

ISSN 2078-4481

Міністерство освіти і науки України
Херсонський національний технічний університет

ВІСНИК

**Херсонського національного
технічного університету**

1(64)

Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського національного технічного університету
(протокол № 5 від 30 березня 2018 року)

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2016 №820), у яких можуть
публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів
доктора та кандидата технічних наук

Журнал включено до наукометричних баз, електронних бібліотек та репозитаріїв:
РИНЦ (eLibrary),
Google Scholar, National Library of Ukraine (Vernadsky)

Херсон 2018

Редакційна рада

Головний редактор

Бардачов Ю.М.

д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України,
ректор Херсонського національного технічного університету

Заступники головного редактора

Розов Ю.Г.

д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України
Савіна Г.Г.

д.е.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України

Відповідальний секретар

Корнева А.О.

начальник навчально-наукового відділу

Редакційна колегія

Баганов Є.О.

Букетов А.В.

Валько М.І.

Дімітрова В.Я. (Болгарія)

Дмитрієв Д.О.

Коваленко В.Ф.

Коваленко М.А.

Коган О.Г. (Білорусь)

Кузьміна Т.О.

Кулігін М.Л.

Литвиненко В. І.

Миколайчук Н.С.

Міщенко Г.В.

Новіков О.О.

Партицький С. (Польща)

Повстяной М.В.

Рудакова Г.В.

Сарапіна О.А.

Сарібєкова Д.Г.

Сарібєкова Ю.Г.

Семенченко Ф.Г.

Сошко О.І.

Тіхосова Г.А.

Тулученко Г.Я.

Фомішина В.М.

Ходаков В.Є.

Хомченко А. Н.

Чепелюк О.В.

Чурсіна Л.А.

Шарко М.В.

к.т.н., доцент

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.н., доцент

д.т.н., професор

д.ф.-м.н., професор

д.е.н., професор

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.е.н., професор

д.т.н., професор

д.х.н., професор

д.с.н., професор

д.х.н., професор

д.т.н., професор

д.е.н., професор

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.політ.н., професор

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.е.н., професор

д.т.н., професор

д.ф.-м.н., професор

д.т.н., професор

д.т.н., професор

д.е.н., професор

ISSN 2078-4481

Министерство образования и науки Украины
Херсонский национальный технический университет

ВЕСТНИК

**Херсонского национального
технического университета**

1(64)

Рекомендовано к печати Ученым советом
Херсонского национального технического университета
(протокол № 5 от 30 марта 2018 года)

Журнал включен в Перечень научных специализированных изданий Украины
(приказ Министерства образования и науки Украины от 11.07.2016 №820),
в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание
ученых степеней доктора и кандидата технических наук

Журнал включен в наукометрические базы, электронные библиотеки и репозитории:
РИНЦ (eLibrary),
Google Scholar, National Library of Ukraine (Vernadsky)

Херсон 2018

Редакционный совет

Главный редактор

Бардачев Ю.Н.

д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины,
ректор Херсонского национального технического университета

Заместители главного редактора

Розов Ю.Г.

д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины
Савина Г.Г.

д.э.н., профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины

Ответственный секретарь

Корнева А.А.

начальник учебно-научного отдела

Редакционная коллегия

Баганов Е.А.

Букетов А.В.

Валько Н.И.

Димитрова В.Я. (Болгария)

Дмитриев Д.А.

Коваленко В.Ф.

Коваленко Н.А.

Коган А.Г. (Беларусь)

Кузьмина Т.О.

Кулигин М.Л.

Литвиненко В.И.

Миколайчук Н.С.

Мищенко А.В.

Новиков А.А.

Партицкий С. (Польша)

Повстяной М.В.

Рудакова А.В.

Сарапина О.А.

Сарибекова Д.Г.

Сарибекова Ю.Г.

Семенченко Ф.Г.

Сошко А.И.

Тихосова А.А.

Тулученко Г.Я.

Фомишина В.Н.

Ходаков В.Е.

Хомченко А.Н.

Чепелюк Е.В.

Чурсина Л.А.

Шарко М.В.

к.т.н., доцент

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.н., доцент

д.т.н., профессор

д.ф.-м.н., професор

д.э.н., профессор

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.э.н., профессор

д.т.н., профессор

д.х.н., профессор

д.с.н., профессор

д.х.н., профессор

д.т.н., профессор

д.э.н., профессор

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.полит.н., профессор

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.э.н., профессор

д.т.н., профессор

д.ф.-м.н., профессор

д.т.н., профессор

д.т.н., профессор

д.э.н., профессор

ISSN 2078-4481

Ministry of Education and Science of Ukraine
Kherson National Technical University

VISNYK
of Kherson National
Technical University

1(64)

Recommended for publication by the Academic Council of
Kherson National Technical University
(minutes № 5 on 30th March 2018)

The journal is included in the List of scientific professional publications of Ukraine
(Order №820 of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated 11 July 2016) where
the results of the theses of Doctor and Candidate of Engineering Science can be published

The journal is included in the scientometric bases, electronic libraries and repositories:
RSCI (eLibrary),
Google Scholar, National Library of Ukraine (Vernadsky)

Kherson 2018

Editorial Board

Editor-in-Chief

Bardachov Yu.N. Professor, Doctor of Engineering Science,
Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,
Rector of Kherson National Technical University

Deputies Editor-in-Chief

Rozov Yu.G.

Doctor of Engineering Science, Professor, Honored Worker of Science and
Technology of Ukraine

Savina G.G.

Doctor of Economics, Professor, Honored Worker of Science and Technology
of Ukraine

Executive Secretary

Korneva A.A.

Head of Academic and Scientific Department

Members of Editorial Board

Baganov Ye.A.

Buketov A.V.

Val'ko N.I.

Dimitrova V. Ya. (Bulgaria)

Dmitriev D.A.

Kovalenko V.F.

Kovalenko N.A.

Kogan A.G. (Belarus)

Kuz'mina T.O.

Kuligin M.L.

Lytvynenko V.I.

Mikolaychuk N.S.

Mishchenko A.V.

Novikov A.A.

Partitsky S. (Poland)

Povstyanoy M.V.

Rudakova G.V.

Sarapina O.A.

Saribekova D.G.

Saribekova Yu.G.

Semenchenko F.G.

Soshko A.I.

Tikhosova A.A.

Tuluchenko G.Ya.

Fomishina V.M.

Khodakov V.Ye.

Khomchenko A.N.

Chepelyuk Ye.V.

Chursina L.A.

Sharko M.V.

Ph.D., Associate Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Ph.D., Associate Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor

Doctor of Economics, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Economics, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Chemistry, Professor

Doctor of Social Sciences, Professor

Doctor of Chemistry, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Economics, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Political Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Economics, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Engineering Science, Professor

Doctor of Economics, Professor

ВІТАЄМО З ЮВІЛЕЄМ!



Колектив Херсонського національного технічного університету від щирого серця вітає з ювілеєм ректора

БАРДАЧОВА

ЮРІЯ МИКОЛАЙОВИЧА!

Бажаємо Вам, вельмишановний Юрію Миколайовичу, міцного здоров'я на многії літа, благополуччя, щедрої долі, щастя у житті, невичерпної творчої наснаги у відповідальній роботі на благо держави! Нехай Ваша енергійність, душевність і людяність привертають до Вас тих, хто працює і спілкується з Вами. Нехай у Вашому домі завжди панують мир і злагода, у серці – доброта, а у справах – мудрість та виваженість. Нехай рідні завжди оточують Вас любов'ю та розумінням, а колеги – повагою. Нехай доля і надалі буде прихильною до Вас, даруючи радість життя, незрадливу удачу та вірних і надійних друзів.

Бардачов Юрій Миколайович –

доктор технічних наук, професор, відмінник освіти України, заслужений діяч науки і техніки України, голова Ради ректорів ВНЗ III – IV рівнів акредитації Херсонської області, почесний професор Харківського національного університету радіоелектроніки, почесний запрошений професор Інституту бізнесу Нью-Порта (США), почесний професор Херсонського державного аграрного університету, почесний громадянин м. Херсона.

Народився 16 березня 1948 року, закінчив у 1971 році радіофізичний факультет Харківського інституту радіоелектроніки з відзнакою. Трудову діяльність розпочав з жовтня 1973 року в Херсонському філіалі Одеського технологічного інституту харчової промисловості імені М.В. Ломоносова. У 1980 році закінчив аспірантуру Ленінградського інституту текстильної і легкої промисловості ім. С.М. Кірова. У цьому ж році захистив дисертацію і отримав учений ступінь кандидата технічних наук. У 1993 році захистив дисертацію на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук. З цього ж року – завідувач кафедри вищої математики. З 7 вересня 1995 р. – дійсний член Української Академії Інформатики. У 1997 році присвоєно вчене звання професора. З 1996 року по теперішній час – ректор ХНТУ, незмінний головний редактор наукового журналу «Вісник ХНТУ».

Нагороджений численними дипломами та грамотами Міністерства освіти і науки України, НАН України, Верховної Ради України за вагомий особистий внесок в розвиток національної системи освіти, за особливі заслуги перед українським народом, за підготовку наукової зміни. Уже 22 роки Юрій Миколайович очолює наш вуз і увесь колектив ХНТУ вдячний йому за мудре керівництво і зразкову педагогічну діяльність.

ЗМІСТ

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

Бардачов Ю.М., Розов Ю.Г. Рейтингове оцінювання діяльності науково-педагогічних працівників у Херсонському національному технічному університеті.....	13
---	----

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ НАУКИ

Чутро А.Ф., Емельянова Т.А. Расчетная схема стен каменных зданий для строительства на просадочных грунтах.....	18
--	----

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

Гевко Р.Б., Клендій О.М., Погрішук Б.В., Клендій В.М., Добіжа Н.В. Дослідження процесів спрацювання низькодинамічних кулькових запобіжних муфт із замкнутими коловими профілями елементів зачеплення.....	23
Горященко С.Л. Формування полімерного покриття ультразвуковим розпилювачем.....	34
Kuznyetsov S.I. Research of work of mechanical self-cleaning dust leader.....	40
Литвиненко В.М., Вікулін І.М. Вплив властивостей поверхні на зворотні характеристики напівпровідникових приладів.....	46
Сапронов О.О., Лещенко О.В. Використання дисперсних добавок для підвищення теплофізичних властивостей полімерних захисних покриттів.....	57

ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ І ХАРЧОВОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ

Асаулюк Т.С., Семешко О.Я., Сарібєкова Ю.Г. Исследование процесса беления грубого шерстяного волокна с применением электроразрядной обработки.....	62
Богданова О.Ф., Домбровська О.П., Бабіч С.С., Домбровський А.Г. Визначення можливості одержання волокнистих напівфабрикатів з ненаркотичних конопель.....	67
Бойко Г.А., Тіхосова Г.А., Кутасов А.В. Вплив способів збирання на технології переробки та сфери подальшого використання конопляної сировини.....	75
Бурак В.Г. Оптимізація технологічних процесів виробництва сировини і ковбасних виробів із застосуванням бактеріальних заквасок.....	81
Бурак В.Г. Оптимізація технологічних процесів при виробництві комбінованих продуктів та підвищення якості сировини.....	92
Валько М.І., Стоянова О.В., Короленко В.О., Валько П.М., Ільющенков І.В. Розроблення блок-схеми виробництва томатного кетчупу на основі концентрованих томатопродуктів.....	103
Заморська І.Л. Якість заморожених ягід суниці залежно від схеми садіння рослин.....	109
Ковалевський К.А., Мамай О.І., Кузьміна Т.О., Валько П.М., Яковенко Т.О. Установка для відстоювання суслу.....	114
Ковалевський К.А., Мамай О.І., Кузьміна Т.О., Шанін О.Д., Валько П.М. Спосіб освітлення і стабілізації суслу і виноматеріалів.....	119
Maleev V.A., Bezpalchenko V.M., Semchenko O.O. Evaluation, risks, analysis of consumption of food additives.....	124
Міщенко Г.В., Міщенко О.В., Венгер О.О., Іщенко Д.Р. Підвищення зносостійкості захисного текстилю для спецодягу.....	129
Салєба Л.В. Дослідження показників якості майонезу.....	134
Семешко О.Я., Скалзубова Н.С., Сарібєкова Ю.Г. Дослідження поверхневого натягу розчинів поверхнево-активних речовин при створенні композицій для промивання бавовняного трикотажу.....	140
Скоропишева О.В. Використання сенсорних та фізико-хімічних методів аналізу для визначення якості молока.....	147
Тернова Т.І., Бабіч С.С., Базик В.П. Оптимізація технологічного процесу очищення лубу льону олійного за допомогою методів математичного моделювання.....	155

Толмачов В.С., Єдинович М.Б., Кузьміна Т.О. Пристрій для визначення показників кольору лляного волокна.....	163
---	-----

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Кругла Н.А. ІТ-технології у створенні систем управління технологічними процесами первинної переробки луб'яної сировини.....	170
---	-----

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Степанчиков Д.М. Алгоритми керування вітроенергетичною установкою на основі нечіткої логіки.....	175
--	-----

ЕЛЕКТРОНІКА І ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

Войцеховський О.Н., Дон Н.Л., Савченко С.О. Моделювання режимів роботи трансформатора в середовищі Multisim.....	183
Дмитрієв В.С. Дослідження основних чинників впливу на якість омичних контактів до тонкоплівкового нвч приладу на pGaAs.....	189
Дон Н.Л., Савченко С.О., Войцеховський О.Н. До питання впровадження інформаційних технологій в лабораторному практикумі з електроніки.....	194
Селіверстова С.Р., Фролов О.М. Розробка електропривода технологічного обладнання з високоточними швидкісними параметрами.....	199

CONTENS

PROBLEMS OF THE HIGHER SCHOOL

Bardachov Yu.M., Rozov Yu.G. Rating assessment of scientific and pedagogical workers' activity in kherson national technical university.....	13
---	----

FUNDAMENTAL SCIENCES

Chutro A.F., Yemelyanova T.A. Design scheme of stone buildings walls for building on landing grounds.....	18
--	----

ENGINEERING SCIENCES

Hevko R.B., Klendii O.M., Pohrishchuk B.V., Klendii V.M., Dobizha N.V. Investigation of processes of working of lower-dynamic ball safety clutches with closed circular profiles of element parts.....	23
Horiashchenko S. Formation of polymeric coatings by ultrasound sprayer.....	34
Kuznyetsov S.I. Research of work of mechanical self-cleaning dust leader.....	40
Litvinenko V.N., Vikulin I.M. Influence of surface properties on reverse characteristics of semiconductor devices.....	46
Sapronov A.A., Leshchenko A. V. Use of dispersive additives to enhance thermal physical properties of polymeric protective coatings.....	57

THE TECHNOLOGY OF LIGHT AND FOOD INDUSTRY

Asaulyuk T.S., Semeshko O.J., Saribekova J.G. Study of the process of bleaching coarse wool fiber with the use of electrical discharge treatment.....	62
Bogdanova O., Dombrovska O., Babich S., Dombrovskiy A. Determination of the possibility of obtaining fiber semi-finished products from drug-free hemp.....	67
Boyko G.A., Tihosova H.A., Kutasov A.V. Influence of collection methods on processing technologies and sphere of further use of conventional raw material.....	75
Burak V. Optimization of technological processes of production of raw material and sausage wares using the bacterial leaven.....	81
Burak V. Optimization of manufacturing processes in combined products production and the raw quality improving.....	92
Valko M.I., Stoianova O.V., Korolenko V.O., Valko P.M., Ilyushenkov I.V. Development of the block-scheme of manufacture of tomato ketchup on the basis of concentrated tomato products.....	103
Zamorska I.L. Quality of frozen strawberries depending on a planting scheme.....	109
Kovalevsky K.A., Mamai O.I., Kuzmina T.O., Valko P.N., Yakovenko T.A. Wort separation machine.....	114
Kovalevsky K.A., Mamai O.I., Kuzmina T.O., Shanin A.D., Valko P.N. Method of collection and stabilization of sushi and vinamaterials.....	119
Maleev V.A., Bezpachenko V.M., Semenchenko O.O. Evaluation, risks, analysis of consumption of food additives.....	124
Mischenko H.V., Mischenko O.V., Venger O.O., Ischenko D.R. Enhancement of wear resistance of protective textiles for uniform.....	129
Saleba L. Research of the quality indices of the mayonnaise.....	134
Semeshko O.Ya., Skalozubova N.S., Sariyekova Yu.G. Investigation of surface tension of surface-active substances solutions in creation of compositions for scouring cotton knitted fabric.....	140
Skropysheva E.V. Using sensory and physico-chemical methods of analysis for determining the quality of milk.....	147
Ternova T., Babich S., Bazyk V. Optimization of the technological process of cleaning of lubricated lyon lube by methods of mathematical modeling.....	155
Tolmachov V., Yedynovych M., Kuzmina T. Device for determining the color indexes of the flax fiber.....	163

INFORMATION TECHNOLOGIES

Kruglaya N.A. IT-technologies in creation of management systems of technological processes of primary processing of lumber raw materials.....	170
--	-----

**MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICAL AND
TECHNOLOGICAL PROCESSES AND
TECHNICAL SYSTEMS**

Stepanchikov D.M. Fuzzy logic based algorithms of a wind turbine generator control.....	175
--	-----

ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING

Voytsekhovskiy A.N., Don N.L., Savchenko S.A. The design of modes of operations of transformer in environment of Multisim.....	183
Dmitriev V.S. The research of the main influence factors on the quality of ohmic contacts to a thin-film microwave n-GaAs-based device.....	189
Don N.L., Savchenko S.A., Voytsekhovskiy A.N. To question of introduction of information technologies in laboratory practical work from electronics.....	194
Seliverstova S.R., Frolov A.N. Rolling of the electric driver of the technological equipment with-precision speed parameters.....	199

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

УДК 378.124

Ю.М. БАРДАЧОВ, Ю.Г. РОЗОВ
Херсонський національний технічний університет**РЕЙТИНГОВЕ ОЦІНЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ У ХЕРСОНСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ**

У статті представлено досвід ХНТУ щодо запровадження інструменту диференціації оплати праці в університеті на основі рейтингу науково-педагогічних працівників та проаналізовано вплив матеріальної мотивації викладача на підвищення його професійної компетентності і, як кінцевий результат, підвищення рейтингу університету в цілому.

Ключові слова: вища школа, науково-педагогічний персонал, викладач, оцінювання, методика оцінювання, рейтинг, рейтингова оцінка.

Ю.Н. БАРДАЧЕВ, Ю.Г. РОЗОВ
Херсонский национальный технический университет**РЕЙТИНГОВОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ В ХЕРСОНСКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

В статье представлен опыт ХНТУ по введению инструмента дифференциации оплаты труда в университете на основе рейтинга научно-педагогических работников и проанализировано влияние материальной мотивации преподавателя на повышение его профессиональной компетентности, и, как конечный результат, повышение рейтинга университета в целом.

Ключевые слова: высшая школа, научно-педагогический персонал, преподаватель, оценка, методика оценки, рейтинг, рейтинговое оценивание.

Yu.M. BARDACHOV, Yu.G. ROZOV
Kherson National Technical University**RATING ASSESSMENT OF SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL WORKERS' ACTIVITY IN KHERSON NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY**

The article presents the experience of KNTU on the introduction of a labor remuneration differentiation tool based on the scientific and pedagogical workers rating and analyzes the role of the influence of the teacher's material motivation on increasing their professional competence, and, as a result, increasing of the university's ranking.

Keywords: higher school, scientific and pedagogical staff, teacher, assessment, assessment methodology, rating, rating evaluation.

Постановка проблеми

Якість підготовки кадрів вищої школи значним чином залежить від якісного складу науково-педагогічних працівників (НПП) вишів. Саме від кваліфікації викладача, його професіоналізму, педагогічної майстерності, продуктивності навчальної і наукової роботи, творчості, креативності і загальної культури залежить результативність і ефективність підготовки майбутнього фахівця. Тому забезпечення відповідних умов праці і життя викладачів є пріоритетним завданням держави і суспільства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Традиційно основною формою доходу викладачів є заробітна плата, яка базується на тарифній системі оплати праці [1, 2]. Тарифний оклад забезпечує оплату основних функціональних обов'язків і чітко рівняє працівників залежно від їх кваліфікації та розмірів тарифної сітки [3]. Сучасному викладачеві, аби відповідати вимогам суспільства, інтеграційним освітнім процесам, потрібно постійно вдосконалюватись, підвищувати свій професійний рівень. Тому обсяги робіт, які повинен виконувати сьогодні викладач у вищій школі, значно перевищують норми, які встановлені його посадовими інструкціями.

Ми впевнені, що підтримати викладача в його прагненні до вдосконалення, всебічно і якісно

оцінити результативність його педагогічної праці можливо лише за умови диференціації оплати праці в університеті, яка досягається шляхом впровадження внутрішніх механізмів мотивації та матеріального стимулювання [4, 5, 6]. Для цього необхідно розробити систему оцінки праці викладачів, використання якої надасть можливість найбільш точно враховувати результати праці педагога, що може служити основою для визначення заробітної плати кожного, і ввести ранжування науково-педагогічних працівників. У вищій школі існує багаторічна практика використання різних методик оцінки якості роботи викладачів, які дозволяють не тільки оцінити роботу конкретного викладача, але і показати, яким чином оцінка діяльності вплине в майбутньому на усунення недоліків і поліпшення результатів його роботи. Рейтингова система оцінки – одна з найпопулярніших методик [7].

Формулювання мети дослідження

Мета статті – обґрунтування необхідності запровадження інструменту диференціації оплати праці в університеті, ролі і значення ефективного матеріального стимулювання для підвищення професійної компетентності кадрів.

Викладення основного матеріалу дослідження

В Херсонському національному технічному університеті більше десяти років діє рейтингове оцінювання діяльності науково-педагогічних працівників.

Університетський рейтинг – це не стала структура, його порядок змінюється та оновлюється в залежності від потреб сучасного ринку праці. Це відкрита система для всіх учасників навчально-виховного процесу. Кожен викладач має змогу не тільки побачити своє місце в рейтинговому списку, ознайомитись з показниками матеріального заохочення своїх колег але, що найважливіше, усвідомити необхідність підвищення особистих професійних результатів.

Результати рейтингового аналізу є інформаційною базою і використовуються адміністрацією при формуванні управлінських кадрів і науково-педагогічних працівників університету, визначенні терміну дії трудового договору, при матеріальному і моральному заохоченні викладачів, тощо.

Адміністрація університету чітко усвідомлює, що однією з основних складових рейтингу всього університету є особистий рейтинг кожного викладача. Тому центральною ідеєю введення моніторингу якості навчальної і наукової роботи науково-педагогічних працівників виступає оцінка рівня особистої зацікавленості працівників у підвищенні кваліфікації, продуктивності навчальної і наукової роботи та індивідуального внеску працівників в підвищення рейтингу університету в цілому.

Стратегічним підходом до забезпечення дієвості рейтингу є наявність трьох складових:

- чисельність показників для розрахунку рейтингової оцінки діяльності НПП, які висвітлюють усі сторони діяльності викладача;
- чіткий механізм розрахунку рейтингової оцінки;
- порядок адміністративного супроводження та впровадження рейтингу.

1. Основні вагові показники для розрахунку рейтингової оцінки діяльності НПП

Рейтингова оцінка висвітлює широкий діапазон професійних досягнень і складається з кількісних та якісних показників з освітньої, наукової, інноваційно-дослідницької, виховної, навчально-методичної, корпоративної та суспільної діяльності викладача.

Складовими рейтингової оцінки є постійний показник, що характеризує кваліфікаційний потенціал викладача, накопичений їм за весь час роботи, і показник поточної активності, що враховує його професійну компетентність, педагогічну майстерність та наукову і творчу активність за звітний період (рейтингова оцінка викладача визначається кожного навчального року після його завершення).

В якості шкали оцінювання використовуються бали. Це дозволяє більш ефективно оцінити працезатрати викладача і врахувати їх значущість для рейтингових показників структурних підрозділів та університету в цілому.

При цьому враховуються як позитивні, так і негативні бали.

Результативність діяльності науково-педагогічних працівників створює імідж університету в освітньому просторі. Тому значне місце в рейтингу приділяється показникам індивідуального внеску працівників в підвищення рейтингу структурних підрозділів та університету. Оцінювання діяльності структурних підрозділів (кафедр) відбувається за такими показниками: якісний кадровий склад, рівень організації навчальної та наукової роботи, стан і відповідність навчально-методичних матеріалів, тощо. В рамках рейтингу кафедр враховуються не тільки вагомі (акредитаційні) показники, але і показники фінансового внеску кафедри в бюджет університету (наявність госпдоговорів, платних послуг та ін.) та сума внеску, а також враховується набір аспірантів і студентів-контрактників на всі курси за звітну вступну кампанію.

2. Механізм розрахунку рейтингової оцінки

В основу механізму визначення рейтингу покладено визнання колегами і адміністрацією університету результатів діяльності конкретного викладача і науковця.

Для забезпечення порівнянності результатів передбачені чотири кваліфікаційні категорії науково-педагогічних працівників: професори (I), доценти (II), старші викладачі (III), асистенти (IV), а також можливість проведення рейтингу для всіх кафедр або окремо для випускових і не випускових кафедр університету.

Рейтинг складається з двох частин: постійної (P), що характеризує кваліфікаційний потенціал викладача, накопичений їм за весь час роботи, і поточної активності (A), що враховує його професійну компетентність, педагогічну майстерність та наукову і творчу активність за останні п'ять років.

До постійної частини включені показники, що визначають статус викладача на момент участі в рейтингу (минуле), такі як вчений ступінь і звання, посада, нагороди, кількість наукових і методичних праць, керівництво аспірантами і докторантами, тощо.

Активна частина складається з двох блоків:

- основні показники професійної компетентності та педагогічної майстерності науково-педагогічних працівників (організаційно-методична робота, результати анкетування студентів про ефективність роботи викладача, штрафні санкції, застосовані до викладачів);
- визначення рівня наукової та професійної активності науково-педагогічного працівника за останні п'ять років (наявність наукових публікацій, патентів, виданих підручників, монографій, виконання функцій наукового керівника здобувача, проектів, тем, члена редколегій наукових видань, керівництво студентами, організаційна та адміністративна робота, участь в атестації наукових кадрів, у роботі науково-практичних конференцій, творчих виставок, форумів, симпозіумів тощо).

З метою стимулювання активності творчої роботи викладачів коефіцієнти вагомості рейтингів P і A приймаються відповідно 0,33 і 0,67. Таким чином, абсолютний загальний особистий рейтинг викладача дорівнює:

$$P = P_P + P_A = 0,33P + 0,67A, \quad (1)$$

а відносний:

$$P_{від.} = P/P_{сер.}, \quad (2)$$

де $P_{сер.}$ – середній абсолютний рейтинг на кафедрі.

Для розрахунку початкового значення рейтингового оцінювання діяльності кафедри використовується формула:

$$P_{каф}^* = \sum P_i / \sum i, \quad (3)$$

де $\sum P_i$ – сума абсолютних загальних особистих рейтингів викладачів кафедри;

$\sum i$ – кількість науково-педагогічних працівників на кафедрі.

Остаточне значення рейтингового оцінювання діяльності уточнюється з урахуванням

$$P_{каф} = k_1 P_{каф}^*, \quad (4)$$

$$P_{каф} = k_1 k_2 P_{каф}^*, \quad (5)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує фінансовий внесок кафедри в бюджет університету за рахунок комерціалізації науково-дослідницької діяльності (виконання госпдоговорів, надання платних сертифікованих послуг стороннім організаціям і населенню та ін.);

$$k_1 = 1 + 0,02 \times T, \quad (6)$$

T – сума доходу від діяльності кафедри в тис. грн. (з урахуванням округлення суми до найближчого цілого);

k_2 – коефіцієнт кількості студентів-контрактників і аспірантів-контрактників, які набрані на спеціальність в звітному році:

$$k_2 = 1 + 0,02 \times C, \quad (7)$$

C – кількість студентів-контрактників і аспірантів-контрактників.

Особливо слід звернути увагу на побудову структури, що забезпечує динаміку рейтингу. Так, в рейтингу враховуються показники діяльності викладача за останні 5 років. Під час заповнення щорічних

рейтингових таблиць відповідний показник (бал) і підсумкова оцінка за попередній рік зменшується на 20 %. Таким чином, кожні 5 років відбувається повне оновлення активної частини рейтингу.

3. Порядок адміністративного супроводження та впровадження рейтингу

Проведення рейтингу відбувається в кілька етапів

1) На рівні кафедри:

- кожним викладачем заповнюється форма (бланк) індивідуальних даних, що відображає результати діяльності;

- завідувач кафедри здійснює перевірку повноти та об'єктивності занесеної співробітниками кафедри інформації.

Заповнені форми надаються до рейтингової комісії факультету.

2) На рівні факультету:

- формується рейтингова комісія, до складу якої входять представники кафедр факультету;

- членами рейтингових комісій факультетів здійснюється перевірка достовірності поданих даних, та, у разі необхідності, уточнення і коригування отриманих результатів статистичної обробки рейтингових показників.

Заповнені форми надаються до рейтингової комісії університету.

На підставі взаємоконтролю між факультетами проводиться обов'язкова перевірка достовірності рейтингових показників перших 20 викладачів з кожного факультету.

3) На рівні університету створюються два структурних формування - рейтингова комісія університету та експертна група.

Експертна група з проведення рейтингового аналізу і внутрішнього аудиту ефективності роботи науково-педагогічних працівників формується з працівників навчального, навчально-методичного відділів та відділу інформаційних технологій.

Експертною групою здійснюється розрахунок рейтингових показників по всіх структурних підрозділах. Результати рейтингової оцінки (в табличній формі, аналітичні довідки) подаються ректору, рейтингової комісії університету та керівництву структурними підрозділами для прийняття оперативних рішень, спрямованих на підвищення ефективності діяльності. За рішенням рейтингової комісії університету визначаються структурні підрозділи та науково-педагогічні працівники, які мають найбільш високі показники ефективності роботи для включення в систему морального і матеріального стимулювання діяльності, що діє протягом наступного календарного року.

Рейтингова комісія університету розглядає подання факультетів і приймає остаточне рішення щодо показників рейтингу.

Рейтинговою комісією університету за результатами аналізу динаміки розвитку та ефективності діяльності університету за рік, розробляються пропозиції ректору університету щодо необхідного коригування вагових значень показників за окремими видами діяльності.

Рейтингові показники враховуються адміністрацією університету при розв'язанні кадрових питань; виділенні фінансування на придбання обладнання, на наукові дослідження, поїздки на конференції, стажування та ін.; диференціації матеріального стимулювання.

Результати рейтингу використовуються як основа для визначення працівникам з числа науково-педагогічних працівників індивідуальних розмірів доплат за науковий ступінь та вчене звання. У цьому випадку викладачі (учасники рейтингу) діляться на групи, для кожної з яких в залежності від кількості груп, викладачів в кожній групі та наявних фінансових ресурсів на оплату праці, встановлюється груповий розмір доплат за науковий ступінь та вчене звання, який затверджується наказом ректора.

Висновки

1. В Херсонському національному технічному університеті діє рейтингове оцінювання діяльності науково-педагогічних працівників, результати якого є інформаційною базою і використовуються при формуванні управлінських кадрів і науково-педагогічних працівників університету, визначенні терміну дії трудового договору, при матеріальному і моральному заохоченні викладачів.

2. Переваги рейтингової системи оцінювання діяльності науково-педагогічних працівників доведені часом. Рейтинг сьогодні - це дієвий важіль впливу на професійний ріст викладача, спонукання його до творчої і креативної праці через матеріальне заохочення.

3. Рейтингова система оцінки діяльності викладачів є тим інструментом управління, який дозволяє обґрунтовано формувати стимулюючі доплати, що сприяє підвищенню ефективності діяльності як кожного окремого викладача, так і університету в цілому.

Список використаної літератури

1. Про впорядкування умов оплати праці та затвердження схем тарифних розрядів працівників навчальних закладів, установ освіти та наукових установ із змінами та доповненнями: Наказ Міністерства освіти і науки України від 26.09.2005 № 557 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>.
2. Про оплату праці працівників на основі Єдиної тарифної сітки розрядів і коефіцієнтів з оплати праці працівників установ, закладів та організацій окремих галузей бюджетної сфери: Постанова Кабінету Міністрів України від 30.08.2002 № 1298 : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua>.
3. Шляга О.В. Проблеми заробітної плати в Україні та шляхи їх вирішення / О.В. Шляга, Л.О. Пархоменко [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.zgia.zp.ua/gazeta/evzdia_6_044.pdf
4. Грищенко І. М. Дослідження практики матеріального забезпечення і підвищення суспільного статусу науково-педагогічних працівників вищих навчальних закладів / І. М. Грищенко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія : Економічні науки. - 2015. - № 6. - С. 53-64. - Режим доступу : <http://nbuv.gov.ua/UJRN/vknutden.2015.06.10>.
5. Данюк В. Мотивування як чинник активізації трудової поведінки / В. Данюк // Україна: аспекти праці. – 2008. – № 4. – С. 32–36.
6. Перехейда О. Стимулювання професійної майстерності педагога – важливий чинник управління [Текст] / О. Перехейда // Рідна школа. – 2004. – № 5. – С. 30-32
7. Величко О. Г. Розвиток рейтингового оцінювання діяльності науково-педагогічних працівників / О. Г. Величко, В. П. Іващенко, О. Г. Ясев, О. Д. Рожков // Вища школа. – 2011. – № 3. – С. 78 – 84.

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ НАУКИ

УДК 69.059

А.Ф. ЧУТРО, Т.А.ЕМЕЛЬЯНОВА
Херсонский государственный аграрный университет

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА СТЕН КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

В работе рассматривается получение расчетной схемы стен каменных зданий и «эпюры – матрицы» вдоль стены для определения границ зоны просадочности, величины сдвигающих усилий в конструктивных элементах зданий.

Получен закон распределения давления под подошвой фундаментов в зоне замачивания. Установлены характер и величина дополнительных внутренних усилий в конструктивных элементах стены, которые возникают при неравномерной осадке фундаментов.

Ключевые слова: просадка, просадочные грунты, подошва фундамента, расчетная схема наружной стены, конус замачивания просадочного грунта, «эпюра – матрица».

О.Ф.ЧУТРО, Т.А.СМЕЛЬЯНОВА
Херсонський державний аграрний університет

РОЗРАХУНКОВА СХЕМА СТІН КАМ'ЯНИХ БУДИНКІВ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА НА ПРОСАДНИХ ГРУНТАХ

В роботі розглядається отримання розрахункової схеми стін кам'яних будівель і «епюри - матриці» уздовж стіни для визначення меж зони просідання, величини зсувних зусиль в конструктивних елементах будівель.

Отримано закон розподілу тиску під подошвою фундаментів в зоні замочування. Встановлено характер і величину додаткових внутрішніх зусиль в конструктивних елементах стіни, які виникають при нерівномірному осіданні фундаментів.

Ключові слова: просадка, грунти, що просідають, подошва фундаменту, розрахункова схема зовнішньої стіни, конус замочування просадного ґрунту, «епюра - матриця».

A.F.CHUTRO, T.A.YEMELYANOVA
Kherson State Agrarian University

DESIGN SCHEME OF STONE BUILDINGS WALLS FOR BUILDING ON LANDING GROUNDS

The given article looks at obtaining a design scheme of walls of stone buildings and "diagrams-matrices" along the wall to determine the boundaries of the subsidence zone, the magnitude of the shearing forces in the structural elements of buildings.

The distribution law of pressure under the base of the foundations in the soaking zone was received. The nature and magnitude of additional internal forces in the structural elements of the wall that arise with uneven subsidence the foundations are established.

Keywords: subsidence, subsidence ground, foundation foot, design scheme of the outer wall, cone of soaking soiling, "diagram-matrix".

Постановка проблеми

Расчетная статическая схема наружной стены здания определяет характер и величину дополнительных внутренних усилий в конструктивных элементах стены, которые возникают при неравномерной осадке фундаментов.

Дополнительные конструктивные мероприятия предназначены обеспечить эксплуатационную пригодность здания на период возникшей просадки и её стабилизации, и не заменяют безграмотную эксплуатацию зданий, построенных на просадочных грунтах.

Конструктивные и водозащитные мероприятия, заложенные в проектах, и выполненные строительством, не смогут обеспечить полную сохранность и долговечность зданий, если эксплуатирующие организации не будут учитывать особенностей лессовых просадочных грунтов и бороться с их замачиванием [1].

Сложность расчета стен каменных зданий для строительства на просадочных грунтах заключается в неопределенности места появления источника замачивания.

Анализ последних исследований и публикаций

Просадка, как явление, протекает по мере продвижения свободной воды в напряженной толще просадочных грунтов основания. Сильнее всего просадка сказывается под локальным источником замачивания и в пределах некоторого контура смачивания активной зоны основания [2]. По мере рассасывания свободной воды и переходе её в связную, просадка прекращается, несмотря на высокую влажность грунтов основания. Кроме замачивания для проявления просадки в напряженной толще грунта, необходимо иметь достаточную величину начального давления ($p_n \approx 0,4 \dots 1,5 \text{ кг} / \text{см}^2$).

Остается неясным: учитывать ли всю толщу просадочных грунтов при замачивании или некоторую её часть; каковы границы расчетной зоны просадочности; каков закон распределения давления под подошвой фундаментов в зоне замачивания.

Формулирование цели исследования

Целью исследования является получение расчетной схемы стен каменных зданий для определения границ зоны просадочности, величины сдвигающих усилий в конструктивных элементах зданий; получение закона распределения давления под подошвой фундаментов в зоне замачивания.

