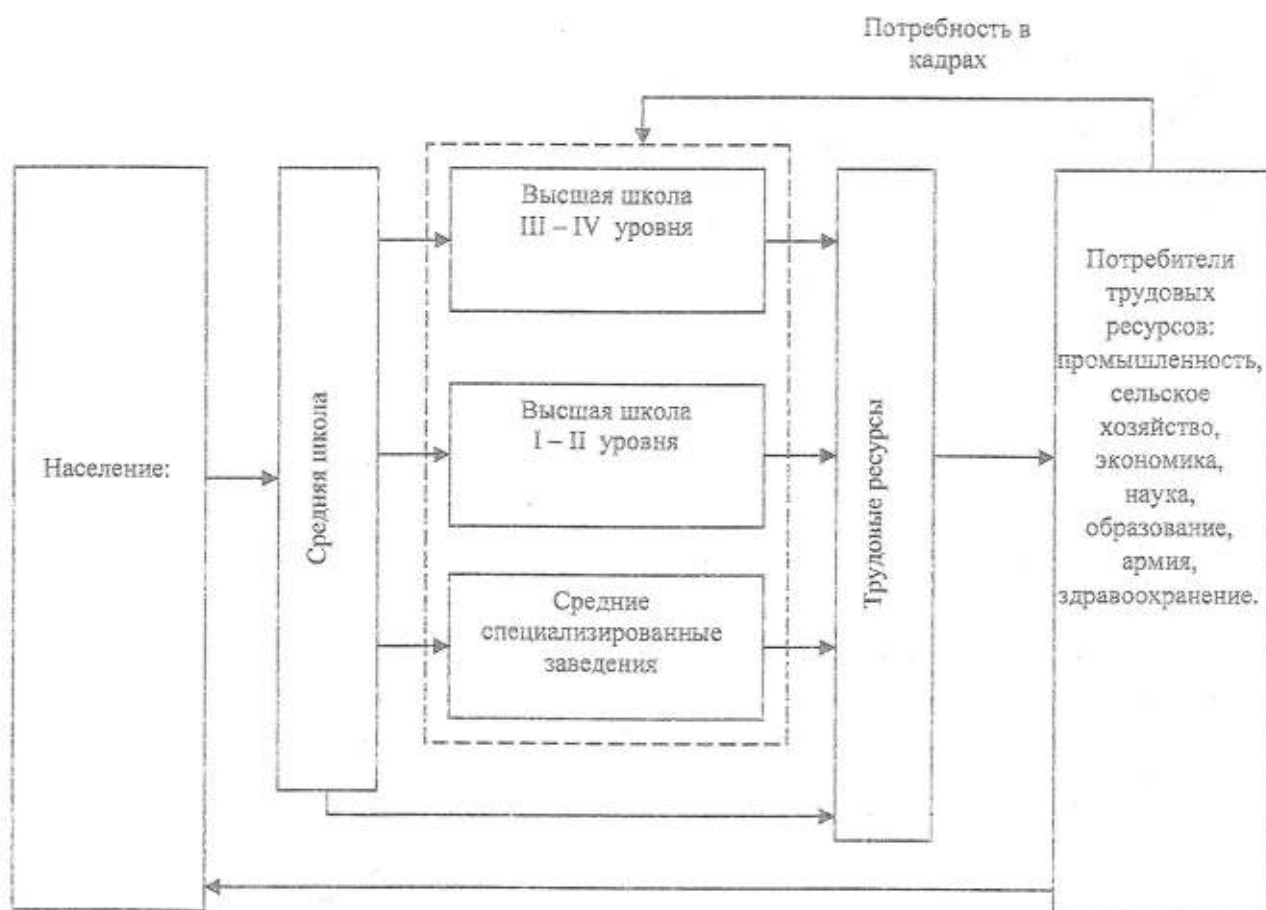


Рис. 2. Схема формирования трудовых ресурсов в регионе

Целью работы является анализ системы высшего образования региона и ее соответствие экономике региона.

Основное содержание. Трудовые ресурсы являются определяющими для устойчивого развития региона. Все многообразие процессов можно свести к трем: региональные (экономические, социальные, экологические), трудовые ресурсы, образование. Взаимосвязь этих процессов образует, так называемый, треугольник (рис. 3).



Рис. 3. Треугольник взаимосвязи

Между указанными категориями существуют положительные обратные связи, а именно:

Развитие Региона улучшает Трудовые ресурсы.

Развитие Образования улучшает Трудовые ресурсы.

Развитие Трудовых ресурсов улучшает Региона.

Развитие Региона улучшает Образование.

Развитие Образования улучшает Регион.

Развитие Трудовых ресурсов улучшает Образование.

Справедливы и следующие утверждения:

Деградация Региона ухудшает Трудовые ресурсы.

Деградация Образования ухудшает Трудовые ресурсы.

Деградация Трудовых ресурсов ухудшает Регион.

Деградация Региона ухудшает Образование.

Деградация Образования ухудшает Регион.

Деградация Трудовых ресурсов ухудшает Образование.

Анализ развития экономики, промышленности, транспорта, сельскохозяйственного производства, позволяют выделить базовые основные для региона отрасли экономики и виды производственной и сельскохозяйственной деятельности. Анализ основных базовых отраслей экономики Херсонщины, как региона, позволил определить 28 направлений основных специальностей системы высшего образования этого региона (табл. 1).

Таблица 1

Направления основных специальностей в регионе

№	Название
1	Бухучет и аудит
2	Экономика
3	Менеджмент
4	Маркетинг
5	Товароведение и торговля
6	Наука
7	Образование
8	Здравоохранение
9	Туристический бизнес и рекреация
10	Информационные системы и технологии
11	Животноводство
12	Растениеводство
13	Рыбоводство
14	Виноделие
15	Переработка продуктов животноводства, овощей и фруктов, консервация
16	Технологии потребительских продуктов
17	Энергетика, энергетическое машиностроение
18	Судостроение
19	Машиностроение и материалобработка
20	Химическая, биотехнологии
21	Автоматика и управление
22	Геодезия и землеустройство
23	Строительство и архитектура
24	Госуправление
25	Экология и защита окружающей среды
26	Автомобильный транспорт
27	Железнодорожный транспорт
28	Морской и речной транспорт

В Херсонском регионе имеется 6 государственных высших учебных заведений, из них 2 филиала (табл. 2). Государственные ВУЗы Херсонщины готовят в достаточном количестве специалистов почти по всем видам, необходимых для функционирования и развития региона.