Изложение основного материала исследования

Дальнейшие рассуждения строим из условия равновесия действующих и реактивных сил. Размеры фундаментов определены из условия, что проекции всех действующих и реактивных сил на вертикальную плоскость в любом сечении вдоль стены здания, равны нулю.

В пределах замоченного просадочного грунта, допустимое расчетное давление на грунт понижается до величины начального давления, следовательно, свободных консольных сводов фундаментов не образуется.

Криволинейный характер распределения давления в грунте и каменной кладке заменяем на прямолинейный с целью упрощения расчетов. Натурными наблюдениями установлено, что при случайном замачивании просадочных грунтов основания, каменные здания имеют значительно меньшую величину абсолютной осадки, по сравнению с возможной просадкой, подсчитанной для всей толщ замоченного просадочного грунта. В тоже время, здание может иметь значительные повреждения конструктивных элементов и малую эксплуатационную пригодность. В стенах с проёмами, как правило, в простенках возникают косые трещины с вершиной в сторону просадочного блюдца, а также горизонтальные и вертикальные трещины в опорной части рядовых перемычек и подоконной части стен, и мелкие трещины различных направлений.

Для определения расчетной схемы наружной стены считаем, что замачивание просадочных грунтов основания распространено под подошвой фундамента в пределах сжимаемой толщи на глубину, равную трем ширинам подошвы фундамента. Под фундаментом, в пределах сжимаемой толщи, формируется конус просадочных явлений с радиусом, равным половине толщи.

С появлением источника замачивания начинает формироваться зона осадки замоченного грунта, и появляются неравномерные осадки фундаментов. В начальный период зона осадки распространяется от источника замачивания до вертикального сечения, где образующая конуса замачивания пересекает подошву фундамента, а несущая способность грунта равна расчетной величине (R).

Появление и развитие зоны осадки сопровождается образованием зоны обжатия, зоны стабилизации и зоны равновесия. Развитие всех зон неразрывно связано с распределением внутренних усилий в стене.

С насыщением грунта водой в зоне осадки, у источника замачивания образуется зона просадки, которая распространяется в сторону обжатия грунта. При переходе от одной деформационной зоны к другой четких границ не существует и в дальнейших расчетах они приняты условно.

Напряжение в грунте под подошвой фундамента в зонах просадки и осадки уравнивается напряжениями в зонах обжатия и стабилизации грунта. Началом зоны обжатия считаем вертикальное сечение, где влажность грунта основания естественная, а несущая способность равна расчетной величине грунта (R). В зоне обжатия грунта наблюдается рост напряжения под подошвой фундаментов. Зона обжатия грунта основания заканчивается сечением, где величина несущей способности грунта является предельно допустимой ($1,5R$).

В зоне стабилизации наблюдается снижение несущей способности грунта основания от значения предельно допустимой величины ($1,5R$) до расчетной величины (R).

За зоной стабилизации следует зона равновесия, в пределах которой деформации в стенах не наблюдается. Эпюра реактивного давления грунта характеризует равновесие всех сил, действующих на фундамент и стену. В связи с замачиванием просадочного грунта, эпюра равновесия всех сил под подошвой фундамента из простейшей фигуры прямоугольника превратилась в сложную трапециевидную фигуру с наличием отрицательного и положительного участков (рис.1).

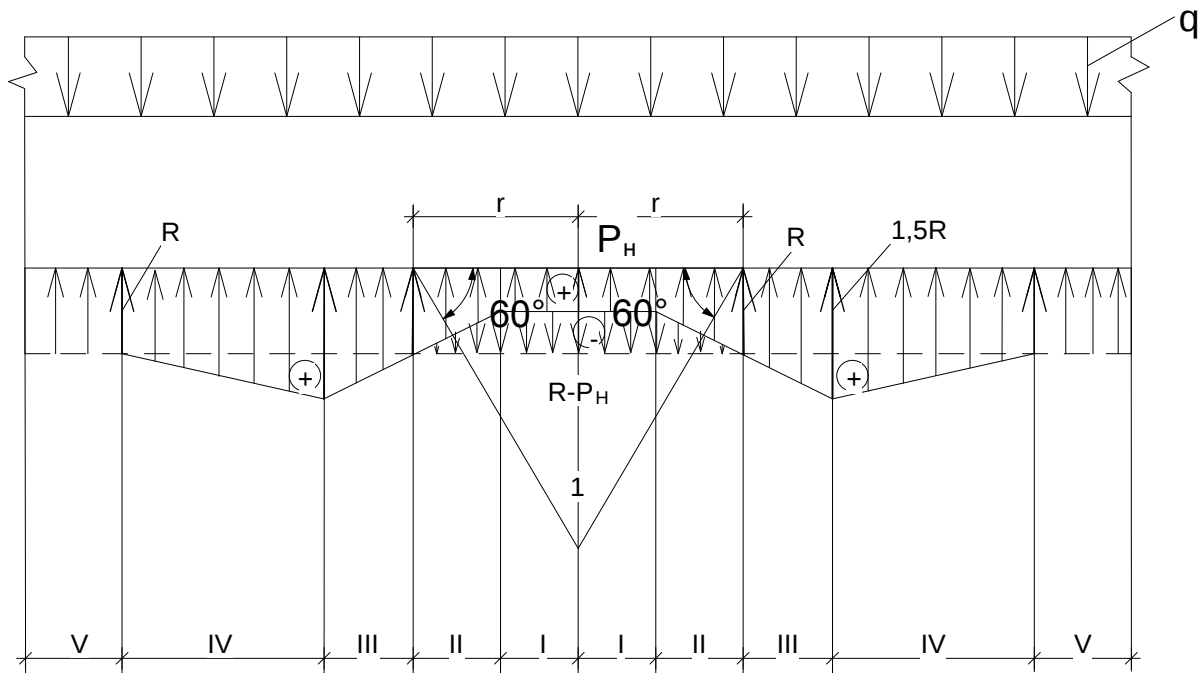


Рис. 1. Эпюра равновесия действующих и реактивных сил под подошвой фундаментов: 1 – конус замачивания просадочного грунта; r – радиус конуса замачивания просадочного грунта; I – зона просадки; II – зона осадки; III – зона обжатия грунта основания; IV – зона стабилизации; V – зона равновесия всех сил

Отрицательный участок эпюры в зонах просадки и осадки свидетельствует о снижении несущей способности замоченного грунта до величины начального давления (P_n), а также снижение внешней нагрузки от стены на величину, равную площади эпюры с отрицательным знаком. В зонах обжатия грунта и стабилизации наблюдается повышение несущей способности грунта с образованием положительных участков эпюры реакции грунта.

Суммарная площадь приращения положительных эпюр равна площади эпюры с отрицательным знаком и свидетельствует об увеличении внешней нагрузки на данных участках стены. Эпюра реактивного сопротивления замоченного грунта постоянно трансформируется в зависимости от колебания влажности просадочного грунта, а также в зависимости от деформированного состояния стены и повреждения конструктивных элементов без обрушений.

Однако, система: стена – фундамент – грунт основания, находятся в состоянии равновесия за счет перераспределения внутренних усилий в стене и под подошвой фундамента. Снижение нагрузки от стены в зонах просадки и осадки свидетельствует об образовании на этом участке висячей стены с рандбалкой в виде ленточного фундамента и упругого основания.

Нагрузка на фундамент в пределах висячей стены передается в виде параболического свода с опорными реакциями в зонах обжатия и стабилизации. Площадь эпюры реактивного давления грунта основания с отрицательным знаком соответствует площади параболического свода наружной стены, включенной в расчет как нагрузка от висячей стены, а также сумме площадей двух участков положительных эпюр реакций опор параболического свода, как нагрузка от стены в зонах обжатия и стабилизации осадок эпюры равновесия.

Изменение нагрузки от стены на фундамент в зоне осадки и просадки произошло от равномерно распределенной до распределенной криволинейно с вершиной в вертикальном сечении, где происходит максимальная осадка фундамента.

С началом осадки материал фундамента при изгибе работает в упругой стадии. Следовательно, по верхнему обрезу фундамента и началом каменной кладки стены образуется шов скольжения от сил сдвига, которые возникли на сжатой грани фундамента при его изгибе от осадки. Силы сдвига разрушают кладку стены по швам, нарушая сцепление между раствором и камнем. Максимальное раскрытие горизонтальных и вертикальных швов происходит в вертикальном сечении с максимальной осадкой фундамента.

Разрушение монолитности кладки сопровождается образованием параболического свода нагрузки на фундамент в пределах зон осадки и просадки, а также, образованием свода деформаций и повреждений кладки стены в пределах длины эпюры равновесия реактивных сил (рис. 2).

Усилия, которые возникают в стене, в зоне замоченных просадочных грунтов основания, находятся в прямой зависимости от площадей эпюр с отрицательным и положительным знаками.

Стену здания рассматриваем как систему, состоящую из вертикальных полос, проходящих по ширине простенков и обладающих большой жесткостью в вертикальном сечении. Связями для жестких полос по высоте и длине стены, являются полосы с меньшей жесткостью, проходящие по проемам, перемычкам и кладки под проемами.

Логичность разделения стены на вертикальные полосы различной жесткости, подтверждается характером деформаций и разрушений кладки стен при неравномерной осадке. В той части стены, которая получила неравномерную осадку, в простенках образуются косые трещины от смещения боковых граней. Вершина трещины направлена в сторону источника замачивания. В связующих полосах образуются вертикальные трещины под перемычкой у той грани простенка, который ближе к источнику замачивания, и вертикальные трещины в подоконной части.

Трансформирующие участки эпюры равновесия с отрицательным и положительным знаками, формируют статическую схему стены в виде неразрезной трёхпролётной балки. Нагрузкой для неразрезной балки являются площади эпюр с отрицательным и положительным знаками.

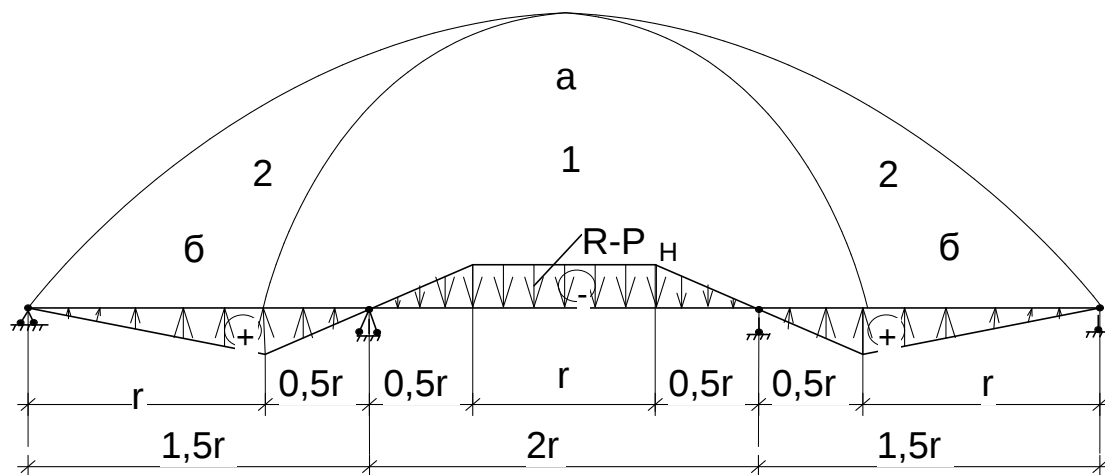


Рис. 2. Эпюра равновесия реактивных сил. Статическая схема: 1 – параболический свод нагрузки от стены на фундамент; 2 – параболический свод деформаций в кладке стены; а – зона сильных деформаций и повреждений кладки стены; б – зона средних и слабых деформаций кладки стены

Статическую неопределимость трёхпролётной неразрезной балки решаем введением двух дополнительных шарниров в крайних пролетах, превратив её в статически определимую балку Гербера, с главной двухконсольной балкой в среднем пролете и двумя вспомогательными однопролётными балками в крайних пролетах (рис.3).

Равномерно распределенную нагрузку от эпюры просадки, принимаем равную интенсивности ($R-P_n$) на длине, равной радиусу конуса просадочного явления.

Для определения величин сдвигающих сил, строим эпюру поперечных сил поэтажно. За расчетные горизонты принимаем уровень перекрытия пола данного этажа.

Поэтажные эпюры сдвигающих сил наносим на прозрачный материал в одном масштабе с разверткой стены, и получаем «эпюру – матрицу» вдоль стены, имитируя различные случаи размещения источника замачивания под стенами.

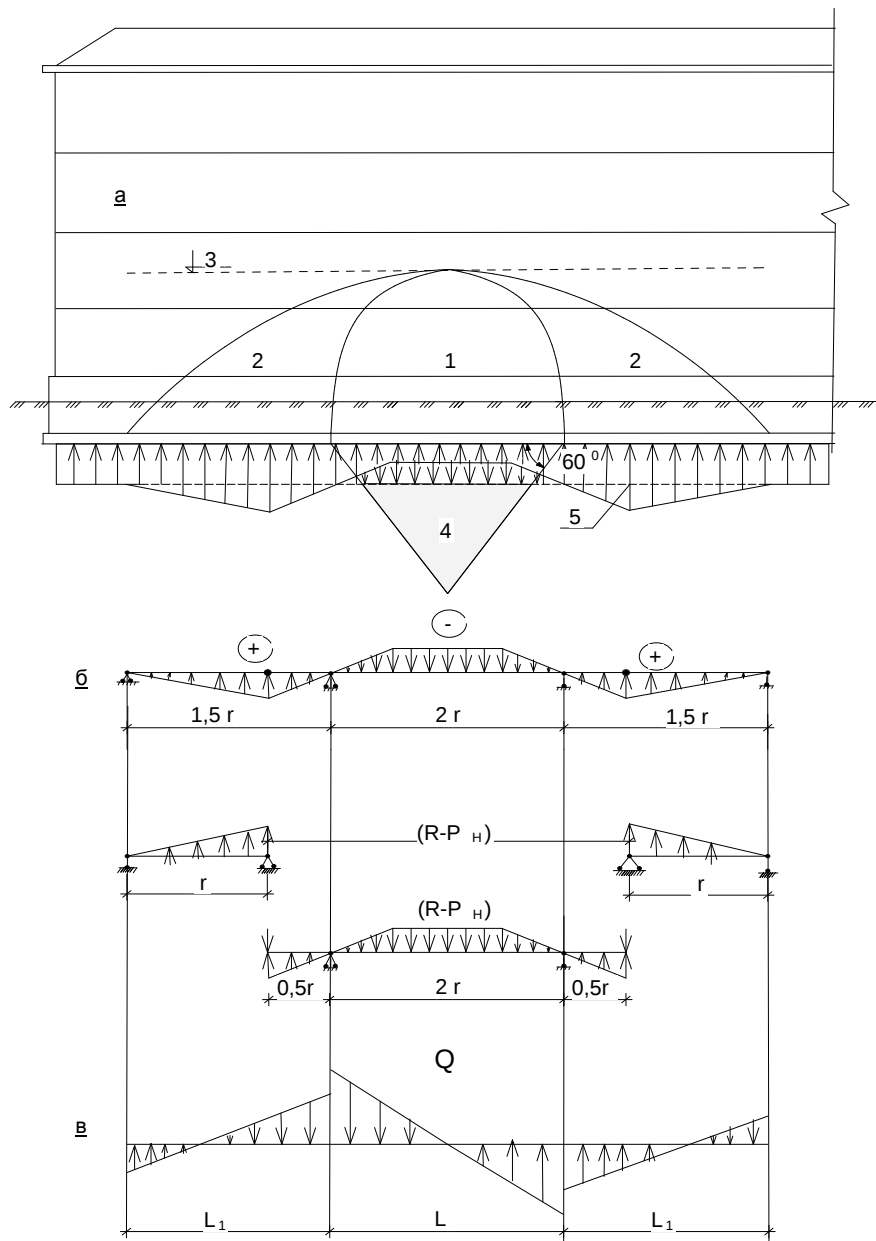


Рис. 3. Расчетная схема наружной стены: а) фрагмент фасада; б) расчетная схема наружной стены.

Балка Гербера; в) эпюра сдвигающих сил Q ; 1 – параболический свод нагрузки;
 2 – параболический свод деформаций и повреждений кладки стены; 3 – нулевой горизонт
 активных деформаций кладки стены; 4 – конус замачивания просадочного грунта;
 5 – эпюра равновесия всех сил

Выводы

Получив расчетную схему стены каменного здания и «эпюру – матрицу» вдоль стены, определяем максимально возможные величины сдвигающих усилий в конструктивных элементах, на действие которых ведется расчет. Нулевым горизонтом сдвигающих сил является вершина конуса параболической нагрузки на фундамент. Выше нулевого горизонта сдвигающих сил наблюдаются деформации конструктивных элементов в пределах упругой стадии, которые легко устраняются текущим ремонтом помещений.

Список использованной литературы

1. Чутро А.Ф. Предупреждение деформаций зданий. Городское хозяйство Украины. Киев: Держбудвидав, 1963. №2.
2. Чутро А.Ф. Указания по предупреждению деформаций зданий, эксплуатируемых в условиях просадочных грунтов. Херсон: облтипография, 1968.

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

УДК 631.358.42

Р.Б. ГЕВКО

Тернопільський національний економічний університет

О.М. КЛЕНДИЙ

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України
«Бережанський агротехнічний інститут»

Б.В. ПОГРІЩУК

Тернопільський національний економічний університет

В.М. КЛЕНДИЙ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Н.В. ДОБИЖА

Тернопільський національний економічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СПРАЦЮВАННЯ НИЗЬКОДИНАМІЧНИХ
КУЛЬКОВИХ ЗАПОБІЖНИХ МУФТ ІЗ ЗАМКНУТИМИ КОЛОВИМИ
ПРОФІЛЯМИ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЧЕПЛЕННЯ**

У даній роботі наведено конструктивні схеми розроблених низькодинамічних кулькових запобіжних муфт із замкнутими еліпсоподібними та ексцентричними коловими профілями елементів зачеплення. Виведено теоретичні залежності зміни величини крутного моменту при спрацюванні муфти від кута відносного провороту півмуфт та конструктивних і технологічних параметрів елементів зачеплення. Результати теоретичних досліджень представлено у вигляді графічних залежностей та проведено аналіз інтенсивності впливу різних параметрів на характер і величину зміни крутного моменту. За результатами експериментальних досліджень виготовлених кулькових запобіжних муфт, які проведені на дослідному стенді, здійснено порівняння адекватності теоретичних розрахунків до реальних значень крутних моментів при спрацюванні розроблених низькодинамічних кулькових запобіжних муфт.

Ключові слова: спрацювання, запобіжна муфта, кульки, замкнуті профілі, елементи зачеплення, крутний момент, експериментальний стенд.

Р.Б. ГЕВКО

Тернопольский национальный экономический университет

А.Н. КЛЕНДИЙ

Обособленное подразделение Национального университета биоресурсов и природопользования Украины
«Бережанский агротехнический институт»

Б.В. ПОГРИЩУК

Тернопольский национальный экономический университет

В.М. КЛЕНДИЙ

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

Н.В. ДОБИЖА

Тернопольский национальный экономический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СРАБАТЫВАНИЯ НИЗКОДИНАМИЧЕСКИХ ШАРИКОВЫХ
ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ МУФТ С ЗАМКНУТЫМИ КРУГОВЫМИ ПРОФИЛЯМИ
ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЦЕПЛЕНИЯ**

В данной работе приведены конструктивные схемы разработанных низкодинамических шариковых предохранительных муфт с замкнутыми эллипсовидными и эксцентричными круговыми профилями элементов зацепления. Выведены теоретические зависимости изменения величины крутящего момента при срабатывании муфты в зависимости от кута относительного проворачивания полумуфт, а также конструктивных и технологических параметров элементов зацепления. Результаты теоретических исследований предоставлено в виде графических зависимостей и проведен анализ интенсивности влияния разных параметров на характер и величину изменения крутящего момента. За результатами экспериментальных исследований изготовленных шариковых предохранительных муфт, которые проведены на исследовательском стенде, проведено сравнение адекватности теоретических расчётов к реальным значениям крутящих моментов при срабатывании разработанных низкодинамических шариковых предохранительных муфт.

Ключевые слова: срабатывание, предохранительная муфта, шарики, замкнутые профили, элементы зацепления, крутящий момент, экспериментальный стенд.

R.B. HEVKO

Ternopil National Economical University

O.M. KLENDII

Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Berezhany Agrotechnical Institute

B.V. POHRISHCHUK

Ternopil National Economical University

V.M. KLENDII

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

N.V. DOBIZHA

Ternopil National Economical University

INVESTIGATION OF PROCESSES OF WORKING OF LOWER-DYNAMIC BALL SAFETY CLUTCHS WITH CLOSED CIRCULAR PROFILES OF ELEMENT PARTS

In this paper, constructive schemes of developed lower-dynamic ball clutch with closed ellipsoid and eccentrics circular profiles of coupling elements are presented. The theoretical dependences of variation of the torque value on the coupling operation from the angle of relative rotation of the half clutch and the structural and technological parameters of the coupling elements are derived. The results of theoretical studies are presented in the form of graphic dependencies and an analysis of the intensity of the influence of various parameters on the character and magnitude of the torque change. According to the results of experimental studies of manufactured ball safety clutches, which were conducted on a test stand, a comparison of the adequacy of theoretical calculations to the real values of torque during the operation of developed low-dynamic ball safety clutches.

Key words: actuation, safety clutch, balls, closed profiles, clutch elements, torque, experimental stand.

Постановка проблеми

Надзвичайна велика різноманітність різних типів та конструкцій запобіжних муфт, які розроблені, а також застосовуються в переважній більшості механічних технологічних машин в тій чи іншій мірі вирішує поставлені до них вимоги стосовно процесу функціонування при виникненні критичних навантажень на робочих органах машин. Однак традиційні кулачкові та кулькові запобіжні муфти, в процесі спрацювання, створюють високі ударні динамічні навантаження, що призводить до руйнування як самих муфт, так і приводів машин. Фрикційні запобіжні муфти характеризуються низькою точністю спрацювання і не забезпечують надійного захисту робочих органів та приводів машин.

Тому для забезпечення надійного захисту робочих органів та приводів машин, при мінімальних динамічних навантаженнях в процесі спрацювання, а також розширення функціональних можливостей муфт шляхом створення пружного режиму перед запобіжним, доцільно розробити нові конструкції низькодинамічних кулькових запобіжних муфт із замкнутими коловими профілями елементів зацеплення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останній час здійснюється активна розробка запобіжних муфт для їх ефективного захисту різних типів машин. Для надійної роботи гвинтових конвеєрів, як жорстких [1], так і гнучких [2] розроблені специфічні конструкції запобіжних муфт, для осьового відведення заклиненого шнека та методика проведення експериментальних досліджень [3]. Значна увага приділяється аналізу визначенню динамічних навантажень різних типів приводів із запобіжними муфтами, а також їх силових розрахунків [4-7]. Для підвищення довговічності кулькових запобіжних муфт проводяться пошукові дослідження з визначення контактних напружень в елементах зацеплення, максимальна величина яких не повинна перевищувати величину допустимих напружень [8, 9]. Також здійснені дослідження стосовно оптимізації параметрів і режимів роботи фрикційних муфт [10]. Враховуючи специфіку роботи металооброблювального обладнання та сільськогосподарської техніки розроблені нові конструкції відповідно адаптованих до них запобіжних муфт [11, 12] та проведено обґрунтування їх оптимальних конструктивних і кінематичних параметрів.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи була розробка низькодинамічних кулькових запобіжних муфт із замкнутими еліпсоподібними та ексцентричними коловими профілями елементів зацеплення, які забезпечують широкий діапазон пружного режиму роботи перед запобіжним у випадку виникнення перевантаження на робочих органах машин. Для встановлення раціональних параметрів запропонованих конструкцій запобіжних муфт проведено теоретичні дослідження з визначення впливу на величину крутного моменту

різних параметрів, а також здійснено експериментальні дослідження для перевірки адекватності отриманих результатів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для реалізації поставленої мети розроблено конструкцію низькодинамічної кулькової запобіжної муфти із замкнутими еліпсоподібними коловими профілями елементів зачеплення [14], конструктивна схема якої зображена на рис.1.

Вона містить ведену півмуфту 2, яка вільно розташована на валу 1. На валу жорстко закріплена ведуча півмуфта 4. На торцевій поверхні веденої півмуфти виконана транспортна канавка 3, утворена у вигляді двох еліпсів, відповідні осі яких є взаємно перпендикулярними. В канавці встановлені кульки 5, які з іншої сторони діаметрально розташовані в радіальних пазах ведучої півмуфти 6. Між кульками в наскрізних отворах ведучої півмуфти розташовані кулачки 7, які підтиснуті тарілчастими пружинами 8.

При виникненні перевантаження відбувається відносне провертання ведучої та веденої півмуфт між собою. При цьому, кульки з однієї сторони переміщуються по транспортній канавці веденої півмуфти, а з іншої – в радіальних пазах веденої півмуфти, що призводить до їх радіального зближення між собою та відповідно стискання і осьового зміщення кулачків, що призводить до деформації тарілчастих пружин, величина натягу яких регулюється гайками.

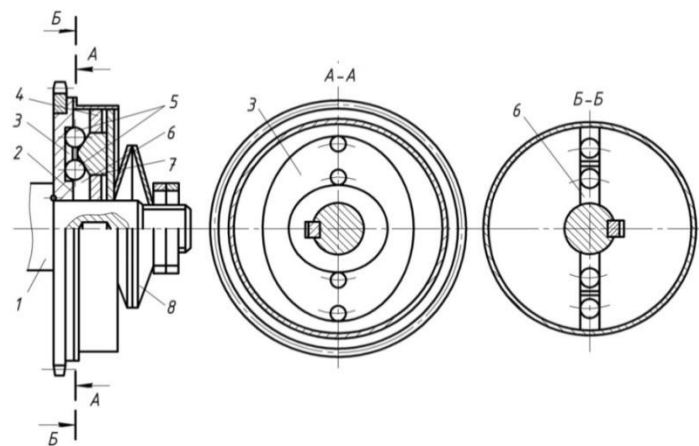


Рис. 1. Схема кулькової запобіжної муфти з еліпсоподібними профілями елементів зачеплення

Для оцінки характеру зміни крутного моменту та впливу на нього конструктивних параметрів муфти, звернемось до розрахункових схем механізму її розтискання, які зображені на рис.2.

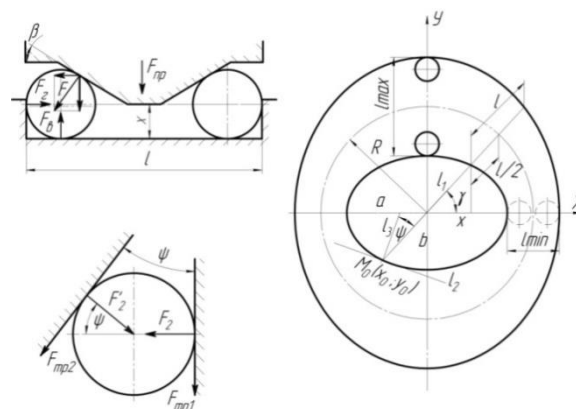


Рис. 2. Розрахункові схеми для визначення конструктивно-силових параметрів кулькової запобіжної муфти з еліпсоподібними профілями елементів зачеплення

Сила стискання півмуфти та кулачків визначається з умови [14]:

$$F_{np} = f(c\delta + cx), \quad (1)$$

де f – коефіцієнт тертя-ковзання в режимі передачі моменту та коефіцієнт тертя-кочення при буксуванні півмуфт;

c – жорсткість пружини;

δ – величина попереднього стискання пружини;

x – біжуча величина стискання пружини при переміщенні півмуфти, яка визначається з умови:

$$x = (l_{\max} - l) / \operatorname{ctg} \beta, \quad (2)$$

де $l_{\max}$ і l – відповідно максимальна та біжуча відстань між внутрішніми торцями еліпсоподібної транспортної канавки;

β – кут нахилу конусної поверхні кулачка.

Оскільки значення x залежить від величини зближення кульок $(l_{\max} - l)/2$, то необхідно встановити функціональну залежність $l = f(\gamma)$, де γ – біжучий кут відносного повертання півмуфт.

Перетин будь-якої прямої з меншим еліпсом, координатні осі якого рівні (a, b) :

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{y}{x}; \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad x = \sqrt{\frac{a^2 b^2}{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 \gamma}}. \quad (3)$$

Відповідно відстань від центру обертання муфти до будь-якої точки на еліпсі рівна:

$$\rho = \frac{x}{\cos \gamma} = \frac{\sqrt{\frac{a^2 b^2}{b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 \gamma}}}{\cos \gamma};$$

$$\rho = \sqrt{\frac{a^2 b^2}{(b^2 + a^2 \operatorname{tg}^2 \gamma) \cos^2 \gamma}} = \sqrt{\frac{a^2 b^2}{b^2 \cos^2 \gamma + a^2 \sin^2 \gamma}}. \quad (4)$$

Таким чином величина l визначається за залежністю:

$$l = 2(R - \rho) = 2 \left(R - \sqrt{\frac{a^2 b^2}{b^2 \cos^2 \gamma + a^2 \sin^2 \gamma}} \right). \quad (5)$$

В кінцевому вигляді сила пружини F_{np} запишеться у вигляді:

$$F_{np} = f \left(c\delta + c \frac{l_{\max} - 2 \left(R - \sqrt{\frac{a^2 b^2}{b^2 \cos^2 \gamma + a^2 \sin^2 \gamma}} \right)}{2 \operatorname{ctg} \beta} \right), \quad (6)$$

де R – радіус кола, рівновіддалений між еліптичними канавками.

Наступним етапом є розрахунок результуючої сили F_p , яка визначає величину передачі крутного моменту. Для цього знайдемо горизонтальну складову від сили пружини F_{np} :

$$F = F_{np} \cos \beta$$

$$F_2 = F \sin \beta = F_{np} \cos \beta \sin \beta = \frac{F_{np} \sin 2\beta}{2}. \quad (7)$$

Результуюча сила F_p визначається з умов

$$F_p = F_{mp2} \cos \psi + F_{mp1} + F_2 \sin \psi = F_2 f \cos^2 \psi + F_2 f + F_2 \sin \psi =$$

$$= F_2 (f \cos^2 \psi + f + \sin \psi) = \frac{F_{np} \sin 2\beta}{2} (f \cos^2 \psi + f + \sin \psi). \quad (8)$$

Для вираження кінцевих залежностей через один змінний параметр знайдемо функцію $\psi = f(\gamma)$, де ψ – кут між прямою, що з'єднує центр обертання муфти і будь-яку точку, яка розташована на еліпсній канавці та перпендикуляром проведеним до дотичної в цій точці еліпса.

Рівняння l_1 , що проходить через центр обертання і точку на еліпсі $M_0(x_0; y_0)$ має вигляд:

$$\frac{x - x_0}{x_1 - x_0} = \frac{y - y_0}{y_1 - y_0}; \quad \frac{x - x_0}{0 - x_0} = \frac{y - y_0}{0 - y_0}; \quad \frac{x}{x_0} = \frac{y}{y_0}; \quad xy_0 = yx_0; \quad y = k_1 x, \quad (9)$$

де $k_1 = \frac{y_0}{x_0}$ – кутовий коефіцієнт прямої.

Запишемо рівняння прямої до точки $M_0(x_0; y_0)$, що лежить на еліпсі:

$$y - y_0 = f'(x_0)(x - x_0); \quad (10)$$

$$y^2 = b^2 \left(1 - \frac{x^2}{a^2} \right); \quad y = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}; \quad f(x) = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2};$$

$$f'(x) = \frac{b}{a} \cdot \frac{-2x}{2\sqrt{a^2 - x^2}} = -\frac{bx}{a\sqrt{a^2 - x^2}}. \quad (11)$$

Підставляючи рівняння (11) у (10) отримаємо:

$$y - y_0 = -\frac{bx_0}{a\sqrt{a^2 - x_0^2}} (x - x_0);$$

$$y = -\frac{bx_0}{a\sqrt{a^2 - x_0^2}} x + \left(\frac{bx_0}{a\sqrt{a^2 - x_0^2}} x_0 + y_0 \right);$$

$$y = k_2 x + C, \quad (12)$$

де $k_2 = -\frac{bx_0}{a\sqrt{a^2 - x_0^2}}$ - кутовий коефіцієнт дотичної.

Оскільки l_2 – дотична до еліпса в точці $M_0(x_0; y_0)$, а l_3 – нормаль до еліпса в точці $M_0(x_0; y_0)$, то $l_2 \perp l_3 \Rightarrow k_2 k_3 = 1$

$$k_2 = -\frac{bx_0}{a\sqrt{a^2 - x_0^2}} \quad \text{і} \quad k_3 = \frac{a\sqrt{a^2 - x_0^2}}{bx_0}. \quad (13)$$

В кінцевому випадку:

$$\operatorname{tg}(l_1 \wedge l_3) = \frac{k_3 - k_1}{1 + k_1 k_3};$$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0} - \frac{y_0}{x_0}}{1 + \frac{y_0}{x_0} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0}}. \quad (14)$$

Підставляючи (14) у (8) визначаємо результуючу силу:

$$F_p = \frac{F_{np} \sin 2\beta}{2} \left(f \cos^2 \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0} - \frac{y_0}{x_0}}{1 + \frac{y_0}{x_0} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0}} \right) \right) + f + \sin \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{\frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0} - \frac{y_0}{x_0}}{1 + \frac{y_0}{x_0} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0}} \right) \right) \right) \quad (15)$$

Крутний момент, який передає муфта, знайдемо з умови:

$$T_M = 2F_p R. \quad (16)$$

Підставляючи (15) і (6) в (16), а також перетворюючи рівняння (3), отримаємо систему рівнянь для визначення крутного моменту:

$$\begin{cases}
 T_M = fR \sin 2\beta \left(c\delta + c \frac{l_{\max} - 2 \left(R - \sqrt{\frac{a^2 b^2}{b^2 \cos^2 \gamma + a^2 \sin^2 \gamma}} \right)}{2 \operatorname{ctg} \beta} \right) \times \\
 \times \left(f \cos^2 \left(\operatorname{arctg} \frac{z - \frac{y_0}{x_0}}{1 + z \cdot \frac{y_0}{x_0}} \right) + f + \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{z - \frac{y_0}{x_0}}{1 + z \cdot \frac{y_0}{x_0}} \right) \right); \\
 z = \frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0}; \\
 \gamma = \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_0^2}}{x_0} \right).
 \end{cases} \quad (17)$$

За результатами розрахунків системи рівнянь (17) побудовані графічні залежності характеру зміни величини крутного моменту муфти T_M від відносного кута провертання півмуфти γ при наступних постійних величинах: $c = 220$ Н/мм; $\delta = 3$ мм; $\beta = 45^\circ$; $f = 0,15$; $R = 50$ мм; $a = 40$ мм (рис.3а). На рис.3в і 3в відповідно наведені графічні залежності впливу на величину крутного моменту T_M радіуса кола R , рівновіддаленого між еліптичними канавками та кута β нахилу конусної поверхні кулачка.

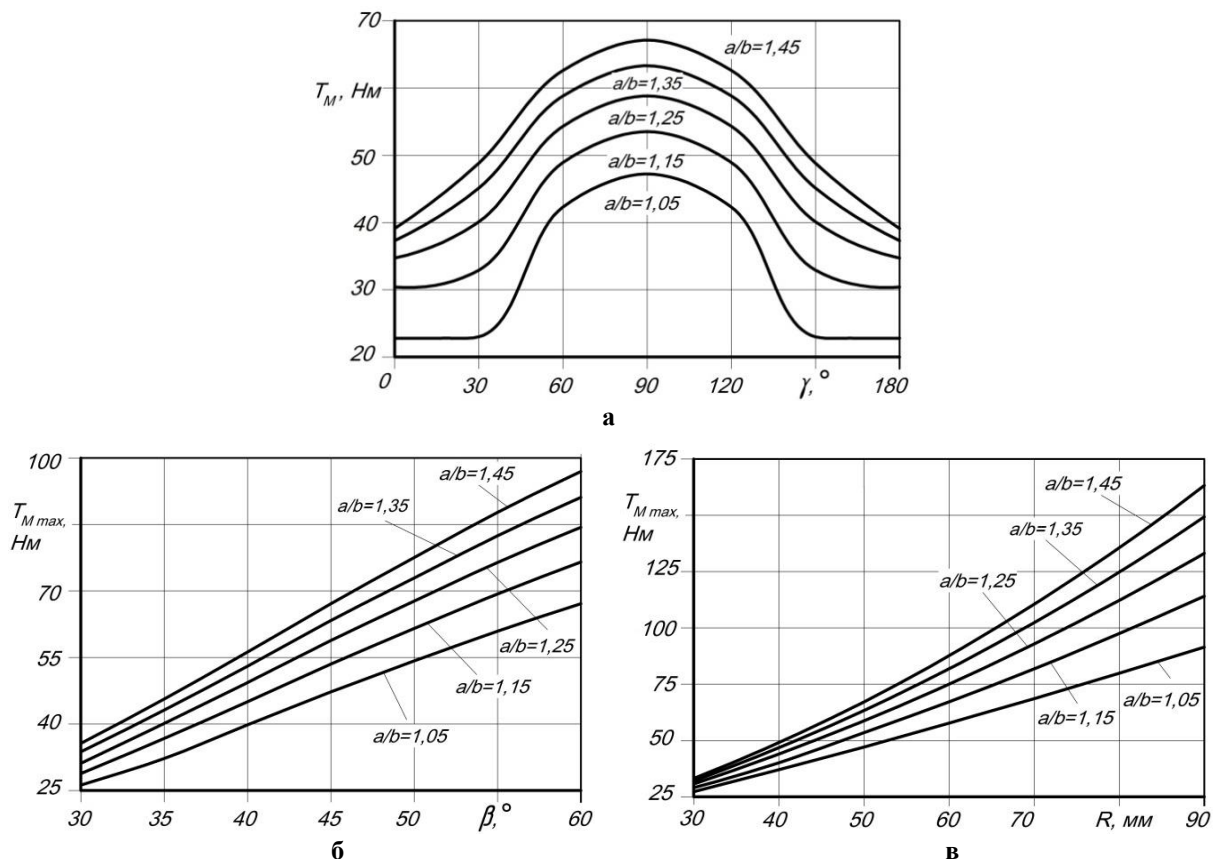


Рис. 3. Залежності зміни крутного моменту муфти: а - $T_M = f(\gamma)$; б - $T_{M\max} = f(\beta)$; в - $T_{M\max} = f(R)$

На основі проведеного аналізу характеру зміни крутного моменту від конструктивних параметрів муфти, встановлено, що його максимальне значення відповідає відносному куту провертання півмуфти $\gamma = 90^\circ$.