Из 28 необходимых региону направлений специальностей ВУЗы Херсонщины не готовят только по 4-м специальностям:

- товароведение и торговля;
- туристический бизнес и рекреация;
- здравоохранение;
- железнодорожный транспорт.

Таблица 2

№	ВУЗ	Специальности подготовки
1.	Херсонский национальный технический университет	<ul style="list-style-type: none"> - Бухучет и аудит; - Экономика; - Менеджмент; - Маркетинг; - Наука; - Информационные системы и технологии; - Автоматика и управление; - Виноделие; - Переработка; - Машиностроение; - Химическая технология; - Госуправление.
2.	Херсонский государственный университет	<ul style="list-style-type: none"> - Экономика; - Менеджмент; - Наука; - Образование; - Информационные системы и технологии; - Культура; - Искусство.
3.	Херсонский государственный аграрный университет	<ul style="list-style-type: none"> - Бухучет и аудит; - Наука; - Животноводство; - Рыбоводство; - Растениеводство; - Рыбоводство; - Переработка продуктов; - Землеустройство; - Строительство и архитектура; - Экология.
4.	Херсонский государственный морской институт	<ul style="list-style-type: none"> - Морской транспорт.
5.	Филиал национального университета кораблестроения	<ul style="list-style-type: none"> - Экономика; - Судостроение; - Энергетическое машиностроение.
6.	Филиал Харьковского национального автомобильно-дорожного университета	<ul style="list-style-type: none"> - Автомобильный транспорт.

Выводы. Система высшего образования Херсонского региона самодостаточна. Целесообразно открытие подготовки по новым для региона специальностям: товароведение и торговля, туристический бизнес и рекреация. Возможности Херсонских ВУЗов и наличие соответствующих кадров позволяет заявить, что эти задачи под силу Херсонским ВУЗам.

Что же касается подготовки по специальностям здравоохранения и железнодорожному транспорту, то здесь ситуация более сложная: отсутствие необходимого количества преподавательских кадров и соответствующей материально-технической базы не позволяют сейчас нам начать подготовку соответствующих кадров. Такие ВУЗы есть в ближайших областных центрах Украины: Киев, Одесса, Харьков, Днепропетровск и др.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ходаков В.Е. Об автоматизированной системе управления образовательной средой региона / Ходаков В.Е., Михайлов К.К., Райко Г.А. // Вестник ХНТУ – 2008, № 1 (30) – С. 442-449.
2. Модели и методы управления персоналом: Российско-британское учебное пособие / Под ред. Моргунова Е.Б. – М.: ЗАО «Бизнес-школа», 2001. – 464 с.
3. Радванская Л.Н. Подготовка кадров для региона / Радванская Л.Н., Нятина Н.Л. // Вестник ХНТУ – 2010, № 2 (38) – С. 392-397.

НЯТИНА Наталия Леонидовна – аспирант кафедры экономической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– информационные технологии в промышленности.

ХОДАКОВ Даниил Викторович – к.т.н., доцент кафедры информатики Херсонского морского института.

Научные интересы:

– автоматизированные системы управления.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.362:621.383

Е.В. Андропова, В.В. Курак

ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОСТРУКТУР p-GaSb/n-InAs, СФОРМИРОВАННЫХ ЖИДКОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИЕЙ

Рассмотрено влияние температурной обработки на параметры вольтамперных характеристик гетероструктур p-GaSb/n-InAs. Даны технологические рекомендации по формированию в едином технологическом процессе гетероструктур p-n-GaSb/p-n-InAs для монолитных каскадных термофотовольтаических преобразователей.

Введение. Гетеросистема GaSb/InAs интересна тем, что материалы гетеропары образуют гетеропереход второго типа. Эта особенность обеспечивает туннельный механизм протекания как электронного, так и дырочного тока через плоскость гетерограницы и делает структуру GaSb/InAs перспективной для создания оптоэлектронных приборов, работающих в среднем инфракрасном диапазоне (3-5 мкм): высокоэффективных светодиодов, новых типов туннельно-инжекционных лазеров, а также каскадных термофотовольтаических преобразователей [1].

Антимонид галлия и арсенид индия обладают близкими значениями постоянных кристаллических решеток и коэффициентов термического расширения, что позволяет применить эпитаксиальные методы формирования слоев GaSb с высоким структурным и морфологическим совершенством на подложках InAs. Помимо достижения высокого структурного и морфологического совершенства эпитаксиальных слоев, важным этапом на пути оптимизации технологии изготовления полупроводниковых структур для приборов функциональной электроники является установление влияния технологических режимов на электрофизические параметры получаемых структур.

Целью данной работы являлось исследование влияния температурной обработки на параметры вольтамперных характеристик (ВАХ) гетероструктур p-GaSb/n-InAs, сформированных жидкофазной эпитаксией.

Методика эксперимента. Выращивание эпитаксиальных гетероструктур p-GaSb/n-InAs осуществляли методом импульсного охлаждения насыщенного раствора-расплава в установке с горизонтально расположенным реактором [2]. Гетероструктуры формировались путем выращивания слоев p-GaSb, легированных цинком до концентрации $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, на подложках n-InAs ориентацией (111). Кристаллизацию эпитаксиальных слоев антимонида галлия толщиной $1,02 \pm 0,10 \text{ мкм}$ производили из раствора GaSb в расплаве галлия при температуре насыщения раствора-расплава $450 \text{ }^\circ\text{C}$ и шести циклах импульсного охлаждения.

Ряд эпитаксиальных гетероструктур после завершения процесса выращивания и декантации раствора-расплава подвергались дополнительной температурной обработке при температуре $450 \text{ }^\circ\text{C}$ в среде водорода в течение 60 минут.

Полученные гетероструктуры разделяли при помощи алмазной несковзной резки со стороны подложки на образцы диодных структур размером порядка $2 \times 2 \text{ мм}$, к которым формировали точечные омические контакты из индия (к n-InAs) и индий-цинкового припоя (к p-GaSb).

Параметры, описывающие вольтамперные характеристики диодных структур, определялись по методике [3], основанной на анализе уравнения темновой ВАХ, записанного согласно двухэкспоненциальной модели:

$$I = \frac{V - IR_s}{R_{sh}} + I_{or} \left[\exp \left(\frac{q(V - IR_s)}{2kT} \right) - 1 \right] + I_{od} \left[\exp \left(\frac{q(V - IR_s)}{kT} \right) - 1 \right],$$

где I_{or} и I_{od} – обратные токи насыщения, обусловленные соответственно рекомбинационными и диффузионными процессами; I – ток в цепи структуры; V – напряжение; k – постоянная Больцмана; q – элементарный заряд; T – температура; R_s – последовательное сопротивление структуры; R_{sh} – шунтирующее сопротивление.