Відношення максимальної величини крутного моменту (при $\gamma = 90^\circ$) до мінімальної (при $\gamma = 0^\circ$) для співвідношень осей еліпсів a/b відповідно становить 1,61 (для $a/b = 1,45$)...2,07 (для $a/b = 1,05$).

З графічних залежностей рис.3а також можна зробити висновок, що збільшення величини відношення a/b сприяє більш плавному пружному режиму роботи муфти перед запобіжним.

Збільшення величини кута нахилу конусної поверхні кулачків в межах $\beta = 30 \dots 60^\circ$ (рис.3б) відповідно спричиняє зростання величини крутного моменту відповідно у 1,39...1,44 рази (при відношенні $a/b = 1,45$ до 1,05), а зміна величини радіуса кола R , рівновіддаленого від еліптичних канавок в межах $R = 30 \dots 90$ мм (рис.3в) аналогічно призводить до збільшення величини T_M у 1,22...1,78 разів.

Рис.3а і 3б побудовані для пікових (максимальних) значень величин крутних моментів.

Приймаючи співвідношення півосей еліптичних канавок рівним 1,15, а також нехтуючи малими величинами, систему рівнянь (17) приводимо до спрощеного вигляду:

$$T_M = 2cf^2R \left(\delta + \frac{l_{\max} - 2(R-a)}{2 \operatorname{ctg} \beta} \right) \sin 2\beta. \quad (18)$$

Залежність (18) може бути застосована при інженерних розрахунках для визначення максимальних значень крутного моменту, на які розрахована дана запобіжна муфта.

Для більш простішого, в технологічному плані, виконання запобіжної муфти, яка характеризується подібними функціональними та експлуатаційними властивостями до попередньо розглянутої, розроблено конструктивну схему низькодинамічної кулькової запобіжної муфти з коловими ексцентричними елементами зачеплення [14] зображена на рис.4.

На ведучій півмуфті 2 розташовані проміжний 4 та натискний 5 диски. Проміжний диск за допомогою шліцьового зачеплення зв'язаний з веденою півмуфтою 1. На торцевій поверхні ведучої півмуфти виконана ексцентрична (величина ексцентриситету « e ») кільцева канавка. Аналогічна канавка знаходиться на торцевій поверхні проміжного диска, оберненого до ведучої півмуфти. В канавках розташовані кульки 3. Для збалансування муфти на суміжних торцях проміжного та натискного дисків виконані діаметрально протилежні ексцентричні канавки. Натискний диск підтиснутий пружинами, величина деформації яких регулюється гайками.

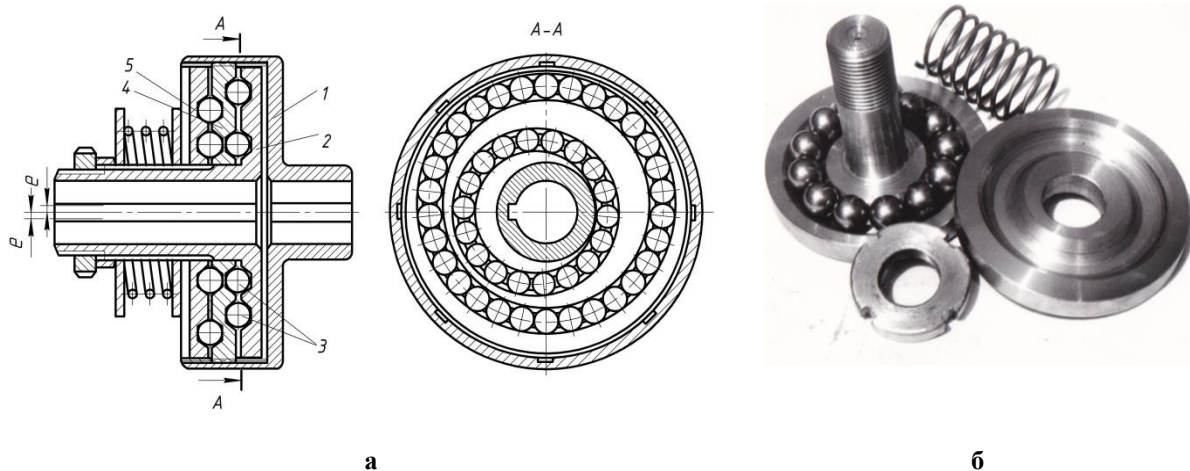


Рис. 4. Конструктивна схема запобіжної кулькової муфти (а) та загальний вигляд її макету (б) з однією ексцентричними коловими доріжками

Обертний рух з ведучої півмуфти та бокового диска передається за допомогою кульок через проміжний диск на ведену півмуфту. При зростанні моменту опору вище допустимого відбувається відносно провороту півмуфт і дисків, що призводить до перекриття ексцентричних канавок і колового руху кульок з осовим зміщенням рухомих ланок і деформації пружини.

Теоретичні дослідження проводились аналогічно до попередньо наведених розрахунків. Схема для визначення залежності величини крутного моменту муфти з ексцентричними коловими канавками, які виконані на торцях півмуфт, від параметрів елементів зачеплення наведена на рис.5.

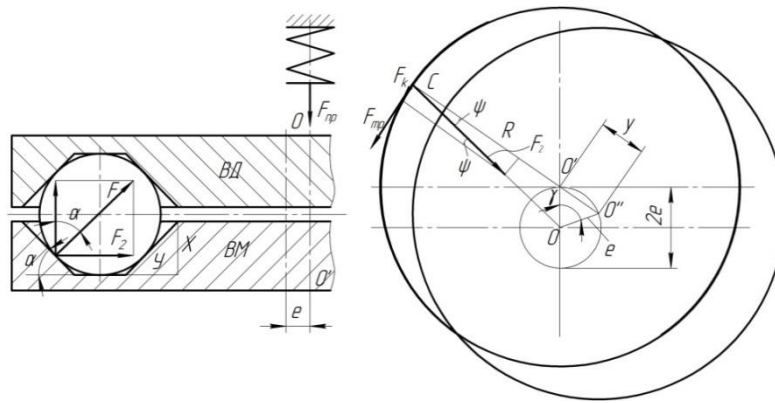


Рис. 5. Схема для визначення залежності величини крутного моменту муфти з ексцентричними коловими канавками на пів муфтах

Для схеми розтискання півмуфт при їх взаємному повертанні з торцевим розташуванням кульок в замкнутій ексцентричній канавці (рис.4) виведена залежність величини крутного моменту T_M від кута γ повертання півмуфт:

$$T_M = 2cR_{cp} \operatorname{tg} \alpha (\delta + 2e \sin(\gamma/2) \operatorname{tg} \alpha) \cdot \left(f + \sin \left(\arctg \left(\frac{e \cos(\gamma/2)}{R_{cp} + e \sin(\gamma/2)} \right) \right) \right), \quad (19)$$

де α – кут нахилу бокових поверхонь кільцевої канавки;

e – величина ексцентриситету канавки;

R_{cp} – середній радіус розташування елементів зачеплення: $R_{cp} = (R_1 + R_2) / 2$;

R_1, R_2 – відповідно радіуси розташування зовнішньої та внутрішньої канавок;

c – жорсткість пружини стискання;

f – коефіцієнт тертя в парі кулька – канавка;

δ – величина попереднього стискання пружини;

γ – біжучий кут відносного повертання півмуфт.

За результатами розрахунків представлені графічні залежності T_M від кута γ при наступних постійних величинах: $c = 200$ Н/мм; $\delta = 15$ мм; $f = 0,04$; (рис.5). Величина ексцентриситету e змінювалась в межах 3...6 мм; кут нахилу бокових поверхонь кільцевої канавки $\alpha = 30^\circ \dots 60^\circ$; середній радіус $R_{cp} = 30 \dots 90$ мм.

Аналізуючи отримані графічні залежності, встановлено, що максимальне значення крутного моменту відповідає відносному куту повертання півмуфт $\gamma \approx 90^\circ$. Відношення максимальної величини крутного моменту ($\gamma = 90^\circ$) до мінімальної ($\gamma = 0^\circ$) становить 1,16 ($e = 3$ мм)...1,32 ($e = 6$ мм).

З графічних залежностей рис.6 б,в,г можна зробити висновок, що збільшення величини ексцентричного розташування кільцевих канавок e , кута нахилу бокових поверхонь кільцевої канавки α , середнього радіуса розташування елементів зачеплення R_{cp} спричиняє зростання максимальної величини крутного моменту.

Розглянута конструкція відрізняється плавним процесом відносного повертання півмуфт, виключає ударні навантаження на привід при буксуванні муфти, характеризується високим коефіцієнтом чутливості та є простою у виготовленні. Однак, крутний момент, що передає муфта є невисоким і в першу чергу залежить від кута нахилу лунок, величини ексцентриситету кільцевих канавок та сили стискання пружини. Тому, для забезпечення передачі максимальних крутних моментів необхідно досягати максимальної твердості поверхні кільцевих канавок, оскільки контактні напруження в парі кулька-поверхня канавки будуть значними.

Експериментальні дослідження запобіжних муфт проводились на стенді (рис.7), детальний опис якого наведено в роботі [15].

Він містить гідродвигун 1, який надає оберти запобіжній муфті 2. Ведена півмуфта через ланцюгову передачу 3 зв'язана з вихідним валом порошкових гальм 4, які надають критичні навантаження на запобіжну муфту.

При виготовленні кулькової запобіжної муфти з еліпсоподібними профілями елементів зачеплення її базові параметри становили: $c = 200$ Н/мм; $\delta = 10$ мм; $\beta = 45^\circ$; $f = 0,15$; $R = 50$ мм; $a = 40$ мм.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлено, що величина максимального крутного моменту, при десятикратній повторюваності експериментів, змінювалась в межах 82...88 Нм. Теоретичне значення крутного моменту для аналогічних параметрів муфти відповідно становить

74,7 Нм. Таким чином розбіжність між отриманими теоретичними та експериментальними значеннями становить 8,9...15,1%.

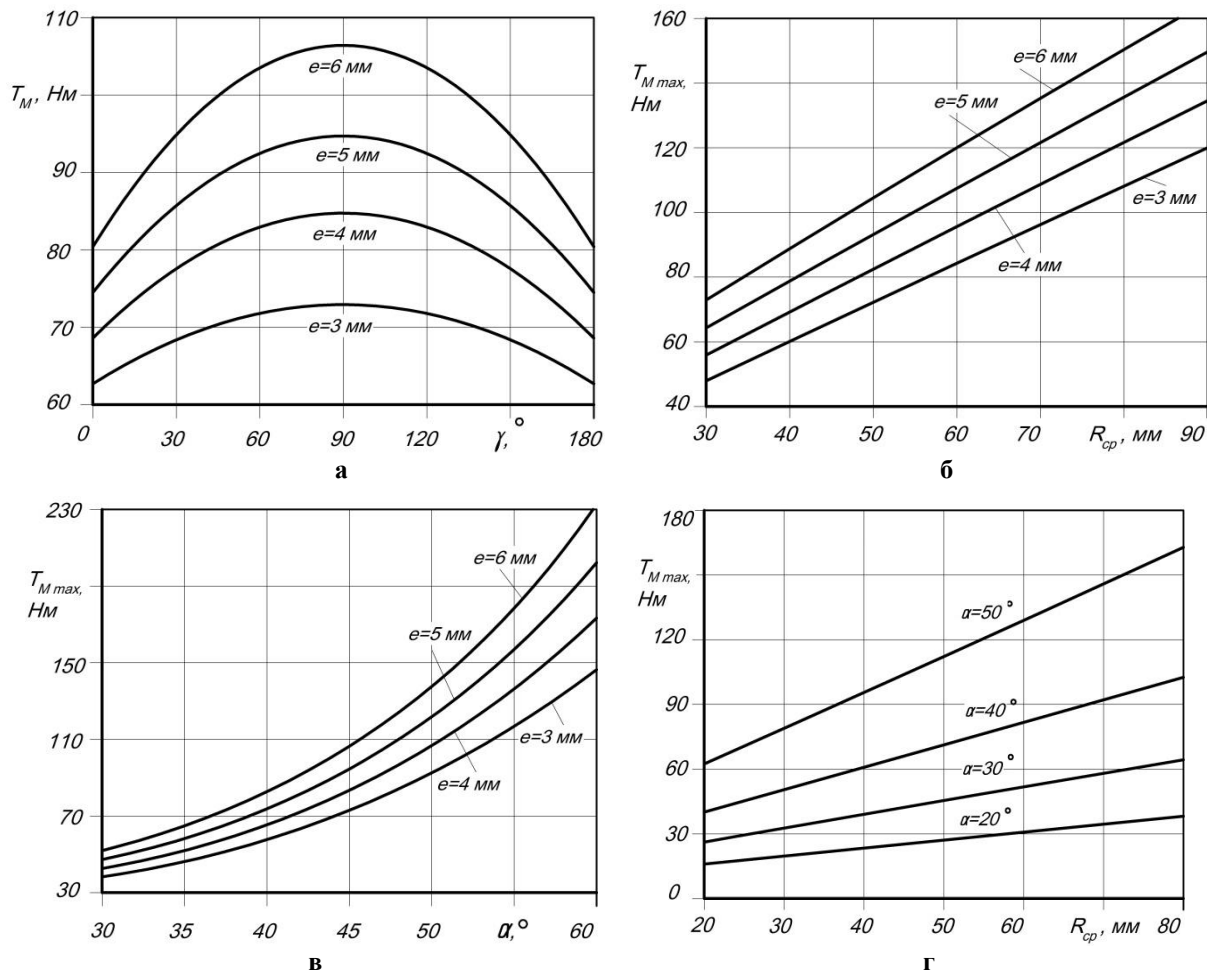


Рис. 6. Залежності зміни крутного моменту муфти: а - $T_M = f(\gamma)$ б, г - $T_{Mmax} = f(R_{cp})$; в - $T_{Mmax} = f(\alpha)$

При виготовленні кулькової запобіжної муфти з ексцентричними коловими канавками на півмуфтах її базові параметри становили: $c = 200$ Н/мм; $\delta = 15$ мм; $\alpha = 45^\circ$; $f = 0,04$; $R_{cp} = 50$ мм; $e = 4,5$ мм. Величина максимального крутного моменту, при десятикратній повторюваності експериментів, змінювалась в межах 88...92 Нм. Теоретичне значення крутного моменту для аналогічних параметрів муфти відповідно становить 80,6 Нм. Розбіжність між отриманими теоретичними та експериментальними значеннями становить 8,4...12,4%.

Розбіжність між результатами теоретичних і експериментальних досліджень пояснюється неточністю виготовлення деталей муфт, вибором величини коефіцієнта тертя, а також різною інтенсивністю створення гальмівного крутного моменту на порошкових гальмах.

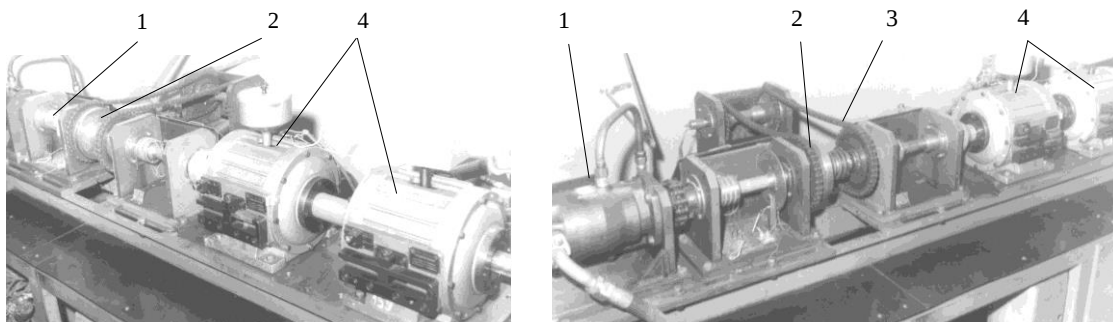


Рис. 7. Експериментальний стенд для дослідження запобіжних муфт

Висновки

Проведено аналіз сучасного стану проблеми, яка полягає у зниженні динамічних навантажень на приводи машин при виникненні критичних навантажень на їх робочих органах, а також забезпечення надійного захисту машин від поломок.

Розроблено нові конструкції низькодинамічних кулькових запобіжних муфт із замкнутими еліпсоподібними та ексцентричними коловими профілями елементів зачеплення. Описано їх будову та принцип роботи.

Виведено теоретичні залежності для визначення зміни величини крутного моменту при спрацюванні кулькових запобіжних муфт від кута відносного повертання півмуфт та конструктивних і технологічних параметрів елементів зачеплення.

Аналіз характеру зміни крутного моменту від конструктивних параметрів муфти із замкнутими еліпсоподібними профілями елементів зачеплення дозволив встановити, що його максимальне значення відповідає відносному куту повертання півмуфт $\gamma = 90^\circ$. Відношення максимальної величини крутного моменту до мінімальної для співвідношень осей еліпсів $a/b = 1,05 \dots 1,45$ відповідно становить $1,61 \dots 2,07$. Зростання величини співвідношення a/b сприяє більш плавному пружному режиму роботи муфти перед запобіжним.

Збільшення величини кута нахилу конусної поверхні кулачків в межах $\beta = 30 \dots 60^\circ$ відповідно спричиняє зростання величини крутного моменту відповідно у $1,39 \dots 1,44$ рази, а зміна величини радіуса кола R , рівновіддаленого від еліптичних канавок в межах $R = 30 \dots 90$ мм призводить до збільшення величини T_M у $1,22 \dots 1,78$ разів.

Аналізуючи теоретичні дослідження муфти з ексцентричними коловими канавками на півмуфтах, встановлено, що максимальне значення крутного моменту відповідає відносному куту повертання півмуфт $\gamma \approx 90^\circ$. Відношення максимальної величини крутного моменту до мінімальної для діапазону зміни величини ексцентриситету $e = 3 \dots 6$ мм становить $1,16 \dots 1,32$.

Збільшення величини ексцентричного розташування кільцевих канавок e , кута нахилу бокових поверхонь кільцевої канавки α , середнього радіуса розташування елементів зачеплення R_{cp} спричиняє зростання максимальної величини крутного моменту.

За результатами експериментальних досліджень виготовлених кулькових запобіжних муфт, які проведені на дослідному стенді, здійснено порівняння адекватності теоретичних розрахунків до реальних значень крутних моментів при спрацюванні розроблених низькодинамічних кулькових запобіжних муфт.

Встановлено, що розбіжність між результатами теоретичних і експериментальних досліджень для муфти з еліпсоподібними профілями елементів зачеплення при визначенні максимального крутного моменту становить $8,9 \dots 15,1\%$.

Список використаної літератури

1. Nevko R.B. The investigation of the process of a screw conveyer safety device actuation / R.B. Nevko, O.M. Klendiy // INMATEH: Agricultural engineering, vol. 42, no.1, 2014.- pg. 55-60.
2. Nevko R.B. Development of design and investigation of operation processes of loading pipes of screw conveyors / R.B. Nevko, R.I. Rozum, O.M. Klendii // INMATEH: Agricultural engineering, vol.50, no.3, 2016.- pg.89-94.
3. Гевко Р.Б. Методика проведення досліджень шнекового транспортера із запобіжним пристроєм / Р.Б. Гевко, О.М. Клендій // Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей.- Випуск 24.- Луцьк: Ред.- вид. Відділ Луцького НТУ, 2013.- С. 67-74.
4. Кіндрацький Б.І. Динаміка приводу з кульковою запобіжною муфтою, оснащеною блокувальним пристроєм / Б.І. Кіндрацький, О.О. Шпак // Вісник НТУ «ХПІ». Темат. вип. «Машинознавство і САПР».- 2008.- № 14. - С.53–65.
5. Вітровий А.О. Силовий аналіз робочого органу гнучкого гвинтового конвеєра / А.О. Вітровий, Р.Б. Гевко // 36. наук. статей Луцького державного технічного у-ту "Сільськогосподарські машини".- Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ.- 1998.- Вип.4.С. 8-14.
6. Гевко Р.Б. Динамічний розрахунок запобіжного пристрою шнекового транспортера / Р.Б. Гевко, Ю.Б. Гладь, М.І. Шинкарик, О.М. Клендій // Вісник інженерної академії України.- К., 2014.- № 2.- С.163-168.
7. Матвійчук А.В. Розробка і дослідження дворядних кулькової і кульково-клинової запобіжних муфт коренеклубнезбиральних машин: автореф. дис...канд. техн. наук.- Тернопіль, 1996. 20с.
8. Гевко Р.Б. Обґрунтування параметрів робочих поверхонь захисного пристрою шнекового транспортера за контактними напруженнями в елементах зачеплення / Р.Б. Гевко, О.М. Клендій // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. К.: ВЦ НУБіП України, 2014.- Вип. 194, ч.1.- С.164-174.

9. Гевко Р.Б. Визначення контактних напружень в елементах зачеплення запобіжної муфти / Р.Б. Гевко, О.М. Клендій // Матеріали II-ої Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології промислового комплексу-2016". 14-18 вересня. Херсонський національний технічний університет. С. 134-137.
10. Малащенко В.О. Оптимізація габаритів запобіжних фрикційних муфт шляхом уточнення коефіцієнту тертя / В.О. Малащенко, П.С. Коруняк, В.В. Малащенко, А.О. Борис // Подъемно – транспортная техника, №3 (39), 2013.- С.22-29.
11. С.Г. Нагорняк. Предохранительные механизмы металлообрабатывающего оборудования / С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив: Киев, вид. «Техніка», 1992.- 71 с.
12. Поліщук В.А. Підвищення надійності захисту робочих органів коренезбиральних машин / В.А. Поліщук, Р.Б. Гевко // Вісник Національного аграрного університету. Том 2 "Перспективні технології вирощування та збирання цукрових буряків". – 1997. – С. 79-82.
13. Поляков В.С. Справочник по муфтам / В.С. Поляков, И.Д. Барабш, О.А. Ряховский: Л.: Машиностроение, 1979. – 344 с.
14. Гевко Р.Б. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів бурякозбиральних машин: дис...докт. техн. наук.- Київ, 2000.- 362с.
15. Шовкун А.П. Универсальный стенд для испытаний предохранительных муфт / А.П. Шовкун, Р.Б. Гевко // Технология и организация производства.- 1987.- №2.- С.51-52.

УДК 632.382: 620.179.4

С.Л. ГОРЯЩЕНКО

Хмельницький національний університет

ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ УЛЬТРАЗВУКОВИМ РОЗПИЛЮВАЧЕМ

В статті розглядаються процеси утворення частинок полімерних композицій під час їх розпилення ультразвуковим розпилювачем. Зазначено, що для утворення мілких краплинок повинні відбутися певні процеси, що викликані дією ультразвукового резонатора. Отримані значення частинок для трьох видів полімерних композицій, що використовуються для нанесення на тканини з метою захисту. Проведені експериментальні випробування на спеціально розробленому пристрої. Отримані тонкі шари покриттів, що підтвердили можливість використання ультразвукового розпилювача для формування полімерних покриттів.

Ключові слова: полімерні покриття, пристрої для нанесення плівок, нанесення захисних покриттів, частинки полімерів

С.Л. ГОРЯЩЕНКО

Хмельницкий национальный университет

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ РАСПЫЛИТЕЛЕМ

В статье рассматриваются процессы образования частиц полимерных композиций во время их распыления ультразвуковым распылителем. Отмечено, что для образования мелких капель должны произойти определенные процессы, вызванные действием ультразвукового резонатора. Полученные значения частиц для трех видов полимерных композиций, используемых для нанесения на ткани с целью защиты. Проведенные экспериментальные испытания на специально разработанном устройстве. Полученные тонкие слои покрытий подтвердили возможность использования ультразвукового распылителя для формирования полимерных покрытий.

Ключевые слова: полимерные покрытия, устройства для нанесения пленок, нанесение защитных покрытий, частицы полимеров

S. HORIASHCHENKO

Khmelnitskyi National University

FORMATION OF POLYMERIC COATINGS BY ULTRASOUND SPRAYER

The article deals with the formation of particles of polymer compositions during their spraying with an ultrasonic nebulizer. It is noted that for the formation of small droplets certain processes must occur that are caused by the action of an ultrasonic resonator. The obtained particle values for the three kinds of polymer compositions used for applying to the fabric for protection purposes. Carried out experimental tests on a specially designed device. The resulting thin layers of coatings confirmed the possibility of using an ultrasonic atomizer to form polymer coatings.

Keywords: polymer coatings, devices for film deposition, application of protective coatings, polymer particles

Постановка проблеми

Вибір способу нанесення покриття залежить від декількох факторів. Вони полягають у типі підкладки, формулі полімеру і його в'язкості для нанесення покриття, бажаний кінцевий продукт і точність покриття, економіка процесу.

Розпилення різних рідин і наплення покриттів є основою значної кількості технологічних процесів в виробництвах, що відносяться, в першу чергу, до високотехнологічних секторів економіки. Сюди відносяться: розпилювачі, призначені для роботи в складі установок спектрального аналізу в авіаційному двигунобудуванні, наплення фоторезистів в мікроелектронній промисловості, поліруючих рідин в оптико-електронному приладобудуванні, нанесення покриттів у виробництві медичної техніки та імплантів, розпорошення рідин при виробництві функціональних наноматеріалів і багато іншого. Існують різні способи нанесення покриттів, що ґрунтуються на застосуванні полімеру до текстилю. Вони можуть бути класифіковані за типом устаткування, використовованого методу, обліку та формі покриття.

Серед безлічі різних способів найбільш ефективним є УЗ розпилення [1], що володіє унікальними перевагами: низькою енергоємністю і високою продуктивністю процесу; можливістю

забезпечення дрібнодисперсного і монодисперсного розпилення; можливістю розпилення високов'язких рідин без додавання розчинників; можливістю розпилення розплавів металів; високою якістю і рівномірністю формованих покриттів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день найбільш поширеною теорією, яка описує механізм ультразвукового розпилення рідин, є теорія кавітаційно-хвильового розпилення рідин, запропонована Богуславським [2] і Екнадіосянцем [3] і, згодом, розвинена Новицьким [4]. Ця теорія заснована на припущенні, що розпорошення здійснюється шляхом відриву крапельок рідини з гребнів стоячих капілярних хвиль, що параметрично порушуються на поверхні розділу середовищ рідина-повітря внаслідок обурення поверхні рідини, що коливається поверхнею випромінювача.

Виходячи з цього, в ультразвуковому способі розпилення рідин енергія зазнає кілька стадій перетворення:

- коливання поверхні, що випромінює ультразвукового перетворювача створює звуковий тиск в розпилюваному шарі рідини;
- звуковий тиск зумовлює утворення кавітаційних порожнин (бульбашок) в рідині, і здійснює запас енергії в кавітаційній бульбашці, викликаючи її розширення;
- при закритті кавітаційного пухирця, запасеного в бульбашці, енергія перетворюється в енергію ударної хвилі;
- енергія ударної хвилі витрачається на утворення на поверхні рідини капілярної хвилі;
- енергія капілярної хвилі витрачається на збільшення вільної поверхні рідини, тобто на утворення крапель рідини, що викликає її розпилення.

В роботі [3] вивчався вплив фізичних властивостей газу, рідини в розпилювачі типу Вентурі. Порівняння даних по розпилюванні азотом і етаном показало, що зменшення в'язкості газу на 60% призводило приблизно до такого ж збільшення середнього діаметра крапель. Зменшення ж щільності газу приблизно в 7 разів при заміні азоту гелієм призвело до збільшення середнього діаметра крапель приблизно в 2 рази, незважаючи на деяке збільшення швидкості.

Формулювання мети дослідження

Метою досліджень було перевірити можливість ультразвукового розпилення полімерних композицій з різною в'язкістю на тканину з метою створення певного шару покриття.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розглядаючи процеси, що виконують різні ультразвукові розпилювачі та математичні процеси, що їх описують [1, 2] ми можемо зауважити, що процес розпилення в тонкому шарі полімеру не охоплює всі параметри, які характеризують процеси, що там відбуваються.

Ультразвукове розпилення можливо завдяки подачі синусоподібного електричного сигналу на п'єзоелектричний перетворювач. Цей перетворювач породжує стоячі хвилі в системі. На відміну від існуючих ультразвукових розпилювачів рідини [1] при розпиленні полімерів постає кілька нових задач. Особливо складно описати процес розпилення полімеру за рахунок потоку газу. В цьому випадку передача енергії коливань відбувається через газ до краплин полімеру, що рухається в ньому. На цих краплинах будуть утворюватися капілярні хвилі, що призводять до розпаду краплин на більш мілкіші. Рівняння енергетичного балансу в цьому випадку буде:

$$E_{\text{ак}} = E_{\text{від}} + E_{\text{утв}} + E_{\text{кап}} + E_{\text{газ}} + E_{\text{кав}} + E_{\text{темр}}, \quad (1)$$

де $E_{\text{ак}}$ – енергія акустичного резонатора, що підводиться до системи;

$E_{\text{від}}$ – енергія, що необхідна для відриву каплі від основного потоку, $E_{\text{від}} = E_{\text{коз}} + E_{\text{вз}}$;

$E_{\text{коз}}$ – енергія, що необхідна для подолання когезії;

$E_{\text{вз}}$ – енергія, що необхідна для подолання в'язкого тертя в полімері;

$E_{\text{утв}}$ – енергія, що необхідна для утворення каплі;

$E_{\text{кап}}$ – енергія краплини, що рухається в потоці;

$E_{\text{газ}}$ – енергія, яку необхідно передати через газове середовище;

$E_{\text{кав}}$ – енергія, що необхідна для кавітаційних процесів в полімері;

$E_{\text{темр}}$ – енергія, що витрачається на нагрівання середовища.

При розрахунках та проектуванні ультразвукових розпилювачів слід враховувати їх резонансний тип роботи. Стояча хвиля пружної деформації утворюється нормально до потоку розпилення. Тиск в таких хвилях визначається формулою:

$$p = p_K \sin kx \cdot \cos \omega t. \quad (2)$$

Сама хвиля характеризується наявною в неї кінетичною та потенційною енергіями, що визначаються як [1]:

$$E_{\text{пот}} = \frac{1}{8} \frac{1}{\rho_K c_K^2} p_K^2 (1 - \cos 2kx), \quad (3)$$

$$E_{\text{кін}} = \frac{1}{8} \frac{1}{\rho_K c_K^2} p_K^2 (1 + \cos 2kx),$$

де ρ_K, c_K^2 відповідно щільність та швидкість звуку в матеріалі сопла;

k – волнове число;

p_K – амплітуда коливального тиску в хвилі;

x – відстань від вузла до хвилі;

Враховуючи, що $E_{\text{розб}} = E_{\text{пот}} + E_{\text{кін}}$ запишемо:

$$E_{\text{пот}} = \frac{1}{2} \frac{1}{\rho_K c_K^2} p_K^2 \sin^2 kx \cdot \cos^2 \omega t, \quad (4)$$

$$E_{\text{кін}} = \frac{1}{2} \frac{1}{\rho_K c_K^2} p_K^2 \cos^2 kx \cdot \cos^2 \omega t,$$

$$\zeta_1 = \frac{\rho_K c_K}{\rho_p c_p}. \quad (5)$$

де ρ_p, c_p – відповідно щільність та швидкість звуку в рідкому полімері.

$E_{\text{подв}} = \zeta_1 S_{\partial} h_p E_{\text{дисп}}$ – енергія, що подається на шар полімеру, який є в стоячих хвилях.

$$E_{\text{подв}} = \frac{1}{2} \frac{S_{\partial} h_p}{\rho_K c_K^2} p_K^2 \cos^2 \omega t, \quad (6)$$

S_{∂} – площа рідкого полімеру

h_p – товщина шару рідкого полімеру.

Враховуючи те, що товщина рідкого шару полімеру, який подається в сопло, дуже мала, вважаємо, що у нас утворюються плоскі хвилі довжиною λ , тоді $h_p < \frac{S_{\partial}}{\lambda}$,

Для визначення оптимальної товщини шару рідини, що розпилюється необхідно розглянути механізм кавітаційного утворення краплин рідини. Як відомо, розпилення рідини в шарі під дією капілярних хвиль.

Сили інерції зі сторони газового потоку, що призводить до деформації каплі, при певному її розмірі викликають в решті решт подрібнення каплі. Як відомо, загальної теорії подрібнення краплин не існує, однак зрозуміло, що деформація краплини і подальше її подрібнення пов'язане з дотичним напруженням зі сторони газового потоку, що діє на поверхню краплини. Це описується рівнянням [2]

$$\tau_i = c_i \rho'' u_{\infty}^2 / 2, \quad (7)$$

де c_i – коефіцієнт тертя на межфазній границі.

Деформації протидіють загальновідомі сили поверхневого натягу:

$$f_{\sigma} = \sigma / d, \quad (8)$$

де σ – поверхневий натяг, d – діаметр краплі.

Отже, подрібнення крапель визначається деяким значенням числа Вебера, яке може бути згідно з [5] $We_{kp} = 7 - 10$. Крапля, що втрачає стійкість, спочатку перетворюється у тор, а потім розпадається на менші. Швидкість руху краплини перед подрібненням визначається так:

$$U_{\infty} = \text{const} \sqrt[4]{\frac{\sigma a (\rho' - \rho'')}{(\rho'')^2}} \quad (9)$$

де ρ', ρ'' – щільність твердої та повітряної фази, a – прискорення, що діє на потік.

При розпиленні, зазвичай, швидкість руху краплин співпадає з швидкістю руху потоку газу, однак, якщо розпилення відбувається зверху, то до швидкості газу для краплин слід додати U_{∞} з підставленим значенням прискорення вільного падіння. Умовний граничний розмір краплини d_{gr} в долях капілярної константи можна виразити як:

$$We_{kp} = \frac{\rho'' U_{\infty} d_{gr}}{\sigma} = \frac{\rho'' d_{gr} (\text{const})^2}{\sigma \rho''} = 7 - 10 \quad (10)$$

При $const = 1,6 - 1,8$ отримаємо:

$$d_{rp} = (2 - 3)b \quad (11)$$

$$b = \sqrt{\frac{\sigma}{a(\rho' - \rho'')}}.$$

Підставивши значення, отримаємо розміри крапель для потоку полімеру в повітрі при його розпиленні, які представлені на рис. 1 та 2, де позначено: *I* – латекс СВХ, *II* – акрилонитрильний латекс СКН-40-ГП, *III* – фтормістний полімер БФ-1.

Відомо [4, 5, 6], що розчини мають від 2% до 5% полімерів, акрилова емульсія та латекс має 20% дисперсію з частинками 0.1 мкм.

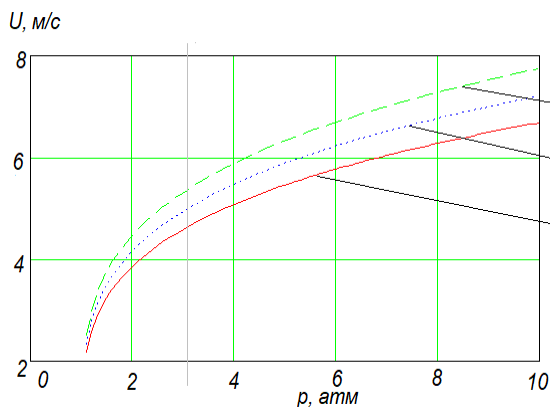


Рис. 1. Розрахункові значення швидкості потоку краплин в залежності від тиску

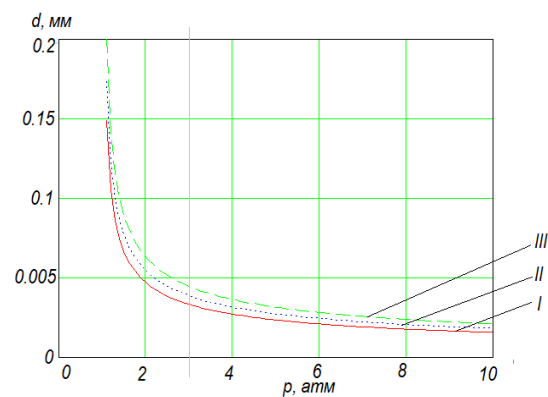


Рис. 2. Розрахункові значення діаметри краплин в залежності від тиску

Проведені розрахунки показали, що наявність більш важких елементів у БФ-1 не дає йому утворювати менші за інших краплини, однак, він має більшу інерційність і тому більші швидкості розпилення, що позитивно може відобразитись на глибині проникнення плівки у структурі тканини.

Крім того, граничні значення різних полімерів залежать від прискорення при розпиленні, яке залежить не тільки від тиску а й від форми сопла.

Була розроблена експериментальна установка [7, 8], що складається з розпилювача та ультразвукового резонатора навколо сопла. Розпилення полімерів відбувалось на відстані 20 см на вертикально розташовану тканину (рис.3). Результат отриманого покриття показано на рис.4.