Результаты и обсуждение. На рис. 1 показаны типичные ВАХ эпитаксиальных гетероструктур p-GaSb/n-InAs, не подвергавшихся дополнительной термообработке (кривая 1), и аналогичных структур

GaSb/InAs с послеэпитаксиальным отжигом (кривая 2). Для сравнения также представлена ВАХ р-п-перехода, сформированного диффузией Zn в пластину InAs из газовой фазы в квазизамкнутом объеме при температуре 450 °С (кривая 3).

Близкие значения напряжений отсечки для кривых 1, 2 и 3 на рис. 1 свидетельствуют о том, что р-п-переход формируется в подложке InAs, поскольку в процессе выращивания легированных цинком эпитаксиальных слоев антимионида галлия происходит диффузия примеси из эпитаксиального слоя в подложку.

В табл.1 представлены основные параметры, описывающие ВАХ эпитаксиальных диодных структур р-GaSb/n-InAs без дополнительного отжига (серия 1), структур с дополнительной термической обработкой (серия 2) и диффузионной р-п-структуры InAs (серия 3).

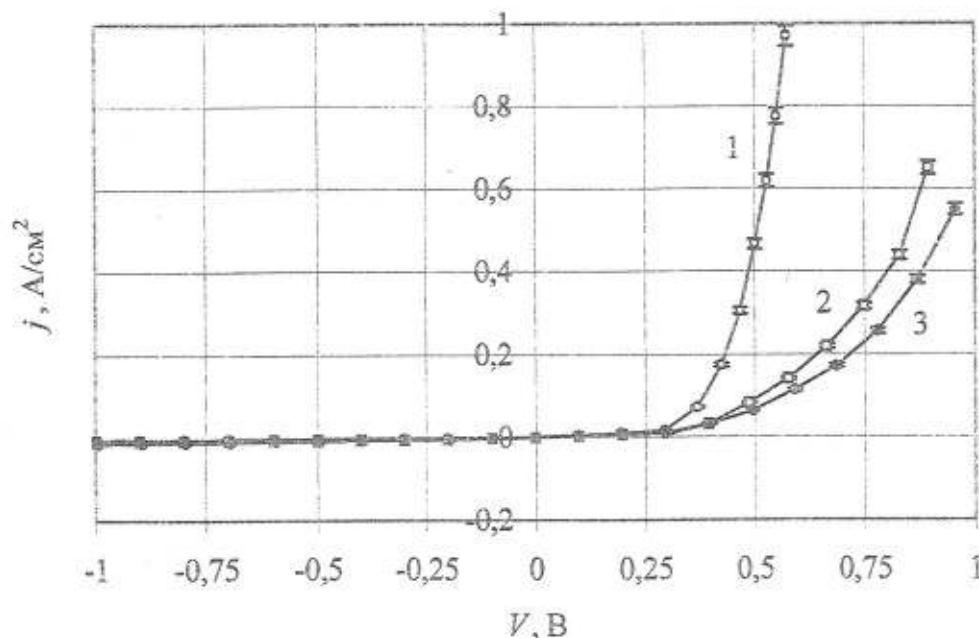


Рис. 1. ВАХ р-п-структур:

1 – GaSb/InAs без дополнительного отжига; 2 – GaSb/InAs с дополнительной термической обработкой; 3 – диффузионного р-п-перехода в InAs.

Таблица 1

Параметры, описывающие ВАХ р-п-структур

Обозначение серии структур	R_s , Ом	R_{sh} , Ом	j_{0r} , 10^{-2} А/м ²	j_{0a} , 10^{-6} А/м ²
№1	0,12	110	41	1,3
№2	0,31	189	5,4	25
№3	0,50	199	1,4	36

Как следует из анализа данных табл. 1, использование дополнительной термической обработки приводит к увеличению последовательного сопротивления структур от 0,12 Ом до 0,31 Ом. В процессе отжига происходит диффузия цинка из эпитаксиального слоя р-GaSb в подложку n-InAs и, как следствие, профиль распределения акцепторной примеси становится более пологим. Это приводит к увеличению толщины высокоомных компенсированных областей, локализованных в окрестности границы р-п-перехода в InAs [4], что и вызывает возрастание последовательного сопротивления структур.

Кроме того, дополнительная термическая обработка структур GaSb/InAs приводит к уменьшению рекомбинационной составляющей тока насыщения j_{0r} и к увеличению значений шунтирующего сопротивления R_{sh} (см. табл. 1). Очевидно, это связано с уменьшением интенсивности рекомбинации носителей заряда на дефектах гетерограницы и снижением утечек тока через туннельный гетеропереход GaSb/InAs при заглиблении р-п-перехода в подложку InAs.

Выводы. Анализ влияния температурной обработки на параметры ВАХ исследуемых

гетероструктур позволил разработать ряд технологических рекомендаций по формированию в едином технологическом процессе гетероструктур GaSb/InAs для монокристаллических каскадных термофотовольтаических преобразователей, а именно:

- целесообразно формировать отдаленный от гетерограницы p-n-переход нижнего элемента каскада (InAs) эпитаксиальными методами, в частности методами жидкофазной эпитаксии, использование которых дает возможность достижения резких концентрационных профилей p-n-переходов [5], а, следовательно, позволяет уменьшить толщину высокоомных компенсированных областей;

- для обеспечения эффективного собирания фотогенерированных электронов из эмиттерной области p-InAs глубина залегания p-n-перехода нижнего элемента каскада должна составлять порядка диффузионной длины неосновных носителей заряда (~ 2 мкм при концентрации равновесных дырок $\sim 10^{18}$ см⁻³ [4]);

- использование метода импульсного охлаждения насыщенного раствора-расплава для последующего наращивания эпитаксиальных слоев n- и p-GaSb на поверхности p-n-структур InAs позволит уменьшить количество технологических операций, в частности, за счет исключения операций диффузии примеси из газовой фазы, обычно используемой для формирования p-n-переходов термофотовольтаических преобразователей, и получать гетероструктуры p-n-GaSb/p-n-InAs в едином технологическом процессе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Conibeer G.J., Bumby C.W., Nicholas R.J., Mason N.J. Toward a GaSb-InAs tandem junction TPV cell // Proc. 17th European PVSEC. – Munich (Germany). – 2001. – P. 269-272.
2. Maronchuk I.Ye., Kurak V.V., Andronova E.V., Baganov Ye.A. Obtaining GaSb/InAs heterostructures by liquid phase epitaxy // Semiconductor Science and Technology. – 2004. – Vol. 19. – P. 747-751.
3. Martil I., Draz G.G. Determination of the dark and illuminated characteristic parameters of a solar cell from I-V characteristics // Eur. J. Phys. – 1992. – Vol.13, №4. – P. 193-197.
4. Любченко А.В., Сукач А.В., Олейник Г.С., Нужная Т.П., Сылко С.А., Тетеркин В.В., Фомин А.В., Шепель Л.Г. ИК фоточувствительные структуры на основе InAs и их обнаружительная способность // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. – 1999. – Вып. 34. – С.100-108.
5. Сукач А.В., Тетеркин В.В., Карандашев С.А., Матвеев Б.А., Ременный М.А., Стусь Н.М., Талалакин Г.Н. Неохлаждаемые фотодиоды p⁺-InAsSbP/n-InAs для использования в оптоэлектронных сенсорах метана // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. – 2002. – Вып. 37. – С. 215-219.