Рис. 3. Процес ультразвукового розпилення та нанесення полімеру на тканину



Рис. 4. Результати нанесення полімерів на тканину

Для контролю потоків розпилення використовуються оптичні (в основному, лазерні) лічильники частинок - фотоелектричні прилади, що визначають кількість частинок, прокатаних через вимірювальний об'єм приладу, шляхом підрахунку кількості імпульсів світла, розсіяного кожної окремої часткою при її прольоті через світловий промінь.

Узагальнена оптична і пневматична схема такого приладу представлена на рис. 5. Тонкий струмінь факелу розпиленого полімеру прокачується через сфокусований промінь світла від джерела випромінювання (лазера), причому діаметр струменя підбирається таким чином, щоб в промені знаходилося, як правило, не більше однієї аерозольної частинки. Для запобігання поширення частинок усередині вимірювальної камери аерозольна струмінь обдувається коаксіальним струмом чистого повітря. Світло, розсіяне часткою, збирається оптичною схемою і направляється на фотоприймаючий пристрій. Опорний діод використовується для стабілізації рівня випромінювання джерела світла. Світлові імпульси перетворюються фотоприймачем в електричні імпульси, амплітуда яких пропорційна геометричному розміром частинок.

Одночасно прилад вимірює той чи інший об'єм повітря, що пройшов через вимірювальний об'єм, що дозволяє шляхом простої арифметичної дії (здійснюваного зазвичай електронним блоком приладу без втручання оператора) визначити значення рахункової концентрації часток.

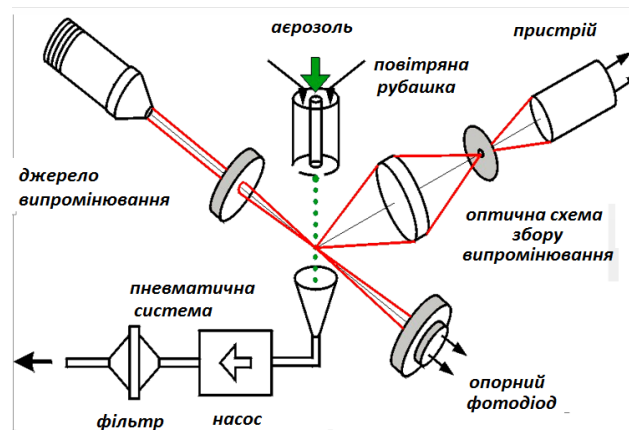


Рис. 5. Узагальнена оптична і пневматична схеми оптичного лічильника часток

Найважливішими характеристиками як лічильників, так і спектрометрів частинок потоку є:

- діапазон розмірів вимірюваних часток (від 0.5 мкм до 0.3 мкм);
- число розмірних діапазонів (каналів), на які ділиться інтервал розмірів частинок; як правило, чисельне значення - від 6 до 12 каналів
- швидкість пробовідбору, діапазон можливих значень зазвичай від 2,8 л / хв до не скільки десятків (зазвичай - 28) літрів за хвилину;
- максимальна рахункова концентрація, яка вимірюється приладом без попереднього розведення (в межах 500 - 1000 частинок / см³);
- власний фон приладу - число імпульсів, що фіксуються приладом протягом заздалегідь обраного часу в умовах, коли на вхід приладу подається очищене повітря. Таким чином, цей параметр характеризує число помилкових спрацьовувань електроніки приладу.

Аналізатори розміру крапель збирають і фіксують дані, як правило, у вигляді кількості рахунків за розміром класу. Дані впорядковані в математичне подання, яке називається розподілом розміру краплі. Математичне подання найчастіше залежить від використовуваного аналізатора. Проте останнім часом деякі виробники аналізаторів дозволили користувачеві вибрати зі списку функцій розподілу, а не за замовчуванням функцію розподілу розмірів падіння. Деякі з найпоширеніших функцій розподілу падіння розмірів, що використовуються в промисловості - це функція розподілу Rosin-Rammler [5] та аналіз ASTM® Standard E799-03 [10, 11]

Функція розподілу Rosin-Rammler:

$$F(d) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{d}{x} \right)^N \right]. \quad (12)$$

Параметри (X і N), отримані в результаті вимірювання, використовуються в цьому рівнянні для розрахунку розподілу та характеристик або середніх діаметрів:

$$d_{pq} = \frac{\sum N_i d_i^p}{\sum N_i d_i^q}. \quad (13)$$

Стандарт ASTM E799-03 [10,11] найкраще підходить для використання з аналізаторами, які класифікуються як одиночні частки, такі як потоки. Цей стандарт використовується для класифікації діаметрів краплі, а також для розрахунку розподілу та характеристик або середніх діаметрів.

Отримані дані з аналізатора про формування краплин ультразвуковим розпилювачем були в адекватних межах розрахункових значень. Відхилення склали не більше 10%.

Висновки

Після проведених експериментальних досліджень було встановлено, що густина обраних полімерних композицій достатня для розпилення з використанням ультразвукового розпилювача, причому краплини полімеру проникають у структуру матеріалу. Товщина покриття складала від 3 до 10 мкм. Експериментально підтверджено, що зі збільшенням тиску та частоти ультразвукових коливань діаметр краплин при розпиленні зменшується. Оптимальний діапазон 70-80 кГц. Таким чином зберігається якість матеріалу, а крапкове проникнення полімеру в його структуру піднімає її жорсткість та змінює властивості, надаючи нові, наприклад, захисні. Крім того, крапкове проникнення в структуру тканини матеріалу не призводить до значного її потовщення.

Список використаної літератури

1. Хмелев, В. Н. Ультразвуковое распыление жидкостей/ В. Н. Хмелёв, А. В. Шалунов, А. В. Шалунова – Барнаул АлтГТУ, 2010. – 272 с.
2. Розенберг, Л. Д. Физика и техника мощного ультразвука. В 3 т. Т. 3: Физические основы ультразвуковой технологии / Под редакцией Л. Д. Розенберга. – М.: Наука, 1968. – 270 с.
3. Экнадиосянц, О. К. Получение аэрозолей / О. К. Экнадиосянц, // Физические основы ультразвуковой технологии / под ред. Л. Д. Розенберга. – М.: Наука, 1970. – С. 337-395.
4. Новицкий, Б. Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) / Б. Г. Новицкий. – М.: Химия, 1983. – 192 с.
5. Spread coating processes, R. A. Park, in *Plastisols and Organosols*, H. A. Sarvetnick, Ed., Van Nostrand Reinhold, New York, - 1972, pp. 143–181.
6. Experimental research drop size in polymers sprayed onto textile materials. Horiashchenko S./Interdisciplinary integration of science in technology, education and economy// Monograph: edited by Shalapko J. and Zoltowski B. Poland. Bydgoszcz – 2013, p.402-408
7. Horiashchenko S. Research Spray and Device for Polymer Coatings on Fabric // *Proceedings of the 20th International Scientific Conference: Mechanika-2015, Kaunas - 2015*, p.101-104
8. Serhiy Horyashchenko. Simulation of particle flow of the polymer droplets using ultrasonic spraying /Serhiy Horyashchenko, Ievgeniia Golinka/ 22th International Scientific Conference: Mechanika-2017 – *Proceedings*, Kaunas – 2017, p.134-137
9. Modeling and reserch of polymer coating on clothing materials. S. Horyashchenko, G. Paraska, S. Petegerych. // *Innovation in textile materials&protective clothing*. Monograph, Warsaw, 2012, c.151-159.
10. E799-03: Standard Practice for Determining Data Criteria and Processing for Liquid Drop Size Analysis. Book of ASTM® Standards, General Methods and Instrumentation, Volume 14.02: 535-539.
11. E1620-97: Standard Terminology relating to liquid particle statistics. Book of ASTM Standards, General Methods and Instrumentation, Volume 14.02: 810-812.

УДК 677. 11. 021

S.I. KUZNYETSOV

Kherson National Technical University

RESEARCH OF WORK OF MECHANICAL SELF-CLEANING DUST LEADER

In industrial workshops, the dust content of the air often exceeds the maximum permissible concentrations. A mechanical self-cleaning filter has been developed and tested, which, in comparison with analogues, better captures fine (aerosol) dust of air by means of a rotating disk.

The paper presents the results of studies on the cleaning of ventilation air from dust using a mechanical self-cleaning filter.

Keywords: self-cleaning filter, air cleaning from dust.

С.І. КУЗНЕЦОВ

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МЕХАНІЧНОГО ПИЛОВЛОВЛЮВАЧА З САМООЧИЩЕННЯМ

У виробничих цехах запиленість повітря часто перевищує гранично допустимі концентрації. Розроблено та випробувано механічний самоочищається фільтр, який в порівнянні з аналогами, краще вловлює дрібну (аерозольну) пил повітря за допомогою обертового диска.

В роботі викладені результати досліджень по очищенню вентиляційного повітря від пилу за допомогою механічного фільтра що самоочищається.

Ключові слова: фільтр що самоочищається, очищення повітря від пилу.

С.И. КУЗНЕЦОВ

Херсонский национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МЕХАНИЧЕСКОГО САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

В производственных цехах запыленность воздуха часто превышает предельно допустимые концентрации. Разработан и испытан механический самоочищающийся фильтр, который по сравнению с аналогами, лучше улавливает мелкую (аэрозольную) пыль воздуха при помощи вращающегося диска.

В работе изложены результаты исследований по очистке вентиляционного воздуха от пыли с помощью механического самоочищающегося фильтра.

Ключевые слова: самоочищающийся фильтр, очистка воздуха от пыли.

Formulation of the problem

It is known that a long stay of a person in a dusty environment causes occupational lung diseases. The level of dustiness of industrial premises depends on the productivity of labor, the quality of products and, most importantly, the health of people. Therefore, cleaning the air from dust at enterprises is a paramount and important task [1].

Analysis of recent research and publications

At present, various dust collection systems from the air are used in production plants. One such system is the pneumatic extraction of dust, its transportation through pipelines with subsequent separation from the air [2]. Such systems do not always work effectively. Therefore, the concentration of dust in the working area of production facilities often exceeds the maximum permissible standards.

Formulation of research objectives

The purpose of the research was to develop and test a mechanical self-cleaning filter to capture fine dust from the air. The scope of the assignment included;

- manufacture of a prototype mechanical self-cleaning filter.
- testing a mechanical self-cleaning filter when cleaning the ventilation air in the production room.
- testing a mechanical self-cleaning filter when cleaning the air from the equipment.

Statement of the main material

Studies on the purification of ventilation air from dust were carried out in an installation, a general view of which is shown in Fig. 1. The installation consists of a fan 2 operating from an electric motor 1. A filter 3 made of organic glass is mounted on the suction socket of the fan. The filter has the shape of a circular disc and is perforated with holes of 5 mm. On the outside of the filter is a nylon mesh. A knife 4 fixedly attached to the shaft 6 is closely adjacent to the fixed filter. The blade is closely attached to the filter surface by a spring 5. The

shaft passes through the sleeve 7 and is rotated by the electric motor 9 through the reduction gear 8. The knife shaft and the fixed filter are located in the hopper 10, intended for dust collection.

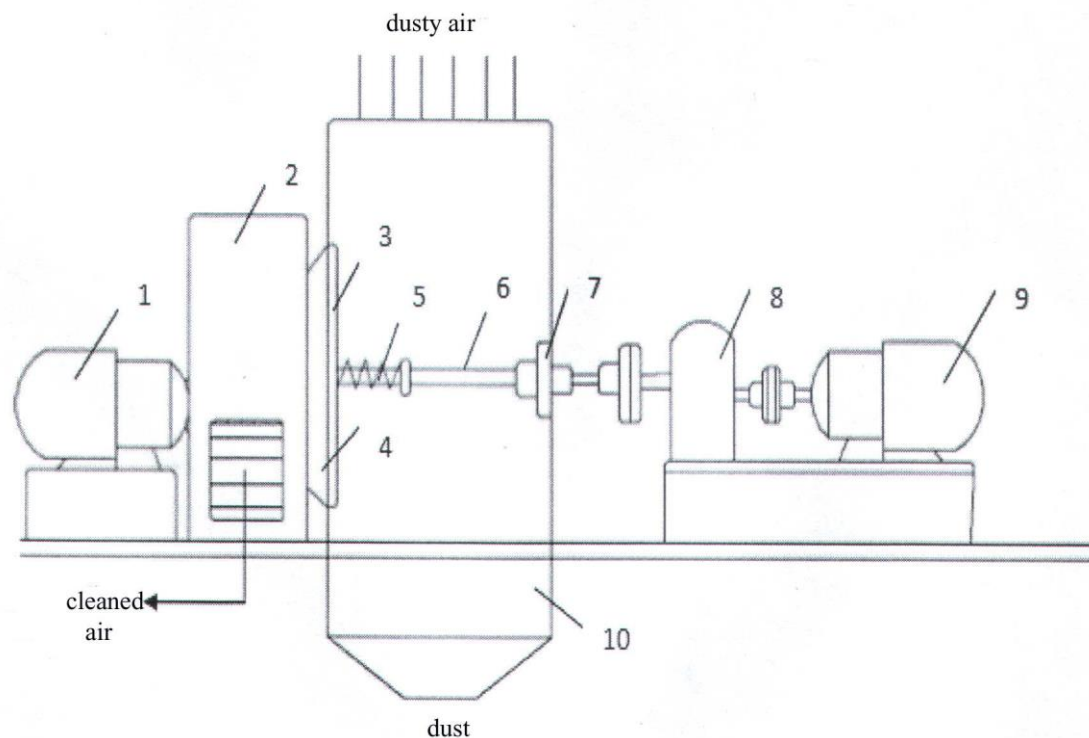


Fig. 1. General view of the experimental setup: 1 - electric motor; 2 - the fan; 3 - the filter; 4 - the knife; 5 - a spring; 6 - shaft; 7 - the bushing; 8 - reducer; 9 - the electric motor; 10 - hopper for dust collection

When the unit is operating, dusty air enters through the open top of the hopper 10, passes through the filter 3, and then is vented to the atmosphere by means of a fan. Dust particles are retained on the surface of the filter, forming a filter layer. As the dusty air passes through the filter, the thickness of the filter layer increases, its aerodynamic resistance increases, and productivity decreases. There comes such a moment when the resistance of the filter increases so much that the movement of air practically ceases. The layer of textile dust formed on the filter surface plays a dual role. On the one hand, it is a filtering element, which increases the degree of gas purification, on the other - increases the resistance of the filter and reduces the performance of the fan. Therefore, the optimal option would be a constant presence on the disk of a layer of fibrous dust of a certain thickness.

The procedure for carrying out the experiments consisted in the fact that dusty air was passed through the filter for a certain time [3]. The trapped layer of dust was removed from the filter element and weighed on an analytical balance. Knowing the amount of dust and the concentration of dust in it, as well as the amount of dust removed from the filter element, determined the efficiency of the apparatus (weight method).

The filter regeneration time in the experiments varied from 0 to 8 hours. Initially, the filter underwent continuous regeneration with a constantly rotating knife. After that the knife for dust removal was switched on after an hour, two, etc. In each case, the dust collected from the filter was weighed and the total amount was determined. Then the amount of dust collected in 1 hour was calculated. The operating time of the installation in all cases was 8 hours. The results of these studies are given in Tab. 1 and in the graph of Fig.2.

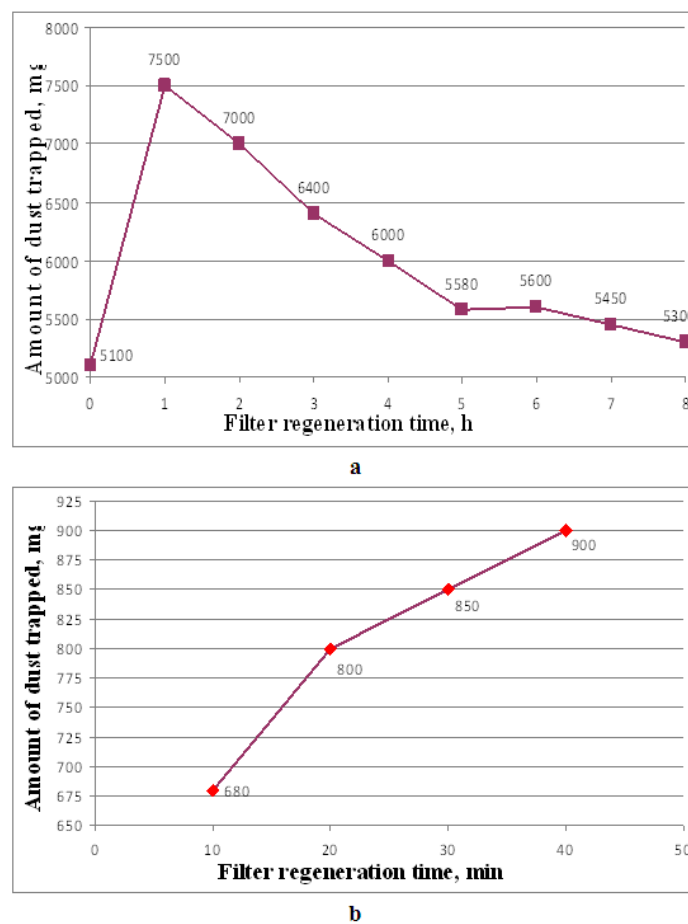


Fig. 2. Dependence of the amount of dust trapped on the filter regeneration time

Table 1

Absolute and specific amount of dust captured on the unit										
№	Indicators	Filter regeneration time, h								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	The amount of dust trapped by the installation during the test, mg	5100	7500	7000	6400	6000	5580	5600	5450	5300
2	Average amount of captured dust, per 1h, mg	630	937	875	800	750	725	700	681	662

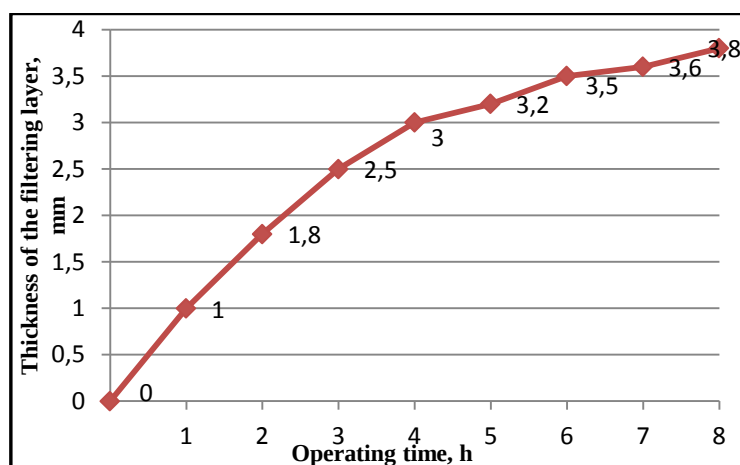
It can be seen from the graph that in the first series of experiments with continuous filter regeneration, air purification was insufficient (637 mg/h). This is explained by the fact that in the absence of a layer of dust on the grid, its "slip" through the filter cells [4] is observed. As the thickness of the dust layer increased, the amount of dust trapped increased and reached a maximum (0.37 mg/h) with a regeneration time of 1h. By this time a layer of 1mm thick was formed on the filter. This was enough to achieve almost complete dust collection. With a further increase in the regeneration time, the degree of gas purification increased, but at the same time the resistance increased and the productivity of the installation decreased by air, so that the total amount of dust trapped was reduced. With a regeneration time of 2 hours, the amount of dust trapped was reduced to 875 mg, after 3 hours - 800 mg/h and so on.

As the filter works, a filter layer of dust forms on its surface. Moreover, the longer the operating time, the greater the thickness of the filter material layer. However, the relationship here is not straightforward. Tab. 2 and the graph in Fig. 3 show the change in the thickness of the filter material layer on the filter disk, depending on the filter operation time.

Table 2

The influence of the operating time of the installation on the thickness of the filter bed

Operating time, h.	1	2	3	4	5	6	7	8
Thickness of the filtering layer, mm.	1	1,75	2,4	2,9	3,3	3,6	3,8	4,0

**Fig. 3. Influence of the operating time of the installation on the thickness of the filter layer**

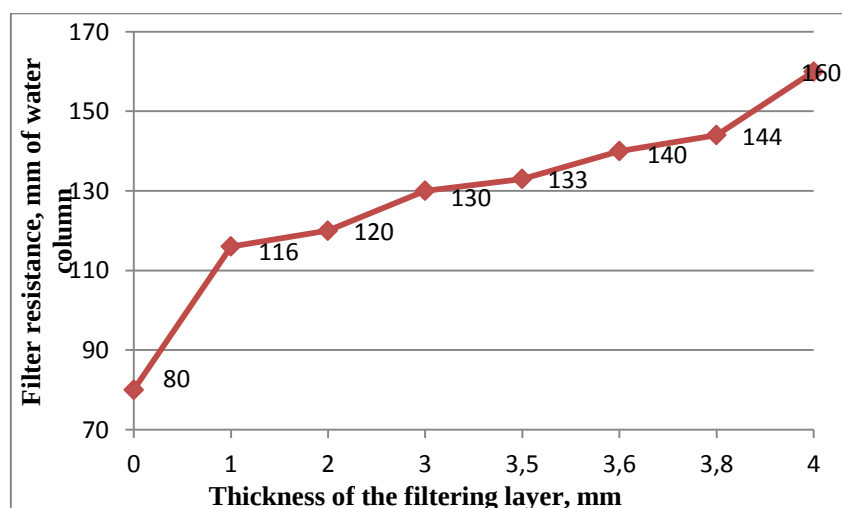
From the data given, it can be seen that the increase in the thickness of the filtering layer is not the same in time. So for the first hour it was 1 mm; for the second 0,75; for the third - 0,65; the fourth is 0,5, and so on. Reduction in the increase in the thickness of the dust is associated with a decrease in the capacity of the filter due to the growth of its resistance.

The influence of the thickness of the filter layer on the filter resistance is shown in Tab. 3 and in the graph of Fig.4.

Table 3

Effect of the thickness of the filter layer on the resistance of the filter

Thickness of the filtering layer, mm	0	1	1,75	2,4	2,9	3,3	3,6	3,8	4,0
Time of formation of the filtering layer, h	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Filter resistance, mm of water column	80	120	125	130	135	140	145	150	160

**Fig.4. Effect of the thickness of the filter layer on the resistance of the filter**

The data show that the resistance of the filter increases with time. So, if the filter without a layer of fibrous dust had a resistance of 80 mm of water column, then after one hour of its operation the resistance increased by one and a half times and amounted to 120 mm of water column, and after 8 hours of filter operation

it increased to 160 mm of water column, became 2 times more than the original. This leads to a decrease in the throughput of the filter.

The technique of these experiments was that the velocity of the air emerging from the filter was measured. Knowing the air velocity and the diameter of the channel, the filter capacity was determined. The measurements were made for different thicknesses of the filtering layer (Table 4 and graph, Fig. 5).

Table 4

Effect of filter resistance on its performance

Filter operating time, h	0	1	2	3	4
Thickness of the filtering layer, mm	0	1	1,75	2,5	2,9
The resistance of the filter, mm of water column	80	120	125	130	135
Average air velocity from anemometer measurements, m/h	4,8	2,2	2,1	1,9	1,85
Plant capacity, m ³ /h	1000	450	400	380	350

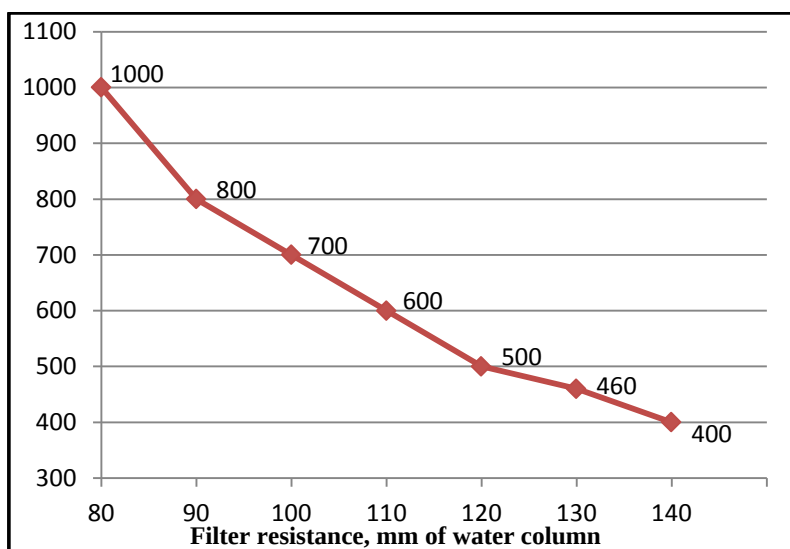


Fig. 5. Effect of filter resistance on performance

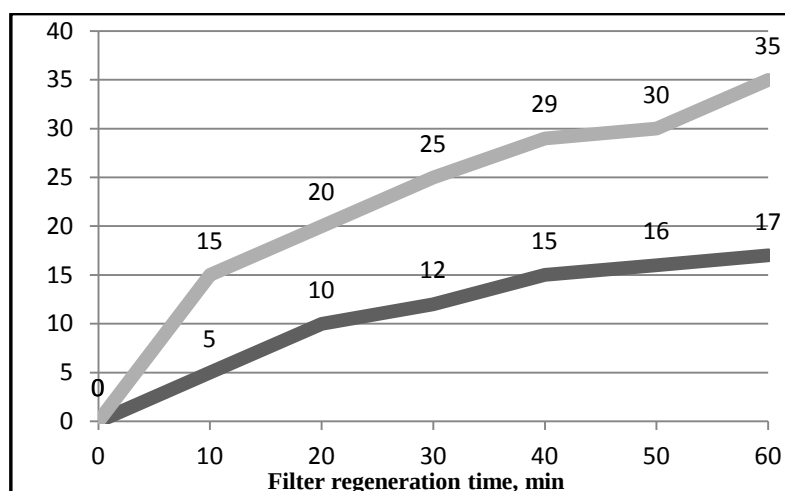


Fig. 6. Effect of filter regeneration time on performance

The given data testify that with increase in resistance the filter performance sharply decreases, especially after the first hour of operation. Without a layer of dust on the filter, its resistance was 80 mm of water column, which corresponded to an average air velocity of 4,8 m/s and a capacity of 1000 m³/h. After an hour, when a 1 mm layer of dust formed on the filter, and its resistance increased to 120 mm of water column, the air velocity decreased from 4.8 to 2,2 m/s, and the productivity to 450 m³/h, respectively.

After 4 hours of operation, the thickness of the dust layer on the filter was 2.9 mm, which increased the filter resistance to 135 mm of the water column, the average air velocity decreased to 1.85 m/s, and the productivity to 350 m³/h, almost three times. From this it should be concluded that the filter should not allow the formation of a layer of dust more than 1 mm. To do this, it is necessary to regenerate the filter once per hour.

Conclusions

1. The proposed design of a self-cleaning filter contributes to the creation of a stable aerodynamic operation of the dust collection system.
2. The device allows reducing dust content in 9 - 10 times.
3. With a stable aerodynamic mode, the degree of air cleaning from dust is 90%.
4. The dust collector can be used to clean air from fine dust.

References

1. Дыхание // Малая медицинская энциклопедия. – Т. 2. – С. 146.
2. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник: в 3 т., т. 1 / А.С. Тимонин – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.
3. Левченко, О.Г. Методи нейтралізації токсичних речовин у зварювальному виробництві / О.Г. Левченко, С.А. Грищенко, І.М. Ковтун // Вісник Національного науково-дослідного інституту охорони праці. – 2003. – Вип. 6. – С. 19-23.
4. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – СПб., 2000. – 290 с.

УДК 621.382.28

В.М. ЛИТВИНЕНКО

Херсонський національний технічний університет

І.М. ВІКУЛІН

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНІ НА ЗВОРОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИЛАДІВ

У статті розглянуті причини і механізми впливу поверхні на зворотні характеристики р - п структур. Зроблено огляд технологічних методів обробки структур напівпровідникових приладів, у тому числі і методів гетерування, спрямованих на запобігання впливу поверхневих ефектів на електричні параметри приладів. Проаналізовані механізми впливу методів гетерування на параметри приладів, запропоновані оптимальні режими їх проведення. Приведені експериментальні результати використання методів гетерування в технології напівпровідникових приладів.

Ключові слова: поверхня, гетерування, зворотний струм, кремній, домішки, р - п перехід.

В.Н. ЛИТВИНЕНКО

Херсонский национальный технический университет

И.М. ВИКУЛИН

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ НА ОБРАТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В статье рассмотрены причины и механизмы влияния поверхности на обратные характеристики р-п структур. Сделан обзор технологических методов обработки структур полупроводниковых приборов, в том числе и методов геттерирования, направленных на предотвращение влияния поверхностных эффектов на электрические параметры приборов. Проанализированы механизмы влияния методов геттерирования на параметры приборов, предложены оптимальные режимы их проведения. Приведены экспериментальные результаты использования методов геттерирования в технологии полупроводниковых приборов.

Ключевые слова: поверхность, геттерирование, обратный ток, кремний, примеси, р - п переход.

V.N. LITVINENKO

Kherson National Technical University

I.M. VIKULIN

Odessa National Academy of Telecommunications named after A.S. Popova

INFLUENCE OF SURFACE PROPERTIES ON REVERSE CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR DEVICES

The reasons and mechanisms of the influence of the surface on the inverse characteristics of p-n structures are considered in the article. An overview is given of technological methods for processing structures of semiconductor devices, including gettering methods aimed at preventing the effect of surface effects on the electrical parameters of devices. The mechanisms of influence of gettering methods on the parameters of instruments are analyzed, optimal modes of their implementation are proposed. Experimental results of the use of gettering methods in the technology of semiconductor devices are presented.

Keywords: surface, gettering, reverse current, silicon, impurities, p - n junction.

Постановка проблеми

Якість роботи активних напівпровідникових структур, до яких відносяться діоди, транзистори, інтегральні схеми і ін., багато в чому залежать від стану їх поверхневого шару в області виходу на поверхню р - п переходу. Такі важливі характеристики діодів і транзисторів як величина зворотного струму і пробивна напруга р - п переходу в великій мірі визначаються обробкою поверхні. Обробка поверхні напівпровідника є дуже важливою технологічною операцією в процесі виготовлення напівпровідникових приладів і схем. У зв'язку з розвитком мікро- і наноелектроніки відбувається зменшення розмірів елементів і габаритів приладів і збільшується відношення поверхні до об'єму і, отже, росте міра впливу поверхні.

Поверхня дуже сильно впливає на експлуатаційні характеристики напівпровідникових приладів, стабільність їх характеристик і, отже, на відсоток виходу придатних приладів і їх надійність при експлуатації. З плином часу експлуатації починається деградація характеристик приладів, тобто вони змінюються, виходять за встановлені стандартом допуски, і прилад виходить з ладу. Зміна параметрів напівпровідникових приладів розпочинається з поверхні і пов'язана з процесами адсорбції-десорбції, дифузії і так далі. Тому в технології застосовуються спеціальні методи поверхневих обробок, спрямовані на поліпшення і збереження стану поверхні (пасивація поверхні шаром діелектрика, герметизація приладів і т. ін.).

Незважаючи на значну кількість робіт по впливу стану поверхні структур напівпровідникових приладів на їх зворотні характеристики, питання контролюваного управління станом поверхні при виробництві багатьох видів напівпровідникових приладів вимагають подальшого розгляду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Інтенсивний розвиток мікроелектроніки, чітка тенденція до мініатюризації робочих елементів, створення новітніх перспективних, конструктивно складних приладів, а також необхідність наявності високоєфективного промислового виробництва сучасних напівпровідникових приладів і інтегральних схем продовжують залишати актуальними питання впливу поверхневих ефектів на параметри і відсоток виходу придатних приладів.

Проведено дослідження поверхневих станів на межі розділу Si - SiO₂ [1]. Для дослідження було використано структуру метал – діелектрик – напівпровідник. Зокрема, досліджували структуру Mo – SiO₂ – Si. Відомо, що іони натрію призводять до ряду ефектів, серед яких утворення центрів захоплення для електронів в SiO₂ і індуквання електронних поверхневих станів на межі розділу Si - SiO₂. Встановлено [1], що в перехідній області діоксид кремнію - кремній має місце нейтралізація заряду рухливих іонів електронним зарядом внаслідок термоелектронної польової емісії із зони провідності кремнію.

У роботах [2, 3] досліджувалися джерела іоннонезалежної деградації параметрів шаруватих структур діоксид кремнію - кремній. При вивченні сколів пластин початкового епітаксійного кремнію методом електронної скануючої мікроскопії з рентгенівським мікроаналізом з подальшою обробкою хімічним виборчим травником Секко (час травлення 1хв) виявлені атоми калію, які утворюють скупчення у вигляді "зірочок". При окисленні пластин епітаксійного кремнію атоми калію, які мають малу енергію активації, переміщуються з об'єму діоксиду кремнію до межі розділу діоксид кремнію - кремній, змінюючи її зарядовий стан. Імовірно можливим джерелом проникнення атомів лужних металів в оксид кремнію могло бути навколишнє оснащення (кварцові труби, кварцові човники і так далі). Однак, результати рентгенівського аналізу навколишнього оснащення дозволяють зробити висновок про те, що це оснащення не може бути джерелом лужних атомів в діоксиді кремнію [3]. Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити висновок - джерелом лужних металів в діоксиді кремнію є початковий кремній, а не навколишнє оснащення. Причини проникнення атомів лужних металів в кремній можуть бути пов'язані з процесами зростання епітаксимальної плівки і з наявністю домішок в кремнієвій підкладці.

Розглянута можливість дослідження поверхні напівпровідникових пластин за допомогою методу растрової оптичної мікроскопії [4]. Експериментальні виміри проводилися за допомогою комп'ютера. Для обробки експериментальних результатів авторами розроблена спеціальна програма. За допомогою даного методу автори спостерігали різні види дефектів на поверхні напівпровідникових структур, а також були зроблені припущення про вплив дефектів на електричні параметри р - n структур.

Використання легкоплавких свинцево-боросилікатних стекол для створення пасивуючих і ізолюючих шарів в напівпровідниковій мікроелектроніці обумовлює інтерес до вивчення їх електрофізичних характеристик. Одним з найважливіших параметрів пасивуючих покриттів є величина рухливого заряду, який повільно релаксує, в їх об'ємі. Методом ізотермічної релаксації ємності визначена величина ефективного поверхневого заряду в пасивуючих покриттях на основі свинцево-боросилікатних стекол [5]. Встановлено, що підвищення температури формування досліджених покриттів веде до збільшення значень ефективного поверхневого заряду. Показано, що ця залежність обумовлена збільшенням концентрації центрів захоплення носіїв заряду при підвищенні змісту кристалічної фази в об'ємі скла.

Мета дослідження

Дана робота присвячена аналізу впливу поверхні на електричні характеристики напівпровідникових приладів і методам запобігання цього впливу.

Викладення основного матеріалу дослідження

Стан поверхні структур напівпровідникових приладів спричиняє на параметри і характеристики приладів не менш сильний вплив, чим фізичні властивості об'єму напівпровідника [6, 7]. Причиною негативних явищ в напівпровідникових кристалах з р - n переходами можуть бути не лише рівні Тамма і Шоклі, які мають місце навіть на атомарно-чистій поверхні напівпровідника. На реальній поверхні

напівпровідника осідає багат шарова плівка вологи і міститься багато сторонніх домішок, адсорбованих з травників і промивної води. Помітну частину цих домішок складають позитивні іони лужних металів. Під дією напруги, прикладеної до переходу, ці іони дрейфують в плівці вологи, створюючи іонний струм витоку, величина якого росте зі збільшенням вологості. Струм поверхневого витоку часто є основною складовою зворотного струму через р-п перехід.

В технології мікроелектроніки завжди застосовують захист (пасивацію) поверхні напівпровідникових приладів і інтегральних схем. Найкращим для цієї мети є термічно вирощений шар SiO_2 . Проте навіть захищена діелектричним шаром поверхня не завжди залишається стабільною. Річ у тому, що в діелектрику, особливо в області його межі розділу з напівпровідником, можуть бути розташовані включення домішок і їх комплекси з різними структурними дефектами, які зазвичай мають електричний заряд. Під дією електричних полів, завжди існуючих в працюючому приладі, можливе повільне переміщення цих домішок і дефектно - домішкових комплексів, як углиб діелектрика, так і в область межі розділу з напівпровідником. Результат відомий: зміна міри і характеру заповнення електронних станів межі розділу і електричних полів в цій області, дрейф поверхневого потенціалу і пов'язаних з ним характеристик, виникнення локальних витоків і пробою діелектрика.

Позитивний заряд в захисній плівці оксиду кремнію залежно від типу провідності бази діода може приводити або до поверхневого пробою р - п переходу (якщо база n- типу) або до утворення інверсних каналів (на поверхні бази р - типу), що проводять. Довжина каналу залежить від величини зворотної напруги, прикладеної до р- п переходу. Якщо відстань між р- п переходом і омичним переходом невелика, то при великій напрузі канал досягає омичного контакту і шунтує р - п перехід. Це веде до виникнення значних струмів витоку і, як наслідок, до зниження виходу придатних приладів.

Для виключення небажаного впливу стану поверхні на електричні параметри і надійність напівпровідникових приладів розроблені технологічні способи обробки напівпровідникових структур, використання яких дає можливість значно покращати стан їх поверхні.

Є багато різноманітних способів покращання якості поверхні напівпровідникових структур. Основними з них являються:

1. Рідинна очистка поверхні пластин: а) фізична очистка – видалення адсорбованих поверхнею забруднень шляхом простого розчинення; відмивка водою. б) хімічна очистка – передбачає руйнування забруднень або поверхневого шару об'єкта, який очищається, в результаті хімічних реакцій; відмивка водою.