АНДРОНОВА Елена Валерьевна – к.т.н., доцент кафедры энергетики и электротехники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– технология материалов и структур для термофотовольтаических преобразователей.

КУРАК Владислав Владимирович – к.т.н., доцент кафедры общей и прикладной физики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– жидкофазная эпитаксия соединений A³B⁵.

УДК 336.145.1

Н.М. Костіна, А.В. Осіпова

ВИЗНАЧЕННЯ РОЛІ БЮДЖЕТУ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ДЕРЖАВИ

Розглянуто теоретичний зміст бюджету держави. Визначено роль бюджету у забезпеченні соціально-економічного розвитку країни. Наведено фактори впливу бюджету на пріоритетні напрями реалізації державних функцій.

Вступ. З моменту здобуття незалежності в Україні постійно відбувається радикальні економічні та політичні трансформації, зокрема перетворення моделі управління державними фінансами з авторитарної на демократичну. Конституція України проголосила народ єдиним джерелом влади і значно розширила повноваження представницького органу у сфері бюджетних прав. Недостатня вивченість впливу бюджету на макроекономічні параметри, а також чинників його формування та виконання в умовах ринкової трансформації економіки України впливає на ефективність використання бюджету як регуляторного інструмента макроекономічної політики.

Завдання статті. Основне завдання статті полягає у дослідженні економічної природи державного бюджету та визначенні його соціально-економічної ролі у країні.

Аналіз останніх публікацій. Теоретичні проблеми визначення ролі бюджету у забезпеченні соціально-економічного розвитку держави набули розвитку у працях Андрушенка В., Буковинського С., Василика О., Вахненко Т., Гейця В., Гриценка А., Дзеніка Л., Дьяконової І., Ілларіонової А., Пасічника Ю., Сумарокова М., Суторміної В., Федосова В., Чугунова В., Юрія С.

Виклад основного матеріалу. Бюджет за своїм змістом є складною категорією і в теорії державних фінансів розглядається у трьох аспектах: по-перше, як правовий акт, згідно з яким виконавчі органи влади розпоряджаються фондами грошових ресурсів; по-друге, як план видатків і доходів відповідного органу влади; по-третє, як економічна категорія, оскільки державний бюджет відображає грошові відносини з приводу утворення, розподілу і використання централізованих і децентралізованих фондів грошових коштів. Бюджет відображає масштаби діяльності держави й водночас обмежує її. Якщо, з одного боку, це кошти, які надходять у повне розпорядження держави і визначають її фінансовий потенціал, то з іншого, в цьому документі зосереджено грошові фонди суспільного користування, які перебувають не так у власності, як у розпорядженні органів державної влади [2]. Головне призначення бюджету – регулювати розподіл і перерозподіл валового внутрішнього продукту за підрозділами виробництва, галузями економіки, адміністративно-територіальними утвореннями, верствами населення, ґрунтуючись на потребах ринкового господарства відповідно до визначеної фінансової політики [3].

У розвинутих країнах державний бюджет не лише забезпечує акумулювання коштів, необхідних для фінансування держави, та використовується не тільки для часткового перерозподілу доходів з метою підтримання сприятливого соціального становища у державі, а й для впливу на економічні, соціальні, національні, регіональні процеси у суспільстві і впровадження вищими органами влади відповідної національної стратегії розвитку, спрямованої на зміцнення державної безпеки [5]. Роль держави у розподільчих процесах з розвитком ринкових відносин має зростати, і бюджет у цьому разі є найдосконалішим засобом для здійснення державою вказаної функції [4]. Роль бюджету у державі визначається насамперед тим рівнем забезпечення фінансовими ресурсами, потребами економічного й соціального розвитку суспільства, який здійснюється на основі розподілу і перерозподілу валового внутрішнього продукту. При цьому бюджет служить важливим засобом вирішення завдань, передбачених економічною політикою держави. Можливості використання бюджету, як економічного засобу впливу на соціально-економічний розвиток суспільства, зумовлені рядом факторів.

По-перше, бюджет як об'єктивна економічна категорія відображає розподільні відносини, що безпосередньо впливають на економічні інтереси усіх суб'єктів суспільства: держави, суб'єктів господарювання та населення. Саме розподільні відносини та інтенсивність їх цільового спрямування активно впливають на розвиток суспільного виробництва, сприяють зростанню його ефективності.

По-друге, бюджет як економічна категорія тісно пов'язаний зі всією сферою товарно-грошових відносин. Рух грошових коштів і товарів, формування й використання фінансових ресурсів, ціноутворення, формування фондів споживання і нагромадження — все це економічні стосунки, які так чи інакше знаходять своє відображення у бюджеті. Звідси і адекватний вплив його на суспільне виробництво, оскільки бюджет впливає на нього не ізольовано від інших економічних категорій, а разом і одночасно з ними.

По-третє, оскільки бюджет тісно пов'язаний зі всією сферою товарно-грошових відносин, він не розчиняється у цій сфері, а займає особливе місце. Відображуючи економічні відносини між суб'єктами

суспільства, бюджет є складовою частиною економічної політики держави. Він виступає важливим засобом, що активно впливає на соціально-економічний розвиток суспільства, на всі сторони суспільних відносин. Бюджет концентрує у собі економічний потенціал суспільства, є дійовим засобом зростання й удосконалення суспільного виробництва.

По-четверте, у бюджеті знаходять своє відображення результати однієї з головних функцій держави — управління економікою, що являє собою взаємопов'язану систему адміністративних і економічних методів, за допомогою яких держава цілеспрямовано визначає процес розширеного відтворення. Усі масштабні економічні заходи у суспільстві відбуваються за безпосереднього використання бюджету.

Отже, досягти оптимального співвідношення між економічним та соціальним напрямками — означає задовольнити інтереси всіх соціальних груп населення. Як правило, повною мірою це питання не вирішено в жодній країні світу. Можна лише говорити про задоволення потреб більшої частини суспільства. Бюджет також має вплив на ефективність господарювання підприємств та організацій. Використовуючи такі бюджетні важелі, як ставки податків, бюджетний контроль та штрафні санкції, держава має вагомий вплив на ці суб'єкти економічних відносин. Економічне оновлення об'єктивно потребує зміцнення державного бюджету як основного важеля ефективного розвитку господарства країни, що прагне до соціально орієнтованої економіки. Тобто, держава має здійснити ефективний розподіл доходів і видатків між своїми рівнями — центральним та місцевим. Головною ланкою фінансової системи є зведений бюджет, який включає бюджети всіх рівнів і окремі види централізованих фондів фінансових ресурсів. Сконцентровані в бюджеті кошти призначені для здійснення державної соціально-економічної політики, забезпечення оборони й безпеки держави. За допомогою бюджету виконуються державні та місцеві програми з розвитку й успішного функціонування галузей економіки, з проведення конверсії військово-промислового комплексу, охорони здоров'я, зміцнення науково-технічного потенціалу та культури, покращення матеріального становища населення й окремих його груп, підтримки соціально-економічного розвитку регіонів. Роль бюджету у регулюванні соціальних процесів у державі в остаточному підсумку зводиться до того, як і кому слугуватимуть результати фінансової стабілізації — реальному поглибленню майнової диференціації населення чи більшою мірою формування рівномірного розподілу доходів, становленню середнього класу, який є запорукою стабільності у державі загалом. Отже, визначаючи напрямки розвитку бюджетної політики і бюджетної системи, обов'язково потрібно враховувати національні особливості.

Сучасні умови розвитку ринкової економіки в Україні характеризуються сприятливими можливостями для посилення тих сторін розподільної й контрольної функцій бюджету, які безпосередньо впливають на соціально-економічний розвиток суспільства. Водночас це лише потенційна можливість. Щоб перетворити її у реальну дійсність, необхідно постійно вдосконалювати всю систему економічного управління. Зокрема, необхідно знайти точний математичний вираз для розрахунку поточних витрат, щоб рівномірно рознести їх тягар між поколіннями і у процесі життя кожного покоління. Такі заходи можуть забезпечити очікувані позитивні результати.

Висновки. Таким чином, можна зробити висновки, що бюджет — це один із визначальних атрибутів функціонування держави. Пошук оптимального співвідношення бюджетів різних рівнів має ґрунтуватися на визначенні оптимальної пропорційності процесів централізації та децентралізації державного управління, на відповідному розподілі повноважень і функцій органів державного управління і місцевого самоврядування. Саме розмежування їх функцій має стати основою для визначення видатків, а також доходів різних рівнів влади. При цьому розподіл повноважень між ними та система їх видатків мають бути закріплені законодавчо.

Підвищення ефективності бюджетного регулювання багато в чому залежить від рівня розуміння економічної суті системи регулювання, її складових та основних факторів, що визначають її розвиток. У бюджетній політиці діяльність владних структур має бути спрямована на збалансування зобов'язань держави з її ресурсами, забезпечення на цій основі реальної бездефіцитності державного бюджету; здійснення заходів щодо підвищення рівня прозорості бюджетного процесу та дієвого контролю за використанням бюджетних коштів на всіх рівнях.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кириленко О. Державний бюджет як дзеркало соціально-економічних та політичних проблем України / О. Кириленко // Економічний Часопис-XXI. — № 9-10. — С. 18.
2. Павлюк К.В. Організація виконання державного бюджету / К.В. Павлюк // Фінанси України. - 2006. — № 3. — С.14.
3. Василик О.Д. Бюджетна система України: підручник / О.Д. Василик, К.В. Павлюк // — К.: Центр навч. літ-ри, — 2004. — С.12-17.

4. Чугунов І.Я. Особливості бюджетної політики на сучасному етапі / І.Я. Чугунов // Науковий вісник Буковинського державного фінансово-економічного інституту: зб. наук. пр. – Чернівці, 2008. – Вип. 2. – С. 163.
5. Федосов В.М. Інституційна фінансова інфраструктура України: сучасний стан та проблеми розвитку / В.М. Федосов, В.М. Опарін, С.В. Львовчикін // Фінанси України. – 2009. – № 1. – С. 7.
6. Бескид Й.М. Теоретичні підвалини дослідження суті державного бюджету України / Й.М. Бескид // Фінанси України. – 2004. – № 1. – С. 16.

КОСТИНА Наталія Миколаївна – асистент кафедри податкової та бюджетної політики Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- регіональна фіскальна політика.

ОСІПОВА Анастасія Володимирівна – студентка 4-й курсу спеціальності «Фінанси і кредит» Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- дослідження економічної природи державного бюджету.

УДК 621.315

М.Б. Литвинова, А.Д. Штанько,
И.А. Селиверстов, С.Р. Селиверстова.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕ ОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА В КРИСТАЛЛАХ $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Розглянуто застосування люмінесцентного методу для визначення часу життя неосновних носіїв струму τ в твердих розчинах $Cd_{1-x}Zn_xTe$. Вказано на необхідність стабілізації величини інтенсивності падаючого світла за рахунок використання світлового фільтру. Знайдено значення τ для $x=0.05$.

Введение. Кристаллы $CdZnTe$ имеют ряд физических свойств, которые позволяют изготавливать на их основе разнообразные электронные приборы. Они являются перспективными в качестве основного материала для датчиков регистрации инфракрасного излучения, источников излучения терагерцового диапазона, фотовольтаических приборов. Однако основным применением упомянутых кристаллов в данное время является изготовление на их основе высокочувствительных детекторов ионизирующего излучения, которые способны работать при комнатной температуре.

Несмотря на то, что полупроводниковый материал $CdTe$ изучен достаточно хорошо [1, 2, 7], электрофизические характеристики твердых растворов, вида $Cd_{1-x}Zn_xTe$, получаемых на его основе, в ряде случаев остаются неизвестными. Для определения времени жизни неосновных носителей тока τ в таком соединении при разных величинах x могут быть использованы магнитоэлектрические методики [4]. Однако их недостатком является трудоёмкость и высокие требования в отношении качества омических контактов к образцам. Наиболее оптимальным в случае широкозонных полупроводников является люминесцентный метод определения τ [4]. Его применение для полупроводникового $GaAs$ при температуре жидкого азота подробно рассмотрено в [3]. В то же время для $Cd_{1-x}Zn_xTe$ данный метод не использовался. Кроме того, в литературе отсутствуют необходимые в таком случае сведения о спектральной зависимости коэффициента поглощения материала при $T=77$ К.