2. Суха очистка і травлення: термообробка; іонне травлення; газове травлення; плазмохімічне травлення; реактивне іонне травлення.

3. Методи гетерування домішок на поверхні напівпровідникових структур: гетерування розплавами; гетерування стеклами; гетерування високолегованими поверхневими шарами, створеними дифузії фосфору і бору; гетерування відпалом в спеціальному середовищі.

Для захисту (пасивації) поверхні напівпровідникових структур від впливу навколишнього середовища використовують діелектричні плівки. Для приладів, які виготовляють на основі кремнію зазвичай використовується його природний окисел SiO_2 . Також широко застосовують комбінації покриттів з використанням SiO_2 , Si_3N_4 та шарів боро- і фосфоросилікатних стеклок. Для приладів, які виготовляються на основі Ge і GaAs, окрім розглянутих захисних плівок використовують ще плівки оксиду алюмінію Al_2O_3 .

В роботі [8] пропонується ефективний спосіб очистки напівпровідникових пластин від органічних і механічних забруднень, домішок. Спосіб передбачає двостадійну обробку в двох ваннах з різними розчинами: в 1-й ванні знаходиться розчин, який складається із сірчаної кислоти (H_2SO_4) і перекису водню (H_2O_2) у відношенні: $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 = 1:10$ при $T=120\pm 5^\circ\text{C}$. В другій ванні знаходиться розчин, який складається з водного розчину аміаку (NH_4OH), перекису водню (H_2O_2) і деіонізованої води (H_2O) у відношенні: $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O} = 1:4:20$ при температурі $60\pm 5^\circ\text{C}$. На погляд авторів, в 1-й ванні відбувається видалення найбільш грубих органічних і жирових забруднень, в 2-й ванні видаляються ділянки жирових покриттів, які не були видалені в процесі обробки в 1-й ванні. Як рахують автори, очистка в кислоті (H_2SO_4) дає можливість видалити адсорбовані іони металів і розчинити оксидні плівки на поверхні напівпровідника, пергідроль розкладається з виділенням кисню: $\text{H}_2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{O}$; атомарний кисень окислює як органічні, так і неорганічні забруднення. Луг (NH_4OH) прискорює реакцію розкладання пергідролу, а також зв'язує в добре розчинні комплекси сполуки. Даний спосіб, як показали автори, у порівнянні з базовими методами обробки напівпровідникових структур дає можливість покращати якість очистки і скоротити тривалість процесу очистки поверхні.

Досліджувався вплив обробки поверхні кремнієвих епітаксійних структур перед першим окисленням в різних хімічних реактивах на зворотні струми діодів, виготовлених на їх основі [9].

Досліджувані зразки перед окисленням очищалися в наступних компонентах хімічної обробки: 1) ($\text{HF}:\text{HNO}_3 = 1: 19$) - обробка впродовж 20 с. 2) СМА - сульфо-малиновий ангідрид (поверхнево - активна речовина) - обробка впродовж 25 хв. 3) HNO_3 - обробка кип'яченням впродовж 50 хв. 4) ПАР -

перекисно-аміачний розчин ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O} = 1:1:4$) - обробка впродовж 7 хв. 5) $\text{CMA} + \text{HNO}_3$ - обробка впродовж 25хв і 50хв відповідно. 6) $\text{CMA} + (\text{HF}:\text{HNO}_3 = 1:19) + \text{HNO}_3$ - обробка впродовж 25хв, 20с і 50 хв відповідно. Час обробки в кожному з досліджуваних компонентів підбирався експериментально. Окислення досліджуваних зразків проводилося в одному технологічному процесі по режиму: $T = 1045^\circ\text{C}$; час процесу - 10 хв; середовище – водяна пара. Товщина вирощеного оксиду складала 0,16 мкм. Після цього проводилася металізація кремнієвих структур і фотолітографія по шару металу з діаметром вікна $D = 1000\text{мкм}$ для отримання структур метал-оксид-напівпровідник (МОН-структур). В результаті проведення експерименту були зняті вольт-фарадні характеристики МОН-структур, оброблених приведеними вище хімічними реагентами. Якість хімічних обробок оцінювали за величиною сумарного поверхневого заряду МОН-структур Q_{SS} і щільності поверхневих станів N_{SS} для кожного виду хімічної обробки, які розраховували з використанням побудованих вольт-фарадних характеристик МОН-структур [9]. Найменше значення сумарного поверхневого заряду і щільності поверхневих станів (відповідно

$Q_{\text{SS}} = 2,8 \cdot 10^{-10} \text{Кл}$ і $N_{\text{SS}} = 1,4 \cdot 10^{11} \text{см}^{-2}$) отримане при використанні обробки в ПАР. Також якість досліджуваних хімічних обробок оцінювали по виходу придатних діодних структур, виготовлених за стандартною планарною – епітаксійною технологією на кремнієвих епітаксійних структурах n- типу провідності з питомим опором 2 Ом·см. і завтовшки 10мкм, очищення яких перед першим термічним окисленням проводилося з використанням цих хімічних компонентів (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив різних методів хімічної обробки на зворотні струми діодних структур

Метод хімічної обробки	Вихід придатних діодних структур, %
Обробка в $\text{CMA} + (\text{HF}:\text{HNO}_3 = 1:19) + \text{HNO}_3$	63
Обробка в HNO_3	69
Обробка в $\text{HNO}_3 + \text{CMA}$	65
Обробка в CMA	70
Обробка в $(\text{HF}:\text{HNO}_3 = 1:19)$	73
Обробка в ПАР	76

Таким чином, оптимальною з точки зору забезпечення мінімальної величини сумарного заряду на поверхні діодних структур і найбільшого виходу придатних діодів (табл. 1) являється обробка в перекисно-аміачному розчині. Найбільш прийнятною з точки зору екології і економіки є обробка поверхні діодних структур в сульфо-маліновому ангідриді, в якому відсутні шкідливі для обслуговуючого персоналу складові, що виключає необхідність використання спеціального устаткування і захисних засобів. При цьому забезпечується досить високий вихід придатних діодів.

В роботі [10] досліджувався процес впливу відпалу в атмосфері аргону на зворотні характеристики структур випрямно-імпульсного діода Шотткі. Структури діодів Шоттки виготовлялися за ізопланарною технологією. Перед напленням Мо, що формує бар'єр Шоттки, кремнієві пластини піддавалися відпалу в атмосфері аргону при 750°C впродовж 30 хв. На рис. 1 приведені зворотні гілки ВАХ діодів, виготовлених за базовою (стандартною) технологією, а також при використанні відпалу в середовищі аргону. Видно, що відпал структур діодів дає можливість істотно понизити рівень зворотних струмів діодів. Поліпшення зворотної гілки ВАХ структур діода Шоттки, в результаті їх відпалу в середовищі аргону, автори пояснюють збільшенням висоти бар'єру Шоттки і зменшенням щільності поверхневих станів як на межі розділу метал-напівпровідник, так і на межі розділу Si - SiO_2 .

Зменшення щільності поверхневих станів, на погляд авторів, пов'язане з випаром небажаних домішок (наприклад, домішок металів Na, K, Fe, Ni, Cu) з поверхні діодних структур в процесі їх відпалу в середовищі аргону. Для стабілізації поверхні діодних структур необхідно забезпечити її надійний захист від негативної дії навколишнього середовища.

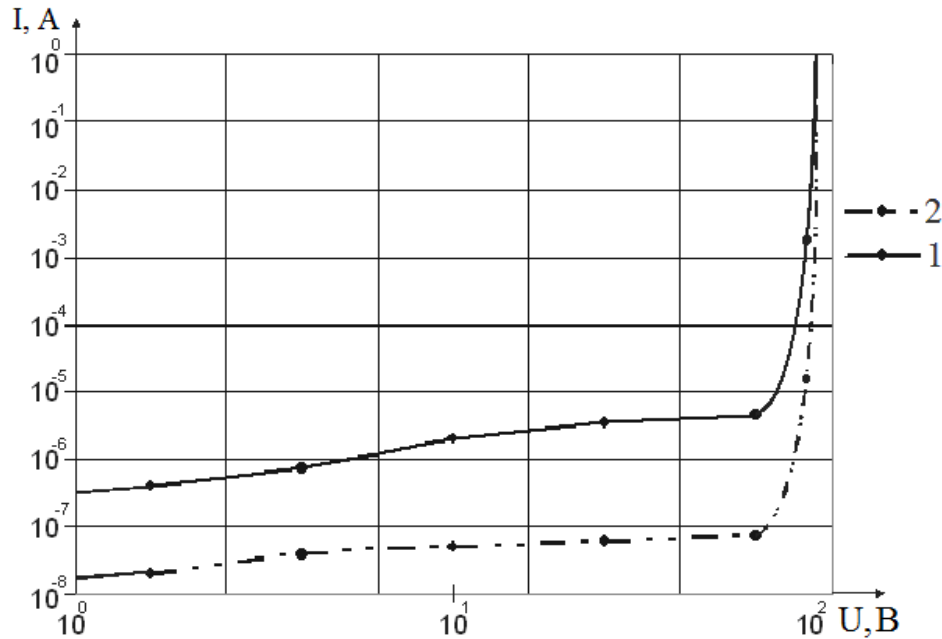


Рис. 1. Зворотні гілки ВАХ діодів:

1 - без відпалу; 2 - після відпалу в середовищі аргону при $T = 750^\circ\text{C}$ впродовж 20 хв

В роботі [11] досліджено вплив різних методів термічного окислення на зворотні характеристики кремнієвих планарних діодів з метою вибору найбільш оптимального методу. Були досліджені наступні методи термічного окислення:

1. окислення в парах води (гідротермальне окислення);
2. окислення по циклу сухий - вологий - сухий кисень (комбінований метод);
3. окислення з використанням в якості джерела пари водного розчину 37% - і HCl ($\text{H}_2\text{O} : \text{HCl} = 2 : 1$).

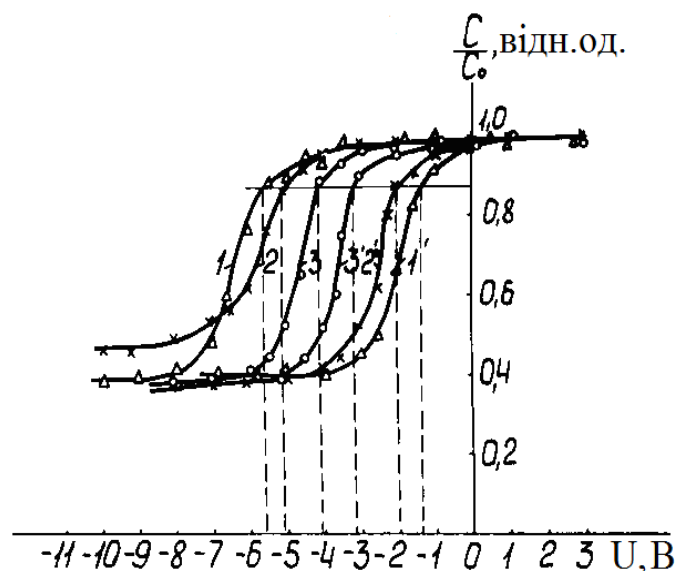


Рис. 2. Експериментальні $C-U$ - характеристики МОН-структур: 1 - гідротермальне окислення; 2 - окислення з використанням в якості джерела пари водного розчину HCl ; 3 - окислення по циклу $\text{C} - \text{B} - \text{C}$ кисень; 1, 2 і 3 - без відпалу; 1', 2' і 3' - після відпалу в середовищі аргону

Структури діодів виготовлялися на кремнієвих епітаксійних плівках за стандартною планарно-епітаксійною технологією. Температура процесу окислення 1050°C . Після проведення окислення пластини відпалювали в атмосфері аргону при температурі процесу окислення. Якість отриманих захисних плівок оцінювалася за величиною і стабільністю сумарного заряду в них, а також за

результатами контролю готових діодних структур по зворотному струму на установці типу "Зонд" (критерій придатності: $I_{зв} < 0,3 \text{ мкА}$ при $U_{зв}=35 \text{ В}$). Для визначення величини сумарного заряду оксиду і його стабільності використовувалися вольт-фарадні характеристики (ВФХ), виміряні на виготовлених МОН-структурах $\text{Al-SiO}_2\text{-Si}$ (рис.2).

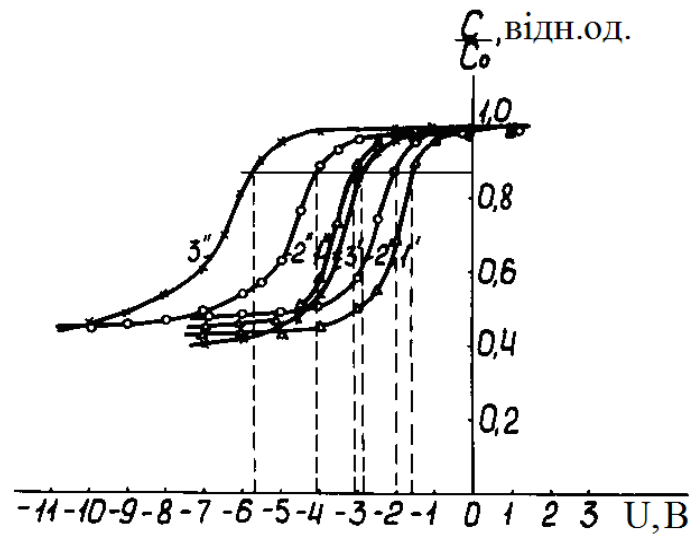


Рис. 3. C-U – характеристики МОН-структур: 1', 2', 3' – після відпалу в середовищі аргону; 1'', 2'', 3'' – після термопольової обробки

Стабільність заряду в оксиді оцінювали, здійснивши термопольову обробку досліджуваних МОН-структур ($T=1050^\circ\text{C}$, $U_{зм}=30 \text{ В}$, $t=1 \text{ час}$) і оцінивши величину зрушення ВФХ в порівнянні з початковою (рис.3). Порівняльні параметри кожного з досліджуваних методів окислення, одержані після проведення експериментальних партій, наведені в табл. 2 і 3.

Відпал кремнієвих структур в середовищі аргону, який проводиться після завершення процесу окислення, призводить до зрушення вольт-фарадних характеристик МОН-структур управо (рис.2). Це свідчить про зменшення сумарного позитивного заряду на межі розділу Si-SiO_2 . Причому найбільше зрушення ВФХ спостерігається для МОН-структур, виготовлених з використанням гідротермального окислення, що можна пояснити за допомогою моделі аутодифузії натрію і інших швидкодифундуючих домішок з оксиду при високотемпературних термообробках. Згідно цієї моделі ефективність видалення швидкодифундуючих домішок шляхом дифузії з оксиду в газову фазу в процесі високотемпературних обробок в інертному середовищі залежить від концентрації силанольних OH -груп, наявних в оксиді. У плівці двоокису кремнію, отриманого за допомогою гідротермального окислення, концентрація OH -груп найбільш висока в порівнянні з плівками, отриманими іншими досліджуваними методами, що і забезпечує найбільш глибоке очищення оксиду від домішок.

Термопольова обробка МОН-структур викликає зрушення ВФХ вліво (рис.3), що вказує на збільшення сумарного позитивного заряду в окисній плівці. Найменший дрейф заряду в гідротермальному оксиді після термопольової обробки (рис.3) автори пояснюють кращим очищенням оксиду від швидкодифундуючих домішок в процесі високотемпературного відпалу в середовищі аргону [11].

Таким чином, оптимальним можна рахувати метод гідротермального окислення з подальшим відпалом в середовищі аргону, що дозволяє отримувати окисні плівки з низькими значеннями сумарного заряду і хорошою його стабільністю, що забезпечує значне підвищення відсотка виходу придатних діодних структур за рахунок зменшення рівня їх зворотних струмів (табл. 2, 3).

В роботі [12] досліджувався вплив охоронних кілець і поверхневого заряду на межі розділу Si-SiO_2 на значення пробивної напруги р-п переходу затворної області транзистора. Охоронні кільця формувалися дифузією бору з подальшою розгонкою домішки. Наявність поверхневого заряду призводить до збільшення концентрації домішки в приповерхневому шарі, через що ширина збідненої області поблизу поверхні відрізняється від ширини ОПЗ в об'ємі епітаксійного шару. Напруженість поля збільшується зі збільшенням концентрації домішки в приповерхневому шарі. Автор показав, що за рахунок використання охоронних кілець можна суттєво понизити значення напруженості на поверхні напівпровідника. Це дає можливість значно підвищити напругу пробою р-п переходу затворної області транзистора.

Таблиця 2

Залежність “зарядових” характеристик оксиду від методу його одержання

Метод окислення	Номер експериментальної партії	$Q_{ss} \cdot 10^{-10}$, Кл	$N_{ss} \cdot 10^{11}$, см ⁻²
Гідротермальне окислення	1	2,80	1,75
	2	2,25	1,41
	3	3,20	2,00
Окислення по циклу С-В-С кисень	4	6,20	3,88
	5	5,10	3,19
	6	5,55	3,47
Окислення з використанням в якості джерела пари водяного розчину HCl	7	3,21	2,01
	8	3,20	2,00
	9	2,79	1,74

Примітка: Q_{ss} і N_{ss} - сумарний заряд і щільність поверхневих станів на межі розділу Si - SiO₂; $N_{ss} = Q_{ss}/qS$, де q- заряд електрона; S - площа металевого контакту структури Al-SiO₂-Si.

Таблиця 3

Вплив різних методів термічного окислення на зворотні струми діодних структур

Метод окислення	Вихід придатних діодних структур, %
Гідротермальне окислення	75
Окислення по циклу С-В-С кисень	68
Окислення з використанням в якості джерела пари водяного розчину HCl	63

З метою поліпшення стану поверхні структур діодів Шотткі і зменшення рівня їх зворотних струмів було запропоновано використовувати гетерування за допомогою проведення дифузії бору в робочу сторону структур після формування захисного шару SiO₂ [13]. Структури діода були виготовлені за ізопланарною технологією. На рис. 4 приведений скорочений технологічний маршрут виготовлення діодних структур з використанням дифузії бору, яка проявляє гетеруючу властивість. На кремнієву епітаксійну плівку 1 n-типу провідності завтовшки 3мкм і питомим опором 0,6 Ом·см, осаджену на n⁺-підкладку 2, після стандартної хімічної обробки послідовно наносять шари нітриду 3 і двооксиду кремнію 4 (рис.4). Методами фотолітографії формують меза-структури.

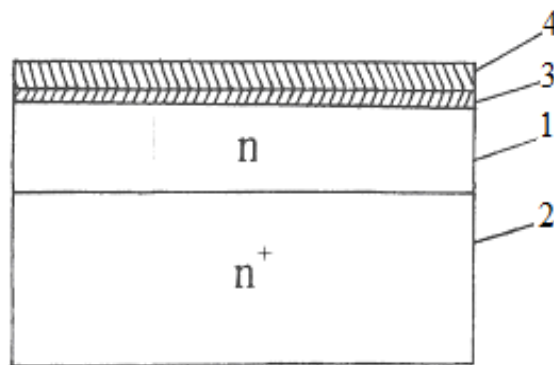


Рис. 4. Кремнієва епітаксійна структура після осадження шарів нітриду кремнію і двооксиду кремнію

Окислення меза - структур проводилося при температурі 1050°С. Товщина захисного шару двооксиду кремнію 5 складала 0,7 мкм. Потім проводиться дифузія бору в робочу сторону пластини методом відкритої труби з джерела В₂О₃ при температурі 950°С упродовж 30 хв в суміші аргону (100л/г) і сухого кисню (4л/г). При цьому на поверхні захисного шару двооксиду кремнію утворюється плівка боросилікатного скла 6 (рис.5).

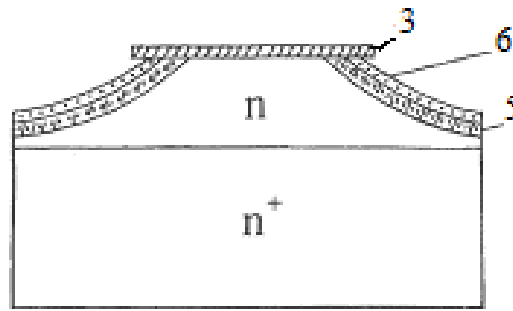


Рис. 5. Кремнієва меза-структура після проведення гетеризації дифузії бору

Видалення нітриду кремнію 3 з контактних вікон проводиться в киплячій ортофосфорній кислоті. Після хімічної обробки на робочу сторону пластин методом вакуумного термічного випару осаджують шар нікелю 7, завтовшки 0,3 мкм і проводять методами фотолітографії формування випрямляючих контактів діаметром 60 мкм. Пластини з сформованими діодними структурами шліфуються з боку підкладки, проводиться формування омичного контакту шляхом послідовного нанесення на зворотну сторону пластин шарів титану 8, нікелю 9 (методом вакуумного термічного випару) і золота 10 (методом гальванічного осадження) (рис.6).

Використання розробленої технології дало можливість підвищити вихід придатних діодних структур по зворотному струму (в середньому на 8%). Позитивну дію дифузії бору автори [13] пояснюють таким чином. В процесі проведення дифузії бору на поверхні захисної плівки SiO_2 формується шар боросилікатного скла, який проявляє гетеруючу дію по відношенню до домішкових забруднень, які зазвичай потрапляють у вирощуваний при термічному окисненні шар SiO_2 із стінок кварцевої труби і окислювального середовища. За рахунок гетеризації дії шару боросилікатного скла в процесі дифузії здійснюється глибоке очищення захисного оксиду і межі розділу Si - SiO_2 від сторонніх домішок, що дозволяє значно зменшити зворотні струми діодних структур і, отже, підвищити вихід придатних діодів.

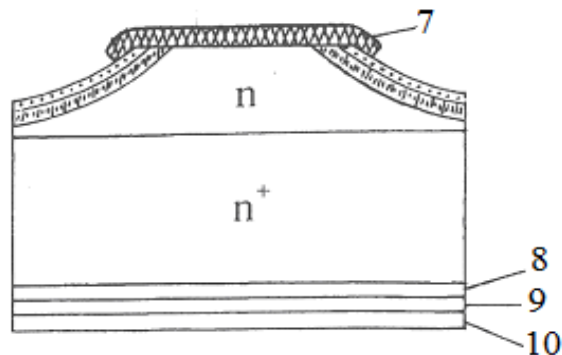


Рис. 6. Діодна структура після формування омичного контакту на зворотній стороні пластини

Авторами роботи [14] досліджувався вплив процесу гетерування кремнієвих пластин на властивості двоокису кремнію, отриманого шляхом термічного окислення, і на межу розділу Si - SiO_2 . Гетеруючий шар створювався шляхом обробки неробочої сторони кремнієвої пластини безперервним лазерним випромінюванням з щільністю потужності $E_{m0} = 5,5 \cdot 10^5 \text{ Вт/см}^2$, кроком і швидкістю сканування $H = 250 \text{ мкм}$ і $V = 60 \text{ см/с}$ відповідно. Діелектричні плівки отримували в результаті термічного окислення кремнію в середовищі сухого кисню. Про поліпшення властивостей діелектричних плівок, вирощених на пластинах, на яких проводилось гетерування, свідчать результати електронно-мікроскопічних досліджень на просвіт плівок завтовшки 20 нм, які вказують на однорідність їх структури. Про вплив гетерування судили за результатами контролю параметрів тестових МОН-конденсаторів з розвиненим рельєфом, зокрема струму витоку при напрузі на затворі $U = 5 \text{ В}$ і пробивної напруги. Тестовий конденсатор вважався придатним, якщо величина струму витоку для нього складала менше 10^{-10} А . Збільшення виходу придатних конденсаторів з 55 до 80 % і величини пробивної напруги з 10...17 В до 13...20 В, тобто у 1,3 рази говорить про перевагу пластин, що пройшли лазерне гетерування. З використанням таких пластин були виготовлені МОН СБІС. Проведені авторами

дослідження показали, що лазерна обробка неробочої сторони кремнієвих пластин перед термічним окисленням при температурі, що перевищує температуру подальших тривалих високотемпературних процесів, дозволяє в 2 рази понизити щільність заряду, в 1,8 разу - щільність поверхневих станів на межі розділу кремній - двоокис кремнію, а також надійність роботи МОН СБІС. Вирощені на таких пластинах плівки двоокису кремнію мали поліпшену структуру, більш високу стабільність заряду і високоякісну межу розділу.

Серед методів гетерування швидкокристалізуючих домішок особливе місце займають низькотемпературні методи. Більшість відомих технологічних прийомів гетерування небажаних домішок здійснюються з використанням високотемпературного відпалу ($T \geq 800^\circ\text{C}$). Проте, високотемпературний відпал небажаний для багатьох типів напівпровідникових приладів, оскільки призводить до деградації їх характеристик. Прикладами таких приладів можуть служити варикапи із зворотним градієнтом концентрації домішки в базі і НВЧ - діоди. У зв'язку з цим виникла необхідність проведення досліджень по розробці низькотемпературних методів гетерування небажаних домішок без використання високотемпературного відпалу. Одним з таких напрямів є використання плівок халькогенідних стекол для низькотемпературного гетерування [15, 16]. Як показали дослідження, аморфні плівки халькогенідних стекол володіють гетеруючою дією по відношенню до різного роду небажаних домішок на поверхні структур напівпровідникових приладів.

В результаті виконаних авторами [15] комплексних досліджень встановлено, що застосування гетерування за допомогою аморфної плівки скла $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ перед відпалом плівки алюмінію дає можливість значно підвищити відсоток виходу придатних варикапних структур. В якості початкового матеріалу для виготовлення варикапів використовувалися леговані фосфором кремнієві епітаксійні шари з питомим опором $1,2 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ і завтовшки $5,5 \text{ мкм}$, вирощені на низькоомних підкладках n-типу. Структури варикапів виготовлялися за планарно-епітаксійною технологією. Р - n перехід створювався дифузією бору. Гетерування здійснювалося таким чином. На робочу сторону кремнієвих пластин методом термічного випару у вакуумі осаджувалася аморфна плівка скла завтовшки $0,4\text{-}0,5 \text{ мкм}$ при температурі підкладки 27°C , проводився відпал структур при 300°C , у процесі якого рухливі іони лужних металів "поглинаються" плівкою скла. Після цього плівка скла видалялася з поверхні пластин в травнику. Окрім аморфної плівки скла $\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$ ефективними для гетерування домішок виявилися також плівки халькогенідних стекол $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ і $\text{As}_{50}\text{Se}_{50}$. Ефективність гетерування оцінювалася по результатам контролю готових варикапних структур по зворотному струму (критерій придатності: $I_{\text{зв}} \leq 0,3 \text{ мкА}$ при $U_{\text{зв}} = 30 \text{ В}$). У табл. 4 приведені результати контролю варикапних структур по зворотному струму. Видно, що гетерування плівкою скла дає можливість підвищити вихід придатних варикапних структур. Варикапні структури, виготовлені з використанням гетерування плівками халькогенідних стекол, мали рівні зворотних струмів в 3-10 разів нижчі у порівнянні із структурами, при виготовленні яких гетерування не застосовувалося.

Таблиця 4

Вплив гетерування плівками халькогенідних стекол різних складів на зворотні струми варикапних структур

Склад плівок, які використовувались для гетерування	Вихід придатних варикапних структур, %
$\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$	71,5
$\text{Ge}_{28}\text{Sb}_{12}\text{Se}_{60}$	70,3
$\text{As}_{50}\text{Se}_{50}$	68,6

Примітка. На варикапних структурах, виготовлених без застосування гетерування, вихід придатних склав 66,5 %.

На рис. 7 показані зворотні гілки ВАХ варикапних структур, виготовлених на частинах однієї пластини: з використанням гетерування плівкою скла $\text{Ge}_{33}\text{As}_{12}\text{Se}_{55}$ (крива 1) і без гетерування (крива 2). Видно, що використання гетерування дає можливість значно зменшити рівень зворотних струмів варикапу.

Було проведено опробування використання плівок халькогенідних стекол для підвищення надійності планарних і меза-планарних діодів [16]. Планарні діоди виготовлялись на легованих фосфором кремнієвих епітаксійних шарах товщиною 6 мкм і питомим опором $0,3 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ за стандартною планарно-епітаксійною технологією. Для захисту р-n переходу використовувалася плівка двоокису кремнію товщиною $0,8 \text{ мкм}$, одержана методом термічного окислення. Для виготовлення меза-діодів використовувалися леговані фосфором кремнієві епітаксійні шари n - типу провідності з питомим опором $30 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ і завтовшки $6,5 \text{ мкм}$. Застосовувалася стандартна меза-планарно-епітаксійна технологія. Меза-структури захищали плівкою SiO_2 товщиною $0,6\text{-}0,7 \text{ мкм}$, яку одержували високочастотним плазмовим розпиленням. Перед розділом пластин зі сформованими діодними структурами на кристали поверх захисної плівки SiO_2 наносилася методом лазерного випару аморфна плівка скла товщиною $0,5\text{-}0,7 \text{ мкм}$. Температура підкладки при напilenні була 27°C . За допомогою фотолітографії в захисному шарі скла розкривалися вікна для приєднання виведень до кристалу. Для поліпшення адгезії плівки халькогенідного скла до шару SiO_2 і проявлення нею гетеруючих властивостей після розкриття вікон проводився відпал діодних структур при температурі 290°C . Після цього планарні діоди складали в скляні, а меза-діоди в металокерамічні

корпуси. Діоди випробовувалися в камері вологи при температурі 40°C і відносній вологості 98% впродовж 480 г. Після випробувань проводився контроль діодів по зворотному струму (критерій придатності: $I_{зв} \leq 0,02$ мкА при $U_{зв} = 12$ В для планарних і $I_{зв} \leq 0,10$ мкА при $U_{зв} = 40$ В для меза-діодів).

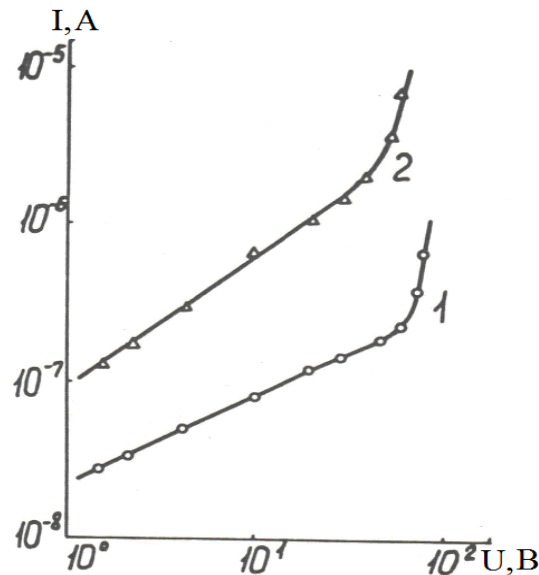


Рис. 7. Зворотні гілки ВАХ варикапних структур: виготовленої із застосуванням гетерування плівкою халькогенідного скла (крива 1) і без застосування гетерування (крива 2)

В результаті проведеного контролю планарних і меза-планарних діодів по рівню зворотного струму після випробувань на вологостійкість виявилось, що діоди додатково захищені плівкою халькогенідного скла мають вихід придатних на 6-8% вищий у порівнянні з приладами, захищеними тільки плівкою SiO_2 . Випробування діодів на надійність (випривка під електричним навантаженням впродовж 500 год.) показали зниження на 4-6 % кількостей деградуючих в процесі випробувань приладів за рахунок використання додаткового захисту р - n переходу плівкою халькогенідного скла.

Висновки

Таким чином, проведений огляд і аналіз впливу поверхні на зворотні характеристики р - n структур і застосуванням методам запобігання цього впливу свідчить про необхідність використання додаткових технологічних способів обробки поверхні напівпровідникових структур, в тому числі і методів гетерування, у виробництві напівпровідникових приладів і інтегральних схем. Застосування методів покращання стану поверхні структур напівпровідникових приладів в серійному виробництві дає можливість істотно поліпшити функціональні характеристики напівпровідникових приладів і інтегральних схем і підвищити їх надійність.

Список використаної літератури

1. Золочевский Ю.Б., Романов В.П., Соколов А.Ю. Исследование нейтрализации заряда подвижных ионов в области межфазовой границы диоксид кремния – кремний структуры $\text{Mo} - \text{SiO}_2 - \text{Si}$ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 6-4. – С. 651-656;
2. Кулинич О.А. Изучение макродефектов в кремнии современными методами исследований / О.А. Кулинич, М.А. Глауберман // 2-я УНКФП: укр. научн. конфер. по физ.полупров., 2004 г.: тезисы докл. - Черновцы, 2004. - С. 390.
3. Смынтина В.А. Влияние дефектов исходного кремния на процессы дефектообразования в диоксидах кремния / В.А. Смынтина, О.А. Кулинич, М.А. Глауберман и др. // СВЧ - техника и микроволновые технологии: 16-я Международная Крымская микроволновая конференция, 2006 г.: труды конфер. - Севастополь, 2006. - С. 608 – 609.
4. Григорьян В., Горюнов Н., Маняхин Ф. Исследование качества полупроводниковых структур методом фотоответного изображения. –Технология электронной промышленности. - №1, 2005. – С. 72-75.
5. Парчинский П.Б. Исследование медленнорелаксирующего заряда в пассивирующих покрытиях на основе свинцово-боросиликатных стекол методом изотермической релаксации емкости / П.Б. Парчинский, С.И. Власов, А.А. Насиров // Письма в ЖТФ, 2001, том 27, вып. 18. – С. 65-70.

6. Горшков А.П. Физика поверхности полупроводников: Учебное пособие / А.П. Горшков, С.В. Тихов. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. – 101с.
7. Ахмаева А.Р. Исследование взаимосвязи конструкции и технологии изготовления полупроводниковых приборов с пробивным напряжением / А.Р. Ахмаева // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - № 1 (28), 2013. – С. 26-31.
8. Шангереева Б.А. Способ очистки поверхности кремниевых пластин для изготовления мощных транзисторов / Б.А. Шангереева, А.И. Муртазалиев, Ю.П. Шангереев // Международный научный журнал «Инновационная наука». - №11, 2015. – С. 133-135.
9. Литвиненко В.Н. Исследование влияния химической обработки поверхности кремниевых диодных структур на их обратные токи / В.Н. Литвиненко, Г.Г. Дощенко, А.В. Короленко // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2011». – Выпуск 4. Том 9. – Одесса: Черноморье, 2011. – С. 9-11.
10. Литвиненко В.Н. Повышение надежности диодов Шоттки / В.Н. Литвиненко // Вестник ХНТУ. – № 3 (29), г. Херсон, 2007. - С. 313-315.
11. Литвиненко В.Н. Оптимизация технологии получения защитного окисла для кремниевых р-п структур / В.Н. Литвиненко, А.Д. Кучерук, Н.В. Богач, А.В. Салатенко // Вестник ХГТУ № 1(3), г. Херсон, 1998. – С. 83- 85.
12. Шахмаева А.Р. Конструктивно-технологические методы улучшения параметров полупроводниковых приборов / А.Р. Шахмаева, П.Р. Захарова // Вестник СГТУ, 2012. - №1(63), Выпуск 1. – с. 36-40.
13. Литвиненко В.Н. Оптимизация технологии изготовления кремниевого диода с барьером Шоттки / В.Н. Литвиненко, А.В. Короленко, Самойлов Н.А., Журба А.М. // Вестник ХНТУ № 3 (32), г. Херсон, 2007 р.- С.94-96.
14. Пилипенко В.А. Влияние лазерного геттерирования кремниевых пластин на свойства границы раздела Si – SiO₂ / В.А. Пилипенко, Д.В. Вечер, В.В. Понарядов, В.А. Горушко, В.С. Сякерский, Т.В. Петлицкая // Вестник БГУ. Сер. I.- №1, 2008. – С. 23-25.
15. Литвиненко В.М. Вплив технологічних факторів на зворотні струми кремнієвих діодів / В.М. Литвиненко, М.В. Богач. - Херсон: вид-во ПП Вишемирський В.С., 2017.-156с. Монографія. ISBN 978-617-7273-51-5.
16. Литвиненко В.Н. Улучшение обратных характеристик кремниевых диодов при использовании пленок халькогенидных стекол / В.Н. Литвиненко, Н.И. Довгошей, М.М. Дизенгоф, Н.Я. Золотун// Электронная техника. Сер. 8. Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания. – Вып. 2(134), 1989. - С. 68-70.

УДК 667.64:678.026

О.О. САПРОНОВ, О.В. ЛЕЩЕНКО

Херсонська державна морська академія

ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРСНИХ ДОБАВОК ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

Досліджено вплив наповнювачів, які є відходами від промисловості на теплофізичні властивості композитних матеріалів і захисних покриттів на їх основі. Для формування композитних матеріалів використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20, який характеризується високою адгезійною та когезійною міцністю, незначною усадкою і технологічністю при нанесенні на поверхні технологічного устаткування. Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін ПЕПА, що дозволяє затверджувати матеріали при кімнатних температурах. Вибір дисперсних наповнювачів обумовлений наявністю на їх поверхні пор і тріщин, що викликає науковий і практичний інтерес при використанні їх як добавок у епоксидному олігомері. На основі проведених експериментальних результатів дослідження встановлено, що для формування покриттів з підвищеними показниками теплостійкості необхідно вводити частки гранульованого шлаку або окалини за вмісту $q = 60...80$ мас.ч. на 100 мас.ч. олігомеру ЕД-20 і 10 мас.ч. твердника ПЕПА, позаяк теплостійкість за Мартенсом таких матеріалів становить – $T = 367...368$ К.