В настоящей работе рассматривается применение люминесцентного метода для определения времени жизни неосновных носителей тока в твердых растворах $Cd_{1-x}Zn_xTe$.

Эксперимент и его обсуждение. Исследовался материал с малой величиной $x=0.05$, что позволило сопоставить результаты работы с известными значениями τ для кристаллов $CdTe$. В ходе эксперимента проводилось селективное возбуждение (СВ) краевой полосы фотолюминесценции кристалла $Cd_{0.95}Zn_{0.05}Te$ (спектр представлен на вставке к рис.1) с энергией максимума $h\nu=1.59$ эВ при $T=77$ К. СВ осуществлялось по стандартной методике [5]. Источником возбуждения служила кварцевая галогенная малогабаритная (КГМ) лампа непрерывного спектра мощностью 60 Вт. Селективное выделение полос возбуждения полушириной $w_{ex}\leq 0.8$ мэВ происходило с помощью монохроматора МДР-2. В качестве приёмника излучения использовался охлаждаемый фотодиод ФД-9Г.

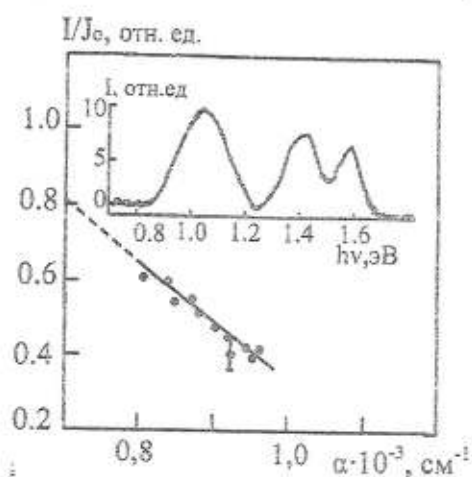


Рис.1. Зависимость величины I/I_0 полосы излучения с $h\nu=1.59$ эВ от коэффициента поглощения α для кристалла $Cd_{0.95}Zn_{0.05}Te$ в области слабого поглощения ($\alpha \cdot L < 1$). $T=77$ К

На вставке: спектр люминесценции кристалла $Cd_{0.95}Zn_{0.05}Te$ при $T=77$ К.

Характерной особенностью исследуемого материала является выраженная зависимость интенсивности фотолюминесценции от интенсивности возбуждающего света (J_0) с энергией $h\nu_{ex}$ [2]. Для устранения эффектов, связанных с нелинейностью такой зависимости $I=\phi(J_0)$ при разных значениях $h\nu_{ex}$, после лампы КГМ был установлен "обратный" фильтр. Изменение его пропускающей способности компенсировало соответствующее изменение интенсивности возбуждающего света. В результате отклонение от среднего по спектру значения J_0 не превышало 15 %.

Величина τ рассчитывалась на основе экспериментальных значений диффузионной длины носителей заряда L [4,5]:

$$\tau = L^2/D \tag{1}$$

где D – коэффициент диффузии, который, в свою очередь, определялся из соотношения Эйнштейна при известной подвижности неосновных носителей заряда μ_p (в настоящей работе при $T=77$ К μ_p принималась равной ~ 100 $cm^2/V\cdot s$).

Для нахождения величины L использовалась зависимость I/J_0 (I – интегральная интенсивность фотолюминесценции) от коэффициента поглощения α в спектральной области, где выполняется условие $\alpha \cdot L \ll 1$ (слабое поглощение) (рис.1). По её наклону $d(I/J_0)/d\alpha$, в соответствии с выражением [1]

$$d(I/J_0)/d\alpha = \eta \cdot L / (1 + D/s \cdot L) \tag{2}$$

(η – коэффициент, являющийся квантовой эффективностью излучения, если I/J_0 выражено в абсолютных величинах; s – скорость поверхностной рекомбинации) при известных значениях η и D/s определяли L .

Значение коэффициента η , в свою очередь, находили из линейной зависимости $I/J_0(\alpha)$ выражения (2) при условии, что $\alpha=0$. Значение D/s можно получить в области сильного поглощения, когда $\alpha \cdot L \gg 1$. В этом случае

$$I/J_0 = \eta \cdot (1 + s/D \cdot \alpha) / (1 + s \cdot L/D) \tag{3}$$

зависимость $I/J_0(\alpha^{-1})$ (рис. 2) линейна и при $I/J_0=0$ (точка пересечения с осью α^{-1}) $D/s = -\alpha^{-1}$ (из рис. 2 $D/s \approx 1.4 \cdot 10^{-5}$ см). Соответствующее значение диффузионной длины носителей заряда (рис. 1) составило $L \approx 1,15$ мкм.

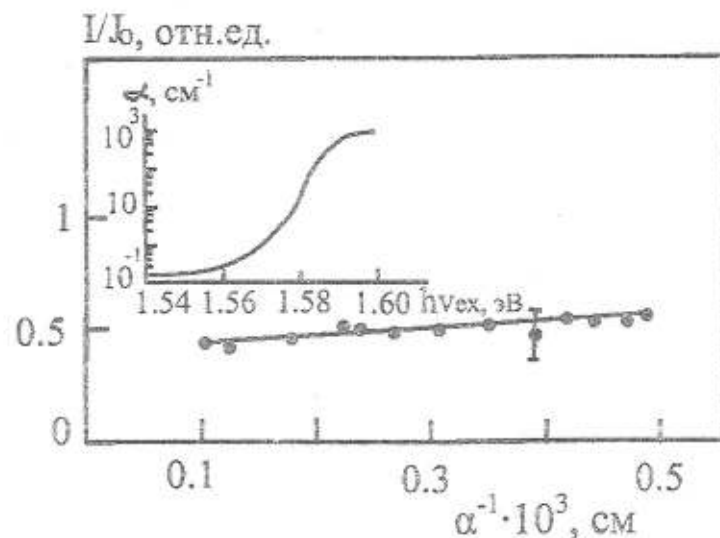


Рис. 2. Зависимость величины I/J_0 полосы излучения с $h\nu_m=1.59$ эВ от значений α^{-1} для кристалла $Cd_{0.95}Zn_{0.05}Te$ в области сильного поглощения ($\alpha \cdot L > 1$). $T=77$ К

На вставке: спектральная зависимость коэффициента поглощения α при 77К для кристалла $Cd_{0.95}Zn_{0.05}Te$

Из выражений (2),(3) следует, что при использовании настоящего метода необходимо было знать значения коэффициента поглощения в области полосы краевого излучения, т.е. в диапазоне $h\nu_{ex}=1.54 - 1.6$ эВ (вставка на рис. 1). Уже отмечалось, что такая информация для материала с $x \neq 0$ при температуре жидкого азота в литературе отсутствует. Однако значения α при 77 К известны в области краевого

излучения CdTe [1], а при $T=300$ К они известны (для некоторых x) и для $Cd_{1-x}Zn_xTe$ [6]. В настоящей работе использовалось теоретическое соотношение

$$\alpha = A(h\nu - E_g)^{1/2} \quad (4)$$

где E_g – ширина запрещенной зоны материала (для получения значений α , согласующихся с данными [1,6], значение E_g принималось равным 1.596 эВ).