Ключові слова: гранульований шлак, окалина, епоксидний композит, теплостійкість

А.А. САПРОНОВ, А.В. ЛЕЩЕНКО

Херсонская государственная морская академия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСПЕРСНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Исследовано влияние наполнителей, которые являются отходами от промышленности на теплофизические свойства композитных материалов и защитных покрытий на их основе. Для формирования композитных материалов использовано эпоксидный диановый олигомер марки ЭД-20, который характеризуется высокой адгезионной и когезионной прочностью, незначительной усадкой и технологичностью при нанесении на поверхности технологического оборудования. Для сшивания эпоксидных композиций использовано отвердитель полиэтиленполиамин ПЕПА, что позволяет отверждать материалы при комнатных температурах. Выбор дисперсных наполнителей обусловлен наличием на их поверхности пор и трещин, что вызывает научный и практический интерес при использовании их в качестве добавок для эпоксидного олигомера. На основе проведенных экспериментальных результатов исследования установлено, что для формирования покрытий с повышенными показателями теплостойкости необходимо вводить доли гранулированного шлака или окалины при содержании $q = 60...80$ мас.ч. на 100 мас.ч. олигомеры ЭД-20 и 10 мас.ч. отвердителя ПЕПА, по сколько теплостойкость по Мартенсу таких материалов составляет – $T = 367...368$ К.

Ключевые слова: гранулированный шлак, окалина, эпоксидный композит, теплостойкость

А.А. SAPRONOV, A. V. LESHCHENKO

Kherson state Maritime Academy

USE OF DISPERSIVE ADDITIVES TO ENHANCE THERMAL PHYSICAL PROPERTIES OF POLYMERIC PROTECTIVE COATINGS

The influence of fillers, which are waste from industry on thermophysical properties of composite materials and protective coatings on their basis, is investigated. For the formation of composite materials, an epoxy dyanoic oligomer of the mark ED-20 was used, which is characterized by high adhesion and cohesive strength, slight shrinkage and technological efficiency when applied on the surface of the technological equipment. For crosslinking of epoxy compositions, polyethylenepolyamine PEPA has been used, which allows to assert materials at room temperatures. The choice of dispersed fillers is due to the presence of pores and cracks on their surfaces, which causes scientific and practical interest when used as additives in an epoxy oligomer. Based on the experimental results of the study, it was found that for the formation of coatings with increased heat resistance, particles of granular slag or scale should be introduced at a content of $q = 60...80$ pts. wt. per 100 pts. wt. of ED-20 oligomer and 10 pts. wt. of the PEPA hardener, because the heat resistance of Martens for such materials is – $T = 367...368$ K.

Keywords: granulated slag, scale, epoxy composite, heat resistance.

Постановка проблеми

На сьогодні епоксидні діанові олігомери є одними із розповсюджених зв'язувачів, які використовують для формування захисних покриттів функціонального призначення. Загальновідомо [1-4], що їх використання обумовлено високою адгезійною міцністю до основи (метал, дерево, скло), незначною усадкою, навіть при високому відсотковому вмісті наповнювачів, широким діапазоном температур при яких відбувається процес полімеризації та рядом інших переваг. Водночас відомо [1-6], що властивості епоксидних композитів змінюються із зростанням температури. Тому, значної уваги приділяють дослідженню теплофізичних властивостей полімерів наповнених добавками різної фізико-хімічної природи та дисперсності. Безумовно, з розвитком нанотехнологій виникає можливість підвищувати властивості полімерних матеріалів за незначного вмісту нанодобавок, що пов'язано із високою активністю поверхні, обумовлену високою питомою площею (що коливається в межах від $100 \text{ м}^2/\text{г}$ до $2000 \text{ м}^2/\text{г}$), та активних груп на поверхні добавок. Слід зазначити, що важливим є не тільки активність наповнювача до зв'язувача, але і його вартість та наявність їх на території України. Тому, не втрачає своєї актуальності наповнення полімерних систем дешевими дисперсними добавками. При цьому значний інтерес становить використання наповнювачів, які є відходами від промисловості. Застосування такого підходу дозволяє не лише зменшити вартість кінцевих виробів (захисних покриттів), але й утилізувати відходи від промисловості, що дозволяє забезпечити екологічну стабільність промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Значний науковий і практичний досвід по розробці і дослідженні властивостей композитних матеріалів і покриттів на їх основі висвітлено у працях авторів [1-9]. Аналіз даних праць дозволяє констатувати, що одним із ефективних способів захисту поверхонь, деталей, механізмів технологічного устаткування від впливу зовнішніх факторів (агресивне середовище, перемінні температури, статичні і динамічні навантаження) є застосування захисних покриттів. Водночас, при експлуатації системи «захисне покриття – металева основа» необхідно забезпечувати стійкість розроблених матеріалів до впливу температурного фактору. Тому, раціональне співвідношення компонентів при формуванні захисних покриттів дозволить експлуатувати розроблені матеріали із врахуванням діапазону температур. Враховуючи вище наведене розробка і дослідження нових матеріалів із високими показниками теплофізичних властивостей є актуальним завданням сучасного полімерного матеріалознавства.

Формулювання мети дослідження

Дослідити вплив вмісту дисперсних добавок на теплофізичні властивості епоксидних композитних матеріалів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Основним компонентом для зв'язувача при формуванні КМ вибрано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), який характеризується комплексом покращених властивостей порівняно з іншими відомими реактопластами, а саме: високою міцністю адгезійних з'єднань до металевої основи, можливістю затверджування при низьких температурах, малою усадкою, відсутністю виділення летких речовин при формуванні у вироби, технологічністю при нанесенні на деталі зі складним профілем поверхні, розвиненою сировинною базою.

Для зшивання епоксидних композицій використовували твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78), який дозволяє зшивати матеріали при кімнатних температурах. Відомо, що ПЕПА є низькомолекулярною речовиною, яка складається з таких структурних мономерних ланок: $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-]_n$. Різні стадії зшивання моделювали і досліджували при введенні твердника у композицію за стехіометричного співвідношення компонентів (10 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20).

Як наповнювач використовували відходи від виробництва, а саме: частки гранульованого шлаку і окалини.

Частки гранульованого шлаку (ГШ). ГШ характеризується наступним складом, %: SiO_2 – 38,67; Al_2O_3 – 5,90; Fe_2O_3 – 0,08; FeO – 0,43; MgO – 6,70; MnO – 0,69; CaO – 44,96; S – 1,50; Fe – 0,39. Зернистість часток становить $d = 70 \dots 80 \text{ мкм}$.

Частки гранульованого окалини (ОК). ОК характеризується наступним складом, %: SiO_2 – 0,803; Al_2O_3 – 0,36; Fe_2O_3 – 32,57; FeO – 64,85; MgO – 0,03; MnO – 0,44; CaO – 0,21; S – 0,031. Залізна окалина є відходом виробництва, що утворюється внаслідок прокату смуг металу з наступним охолодженням. Зернистість часток становить $d = 60 \dots 63 \text{ мкм}$.

Наповнений дисперсними частками епоксидний композит, формували за такою технологією: попереднє дозування епоксидної діанової смоли ЕД-20, підігрівання смоли до температури $T = (353 \pm 2) \text{ К}$ і її витримка при цій температурі впродовж часу $\tau = (20 \pm 0,1) \text{ хв}$; дозування наповнювача і подальше його введення в епоксидний зв'язувач; гідродинамічне поєднання олігомеру ЕД-20 і наповнювача впродовж часу $\tau = (1 \pm 0,1) \text{ хв}$; ультразвукова обробка композиції впродовж часу $\tau = (1,5 \pm 0,1) \text{ хв}$; охолодження композиції до кімнатної температури впродовж часу $\tau = (60 \pm 5) \text{ хв}$; введення твердника ПЕПА і перемішування композиції впродовж часу $\tau = (5 \pm 0,1) \text{ хв}$. Потім проводили

полімеризацію КМ за експериментально встановленим режимом: формування зразків і їх витримка впродовж часу $\tau = (12,0 \pm 0,1)$ год за температури $T = (293 \pm 2)$ К, нагрівання зі швидкістю $v = 3$ К/хв до температури $T = (393 \pm 2)$ К, витримка КМ впродовж часу $\tau = (2,0 \pm 0,05)$ год, повільне охолодження до температури $T = (293 \pm 2)$ К. З метою стабілізації структурних процесів перед проведенням випробувань зразки з КМ витримували впродовж $\tau = 24$ год на повітрі за температури $T = (293 \pm 2)$ К.

Теплостійкість (за Мартенсом) КМ визначали згідно з ГОСТ 21341-75. Методика дослідження полягає у визначенні температури, при якій досліджуваний зразок нагрівали зі швидкістю $v = 3$ К/хв під дією постійного згинаючого навантаження $F = 5 \pm 0,5$ МПа, внаслідок чого він деформується на задану величину ($h = 6$ мм).

Попередньо досліджували вплив часток ГШ на теплофізичні властивості КМ. Вміст наповнювача змінювали у межах $q = 10 \dots 100$ мас.ч. Вибір даних наповнювачів обумовлений процесом одержання, що дозволяє отримувати вихідні матеріали із поверхнею, що містить пори і тріщини. Тобто, такі добавки можуть взаємодіяти із епоксидним олігомером не лише за рахунок хімічної взаємодії, але й механічної, за рахунок топологічної неоднорідності їх поверхні.

Теплостійкість за Мартенсом епоксидної матриці становить $T = 341$ К, що добре узгоджується із результатами дослідження висвітлених у працях [1-4, 9]. Експериментально доведено (рис. 1), що введення часток ГШ за вмісту $q = 10 \dots 20$ мас.ч. (тут і далі за текстом вміст дисперсних часток наведено у мас.ч. на 100 мас.ч. олігомеру ЕД-20) забезпечує підвищення теплостійкості КМ відносно матриці на $\Delta T = 17$ К ($T = 343 \dots 358$ К). Можна припустити, що під впливом ультразвукового диспергування відбувається рівномірний розподіл дрібнодисперсних часток наповнювача за об'ємом з утворенням вільних радикалів у епоксидному олігомері, що забезпечує зростання теплостійкості порівняно з епоксидною матрицею.

При введенні часток ГШ за вмісту $q = 40$ мас.ч. спостерігали подальше зростання теплостійкості композитного матеріалу. Введення дисперсного наповнювача ГШ за вмісту $q = 60 \dots 80$ мас.ч. сприяє утворенню максимуму на кривій залежності теплостійкості від вмісту наповнювача ($T = 367$ К). Можна припустити, що оптимальний вміст добавки зумовлює перебіг фізико-хімічних процесів взаємодії активних центрів часток наповнювача із макромолекулами та сегментами епоксидного зв'язувача. Додатково зростає густина просторової сітки композиції, за рахунок чого відбувається максимальне ущільнення полімеру і відповідно обмежується рухливість молекул основного ланцюга. Тобто, такі полімери за рахунок введення значної кількості дисперсного наповнювача характеризуються значною жорсткістю і пружністю. При цьому забезпечення вищенаведеного дозволяє підвищити теплостійкість за Мартенсом (порівняно із епоксидною матрицею) на $\Delta T = 26$ К.

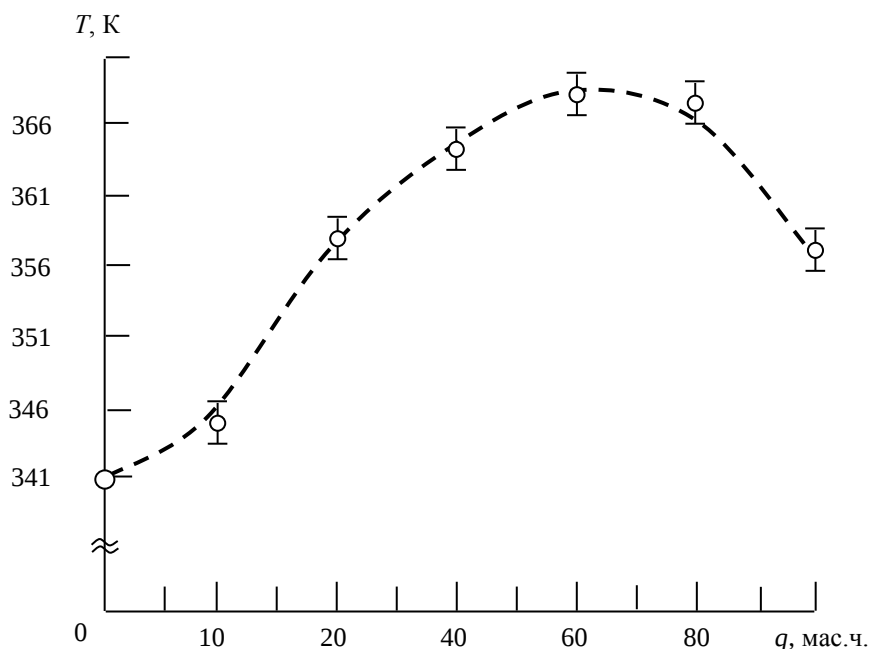


Рис. 1. Залежність теплостійкості за Мартенсом (T) від вмісту гранульованого шлаку

Додатково встановлено, що введення дисперсних часток ГШ за вмісту понад $q = 80$ мас.ч. не є раціональним, позаяк спостерігали утворення агломератів, які призводять до погіршення теплофізичних

властивостей за рахунок зменшення ступеня змочування дисперсного наповнювача олігомером та виникнення у зв'язку з цим структурної неоднорідності матеріалу.

Паралельно проводили дослідження теплофізичних властивостей КМ з наповнювачем ОК для визначення оптимального вмісту добавки у епоксидному зв'язувачі. Експериментально встановлено (рис. 2), що введення часток ОК за вмісту $q = 10 \dots 20$ мас.ч. забезпечує монотонне підвищення теплостійкості КМ на $\Delta T = 20$ К (відносно матриці). При порівнянні характеру зростання теплостійкості за Мартенсом КМ наповненого частками ГШ і ОК можна стверджувати, що незначна різниця ($\Delta T = 3$ К) досліджуваної властивості може опосередковано вказувати на різну активність часток наповнювача. Тому, актуальним є більш детальний аналіз поверхні часток із використанням сучасних методів дослідження (ІК-, ЕПР-спектральний аналіз), який заплановано провести у майбутньому.

Введення часток ОК за вмісту $q = 40 \dots 60$ мас.ч. забезпечує зростання теплостійкості за Мартенсом до $T = 362$ К. Вважали, що зростання теплостійкості свідчить про блокування рухливості кінетичних елементів полімеру в умовах впливу температури. Надалі введення часток ОК у зв'язувач в кількості $q = 80$ мас.ч. забезпечує додаткове збільшення показників теплостійкості КМ відносно епоксидної матриці. Зокрема, максимальне значення теплостійкості за Мартенсом становить $T = 368$ К. Це на $\Delta T = 1$ К є меншим відносно теплостійкості КМ із аналогічним вмістом часток ГШ.

Отже, можна припустити, що механізм підвищення теплостійкості КМ із частками ГШ і ОК обумовлений здебільшого механічним ущільненням полімеру, що приводить до обмеження рухливості молекул основного ланцюга та сегментів епоксидного зв'язувача.

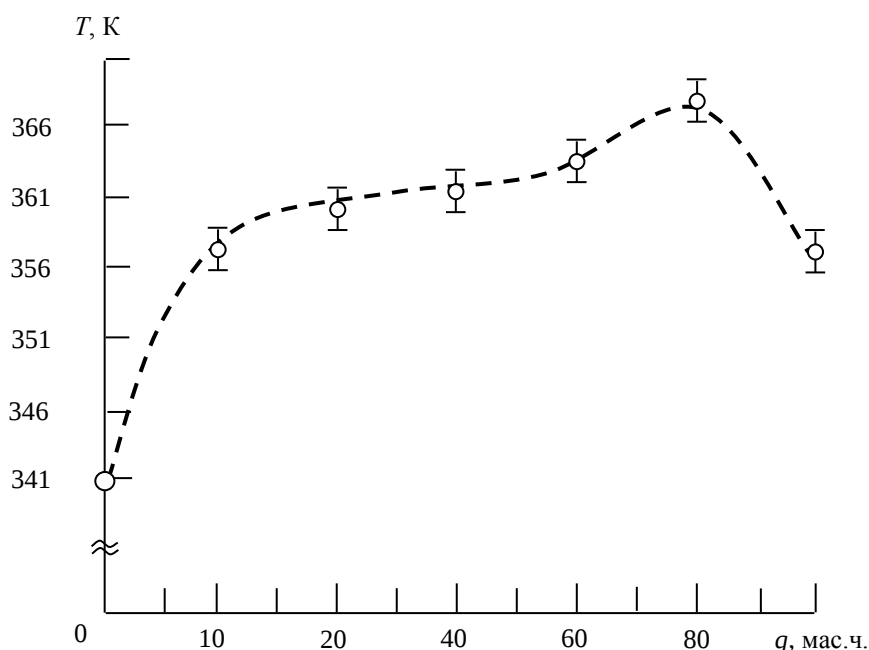


Рис. 2. Залежність теплостійкості за Мартенсом (T) від вмісту окалини

Висновки

У роботі досліджено вплив гранульованого шлаку і окалини на теплофізичні властивості епоксидних композитів. За результатами проведених теплофізичних досліджень епоксидних композитних матеріалів встановлено критичний вміст зернистих наповнювачів (63...80 мкм) для захисних покриттів з поліпшеними теплофізичними властивостями.

Виходячи з результатів дослідження можна констатувати, що для формування покриттів з підвищеними показниками теплостійкості необхідно вводити частки гранульованого шлаку або окалини за вмісту $q = 60 \dots 80$ мас.ч. на 100 мас.ч. олігомеру ЕД-20. Для таких композитних матеріалів теплостійкість за Мартенсом становить – $T = 367 \dots 368$ К.

Список використаної літератури

1. Brooker R.D. The morphology and fracture properties of thermoplastic-toughened epoxy polymers / R.D. Brooker, A.J. Kinloch, A.C. Taylor // *Journal of Adhesion*, vol. 86. - P. 726-741, 2010.
2. Браїло М.В. Дослідження впливу вмісту твердника і температури зшивання на властивості епоксидних зв'язувачі / М.В. Браїло // *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* – 2013. – №2 (65) – С. 3-12.
3. KBrooker R.D. The morphology and fracture properties of thermoplastic-toughened epoxy polymers / R.D. Brooker, A.J. Kinloch, A.C. Taylor // *Journal of Adhesion.* – 2010. V. 86. – P. 726-741.
4. Стухляк П.Д. Структурные уровни разрушения эпоксидных композитных материалов при ударном нагружении / П.Д. Стухляк, А.В. Букетов, С.В. Панин, П.О. Марущак и др. // *Физическая мезомеханика.* – 2014. – Т.17. – №2. – С.65 – 83.
5. Букетов А.В. Оптимізація вмісту і природи інгредієнтів епоксидної матриці за її властивостями / А.В. Букетов, М.В. Браїло // *Вісник ХНТУ.* – 2014. – № 2. – С. 90-99.
6. Розенгарт Ю.И. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование // Ю.И.Розенгарт, Б.И.Якобсон, З. А. Мурадова. К.: Высшая шк., 1988. – 328 с.
7. Букетов А. В. Вплив дрібнодисперсних мінеральних добавок на властивості полімерних композитів / А. В. Букетов, М. В. Браїло // *Вопросы химии и химической технологии.* – 2014. – № 1. – С. 39-43.
8. Sapronov O. O. Features of structural processes in epoxy composites filled with silver carbonate on increase in temperature / O. O. Sapronov, A. V. Buketov, D. O. Zinchenko, V. M. Yatsyuk // *Composites: Mechanics, Computations, Applications. An International Journal* – 2017. – Vol. – 8(1) . – P. 47-65.
9. . Букетов А.В. Епоксидні нанокompозити: монографія / А.В. Букетов, О.О. Сапронов, В.Л. Алексенко. – Херсон : ХДМА, 2015. – 184 с.

ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ І ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 677.027.2

Т.С. АСАУЛЮК, О.Я. СЕМЕШКО, Ю.Г. САРИБЕКОВА

Херсонський національний технічний університет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА БЕЛЕНИЯ ГРУБОГО ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ

В данной работе определены особенности проведения беления модифицированного электроразрядной нелинейной объемной кавитацией грубого шерстяного волокна путем изучения влияния основных параметров процесса на качественные показатели отбеленной шерсти. Установлено, что модифицированное грубое шерстяное волокно в меньшей степени подвергается окислительной деструкции при высоких температурах отбелительной ванны, в отличие от полутонкой шерсти. Доказано, что предварительная электроразрядная обработка грубого шерстяного волокна обуславливает увеличение устойчивости к гидролизу отбеленной шерсти, что будет способствовать повышению эффективности последующего крашения.

Ключевые слова: грубое шерстяное волокно, беление, модификация, электроразрядная обработка, кавитация.

Т.С. АСАУЛЮК, О.Я. СЕМЕШКО, Ю.Г. САРИБЕКОВА

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИБІЛЮВАННЯ ГРУБОГО ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ ОБРОБКИ

В даній роботі визначені особливості проведення вибілювання модифікованого електророзрядною нелінійною об'ємною кавітацією грубого вовняного волокна шляхом дослідження впливу основних параметрів процесу на якісні показники вибіленої вовни. Встановлено, що модифіковане грубе вовняне волокно в меншій мірі піддається окисній деструкції при високих температурах вибільної ванни, на відміну від напівтонкої вовни. Доведено, що попередня електророзрядна обробка грубого вовняного волокна обумовлює збільшення стійкості до гідролізу вибіленої вовни, що буде сприяти підвищенню ефективності подальшого фарбування.

Ключові слова: грубе вовняне волокно, вибілювання, модифікація, електророзрядна обробка, кавітація.

T.S. ASAULYUK, O.J. SEMESHKO, J.G. SARIBEKOVA

Kherson National Technical University

STUDY OF THE PROCESS OF BLEACHING COARSE WOOL FIBER WITH THE USE OF ELECTRICAL DISCHARGE TREATMENT

The features of the bleaching of a coarse wool fiber modified by an electrical discharge nonlinear bulk cavitation by studying the influence of the main process parameters on the quality indicators of bleached wool were determined in this paper. It is established that the modified coarse wool fiber is less exposed to oxidative degradation at high temperatures of the bleaching bath, in contrast to the semi-fine wool. It is proved that preliminary electrical discharge treatment of coarse wool fiber causes an increase in resistance to hydrolysis of bleached wool, which will contribute to an increase in the efficiency of subsequent dyeing.

Keywords: coarse wool fiber, bleaching, modification, electrical discharge treatment, cavitation.

Постановка проблеми

Шерстяное волокно представляет собой природный композиционный материал, который является ценным сырьем для изготовления широкого ассортимента текстильных материалов. В отличие от волокон растительного происхождения, шерсть имеет очень сложную гистологическую структуру и химический состав. Специфические физико-механические свойства шерсти существенно зависят от всех уровней ее структурной организации, а также от морфологии волокна.

На сегодняшний день отечественная шерсть, значительную часть которой составляет грубая, не способна покрыть потребности текстильных предприятий Украины, что приводит к необходимости импортировать дорогостоящее сырье за рубежом.

Изменение физико-механических и химических свойств низкосортного украинского шерстяного сырья с помощью инновационных технологий отделки приведет к снижению пилингуемости, повышению устойчивости к усадке и увеличению крашываемости изготавливаемой шерстяной ткани. Новые методы обработки шерсти позволят решить проблему импортозамещения и выпускать высококачественные шерстяные текстильные материалы различного назначения со сниженной себестоимостью.

Анализ последних исследований и публикаций

В процессе отделки шерсть подвергается воздействию окислителей отбелочной ванны, что приводит к значительному повреждению белковой структуры волокна и впоследствии обуславливает снижение его прочностных свойств, а также повышение свойлачивания. Это негативно сказывается на эффективности дальнейшей переработки отбеленной шерсти и на качестве готовых изделий.

С целью минимизирования негативного воздействия окислителей на шерстяное волокно в настоящее время проводится разработка различных способов интенсификации процесса беления шерсти: биологических, физических и физико-химических [1].

Традиционно беление шерсти осуществляют с применением пероксида водорода в щелочной среде [2, 3]. Анализ научно-исследовательской информации [4–7] показал, что эффективность беления пероксидом водорода может быть повышена в присутствии протеолитических ферментов в отбелочной ванне. Однако применение энзимных технологий в белении шерстяных текстильных материалов имеет строгие ограничения условий проведения процесса, поскольку ферментативная обработка существенно снижает прочностные свойства отбеленной шерсти за счет повреждения кутикулы волокна. К недостаткам применения данных интенсификаторов можно также отнести их высокую стоимость и неуниверсальность.

Известно применение ультразвука в качестве предварительной обработки шерсти перед белением для ускорения гетерогенных процессов в жидкой фазе [8]. Отмечается, что ультразвуковая обработка вызывает некоторое пожелтение шерсти предположительно из-за воздействия гидроксильных радикалов, образующихся под влиянием ультразвуковой кавитации.

Перспективным направлением является разработка совмещенных процессов беления шерсти с различными способами модификации волокна для повышения функциональности и конкурентоспособности выпускаемых отбеленных текстильных материалов [9].

Авторами установлено [10, 11], что применение электроразрядной обработки в качестве способа поверхностной модификации шерстяного волокна способствует повышению его механической прочности и устойчивости к гидролизу вследствие образования новых поперечных связей в кератине. Кроме того, наряду с повышением извитости модифицированное воздействием электроразрядной нелинейной объемной кавитации (ЭРНОК) шерстяное волокно приобретает свойство малосвойлачивания.

На основании полученных экспериментальных данных исследования процесса беления модифицированного полутонкого шерстяного волокна [12] можно заключить, что предварительное применение ЭРНОК позволяет снизить степень повреждения кератина шерсти при высоких температурах отбелочной ванны, а также повысить степень белизны полутонкого шерстяного волокна при низкотемпературных режимах беления.

Установленные факты позволяют предположить, что предварительная электроразрядная обработка грубого шерстяного волокна позволит не только максимально сохранить ценные свойства шерсти в процессе беления, но и получить отбеленный материал высокого качества с улучшенными технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Таким образом, исследования, направленные на разработку технологии беления грубой шерсти с применением ЭРНОК с целью повышения качества готовой продукции и снижения ее себестоимости за счет использования дешевого сырья, являются актуальными.

Формулировка целей исследования

В связи с вышеизложенным, цель данной работы заключалась в исследовании процесса беления модифицированного ЭРНОК грубого шерстяного волокна.

Изложение основного материала исследования

Для оценки влияния предварительной электроразрядной обработки грубого шерстяного волокна на процесс беления было изучено изменение качественных показателей отбеленной грубой шерсти. Критериями оценки качества отбеленного шерстяного материала являются белизна, а также степень повреждения кератина шерсти при белении.

Установлено, що оптимальна продовжителюсть електроразрядной обработки грубого шерстяного волокна, при которой достигается необходимый эффект модификации грубой шерсти, составляет 120 с [13].

Последующее беление грубого шерстяного волокна проводили в интервале температур от 40 до 70°C в течение 120 мин при модуле ванны 1:20 и рН 8–8,5 в растворе следующего состава (г/л): пероксид водорода (30%-ный) – 30; силикат натрия – 3.

Влияние температуры отбельной ванны на степень белизны необработанного грубого шерстяного волокна и волокна, предварительно подвергнутого воздействию ЭРНОК, показано на рис. 1.

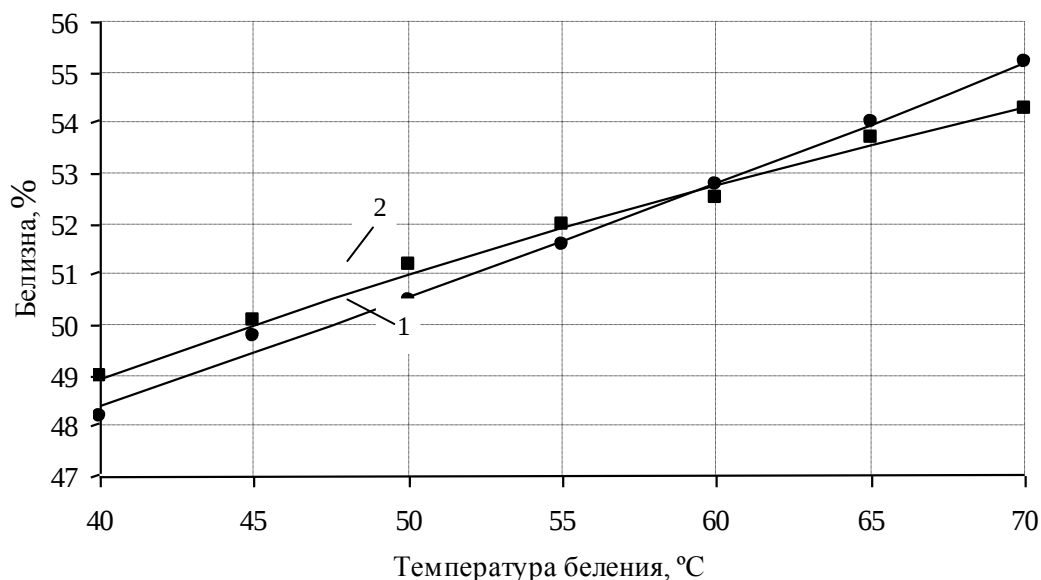


Рис. 1. Влияние температуры беления на степень белизны грубой шерсти:

1 – необработанное волокно: $y = 40,6199e^{0,0044x}$, $S = 0,1791$, $r = 0,9978$;

2 – модифицированное волокно: $y = 24,6030x^{0,1864}$, $S = 0,1931$, $r = 0,9959$

Согласно полученным данным (рис. 1) показатель белизны для обоих образцов шерсти возрастает во всем интервале температур. Максимальная степень белизны наблюдается при 70°C и составляет 55,2% для необработанного грубого волокна и 54,3% для модифицированной грубой шерсти, в отличие от полутонкого волокна, которое при данной температуре беления приобретает желтоватый оттенок [12]. Этот факт указывает на то, что, ввиду особенностей гистологического строения, грубое шерстяное волокно в меньшей степени подвергается окислительной деструкции с образованием окрашенных продуктов распада кератина по сравнению с полутонким. Таким образом, можно заключить, что модифицированную ЭРНОК грубую шерсть допустимо отбеливать при более высоких температурах без ухудшения белизны.

На следующем этапе работы было проведено исследование влияния температуры отбельной ванны, а также предварительной электроразрядной обработки на степень повреждения грубого шерстяного волокна в процессе беления, которую оценивали по растворимости в гидроксиде натрия и мочевино-гидросульфитном реагенте (МГР) [14]. Результаты определения щелочной растворимости отбеленной шерсти представлены на рис. 2.

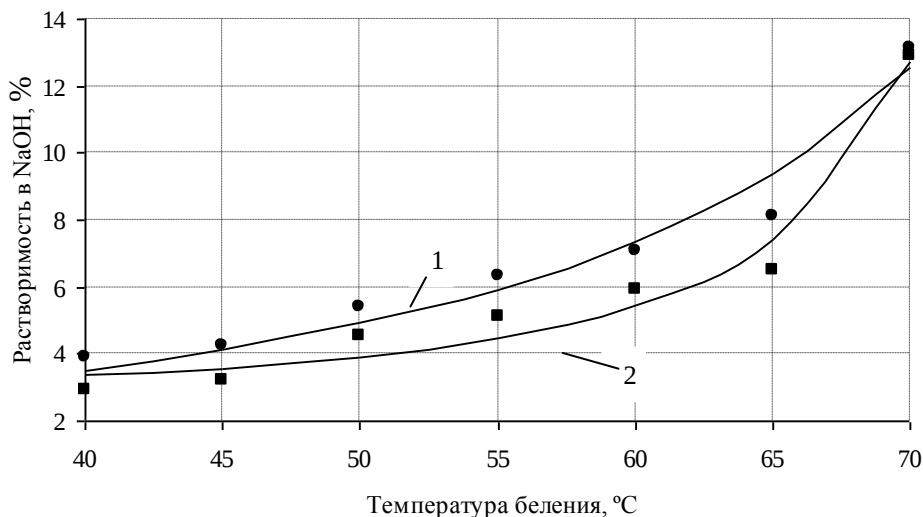


Рис. 2. Влияние температуры беления на щелочную растворимость грубой шерсти:

1 – необработанное волокно: $y = \frac{1}{1,6394 - 0,3671 \ln x}$, $S = 0,7082$, $r = 0,9786$;

2 – модифицированное волокно: $y = \frac{870,7172 + 4,4239x}{1 + 16,2765x - 0,2138x^2}$, $S = 0,8790$, $r = 0,9828$

Анализ полученных данных (рис. 2) показал, что в интервале температур от 40 до 65°C щелочная растворимость грубого шерстяного волокна после электроразрядной обработки ниже, чем необработанного. Данный факт свидетельствует о высокой устойчивости полипептидных цепей модифицированного волокна к гидролизу. Причиной повышения устойчивости кератина к действию щелочей является образование новых поперечных связей в процессе модификации согласно с предполагаемым механизмом воздействия ЭРНОК на шерсть [15]. Повышение температуры отбелочной ванны до 70°C приводит к резкому повышению данного показателя для обоих образцов шерсти, что свидетельствует об увеличении количества коротких пептидов в результате окислительной деструкции кератина.

Экспериментальные данные определения растворимости отбеленной грубой шерсти в МГР показаны на рис. 3.

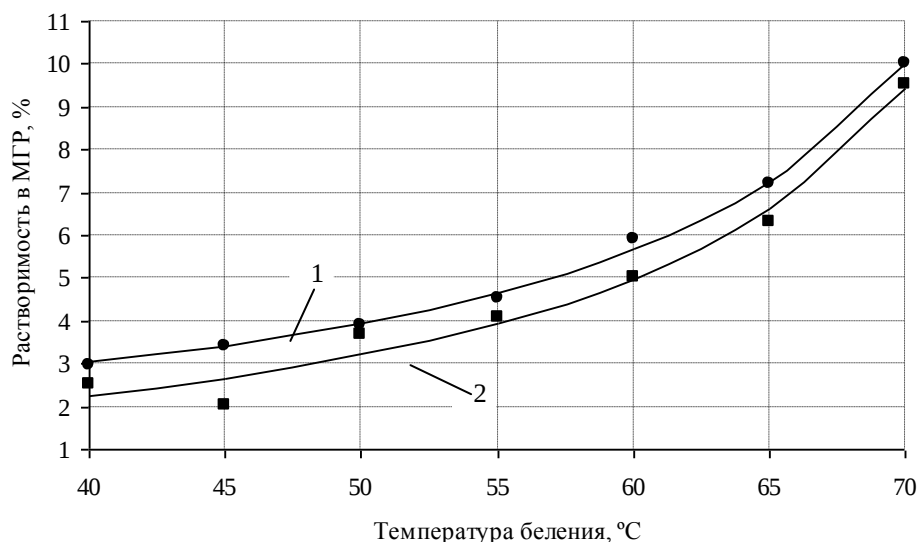


Рис. 3. Влияние температуры беления на растворимость грубой шерсти в МГР:

1 – необработанное волокно: $y = \frac{1}{-0,0077x + 0,6368}$, $S = 0,1349$, $r = 0,9988$;

2 – модифицированное волокно: $y = \frac{1}{2,6982 - 0,6101 \ln x}$, $S = 0,4063$, $r = 0,9894$

Представленные на рис. 3 данные показывают, что растворимость в МГР для обоих образцов грубого шерстяного волокна равномерно возрастает с повышением температуры беления. Однако для модифицированной грубой шерсти данный показатель имеет меньшие значения по сравнению с необработанным волокном во всем исследуемом температурном диапазоне, что свидетельствует о наличии более прочных поперечных связей, вследствие комплексного физико-химического воздействия ЭРНОК.

На основании полученных результатов эксперимента можно заключить, что предварительная электроразрядная обработка грубого шерстяного волокна обуславливает повышение устойчивости к гидролизу отбеленной шерсти, что будет способствовать улучшению крашываемости шерстяного текстильного материала.

Выводы

Таким образом, установленные факты снижения степени повреждения кератина при достижении высоких показателей белизны в процессе беления грубого шерстяного волокна согласуются с результатами проведенных исследований на полутонкой шерсти и подтверждают эффективность применения ЭРНОК в качестве метода предварительной модификации шерстяного волокна с целью улучшения технологических и эксплуатационных характеристик отбеленной шерсти.

Список использованной литературы

1. Сафонов В.В. Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства. Москва: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. 405 с.
2. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов. Том 1. Москва: РосЗИТЛП, 2000. 436 с.
3. Karmakar S.R. Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles. Amsterdam: Elsevier Science, 1999. P.498.
4. Senthilkumar P., Vigneswaran C., Kandhavadi P. A Novel Approach in Single Stage Combined Bleaching and Protease Enzyme Treatments on Wool Fabrics // *Fibers and Polymers*. 2015. Vol. 16, Issue 2. P. 397–403. doi: 10.1007/s12221-015-0397-y
5. Ammayappan L. Application of Enzyme on Woolen Products for Its Value Addition: An Overview // *Journal of textile and apparel, technology and management*. 2013. Vol. 8, No. 3. P. 1–12.
6. Shan Y., Hua Y.K., Zhu R.Y. Research on wool bleaching with hydrogen peroxide and catalyzing with enzyme // *Journal of Tianjin Institute of Textile Science and Technology*. 2001. Vol. 20, No.1. P. 14–17.
7. Jovancic P., Joci D., Molina R., Julia M.R., Erra P. Shrinkage properties of peroxide-enzyme-biopolymer treated wool // *Textile Research Journal*. 2001. Vol. 71, No. 11. P. 948–953. doi: 10.1177/004051750107101103
8. McNeil S.J., McCall R.A. Ultrasound for wool dyeing and finishing // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2011. Vol. 18, No. 1. P. 401–406. doi: 10.1016/j.ultsonch.2010.07.007
9. Johnson N.A.G., Russell I.M. Advances in wool technology Cambridge: Woodhead, 2009. P. 368.
10. Сарибекова Ю.Г., Семешко О.Я., Панасюк И.В., Матвиенко О.А., Сарибеков Г.С. Обоснование выбора электроразрядной обработки в качестве метода модификации шерстяного волокна // *Вестник Санкт-Петербургского университета технологий и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки*. 2013. № 2. С. 3–8.
11. Asauluk T., Semeshko O., Sariyekova Y., Kunik A., Myasnykov S. Examining a change in the properties of coarse wool fiber under the influence of electrical discharge treatment // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Engineering technological systems*. 2017. Vol. 4, No. 1 (88). P. 50–55. doi: 10.15587/1729-4061.2017.108269
12. Асаулюк Т.С., Сарибекова Ю.Г., Семешко О.Я. Влияние предварительной электроразрядной обработки на сохранность шерсти в процессе беления // *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки*. 2013. № 4. С. 16–18.
13. Асаулюк Т.С., Семешко О.Я., Куник А.Н., Сарибекова Ю.Г. Определение оптимальных параметров электроразрядной обработки грубого шерстяного волокна в процессе его модификации // *Вісник ХНТУ*. 2016. №4 (59). С. 50–55.
14. Садов Ф.И. Лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов. Москва: Гизлегпром, 1963. 428 с.
15. Асаулюк Т.С., Семешко О.Я., Сарибекова Ю.Г. Механизм воздействия электрогидравлического эффекта на шерстяное волокно в процессе его модификации // *Вісник ХНТУ*. 2017. №1 (60). С. 86–91.

УДК 633.522:57:631.52

О.Ф. БОГДАНОВА, О.П. ДОМБРОВСЬКА,
С.С. БАБИЧ, А.Г. ДОМБРОВСЬКИЙ
Херсонський національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З НЕНАРКОТИЧНИХ КОНОПЕЛЬ

У статті науково обґрунтовано придатність основних складових ненаркотичних конопель (лубу, волокна) до застосування в целюлозно-паперовій промисловості. Розглянуто актуальну проблему заміни імпортової деревної сировини на вітчизняну – ненаркотичні коноплі. У роботі було проведено дослідження фізико-механічних характеристик целюлозних напівфабрикатів із визначенням найкращих зразків для поєднання їх в суміші з деревною сировиною та подальшого використання в паперовій промисловості.

Ключові слова: варка, целюлоза, ненаркотичні коноплі, напівфабрикати, фізико-механічні показники.

О.Ф. БОГДАНОВА, Е.П.ДОМБРОВСКАЯ,
С.С. БАБИЧ, А.Г. ДОМБРОВСКИЙ
Херсонский национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ НЕНАРКОТИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ

В статье научно обоснована пригодность основных составляющих ненаркотической конопля (луба, волокна) к применению в целлюлозно-бумажной промышленности. Рассмотрена актуальная проблема замены импортного древесного сырья на отечественное – ненаркотическую коноплю. В работе было проведено исследование физико-механических характеристик целлюлозных полуфабрикатов с определением лучших образцов для соединения их в смеси с древесным сырьем и дальнейшего использования в бумажной промышленности.

Ключевые слова: варка, целлюлоза, ненаркотическая конопля, полуфабрикаты, физико-механические показатели.

O. BOGDANOVA, O. DOMBROVSKA,
S. BABICH, A. DOMBROVSKYI
Kherson National Technical University

DETERMINATION OF THE POSSIBILITY OF OBTAINING FIBER SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM DRUG-FREE HEMP

The article substantiates scientifically the suitability of the main components of non-narcotic hemp (bast, fiber) for use in the pulp and paper industry. The actual problem of replacing imported wood raw materials with domestic non-narcotic hemp is considered. In the work, a study was made of the physical and mechanical characteristics of cellulosic semi-finished products with the determination of the best samples for their combination in a mixture with wood raw materials and further use in the paper industry.

Keywords: cooking, cellulose, drug-free hemp, semi-finished products, physical and mechanical properties.

Постановка проблеми

Україна багата не лише деревною сировиною, а й різноманітними однорічними рослинами з високим вмістом целюлози. Сільське господарство, виробляючи щорічно у великій кількості зернові, технічні та інші культури, має у своєму розпорядженні величезні ресурси побічних продуктів. Крім того, у нашій країні великі площі зайняті дикорослими однорічними та дворічними рослинами, а також є значні запаси відходів переробки рослинної сировини на промислових підприємствах.

Номенклатура всіх побічних продуктів, що можуть бути використані як сировина для целюлозно-паперової промисловості, дуже велика. З усіх видів недеревної рослинної сировини визнані придатними для отримання паперу й картону: солома злакових культур (пшенична, житня, рисова); стебла кукурудзи, олійних та інших технічних культур (бавовнику, льону-кучерявця, соняшнику, ріпаци, рапсу, хмелю, тютюну, картоплі, кок-сагізу); дикорослі рослини (очерет, осока, виноградна

лоза, чагарникова верба), відходи перероблення льону, конопель і бавовни (закостричене коротке волокно, ляна та конопляна костриця) тощо.

За своїми властивостями всі ці види недеревної сировини можна поділити на дві групи. До першої відносяться волокна льону-довгунця, льону-кучерявця, конопель, джуту, а також бавовняні та прядильні відходи з різним ступенем закростриченості. Усі ці види сировини містять 75-85 % целюлози, 1-2 % лігніну та мають міцне й довге волокно завдовжки до 10 мм і більше. Друга група включає інші вищезазначені види сировини, які містять від 35 до 52 % целюлози, 13-22 % лігніну, 18-27 % пентозанів. Довжина волокон в них коротша за волокна рослин першої групи.

До першої групи входять найбільш цінні види сировини, які застосовуються для виробництва спеціальних високоякісних дорогих видів паперу. Потреба в сировині для виготовлення цього виду продукції порівняно невелика й при правильному плануванні може бути повністю задоволена.

Для другої групи сировини потрібні складніші технології хімічного оброблення. Ця сировина може бути використана для виготовлення багатьох видів паперу й особливо для виробництва тарного картону.

За запасами та можливістю освоєння найближчими роками найбільше значення для довгодіючих і нових підприємств має такий вид сировини, як солома, очерет, стебла бавовника, ляна й конопляна костриця та коротке закростричене волокно цих культур.

Країни СНД останнім часом почали виявляти зацікавленість у використанні різних видів недеревної сировини. Вихід целюлозної напівмаси з короткого волокна льону та конопель досягає 67 %. Крім того, перероблення короткого волокна цих культур дозволить уникнути операції розмелювання, що в свою чергу скорочує витрати електроенергії на 30-40 %.

Україна має у своєму розпорядженні величезні ресурси соломи, які дозволяють розвивати широкомасштабне виробництво паперу. Сільське господарство й целюлозно-паперова промисловість застосовують лише близько 30 % від зібраної кількості соломи, або 17 % від урожаю. Невикористана на фермах солома також може бути передана паперовій промисловості [1, 2]. Сучасний рівень розвитку техніки та технологій дозволяє переробляти соломі в целюлозу, папір і картон різними способами [3, 4].

Під час вибору сировини з метою одержання целюлози для целюлозно-паперової промисловості необхідно враховувати вуглеводний склад, морфологічну будову волокна, а також його фізико-хімічні властивості.

Бажано, щоб сировина мала достатньо високий вміст α -целюлози та низький вміст пентозанів. Структура волокна повинна бути такою, щоб забезпечити легкий доступ хімікатів до молекул целюлози; нецелюлозні домішки повинні розміщуватися в клітинах таким чином, щоб їх можна було легко видалити; вміст паренхімних клітин має бути низьким. Важливу роль в одержанні якісної целюлози відіграє також однорідність волокон і невисокий вміст лігніну та діоксиду кремнію [5, 6].

З усіх видів рослинної сировини, що використовується в целюлозно-паперовій промисловості, найбільший вміст целюлози має бавовна – 95-97 %. Порівняно багаті целюлозою луб'яні волокна таких технічних рослин як льон, коноплі, джут, рамі, кенаф, в яких вміст целюлози досягає 63-67 %, у той час як різні породи деревини в середньому містять 40-55 % целюлози.

Отже, з усіх наведених представників рослин, бавовна має найвищу хімічну чистоту та містить дуже мало нецелюлозних домішок. Наявність лігніну в технічному лінті, який використовується з метою отримання целюлози для хімічного перероблення, зумовлюється тільки механічними домішками фрагментів коробочок і лущайок. Нецелюлозні компоненти в бавовні не мають хімічних зв'язків із целюлозою, що спрощує промислове одержання целюлози. На відміну від бавовни, у деревині міститься значно менше целюлози. У хвойній деревині порівняно з листяною деревиною при практично однаковому вмісті целюлози знаходиться більше лігніну, смол, жирів та восків, але менше пентозанів.

Такі лубоволокнисті технічні культури, як коноплі, кенаф, джут, льон, складаються з луб'яних волокон та деревної частини (костриці) і, на відміну від бавовняного волокна, містять більше різноманітних нецелюлозних домішок, які неоднорідні за структурою. Хімічний склад волокна лубоволокнистих рослин значно відрізняється від хімічного складу деревної частини стебла. Луб'яні волокна містять більше целюлози й менше лігніну та пентозанів, ніж костриця. Для луб'яних волокон потрібне більш м'яке хімічне оброблення, ніж для виділення целюлози з костриці, тому з технічних культур складно отримати якісну целюлозу без значного зменшення міцності волокна.

У результаті варіння целюлози неволокнисті клітини частково розчиняються, але за рахунок механічного вкорочення волокон під час перероблення та видування маси після варіння збільшується кількість дрібного волокна в целюлозі. Целюлоза, одержана з бавовняного лінта, складається лише з чистих трахеїдних волокон, а целюлоза з ялини складається на 90 % із трахеїд і на 10 % з неволокнистих клітин та дрібного волокна. Букова целюлоза на 74 % складається із склеренхімних волокон і «нульового» волокна (15 % клітин серцевинних променів, 11 % судин). Солом'яна та очеретяна целюлоза після варіння містить до 33 % дрібних паренхімних клітин, шматочків судин, клітин епідермісу й коротких склеренхімних клітин із вузлів. Через неоднорідність целюлози ускладнюється її подальше

перероблення на етери та естери, тому при одержанні целюлози з листяних порід велику увагу приділяють видаленню дрібного волокна. Видалення дрібних клітин із солом'яної целюлози, крім підвищення її однорідності, сприяє ще й видаленню золи.

Морфологічна структура отриманої целюлози залежить як від виду рослинної сировини, так і від режиму варіння. Для волокон бавовни характерна наявність первинної та вторинної клітинної стінок, які відрізняються щільністю розташування мікрофібрил і їх орієнтацією вздовж осі волокна під кутом 45° , що є одним із важливих факторів, які впливають на реакційну здатність целюлози. Тому під час варіння потрібно не тільки видалити нецелюлозні домішки, а й зруйнувати та розпушити поверхневі й приповерхневі шари волокна.

У зв'язку з обмеженістю сировинної бази України, під час виробництва целюлози для целюлозно-паперової промисловості найбільш доцільно використовувати технічні культури та відходи їх переробки [7]. Оскільки коноплі мають одні з найміцніших рослинних волокон (розривна довжина 3,3-6,0 км, тоді як у бавовни вона становить 2,3-3,6 км), то саме вони використовуються світовою целюлозно-паперовою промисловістю для одержання високоміцного паперу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

З науково-технічної літератури відомо, що в Австралії з конопляної целюлози одержують спеціальні види паперу для банкнот, акцій, фільтрів, пакетиків для чаю, у США та Канаді соломі конопель переробляють у целюлозу для виробництва офісного, банкнотного, цигаркового паперу та паперу для авіапошти, у Британській Колумбії – для виробництва емісійного та друкарського паперу, в Єгипті – як складову композиції для виготовлення різних видів паперу.

У Канаді та Аргентині, де вирощують льон і коноплі, з костриці виробляють целюлозу для картону та обгорткового паперу.

Вітчизняна целюлозно-паперова промисловість не використовує коноплі як сировину для виробництва целюлози, паперу та картону [8, 9]. У нашій країні коноплі завжди вирощували тільки для потреб текстильної промисловості.

У процесі первинного перероблення конопель на волокно луб'яна волокниста частина (20-28 % від маси стебла), відділяється від деревної, утворюється довге волокно, коротке волокно (83-85 % від загального виходу волокнистої маси) та костриця, вихід якої становить близько 55 % від маси соломи. Коротке волокно й костриця є відходами виробництва, тому вирішення проблеми їх перероблення та раціонального використання є актуальним завданням сьогодення.

Останнім часом у країнах Європейського Союзу довге й коротке волокно конопель застосовується для виробництва тканин та одягу – 50 %, меблевої оббивки – 13 %, інших виробів для домашнього господарства – 20 %, мішків і канатів – 17 %. Зараз конопляне волокно використовується в автомобілебудуванні такими компаніями, як AUDI, BMW, Opel, Saab Volkswagen. Перевагою його є те, що пластикові деталі салону автомобілів не можуть бути утилізовані, а деталі з конопляними волокнами внаслідок їх біологічного перероблення перетворюються на гумус.

Ще одним цікавим напрямком застосування волокна конопель є медицина – для виробництва перев'язувальних матеріалів і хірургічних ниток.

Із конопляної костриці виготовляють костроблоки та костроплити для будівництва й меблевої промисловості, а також паливні брикети.

На сьогодні в Україні експортується майже все довге конопляне волокно високої якості. Коротке волокно із заокругленістю 10-24 % використовується обмежено в текстильній промисловості для виробництва малоцінної продукції – технічних тканин, мотузок, шпагату. Залишок волокна експортується за демпінговими цінами, оскільки відсутні технології його перероблення. Застосування короткого волокна ненаркотичних конопель у целюлозно-паперовій промисловості дасть можливість раціонально використовувати відходи коноплепереробних заводів та отримувати вітчизняну сировину для потреб українських підприємств. Завдяки високій врожайності конопель порівняно з деревиною хвойних і листяних порід дерев, великому вмісту целюлози (майже 80 %) та низькому вмісту лігніну у волокні, а також високим якісним характеристикам паперу, виготовленого на основі конопляної целюлози (високим показникам білості, абсолютного опору продавлюванню та абсолютного опору роздиранню), коноплі є конкурентоспроможною сировиною для виготовлення різноманітних видів паперу: цінного, технічного фільтрувального, цигаркового, друкарського тощо. Папір із волокна конопель виготовляють у Китаї, Індії, США, країнах Південної Америки, Іспанії, Великобританії та інших державах. Порівнюючи рівень розвитку коноплярства та коноплеперероблення в Україні з іншими державами світу, необхідно зазначити, що ця культура, маючи величезний потенціал, у нашій країні не використовується в повному обсязі.

На базі інституті луб'яних культур НААН України (м. Глухів Сумської області) створені українськими селекціонерами Сенченком Г.І., Мигалем М.Д., Вировцем В.Г., Лайко І.М. та ін. ненаркотичні сорти конопель, які вирощують у таких державах, як Австралія, Австрія, Великобританія, Канада, Нідерланди, Німеччина, Чехія, Фінляндія та ін. [1, 4, 5]. Завдяки виведеній українськими

вченими біологічній особливості рослини, яка полягає у відсутності психотропної сполуки тетрагідроканнабінолу в сукупності з високою продуктивністю, технічні сорти конопель дозволили зберегти коноплянство в таких країнах, як Франція, Росія, Канада, Китай та відродити галузь у всіх без винятку економічно розвинених країнах світу.

Отже, світовий і вітчизняний досвід використання коноплесировини свідчить, що вирощування й перероблення конопель знаходяться в Україні у кризовому стані, зумовленому відсутністю попиту на довге та коротке конопляне волокно на внутрішньому споживчому ринку.

Виходу коноплепереробної галузі з кризи можна досягти шляхом розроблення новітніх технологій оброблення соломи та трести конопель, які дозволять отримувати волокно з новими технологічними властивостями, що відповідатимуть вимогам технологій їх подальшого використання в текстильній, фармацевтичній, целюлозно-паперовій та інших галузях промисловості.

Тому вдосконалення існуючих технологій одержання трести та розроблення нової технології механічного оброблення стебел трести конопель, яка сприятиме розширенню сфери застосування одержаного з неї волокна, є актуальним завданням галузі.

Формулювання мети дослідження

Метою даних експериментальних досліджень є визначення придатності основних складових ненаркотичних конопель для отримання різних целюлозних напівфабрикатів та подальшого застосування їх в композиційному папері.

Викладення основного матеріалу дослідження

Під час виробництва волокнистих напівфабрикатів із конопляної сировини для целюлозно-паперової промисловості необхідно враховувати її хімічний склад, анатомічну та морфологічну будову, фізико-механічні властивості.

Характерною особливістю анатомічної будови конопель є наявність луб'яного волокнистого та деревного шарів. Перший шар становить 30-40 % від усього стебла, а другий – відповідно 60-70 %. У луб'яному шарі розташовані найцінніші целюлозні волокна, їх вміст дорівнює 60-70 %.

Хімічний склад конопляної сировини, що потенційно розглядається як сировина для отримання волокнистих напівфабрикатів, наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад та довжина волокон конопляної сировини

Хімічний склад та довжина волокон	Стебло		Волокно
	волокниста частина або луб	деревна частина або костриця	одержане з паренцевої трести
Целюлоза, %	66,0-70,4	37,1-39,4	65,1-68,5
Лігнін, %	3,7-6,0	21,0-32,9	5,0-7,5
Геміцелюлоза, %	7,0-7,4	18,9-21,2	3,5-4,5
Довжина волокон, мм	5,0-55,0	0,60-0,75	5,0-55,0

Як видно з даних табл. 1, хімічний склад волокна конопель значно відрізняється від хімічного складу костриці. Луб'яні волокна містять 66,0-70,4 % целюлози й до 6,0 % лігніну, а костриця містить 37,1-39,4 % целюлози та 21,0-32,9 % лігніну.

Порівняльний аналіз розмірів волокон, що містяться в луб'яному шарі, та волокон, які розташовані в костриці, свідчить, що перші мають більшу довжину, і це зумовлює їх природну міцність. Довжина луб'яних волокон коливається в межах 5,0-55,0 мм, а довжина волокон, що знаходяться в костриці, становить 0,60-0,75 мм.

Таким чином, відмінність у хімічному складі волокон та їх довжині зумовлює необхідність розділення цих двох фракцій перед початком варіння конопляної сировини, а також їх окремого використання для виготовлення різних за призначенням целюлозних напівфабрикатів.

Аналіз існуючих вимог до підготовки деревної сировини для її подальшого хімічного перероблення дозволив визначити найбільш раціональні технологічні режими варіння конопляної сировини [6, 10]. Під час хімічного оброблення соломи й відходів коноплезаводів білими лугами як хімічні реагенти застосовували: їдкий натр, їдкий натр і сульфит натрію, їдкий натр і моноссульфит натрію. Варіння здійснювали періодичним методом в автоклаві при модулі ванни 1:8 і рН середовища 9-11. Залежно від ступеня хімічного та механічного оброблення рослинної сировини були отримані різні волокнисті напівфабрикати: деревна маса, напівцелюлоза, целюлоза.

Для одержання деревної маси оброблення сировини здійснювали при температурі 5-95 °С протягом 30-60 хв, потім відпрацьований розчин відокремлювали, а отриманий волокнистий напівфабрикат додатково розмелювали.

Процес виробництва хімічної деревної маси із соломи, короткого конопляного волокна та костриці складається з таких основних операцій:

1. Сортуння та різання сировини.
2. Приготування варильного розчину.
3. Хімічне оброблення варильним розчином.
4. Відділення від відпрацьованого луку.
5. Механічний поділ на волокна.
6. Зневоднення та сушіння.

Виробництво напівцелюлози складається з двох стадій оброблення: хімічного та механічного. Під час хімічного оброблення з недеревної сировини видаляється лігнін і геміцелюлози, а в процесі механічного оброблення під дією гарячого розмелювання відбувається поділ на волокна. Варіння конопляної сировини здійснювали при температурі 90-180 °С протягом 1-3,5 годин.

Технологія варіння конопляної сировини включає такі операції:

1. Підготовка сировини.
2. Приготування варильного розчину.
3. Варіння.
4. Розмелювання при $t = 90-100$ °С.
5. Промивання маси.
6. Віджимання до сухості 60 % і більше.
7. Сортуння.

Загальна схема виробництва целюлози з короткого волокна та конопляної костриці складається з таких стадій:

1. Підготовка сировини (очищення костриці від пилу та різання короткого волокна).
2. Приготування варильного розчину.
3. Замочування сировини у варильному розчині протягом 24 год.
4. Промивання.
5. Очищення, зневоднення та сушіння.

Варіючи рН середовища на різних стадіях варіння, час і склад варильного розчину, можна отримати різні волокнисті напівфабрикати з наперед заданими властивостями.

Результати варіння компонентів конопляного стебла лужними способами наведені в табл. 2-5.

Таблиця 2

Технологічний режим варіння конопляної костриці натронним способом

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °С	тривалість, хв	NaOH, г/л	вихід, %	категорія напівфабрикату
5-95	30-60	20-30	85,1-90,3	д.м. і н.ц.
90-120	30-150	10-15	83,3-90,3	д.м. і н.ц.
120-140	180	15-30	80,1-70,7	н.ц.
160-170	180-300	30-40	59,5-69,7	н.ц. і ц.в.в.
170-180	180	45-50	37,0-43,0	ц.в.в.
180	180-300	20-40	58,5-52,4	ц.в.в.
180-190	60	60	62,5	ц.в.в.
180-190	120-140	50-60	32,5-34,7	ц.в.в.

Примітка: д.м. – деревна маса; н.ц. – напівцелюлоза; ц.в.в. – целюлоза високого виходу; ц.н.в. – целюлоза нормального виходу, н.ц.в.в. – напівцелюлоза високого виходу.

Таблиця 3

Технологічний режим варіння конопляної соломи натронним способом

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °С	тривалість, хв	NaOH, г/л	вихід, %	категорія напівфабрикату
160-170	180-300	15-30	90,0-83,8	д.м. і н.ц.в.в.
180	180-300	30-40	81,2-75,7	н.ц.в.в. і н.ц.
180-190	300	50-60	72,3-70,1	н.ц.
180-190	120-300	70-80	69,5-66,8	н.ц.
180-190	180-240	80-100	65,2-62,1	н.ц.
180-190	180-300	100-110	63,1-60,1	н.ц.

Таблиця 4

**Технологічний режим варіння короткого конопляного волокна
натронним способом**

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °C	тривалість, хв	NaOH, г/л	вихід, %	категорія напівфабрикату
120-140	180	15-30	85,2-75,1	н.ц.
160-170	180-300	30-40	65,1-70,5	н.ц.
170-180	180-300	20-40	60,5-57,4	ц.в.в.
170-180	180-240	45-50	45,1-43,7	ц.н.в.
180-190	120-240	50-60	35,7-38,6	ц.н.в.

Таблиця 5

**Технологічний режим варіння конопляної соломи нейтрально-сульфітним способом для
отримання волокнистих напівфабрикатів**

Режим варіння		Склад варильного розчину	Напівфабрикат	
температура, °C	тривалість, хв	NaOH, NaSO ₃ , г/л	вихід, %	категорія
160-170	180-300	20-10	78,4-82,4	н.ц.
160-170	180-300	30-20	72,1-76,6	н.ц.
160-170	180-300	40-30	72,3-70,1	н.ц.
180-190	180-300	40-15	60,5-64,1	ц.в.в.
180-190	180-300	40-30	62,2-60,1	ц.в.в.
180-190	180-300	50-20	56,5-50,1	ц.н.в.

Для досліджень використовували соломку сорту однодомних ненаркотичних конопель Золотоніські 15. Із соломи виділили луб та отримали паренцеве волокно в лабораторному автоклаві АВК-3.

Варіння целюлози здійснювали в кислотостійкому сталевому автоклаві місткістю 0,5 л у лабораторних умовах кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації.

З метою перевірки результатів лабораторних досліджень у виробничих умовах було проведено серію випробувань в Українському науково-дослідному інституті паперу та в лабораторіях ТОВ «Цюрупинська паперова компанія».

Слід зазначити, що одержана як натронним, так і нейтрально-сульфітним способом целюлоза після розпускання в дезінтеграторі та промивання добре поділялася на пучки й окремі волокна. Целюлоза з виходом 60 % має достатньо низький ступінь делігніфікації, що надалі не повинно ускладнювати процес її вибілювання.

Залежно від умов і тривалості обробки складових конопляної сировини різними хімічними реагентами при різних температурах и тиску в результаті делігніфікації можна одержать волокнисті напівфабрикати з різним кількісним виходом, а саме: деревинна целюлоза, напівцелюлоза, целюлоза нормального виходу та целюлоза високого виходу.

Одержання різних волокнистих напівфабрикатів з ненаркотичних конопель значною мірою залежить від складових ненаркотичних конопель та способу делігніфікації.

Для повного оцінювання якості ненаркотичної конопляної сировини, а саме соломи та паренцевої трести конопель як вхідної досліджуваної сировини для отримання целюлози, визначали їх фізико-механічні показники за ГОСТ 11008-64 «Солома конопляная. Технические условия» та ГОСТ 6729-60 «Треста конопляная. Технические условия». Вологість зразків вимірювали за стандартною методикою. Показники якості сировини визначали за середньою вологістю зразків: для зразків лубу – 9,8 %; для паренцевого волокна – 10,2 %. У результаті досліджень було встановлено, що вміст лубу в соломі конопель у середньому дорівнює 40,7 %, а середнє розривне навантаження лубу становить 36,7 кгс. Відповідно середній вміст паренцевого волокна в тресті дорівнює 38,5 %, а розривне навантаження волокна в середньому становить 33,3 кгс.

Кількість деревних домішок у всіх зразках не перевищувала 1 %.

Перед проведенням досліджень зразки подрібнювали до розмірів 15-25 мм.

Температуру варіння постійно підтримували на рівні 170 °C упродовж прийнятого часу варіння.

Після термохімічного оброблення одержану целюлозу розпускали в лабораторному дезінтеграторі, а потім промивали. Після промивання отриману целюлозну масу віджимали, висушували до постійної маси та визначали загальний вихід целюлози, який у середньому становив 60 %.

Вибілювання здійснювали двома способами. Для першого способу застосовували такі реагенти, як перекис водню, силікат, сода кальцинована, змочувач, для другого – перекис водню, силікат, змочувач, хлористий магній

Показники якості целюлози, одержаної з лубу та паренцового ненаркотичного конопляного волокна, наведено в табл.6.

Таблиця 6

**Фізико-механічні показники целюлози, одержаної з різних складових конопляної сировини
(луб, волокно) нейтрально-сульфітним способом**

Фізико-механічні показники целюлози	Значення показників	
	луб	волокно
1. Густина, г/см ³	0,82	0,70
2. Розривна довжина, м	6294	6230
3. Абсолютний опір продавлюванню, кПа	393	349
4. Абсолютний опір роздиранню, мН	1280	2293
5. Злам, ч.д.п.	4076	4000
6. Білизна, %	53,0	55,7
7. Ступень делігнофікації, од. Каппа	11,60	14,98
8. Повітропроникність л/(м ² ·с), при Δр=200Па та S=10 см ²	630	690

Аналізуючи фізико-механічні показники одержаних зразків, треба зазначити, що целюлоза, отримана нейтрально-сульфітним способом із показниками виходу 66,4-71,9 %, білості 53,0-55,7 %, ступеня делігнофікації 11,60-14,98 од. Каппа, опору на зламвання 4000-4076 к.п.п. та опору роздиранню 1280-2293 мН, за своєю якістю не поступаються показникам целюлозу, одержаної з деревини.

Якісні показники наведені у табл. 6 свідчать про високий показник повітропроникності (630-690), виготовленого волокнистого напівфабрикату як із конопляного лубу, так і волокна.

В свою чергу, використання лубу, замість волокон конопель дозволить зменшити витрати на отримання целюлози високої якості, знизить собівартість виготовленої з неї продукції. До того ж, луб вважається збагаченою сировиною у порівнянні із соломою та трестом, а також він легко висушується, пакується, транспортується і у повітряно-сухому стані придатний до тривалого застосування.

Отриманий волокнистий напівфабрикат має високі показники якості. Висока міцність комплексних рослинних волокон обумовлена великою кількістю елементарних волокон, з'єднаних у луб'яні пучки. Проте під час виробництва паперу міцність волокон може не вплинути на міцність кінцевого продукту, якщо в процесі розмелювання вони не будуть розділені на окремі, добре фібрильовані волокна.

Враховуючи високі показники міцності, отриманий волокнистий напівфабрикат можна використовувати в композиції при виробництві високоміцних, довговічних і спеціальних видів паперу. Однак для цього одержаному напівфабрикату необхідно надати відповідного вигляду – вибілити.

Оскільки луб'яні волокна конопель містять незначну кількість лігніну, а після термохімічного оброблення отриманий матеріал має ступінь делігнофікації 11,60-14,98 од. Каппа, то целюлозу з таким вмістом лігніну можна класифікувати як легко вибілювану.

Таким чином, виробничі випробування підтверджують можливість одержання целюлози з ненаркотичних конопель (лубу та волокна). Виявлено, що отримані зразки целюлози, особливо одержаної нейтрально-сульфітним способом, мають високі показники механічної міцності та повітропроникності.

Висновки

На основі результатів проведених досліджень можна зробити висновок, що целюлоза, отримана з волокон і лубу ненаркотичних конопель, характеризується високим рівнем фізико-механічних показників, які не поступаються показникам целюлози, одержаної з деревини, а за деякими параметрами навіть перевершують їх. Така целюлоза може використовуватися для виготовлення різних видів паперу, зокрема і спеціальних: фільтрувального, офісного, друкарського, жир- і вологостійкого тощо.

Крім того, сучасні селекційні сорти ненаркотичних конопель характеризуються високою врожайністю, тому їх використання дозволить вирішити важливу екологічну проблему збереження лісів.

Список використаної літератури

1. Выровец В.Г. Селекция и семеноводство конопли в Украине / В.Г. Выровец, В.П. Сытник, М. Орлов // Зб. наук. пр. – Глухів, Ін-ту луб'яних культур УААН, 2000. – С. – 25-33.
2. Голобородько П.А. Льонарство та коноплярство: проблеми і перспективи / П.А. Голобородько, В.П. Ситник, В.Г. Баранник: зб. наук. пр. «Селекція, технологія виробництва та первинної переробки льону і конопель». – Глухів: Інститут луб'яних культур УААН, 2000. – С. 3-15.
3. Дейкун І.М. Розробка технологій одержання лляної целюлози для хімічної переробки: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.07.05 / Дейкун Ірина Михайлівна. – К., 2005. – 171 с.
4. Пушкар Г.О. Проблеми формування асортименту товарів з волокна конопель / Г.О. Пушкар, Б.Д. Семак // Вестник ХНТУ. – 2014. – № 4 (51). – С. 117 – 122.
5. Гілязетдінов Р.Н. Развитие научных основ створення інноваційних технологій первинної переробки луб'яних культур: дис. доктора техн. наук: 05.18.01 / Гілязетдінов Рубіль Нуртдінович. – Херсон, 2009. – 255 с.
6. Ляліна Н.П. Перспективні напрямки одержання екологічної продукції х технічних конопель / Н.П. Ляліна, О.Ф. Богданова, Н.І. Резвих: материалы IX международной конференции [«Стратегии качества в промышленности и образовании»]: (Варна (Болгария), 31 мая – 7 июня 2013 г.). – Варна, 2013. – С. 29-32.
7. Богданова О.Ф. Аналіз конкурентоспроможності та товарознавча оцінка продукції підприємств «Фірма Акант+К» та «Велам» / О.Ф. Богданова, Н.П. Ляліна, Н.І. Резвих // Товарознавчий вісник: зб. наук. пр. Луцького національного технічного університету. – Вип. 5. – Луцьк, 2012. – С. 98.
8. Товарознавство і стандартизація продукції безнаркотичних конопель: [монографія] / [Чурсіна Л.А., Богданова О.Ф., Ляліна Н.П., Резвих Н.І.]; під ред. Л.А. Чурсіної. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2012. – 308 с.
9. Пашин Е.Л. Основы сельскохозяйственного производства конопли: [учеб. пособ.] / Е.Л. Пашин, Л.В. Пашина. – Кострома: КГТУ, 2004. – 47 с.
10. Шейченко В.О. До питання одержання лубоволокнистої сировини з технічних конопель / В.О. Шейченко, І.О. Маринченко: зб. наук. ст. «Сільськогосподарські машини». – Вип. 29-30. – Луцьк: ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2014. – С. 168-174.

УДК 677.11.021

Г.А. БОЙКО, Г.А. ТИХОСОВА, А.В. КУТАСОВ

Херсонський національний технічний університет

ВПЛИВ СПОСОБІВ ЗБИРАННЯ НА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ТА СФЕРИ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ КОНОПЛЯНОЇ СИРОВИНИ

В даній статті проведений аналіз сучасних технологій збирання технічних конопель, який показав, що в результаті різних способів збирання одержується різноманітна сировина: цілісні стебла трести або соломи довжиною 1,5-3,5 м; зеленцеві стебла конопель цілі, або різані на визначену довжину; різані на визначену довжину стебла трести або соломи. Визначено, що для конопляної сировини після різних способів збирання потрібна певна механічна обробка, після якої отримується сировина різного функціонального призначення. Наведена узагальнююча схема залежності технологій переробки технічних конопель від способів збирання стебел.

Ключові слова: технічні коноплі, збирання, механічна обробка, асортимент товарів.

Г.А. БОЙКО, А.А. ТИХОСОВА, А.В. КУТАСОВ

Херсонский национальный технический университет

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ УБОРКИ НА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И СФЕРЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНОПЛЯНОГО СЫРЬЯ

В данной статье проведен анализ современных технологий уборки технической конопли, который показал, что в результате различных способов уборки получается разнотипное сырье: целые стебли тресты или соломы длиной 1,5-3,5 м; зеленцовые стебли конопли целые, или резанные на определенную длину; резанные на определенную длину стебли тресты или соломы. Определено, что для конопляного сырья после различных способов уборки нужна определенная механическая обработка, после которой получается сырье разного функционального предназначения. Приведена обобщающая схема зависимости технологий переработки технической конопли от способов уборки стеблей.

Ключевые слова: техническая конопля, уборка, механическая обработка, ассортимент товаров.

G.A. BOYKO, H.A. TIHOSSOVA, A.V. KUTASOV

Kherson National Technical University

INFLUENCE OF COLLECTION METHODS ON PROCESSING TECHNOLOGIES AND SPHERE OF FURTHER USE OF CONVENTIONAL RAW MATERIAL

In this section, an analysis of modern technologies for the harvesting of technical hemp has been carried out, which showed that as a result of different methods of harvesting, different types of raw materials are obtained: whole truss or straw lengths of 1,5-3,5 m; green horseshoes of whole hemp or cut into a certain length; cut to a definite length of stem trusts or straw. It is determined that for cannabis raw materials after different methods of harvesting, a certain mechanical treatment is required, after which raw materials of different functional purposes are obtained. The generalized scheme of dependence of technology of processing technical hemp on methods of collecting stems is given.

Key words: technical cannabis, assembly, mechanical processing, assortment of goods.

Постановка проблеми

На даний час в Україні відбувається відродження коноплеперобної галузі. Зі збільшенням об'ємів площ посівів під технічні коноплі, зростають і сфери використання, як насінневої так і стеблової маси. На сьогоднішній день близько 100 українських компаній розглядають цей напрямок для розширення свого агробізнесу [1]. Але, у більшості випадків українські підприємці займаються насіннєвим матеріалом технічних конопель – експортують насіння для посівів, або використовують у харчовому виробництві. Адже, збір та оброблення стеблової маси за традиційною технологією не дозволяє отримувати волокно необхідної якості для застосування його в різних галузях промисловості.

У сучасних умовах в розвинутих країнах, таких як Фінляндія, Норвегія, Канада, Австралія та Бельгія, розроблено інноваційні способи збирання та первинної обробки конопель, що суттєво відрізняються від традиційної класичної схеми, яку застосовують в Україні та Росії, і спрямовані на зниження енергоємності процесів та застосування високопродуктивних сучасних збиральних та переробних машин. Також, слід зазначити, що сучасні технології переробки тісно пов'язані з

технологіями збирання стебел технічних конопель, від того в якому вигляді стеблова маса буде надходити на переробку, залежить весь технологічний цикл одержання волокна та костриці.

Питання залежності технологій переробки технічних конопель та подальше використання отриманої сировини від способів збирання до цього часу не розглядались, в літературних джерелах відсутні дані про вплив фізико-механічних характеристик стеблової маси на технологічні процеси її подальшої переробки. Тому, актуальним питанням коноплеперобної галузі на даний час стає вивчення сучасних світових технологій збирання і їх зв'язок з відомими технологіями переробки, з метою одержання конопляного волокна і костриці з визначеними функціональними властивостями.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Багато років вчені Франції, Канади, Бельгії, Австралії, працюють над вдосконаленням спеціалізованого обладнання з переробки та збирання технічних конопель, щоб отримана сировина була придатна для виготовлення виробів високої якості, з застосуванням її не тільки в технічних цілях, але й в товарах різного функціонального призначення [2]. Аналіз існуючих технологій збирання технічних конопель показує, що в результаті різних способів скошування стебел конопель одержується сировина з певними фізико-механічними характеристиками, які потребують відповідної технології переробки.