На его основе была установлена зависимость $\alpha(h\nu_{ex})$ в исследуемом спектральном диапазоне при $T=77$ К, и $x=0.05$ (вставка на рис. 2). Это позволило также построить зависимости $I/J_0(\alpha)$ в области слабого (рис.1) и сильного (рис. 2) поглощения данной полосы. Найденное в результате значение времени жизни неосновных носителей тока для соединения $Cd_{0.95}Zn_{0.05}Te$ (выражение (1)) составило $2.4 \cdot 10^{-8}$ с. Это по порядку величины соответствует известным из литературы [1] значениям τ для CdTe. Погрешность рассмотренного метода не превышала 30 % [5].

Выводы: Таким образом, люминесцентный метод является перспективным для определения время жизни неосновных носителей тока в соединении $Cd_{1-x}Zn_xTe$. Для повышения точности результата необходимо использование “обратного” фильтра, стабилизирующего величину интенсивности падающего света в рабочем диапазоне спектра, а также дополнительное определение значений коэффициента поглощения света для соответствующих значений x .

ЛИТЕРАТУРА:

1. Баранский П.И., Клочков В.П., Потыкевич И.В. Полупроводниковая электроника (справочник). – Киев: Наук. думка, 1975. – 704 с.
2. Глинчук К.Д., Литовченко Н.М., Прохорович А.В., Стрильчук О.Н. Анализ зависимостей интенсивностей краевых полос люминесценции i от интенсивности возбуждения // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника – 2002. – Вып. 37. – С. 120-135.
3. Литвинова М.Б. Исследование времени жизни неосновных носителей тока в кристаллах полуизолирующего арсенида галлия с различным вакансионным составом // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. – 2003. – Вып. 38. – С. 133-138.
4. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. – М.: Высшая школа, 1987. – 239 с.
5. Пека Г.П., Коваленко В.Ф., Куценко В.Н. Люминесцентные методы контроля параметров полупроводниковых материалов и приборов. – Киев: Техника, 1986. – 152 с.
6. Hussain O.Md., Rao K.P., Reddy K.T.R., Reddy P.S. et al. Characterization of two-source evaporated cadmium zinc telluride thin films // Opt. Materials. – 1996. – V.5 (1-2). – P.63-68.
7. Medvid A., Mychko A., Strilchuk O., Litovchenko N., Naseka Yu., Onufrijevs P., Pludons A. Optical properties of nanostructure formed on a surface of CdZnTe crystal by laser radiation // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2009. – A 607. – P. 110-111.

ЛИТВИНОВА Марина Борисовна – к.ф.-м.н., доцент кафедры общетехнической подготовки Херсонского филиала национального университета кораблестроения.

Научные интересы:

– свойства и получение полупроводниковых материалов.

ШТАНЬКО Александр Дмитриевич – к.ф.-м.н., доцент кафедры автоматики и электротехники Херсонского филиала национального университета кораблестроения.

Научные интересы:

– свойства и получение полупроводниковых материалов.

СЕЛИВЕРСТОВ Игорь Анатольевич – к.т.н., доцент кафедры основ конструирования Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– технология нанесения и свойства вакуумных покрытий и тонких структур.

СЕЛИВЕРСТОВА Светлана Ростиславовна – к.т.н., доцент кафедры автоматики и электротехники Херсонского филиала национального университета кораблестроения.

Научные интересы:

– микромеханические свойства материалов и совершенство структур.

УДК 621.9.06-529.1

О.О. Степаненко

ПОБУДОВА ВЕРСТАТУ З КОМП'ЮТЕРНИМ КЕРУВАННЯМ

Повністю самостійно спроектований і виготовлений високоточний координатно-розточувальний верстат нульового габариту. Побудована система керування верстатом на основі персонального комп'ютера. Проведено випробування по виготовленню деталей із різними поверхнями, у тому числі просторово-складних форм.

Точність обробки складає 1,5 мкм, шорсткість оброблених поверхонь – 0,63-1,25 мкм.

Введення. Впровадження інноваційних технологій в механообробку є запорукою її успішного розвитку. Один із прикладів – створення верстату з числовим програмним керуванням. Верстат з ЧПК покликаний автоматизувати і полегшити працю людини. З його допомогою можна швидко отримати потрібну деталь, забезпечуючи при цьому високу якість обробки.

ЧПК-верстат по суті не є чимось новим і незвичайним. Він знайшов широке використання в машинобудуванні. Однак стрімкий розвиток комп'ютерних технологій відкрив широкі можливості для його побудови і використання.

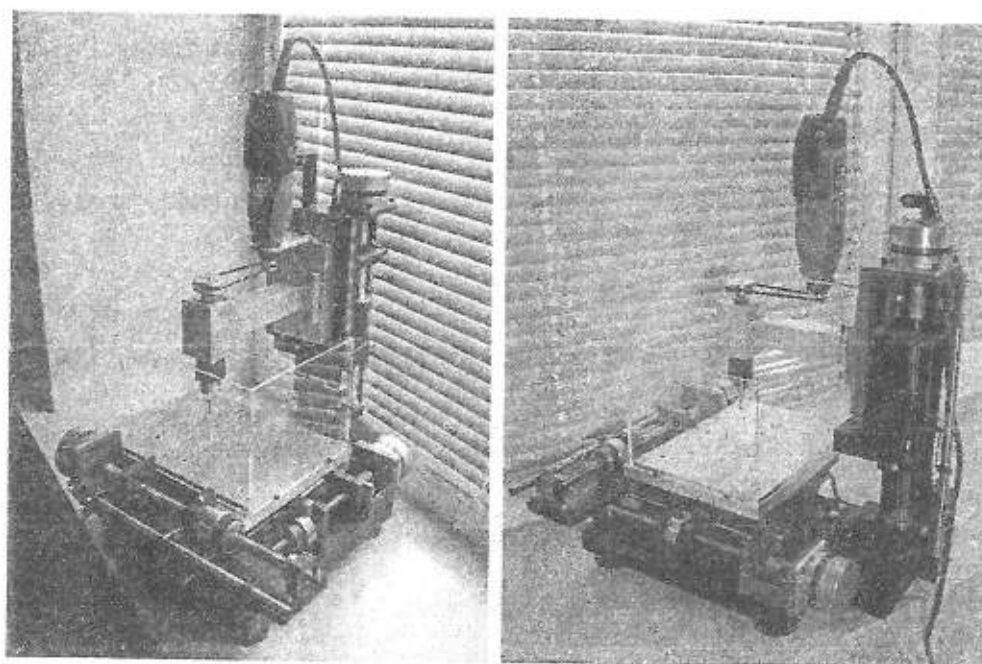
Постановка задачі. Відомо, що сучасний комп'ютер, який стоїть сьогодні майже в кожному будинку, являє собою потужний обчислювальний центр, котрий здатен виконувати не тільки розважальні функції, але й стати справжньою системою керування для різноманітних інженерно-технічних пристроїв.

Таким чином, об'єднавши інноваційні комп'ютерні технології з досягненнями механічної інженерії, можна створити сучасний верстат, керований комп'ютером.

Вирішення задачі. В даній роботі за допомогою систем автоматизованого проектування розроблено і виготовлено модель фрезерувально-розточувального верстата нульового габариту, завданням якого є високоточна обробка різанням різноманітних матеріалів, у тому числі металів. Обробка здійснюється в автоматичному режимі під керуванням комп'ютера. Взаємодія комп'ютера з верстатом відбувається за допомогою спеціального контролера.

У якості приводу верстата використано крокові двигуни, які забезпечили точність позиціонування в 0,001 мм у мікрокроковому режимі ($1/8$ кроку).

Оброблювана деталь закріплюється на робочому столі, який має змогу рухатися вздовж і поперек у горизонтальній площині, а інструмент рухається по вертикалі. Таким чином, верстат має три осі, що дозволяє здійснювати обробку деталей із різними поверхнями, у тому числі просторово-складних форм.



Мал. 1. Загальний вигляд верстату

Механічна частина виготовлена загалом традиційно. Далі мова піде безпосередньо про принцип керування верстатом.

Отже, система керування верстатом побудована за концепцією PCNC (Personal Computer Numerical Control) [1], що являє собою однокомп'ютерну архітектуру, в рамках якої усі задачі керування (геометрична, логічна, термінальна) вирішено суто програмним шляхом без використання додаткових апаратних пристроїв. По мірі розвитку обчислювальної потужності процесорів все більшого розповсюдження набуває саме ця архітектурна модель.

Процес виготовлення деталі на верстаті з ЧПК (від креслення до готового виробу) відбувається по схемі CAD-CAM-CNC [2], і складається з наступних дій:

- у будь-якій CAD-програмі (AutoCAD, Компас, SolidWorks) створюється креслення бажаної деталі у двовимірному або тривимірному вигляді (залежно від складності деталі);
- далі отримане креслення відкривається у спеціальній CAM-програмі (VisualMill, PowerMill, MasterCam, ArtCam, Rhino), де безпосередньо формується хід обробки: визначаються розміри заготовки і місця її кріплення до верстату, встановлюється глибина різання і кількість проходів, обирається необхідний ріжучий інструмент, обчислюються оптимальні режими різання і траєкторія. Після чого уся ця інформація генерується у керуючий код (G-code);
- у кінцевому етапі інформація про деталь і спосіб її обробки у вигляді G-коду відкривається у програмі, яка безпосередньо керує роботою верстату, і здійснюється процес обробки.

Серед керуючих програм для верстатів з ЧПК типу PCNC відомі такі програми, як: WinPCNC, Mach3, KCam, TurboCNC, VRI-CNC, EMC2, Master5, Ninos та інші. Вони базуються на операційних системах Windows, Linux, QNX.

Однією з найбільш функціональних програм є Mach3. Саме вона використовується в даній роботі. Програма виконана на високому рівні, має змогу незалежно керувати 6 осями і частотою обертання шпинделя, а також пристроями електроавтоматики, дозволяє використовувати ручні генератори імпульсів і має цілком гнучку структуру. Обмін даними відбувається через паралельний порт LPT.

Для взаємодії керуючого комп'ютера з електричною частиною верстату використовується спеціальний контролер, що здійснює перетворення сигналів комп'ютера в аналогові сигнали керування кроковими двигунами. Також на комп'ютер надходять сигнали датчиків нульового положення виконуючих органів верстату. Контролер має три незалежні осі по трьом координатам і працює по протоколу STEP/DIR (крок/напрямок), тобто з LPT порту комп'ютера у реальному часі надходить інформація з кількістю кроків і напрямом обертання, які повинні відпрацювати крокові двигуни. Завдання контролера при цьому конвертувати цю інформацію в сигнали комутації фаз двигунів. Основу схеми складають мікроконтролери фірми Toshiba TA8435HQ, що забезпечують потужність до 2.5 А, вміщуючи в собі при цьому як логічну, так і силову частину. Схема працює в режимі широтно-імпульсної модуляції, що дозволяє отримати високу частоту обертання двигунів без втрати кроків. Також присутня можливість ділення кроку на $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$, тобто при використанні двигуна зі стандартним значенням кроку на оберт – 200 і $\frac{1}{8}$ режимі контролера отримуємо 1600 кроків/об, що є достатньо високою дискретністю і забезпечує необхідну точність і плавність переміщень.

Висновок. Таким чином, спроектований і виготовлений верстат з комп'ютерним керуванням є безпосереднім прикладом впровадження інноваційних технологій у механообробку. Принцип устрою і керування верстатом може бути задіяний при побудові подібних машин різноманітних габаритів, робочої зони і виду обробки. Наприклад, машин плазмової різки, лазерної обробки і електроерозійної обробки, а також різноманітних пристроїв електроавтоматики. До того ж, даний метод може бути ефективно застосований для модернізації верстатів з ЧПК минулої епохи верстатобудування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2005. – С. 25-31.
2. Ловыгин А.А., Васильев А.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система. – М.: «Эльф ИПР», 2006.

СТЕПАНЕНКО Олександр Олександрович – студент факультету машинобудування Херсонського національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- створення сучасних комп'ютеризованих верстатів;
- електроніка і схемотехніка.