Формулювання мети дослідження

Дані теоретичні та експериментальні дослідження направлені на визначення зв'язку технологій збирання стебел технічних конопель з подальшою їх переробкою та застосуванням, з метою отримання конопляного волокна і костриці з потрібними функціональними властивостями.

Викладення основного матеріалу дослідження

Технічні коноплі в усьому світі визнані, як стратегічно важлива луб'яна сировина в текстильній, трикотажній, целюлозно-паперовій, харчовій, хімічній, енергетичній промисловостях, медицині, автомобілебудуванні, будівництві та ін. Конопляне волокно відрізняється від інших волокон своєю міцністю, стійкістю проти гниття, санітарно-гігієнічними властивостями, довговічністю, опором ультрафіолету, тощо[3]. Використання коноплеволокна в Україні тільки в кручених виробах не розкриває увесь потенціал сировини, який може бути направлений на виробництво виробів різного функціонального призначення.

Технології збирання конопель суттєво відрізняються від систем збирання інших сільськогосподарських культур, оскільки потребують цілого комплексу спеціальної техніки та обладнання. Крім того, збирання стеблової маси технічних конопель тісно пов'язане з подальшою первинною переробкою стебел, приготуванням трести, механічним відокремленням волокна та впровадженням отриманої сировини.

Для того, щоб виявити залежність існуючих технологій збирання даної луб'яної культури з подальшою її обробкою потрібно проаналізувати всі найпоширеніші методи збирання, визначити характеристики отриманої сировини після цього етапу та можливість подальшої її обробки. З цієї метою було проаналізовано чотири відомих способи збирання технічних конопель:

- технологія збирання технічних конопель з попереднім обмолотом насіння;
- технологія зеленцевого збирання конопель;
- технологія збирання стебел конопель в осінньо-зимовий період (північноєвропейська технологія);
- технологія збирання стебел конопель з попереднім подрібненням на задані відрізки на полі.

Головною вимогою зарубіжних та вітчизняних фахівців з вирощування та культивування коноплі до технічних засобів для збирання цієї культури є мінімізація ручної праці і спрощення безпосереднього процесу збирання. В усьому світі для збирання конопляної сировини задіяні продуктивні і універсальні сільськогосподарські машини, зокрема зернозбиральні комбайни, що дозволяють проводити цю операцію в стислі агротехнічні терміни, мінімізуючи при цьому втрати насіння. Саме тому, на сьогоднішній день у багатьох країнах Європи збирання посівів конопель відбувається з використанням різних зернозбиральних комбайнів.

В Україні найбільш поширеною є традиційна технологія збирання конопель зернозбиральним комбайном. Вона вимагає застосування спеціального комплексу коноплезбиральних машин. За даною технологією застосовується коноплежатка ЖК -1,9 для скошування стебел та формування їх в снопи і коноплемолотарка МЛК 4,5, яка призначена для обмолоту снопів [4]. Для того щоб дати аналіз сировині після даного процесу збирання були відібрані проби стебел технічних конопель сортів ЮСО-31 та Золотоніські 15, та визначено їх якісні показники, які подано в табл. 1.

Таблиця 1

Якісні характеристики стебел соломі технічних конопель після технології збирання на двохстороннє використання

Сорт	Довжина соломі, см	Діаметр соломі, мм	Вміст лубу, %
ЮСО -31	215	4,1	40
Золотоніські 15	244	4,1	41

Дана технологія потребує значно більший відсоток ручної праці, тому в сучасних умовах вона економічно недоцільна. Також, цей процес має на меті збереження довжини стебел при збиранні, для подальшого отримання з них довгого волокна. Тому, така сировина придатна лише для виготовлення кручених виробів – канатів і мотузок, та мішковин.

Більш вдалий класичний варіант збирання посівів технічних конопель, який використовується не тільки в Україні, але й у більшості технологічно розвинутих країнах всього світу, це прогресивна технологія зеленцевого збирання конопель [5]. Дана технологія призначена для одержання тільки волокна. Вона включає в себе перехід від механізації окремих виробничих операцій до механізації технологічного процесу в цілому і практично виключає ручну працю, завдяки використанню рулонного преса для збору трести.

Дану технологію використовує українське підприємство «Агро-ханфа», для отримання волокна придатного у виробництві текстильних виробів. Якісні показники зеленцевого волокна подані в табл. 2.

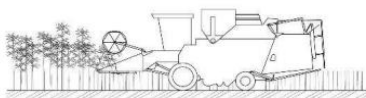
Таблиця 2

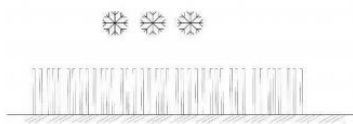
Якісні характеристики волокна технічних конопель після технології зеленцевого збирання

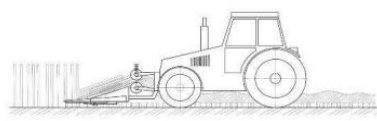
№ п/п	Якісні характеристики волокна	Показник
1	Вміст волокна, %	29-30
2	Розривне навантаження скрученої стрічки, даН	24,5-28,5
3	Лінійна щільність, текс	6,3-14,5
4	Довжина волокон, см	80
5	Вміст костриці, %	3-6

Після даної технології отримуємо якісне волокно, яке відрізняється більшою м'якістю, еластичністю та тониною, що дає можливість виготовляти текстильні вироби високої якості. Але цей технологічний процес збирання не виключає подальшу котонізацію волокна, що є необхідною для отримання волокна текстильного призначення. Це в свою чергу збільшує вартість подальших процесів отримання волокна.

В північноєвропейських країнах, зважаючи на їх кліматичні умови збирання стебел конопель доцільно проводити в осінньо-зимовий період [6].


Збирання насінневої частини конопель зернозбиральним комбайном


Приготування трести в зимовий період


Скошування решток стебел у валок

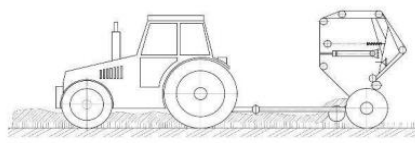

Формування рулонів

Рис 1. Основні технологічні операції північноєвропейської технології

Після обмолоту насінневої частини зернозбиральним комбайном стебла конопель залишаються на корені зимувати в полі. До весни відбувається перетворення соломи конопель на тресту. Під час приготування трести відбувається пошкодження прикореневої складової рослини конопель, що вказує на придатність їх до злому. Після чого відбувається процес збирання отриманої трести в рулони.

Дана технологія, з врахуванням різниці кліматичних поясів, була запропонована і вдосконалена вченими Інституту луб'яних культур (м. Глухів). Дана технологія збирання стебел конопель включає

таку техніку: модернізований водоналивний каток, роторні граблі, рулонний прес-підбирач [7]. Цей комплекс машин дозволяє зламувати стебла з кореня, згрібати їх у валок, проминати стебла в валку, підбирати сформований в валок стебловий матеріал та формувати його в рулони для зручного транспортування і зберігання.

Оскільки стебла конопель за даною технологією збирання та складання хаотично розміщені і не вимагають збереження паралельності, то рух збиральних агрегатів проводиться з урахуванням конкретних форм полів, загонів, конкретних умов та стану поля: вологості ґрунту, його стану тощо. Доцільно проводити цей спосіб з рухом агрегату вздовж рядів. Даний спосіб руху передбачає мінімальні витрати часу агрегату на розвороти, що відповідно підвищує продуктивність проведення збиральних робіт. Після такого збирання, стебла конопель хоч і виходять хаотично розташовані, але все ж їх властивості не змінюються, а тому передбачається подальше їх використання в різних галузях виробництва. Фізико-механічні властивості стебел технічних конопель після даної технології проаналізовані в табл. 3.

Таблиця 3

**Якісні характеристики стебел соломи технічних конопель після технології запропонованої
Інститутом луб'яних культур**

№ проби	Довжина соломи, см	Міцність, кН	Вміст лубу, %
1	208	0,30	44,2
2	257	0,37	43,2
3	320	0,22	42,4

Застосування обраного комплексу агрегатів в даній технології, все одно має недоліки. Як видно з табличних даних, що солома технічних конопель досягає своїми розмірами до 3,2 м, тому збирання її в рулони та транспортування до переробних заводів несе за собою залучання великогабаритних транспортних засобів, ці заходи не є зручними та вигідними.

Також, для отримання якісного волокна придатного для текстильного, целюлозо-паперового виробництва та інших сфер застосування, передбачається встановлення в технологічній лінії з переробки даної сировини для її подрібнення різальної машини, що несе за собою додаткові фінансові витрати. Отже, дана технологія потребує певного доопрацювання.

В країнах Західної Європи та Канади розповсюджена технологія вирощування технічних конопель для отримання насіннєвого матеріалу та лубу [8]. За цією технологією насіння технічних конопель збирають сучасними зернозбиральними комбайнами, а стебла, які залишилися на корені збирають машинами сільськогосподарського призначення або спеціальною технікою з подрібненням її на полі.

Дана технологія практикується ще з 1996 року канадською компанією «Джон Дір», яка виготовляла різакі Kenper, вдосконалені пізніше голландською компанією «HempFlax» [9].

Даний технологічний процес збирання технічних конопель складається з двох етапів. По-перше, верхні частини конопель з насінням обрізають та обмолочують. Різак сільськогосподарського комбайна встановлюється на нижній грані останнього насіннєвого суцвіття рослини. Комбайн повинен працювати з великою швидкістю, щоб забезпечити безперервний збір врожаю. Осьові потокові комбайни добре зарекомендували себе в цьому типі прибирання. Другий етап передбачає збирання залишеної стеблової маси в полі. Цей етап передбачає різанням соломи на певні відрізки з подальшим пресуванням в тюки, зберіганням та сушінням. Особливість системи збирання комбайнами фірми «HempFlax» полягає в використанні комбайнів з ріжучими модулями. Ця технологія заснована на процесі роботи комбайна John Deere W660, в якому різальний пристрій монтується разом з Kenper-модулем нижче корпусу комбайна на вході сировини. Солома подрібнюється на відрізки від 40 до 50 см, які відрізають за допомогою різаків кукурудзи, який закріплений на корпусі впускного механізму за допомогою підйомної системи. Висота верхнього ножа регулюється, тому рослини подрібнюються до потрібного розміру. Дана сучасна технологія збирання технічних конопель включає в себе систему агропроцесів, які спрямовані на підвищення врожайності та якості культури.

Подібна технологія збирання технічних конопель з різанням соломи на полі використовується і французькими фермерами [10]. Але, вони використовують для збирання конопель комбайни для збору кукурудзи з заміною ріжучих насадок на спеціальні гідравлічні ножі, з різанням соломи на 50-60 см. Різання соломи, а не стрічки з волокон дає гарантію стандартної довжини та дозволяє отримати більше волокон прядильної групи. Дана технологія дає змогу отриману сировину з мінімальними витратами легше обробляти на наступних етапах обробки.

Для визначення придатності даної технології та її впливу на отримане волокно були проведені дослідження фізико-механічних показників волокон конопель після процесу різання стебел. За дослідний зразок було обрано стебла конопель весіннього збору, сортів текстильного призначення Вікторія, Гляна та Ніка. Їх волокно оцінювали за такими показниками: вихід волокна, середня довжина волокон після

декортикації, розривне навантаження та лінійна щільність. Середні показники отриманого продукту представлені в табл. 4.

Таблиця 4

Основні фізико-механічні властивості волокна після збору комбайном з спеціальними гідравлічними ножами

№ з/п	Сорти	Вихід волокна, %	Розривне навантаження, даН	Лінійна щільність, текс	Середня довжина волокон, см
1	Ніка	31	36,0	28	45
2	Вікторія	37	34,5	25	42
3	Гляна	36	37,1	21	39

Аналіз проведених досліджень з визначення фізико-механічних властивостей волокна після збору комбайном з спеціальними гідравлічними ножами показує, що отримане волокно має всі необхідні якісні показники для застосування його в різних сферах виробництва. Також, високий відсоток виходу волокна підтверджує доцільність застосування спеціальних текстильних сортів як для текстильної галузі, так і для інших галузей виробництва.

Таким чином, дана технологія має суттєві переваги порівняно з існуючими на сьогоднішній день технологіями збирання технічних конопель. По-перше, спрощується процес транспортування сировини до переробних заводів, по-друге покращується якість волокна, збільшується відсоток прядомих волокон – понад 50 %, а по третє виключення з технологічного процесу операції подрібнення паралелізованого шару стебел соломки, що робить подальший процес обробки економічно вигідним.

Узагальнюючи аналіз відомих технологій збирання технічних конопель та якісних характеристик отриманої сировини, вченими кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету розроблена схема впливу способів збирання на технології переробки та сфери подальшого використання конопляної сировини.

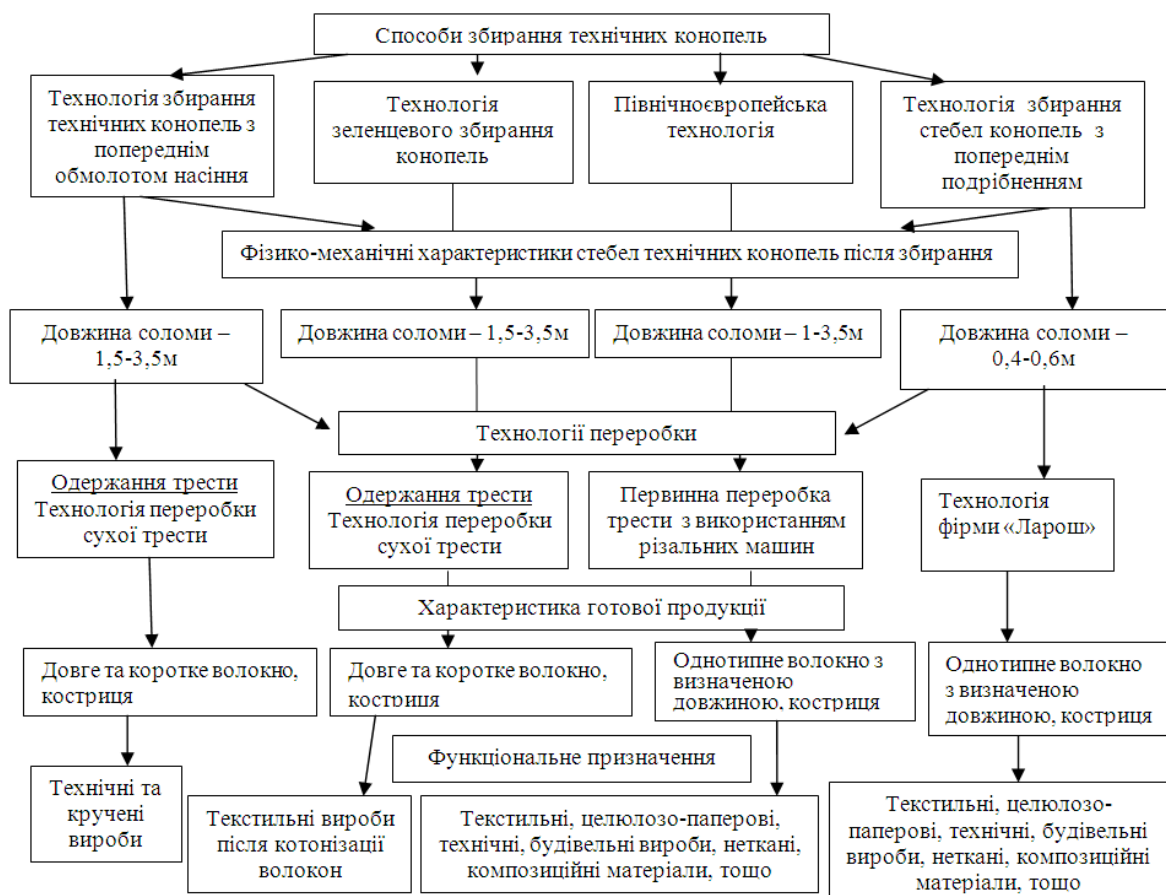


Рис 2. Схема впливу способів збирання на технології переробки і характеристику отриманої продукції

Запропонована схема, яка пов'язує способи збирання технічних конопель з технологіями переробки і використання волокна, дає можливість виробникам обґрунтовано обирати той чи інший спосіб збирання з прогнозуванням якості одержаного волокна і костриці з визначенням їх функціонального призначення. Знання впливу вхідних характеристик конопляної сировини на фізико-механічні властивості готової продукції буде сприяти розвитку конопле переробної галузі в ринкових умовах.

Висновки

Зважаючи на науково-технічний прогрес і світовий досвід, сьогодні, в нашій державі, потрібно не тільки вдосконалювати існуючі технології збирання та переробки технічних конопель, а й обґрунтовано поєднати ці процеси з метою отримання конопле сировини багатофункціонального призначення. Тому, для забезпечення споживачів необхідною сировиною, коноплепереробникам обов'язково треба пов'язувати основні процеси технологічної переробки конопель: збирання та механічну обробку. Адже, тільки правильне поєднання всіх ланок технологічного процесу перероблення технічних конопель дасть можливість отримати луб'яну сировину високої якості, що значно розширить сфери її застосування в різних галузях народного господарства України.

Список використаної літератури

1. Техническая конопля в Украине и других странах [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://tku.org.ua/page/1>
2. European Industrial Hemp Association (EIHA) [Электронный ресурс]. – Режим доступу: http://eiha.org/?login=failed&errcode=empty_username
3. Коноплі : монографія / [Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гилязетдинов Р.Н. та ін.] ; за ред. М.Д.Мигалю, В.М.Кабанця. – Суми : Видавничий будинок "Еллада", 2011. – 384 с.
4. Гилязетдинов Р.Н. Преимущества перспективы технологии уборки на основе разделения операций/ Р.Н.Гилязетдинов, В.Г. Баранник// Зб. наук. пр. Ін-ту луб'яних культур УААН. – Глухів, 2000. – Вип. 2. – С. 136-140.
5. Макаев В.І. Механізація збирання зеленцевих посівів конопель/ В.І. Макаев, П.В. Лук'яненко, Р.Н. Гилязетдинов// С.-г. машини: зб. наук. ст./ ЛДТУ. – Луцк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2006. – Вип. 14. – С. 130-137.
6. Murphy D. P. The use of flax and hemp materials for insulating buildings/ D. P. Murphy , H. Behring, H. Wieland// Institute of Natural Fibers, Poznan, Poland, 1997. – P. 79-84
7. Маринченко І.О. Розроблення ресурсозберігаючої технології одержання трести конопель: дис. кандидата технічних наук: 05.07.15 / Маринченко Ігор олексійович. – Суми., 2015. – 186 с.
8. «HempFlax Bv» [Електронний ресурс]: – Режим доступу <https://ru.linkedin.com/company/hempflax-marketing-bv>
9. Maschinenfabrik Kemper : History. [Електронний ресурс]: – Режим доступу <http://www.kemper-stadtlohn.de/en/home/company/history.html>
10. Pecenka, R.; Fürll, C.; Gusovius, H.-J.; Hoffmann, T. (2009): Optimal Plant Lay-Out for Profitable Bast Fibre Production in Europe with a Novel Processing Technology. J. Biobased Mater. Bioenergy 3, pp. 282–285.

УДК 637.523:663.18

В.Г. БУРАК

Херсонський державний аграрний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА СИРОВИНИ І КОВБАСНИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАКТЕРІАЛЬНИХ ЗАКВАСОК

Робота присвячена розробці та науковому обґрунтуванню технологічних параметрів виробництва сирокочених ковбас з використанням композиційної добавки. Обґрунтовано перелік функціонально-технологічних компонентів перспективних до застосування, досліджено їх вплив на протеолітичну активність бакпрепарату, визначено оптимальні концентрації, які забезпечують стабільне функціонування бакпрепарату у м'ясній сировині.

Оптимізовано температурні режими сушіння ферментованих ковбас з використанням композиційної добавки «Компакт-БП». Доведено, що поступове зниження температури сушіння з $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ до $(11\pm 2)^{\circ}\text{C}$, вологості повітря з $(92\pm 3)\%$ до $(76\pm 3)\%$ дає змогу скоротити тривалість виготовлення з 28-38 до 18-20 діб і отримати ковбаси з високими якісними показниками.

Ключові слова: бактеріальний препарат, композиційна добавка, сирокочені ковбаси, технологія виробництва, харчова цінність.

В.Г. БУРАК

Херсонский государственный аграрный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА СЫРЬЯ И КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАКВАСОК

Робота посвящена разработке и научному обоснованию технологических параметров производства сырокоченых колбас с использованием композиционной добавки. Обоснован перечень функционально-технологических компонентов перспективных к применению, исследовано их влияние на протеолитическую активность бакпрепарату, определены оптимальные концентрации, которые обеспечивают стабильное функционирование бакпрепарату в мясном сырье.

Оптимизированы температурные режимы сушения ферментированных колбас с использованием композиционной добавки "Компакт-БП". Доказано, что постепенное снижение температуры сушения из $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ до $(11\pm 2)^{\circ}\text{C}$, влажности воздуха с $(92\pm 3)\%$ до $(76\pm 3)\%$ дает возможность сократить длительность изготовления с 28-38 до 18-20 суток и получить колбасы с высокими качественными показателями.

Ключевые слова: бактерияльный препарат, композиционная добавка, сырокоченые колбасы, технология производства, пищевая ценность.

V. BURAK

Kherson State Agrarian University

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PRODUCTION OF RAW MATERIAL AND SAUSAGE WARES USING the BACTERIAL LEAVEN

Work is devoted to development and scientific justification of technological parameters of production of raw-smoked sausages using the composition addition. The list of perspective functionally-technological components is reasonable to application is justified, their influence on the proteolytic activity of the bacterial preparation is investigated, optimal concentrations which provide the stable functioning of bacterial preparation in meat raw material are defined.

The temperature conditions of drying of the fermented sausages are optimized with the use of composition addition of "Компакт-БП". It is well-proven that gradual decline of temperature of drying from $(22\pm 2)^{\circ}\text{C}$ to $(11\pm 2)^{\circ}\text{C}$, the humidity of air from $(92\pm 3)\%$ to $(76\pm 3)\%$ enables to shorten duration of making from 28-38 to 18-20 days and to get sausages with high high-quality indexes.

Keywords: bacterial preparation, composition addition, raw-smoked sausages, technology of production, food value.

Постановка проблеми

Особливістю сучасного ковбасного виробництва є інтенсифікація технологічних процесів. Особливим попитом, незважаючи на економічну кризу, користуються делікатесні види м'ясної продукції, а саме сирокочені ковбаси, які вирізняються серед інших видів ковбас щільною

консистенцією, специфічним ароматом, приємним смаком, мають високу біологічну й енергетичну цінність, зберігають високу якість впродовж тривалого періоду.

Процес виготовлення даних видів ковбас є трудомістким і вимагає особливої уваги, оскільки технологія їх виробництва не передбачає теплової обробки, а готовність продукту досягається в результаті тривалого дозрівання і сушіння, під час яких у м'ясному фарші під впливом мікробіальних ферментів та ферментів тканин м'яса відбуваються біохімічні процеси, які формують якісні показники готової продукції.

Зазначені положення дають підставу вважати, що використання бактеріальних препаратів (заквасок) і різноманітних добавок для виробництва сирокочених ковбас є ефективним засобом спрямованого впливу на перебіг технологічного процесу та забезпечує отримання якісної продукції.

Широкого розповсюдження у технології сирокочених ковбас набуло використання мікроорганізмів, зокрема молочнокислих бактерій, які вносять до фаршу під час його приготування. Вплив останніх на м'ясну сировину пов'язаний зі специфічністю їхньої біохімічної активності, здатністю до продукування антимікробних сполук (бактеріоцинів), наявністю специфічних ферментів тощо.

У зв'язку з викладеним, нагальним і перспективним напрямом оптимізації технології сирокочених ковбас є комплексне застосування вітчизняних бактеріальних препаратів та харчових добавок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останніми роками, з врахуванням сучасних вимог нутриціології та специфічної економічної ситуації в Україні з використанням комп'ютерної техніки проводиться пошук і розробка нових рецептур м'ясної продукції заданого хімічного складу, яка збалансована за вмістом білків, жирів і вуглеводів, води, мінеральних речовин і вітамінів. З метою підвищення харчової і біологічної цінності продукції використовують білкові компоненти тваринного і рослинного походження – знежирене молоко, казеїн, білки крові тощо.

Розробляються та впроваджуються інноваційні технології, які оптимізують і наближають до мінімуму витрати при переробці м'яса, забезпечують раціональне використання вторинних продуктів забою тварин (субпродуктів II категорії, крові) і харчових добавок, оптимальних режимів зберігання і способів холодильного обробітку, пакувальних матеріалів.

Широкого розповсюдження у технології сирокочених та сиров'ялених ковбас набуло використання мікроорганізмів, зокрема молочнокислих бактерій, які вносять до фаршу під час його приготування. Вплив останніх на м'ясну сировину пов'язаний зі специфічністю їхньої біохімічної активності, здатністю до продукування антимікробних сполук (бактеріоцинів), наявністю специфічних ферментів [1].

М'ясні товари і ковбасні вироби характеризуються високою харчовою цінністю завдяки вдалому поєднанню високоякісної сировини, відповідній їй обробці, наявності широкого вибору продукції, яка задовольняє потреби різноманітних споживачів.

Асортимент ковбасних виробів став більш різноманітним і оригінальним. Підприємства виробляють різноманітні ковбасні вироби де все більшу популярність набувають продукти із м'яса домашньої птиці.

В залежності від сировини і технологічної обробки ковбасні вироби можна розділити на наступні види: варені ковбаси, фаршировані ковбаси, сосиски і сардельки, напівкопчені ковбаси, сирокочені ковбаси, варено-копчені ковбаси, ліверні ковбаси, кров'яні ковбаси, м'ясні хліби, паштети, сальтисон, холодці, дієтичні ковбасні вироби, кінські ковбаси, копченості.

Сирокочені ковбаси відносять до класу делікатесної продукції, вирізняються від інших щільною консистенцією, гострим запахом, приємним солонуватим смаком (5,5% солі). Батони мають виражену зморшкуватість з виступом сала або грудинки. За хімічним складом ця продукція характеризується значним вмістом білків (21-28%), підвищеним – жирів (до 42-48%) і невеликим вмістом води (25-30%). Тому сирокочені ковбаси найбільш стійкі і можуть зберігатись до 9–12 місяців [2].

Пріоритетними спрямуваннями у виробництві сирокочених ковбас є: розробка нового асортименту, широке використання бактеріальних стартових культур, інтенсифікація формування консистенції, смаку й аромату під час прискорених технологій дозрівання і сушки, контроль безпеки [3].

Формування споживних властивостей виробів забезпечується біохімічними змінами з участю ферментів м'яса і мікроорганізмів. За рахунок внесення у фарш певних видів мікроорганізмів затримується ріст небажаної мікрофлори. Під час дозрівання ковбас молочнокислі бактерії (лактобацили) розмножуються скоріше, ніж інші види бактерій.

Бактеріальні стартові культури в основному представлені сумішшю різних мікроорганізмів, які впливають на процес дозрівання ковбас. Із приблизно 360 різних сортів сирокочених ковбас, тільки незначна частка виготовляється без стартових культур. Фірма «Gewirzmuller» виробляє близько 90 тонн цих культур на рік. Для ферментації м'ясної сировини у виробництві сирокочених ковбас пропонують

штами *Lactobacillus plantarum* і *Micrococcus varians* або *Lactobacillus acidophilus*, *L. Casei* і *L. Bulgarians* у відповідних поєднаннях між собою і з різними штамми [4].

Найбільш часто для регулювання дозрівання сирокочених ковбас використовують коферментативні лактобацили: *Lactobacillus plantarum* і *Lactobacillus breves* які утворюють з різних цукрів тільки молочну кислоту. З метою прогнозування утворення і стабільності кольору та характерного смаку у фарш вводять мікрококи, зокрема *Micrococcus aurantiacus*, *Micrococcus lactis*, *Micrococcus varians*. Вони відновлюють нітрати до нітритів і сприяють утворенню оксиду азоту, який потім взаємодіє з міоглобіном, внаслідок чого накопичується стабільний нітрозоміоглобін [5].

Бактеріальні препарати є сумішшю молочнокислих бактерій, мікрококів, стафілококів, педіококів (*Lactobacillus* spp., *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus xylosum*, *Staphylococcus carnosus*), дріжджів і грибів (*Debaryomyces hansenii*, *Candida famata*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium camembertii*). Якість бактеріальних препаратів визначається вмістом життєздатних клітин, їх стійкістю до впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища, дотримання умов і способів упаковки. В основному пропонуються препарати спеціалізованих фірм Німеччини, Данії, Австрії, США, Франції, Іспанії [6].

Вихід сирокоченої напівсухої ковбаси становить 71% до маси несоленої сировини. Додавання бактеріальних заквасок (стартових культур) сприяє швидкому зниженню рН фаршу, внаслідок чого прискорюються реакція кольороутворення фаршу і активізація внутрішньо - м'язових ферментів — катепсинів, які руйнують первинну структуру м'язових волокон і приводять до утворення нової вторинної структури сирокочених ковбас. Ковбаси швидше утворюють притаманну сирокоченим ковбасам структуру і набувають приємного кислуватого аромату. Термін доведення ковбас до стадії готовності скорочується на 10 діб [7].

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є удосконалення технології сирокочених ферментованих ковбас з використанням поліфункціональної добавки із залученням до її складу бактеріального препарату, смакоароматичних і технологічних компонентів.

Для реалізації означеної мети вирішувалися такі завдання:

- здійснити вибір бактеріальних препаратів і провести комплексні дослідження щодо їхнього впливу на формування якісних показників ковбас на різних стадіях технологічного процесу; підібрати технологічні і смакоароматичні компоненти та визначити їхній вплив на мікрофлору бакпрепарату за спільного використання;
- скласти рецептуру та розробити технологію поліфункціональної добавки для ферментованих ковбас;
- визначити температурно-вологісні параметри сушіння ферментованих ковбас з використанням розробленої добавки, дослідити її вплив на формування якісних показників під час виробництва та зберігання готового продукту;
- встановити закономірності перебігу біохімічних, фізико-хімічних та мікробіологічних перетворень м'ясної сировини під час сушіння;
- проведено комплексну товарознавчу оцінку готової продукції (ковбаси сирокоченої) за органолептичними, фізико-хімічними показниками та показниками безпечності, встановлено термін зберігання нового виду ковбаси сирокоченої за удосконаленою технологією.

Об'єкт дослідження — є технологія сирокочених ковбас та сирокочена ковбаса з використанням поліфункціональної закваски «Компакт-БП».

Предмет дослідження — сухі бактеріальні препарати, технологічні та смакоароматичні добавки, м'ясна сировина, сирокочені ковбаси під час виробництва та зберігання.

Практичне значення роботи полягає в розробленні рецептури сирокоченої ковбаси з використанням добавки «Компакт-БП» та удосконаленні технології ферментованих ковбас з використанням композиційної добавки «Компакт-БП» та вивчено її вплив на формування якісних показників ферментованих ковбас під час виробництва та зберігання.

Викладення основного матеріалу дослідження

Однією з найважливіших соціально-економічних проблем сучасності, пов'язаною з розробкою сучасних технологій, вважають забезпечення населення якісними продуктами харчування. При цьому також враховують купівельну спроможність населення.

У нашій роботі ми поставили за мету проаналізувати технологію виготовлення сирокочених ковбас за традиційною рецептурою та за удосконаленою технологією з використанням бактеріальних заквасок.

Вплив компонентів композиційної добавки на розвиток мікрофлори бакпрепаратів досліджували на модельних м'ясних системах. Як функціональні добавки використовували різні кількості глюконо-

дельта-лактону (ГДЛ), аскорбінової кислоти, глутамату натрію, вуглеводів. Визначали початкові та кінцеві значення кількості молочнокислих бактерій (МКБ) і рН середовища.

Дослідження проведені у м'ясопереробному цеху АФ «Прогрес» Бериславського району Херсонської області.

Для виготовлення сирокочених ковбасних виробів використовують сировину від здорових тварин, без ознак мікробіального псування та прогіркання м'яса.

Дослідження проводились в науково-дослідній лабораторії ветеринарної медицини м. Херсона.

Дослідження показників якості сирокоченої ковбаси за традиційною технологією «Московська» та за удосконаленою технологією «Святкова» проводили загальноприйнятими та сучасними методами, зокрема: вміст вологи, жиру, білку, золи, вуглеводів, мікробіологічні та фізико-хімічні показники визначали відповідно до вимог чинної нормативно-технічної документації за загальноприйнятими методиками.

Сирокочені ковбаси відносять до класу делікатесної продукції, вирізняються від інших щільною консистенцією, гострим запахом, приємним солонуватим смаком (5,5% солі). Батони мають виражену зморшкуватість з виступом сала або грудинки. За хімічним складом ця продукція характеризується значним вмістом білків (21-28%), підвищеним – жирів (до 42-48%) і невеликим вмістом води (25-30%). Тому сирокочені ковбаси найбільш стійкі і можуть зберігатись до 9–12 місяців [2].

Пріоритетними спрямуваннями у виробництві сирокочених ковбас є: розробка нового асортименту, широке використання бактеріальних стартових культур, інтенсифікація формування консистенції, смаку й аромату під час прискорених технологій дозрівання і сушки, контроль безпеки [3].

Сирокочені ковбаси входять до числа найрентабельніших ковбас, які, не дивлячись на їх високу ціну, набувають дедалі більшої популярності.

Тривалість технологічного циклу, що протікає в умовах охолодження, є одним з найбільш вартісних чинників виробництва. З найменшими витратами часу збільшення випуску продукції досягається шляхом застосування ферментативних процесів.

Новим кроком на шляху підвищення ефективності ковбасного виробництва є застосування ароматизованих сумішей для дозрівання ковбас.

На основі результатів проведених досліджень на окремих стадіях сушіння ковбас обґрунтовано і оптимізовано температурно-вологісні параметри сушіння. Для того, щоб перевірити ефективність запропонованої технології виробництва ферментованих ковбас із застосуванням композиційної добавки «Компакт-БП», здійснювали порівняння зразків готового продукту за основними якісними показниками.

Отримані дані склали основу для удосконалення технології виробництва сирокочених ковбас (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння технологій виробництва сирокочених ковбас

Традиційна технологія	Удосконалена технологія	
Соління знежилованого м'яса в кусках	Охолодження або підморожування м'ясної та жирної сировини	
$\tau = 2-3$ доби	$\tau = 24$ год	
Подрібнення Приготування фаршу Наповнювання оболонок	Подрібнення Приготування фаршу Наповнювання оболонок	
Осаджування $t = \text{від } 2^{\circ}\text{C до } 4^{\circ}\text{C}$ $\varphi = (87 \pm 2)\%$	Осаджування $t = \text{від } 12^{\circ}\text{C до } 15^{\circ}\text{C}$ у виробничому приміщенні	
$\tau = 5-7$ діб	$\tau = \text{від } 3-4$ год до 1 доби	
Копчення $t = \text{від } 18 \text{ до } 22^{\circ}\text{C}$	Копчення	та сушіння
$\tau = 1-3$ доби	сирокочені до 6-ти год на добу	при поступовому зниженні температури з $(22 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ до $(11 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, відносної вологості повітря з $(92 \pm 3)\%$ до $(76 \pm 2)\%$, швидкості руху повітря з 0,1 м/с до 0,05 м/с
Сушіння $t = \text{від } (13 \pm 2)^{\circ}\text{C до } (11 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ $\varphi = \text{від } (82 \pm 2)\% \text{ до } (76 \pm 2)\%$		
$\tau = 20-25$ діб	$\tau = 16-18$ діб	
Всього: 28-38 діб	Всього: 18-20 діб	

Сушка. Ця операція завершує технологічний цикл виробництва сирокочених ковбас. У результаті пониження масової долі вологи і збільшення масової долі куховарської солі і коптільних

речовин підвищується стійкість м'ясопродуктів до дії гнильної мікрофлори. Крім того, збільшується концентрація сухих поживних речовин в готовому продукті, покращуються умови його зберігання і транспортування.

Сушка сирокопчених ковбас належить до найбільш складних технологічних процесів. Упродовж майже усього періоду сушки в продукті відбуваються складні фізико-хімічні і біохімічні зміни (дозрівання ковбас), що викликаються тканинними і мікробними ферментами. При цьому руйнується клітинна структура м'язової тканини і утворюється однорідна, монолітна структура, властива готовому виробу.

Ковбасу сушать 5-7 доби в сушарках при $13 \pm 2^{\circ}\text{C}$, відносній вологості повітря $82 \pm 3\%$ і швидкості його руху 0,1 м/с. Сушать на вішалах 25-30 діб залежно від діаметру оболонки. Подальшу сушку проходять впродовж 20-23 доби при $11 \pm 1^{\circ}\text{C}$, відносній вологості $76 \pm 2\%$ і швидкості руху повітря 0,05-0,1 м/с. Загальна тривалість сушки 25-30 доби залежно від діаметру оболонки.

При приготуванні ковбаси в штучній білковій оболонці тривалість сушки збільшується на 10-15 діб в порівнянні з ковбасою в природній оболонці. При сушці не допускаються сильні потоки повітря.

Для рівномірності сушки слід підбирати батони однакового діаметру. Кондиціонери і інші апарати повинні забезпечувати в сушарних камерах необхідну температуру і вологість повітря.

Ковбаси сушать в сушарних камерах (рис. 1) при певній температурі і вологості повітря, в яких місткість кожної камери повинна відповідати добовій продуктивності цеху, а їх чисельність - кількості доби сушки. Для підтримки режиму сушки використовують кондиціонери. Вішала або рами, на яких розвішують ковбаси, розміщують в декілька ярусів залежно від висоти приміщення. Між батонами залишають проміжки для вільної циркуляції повітря.

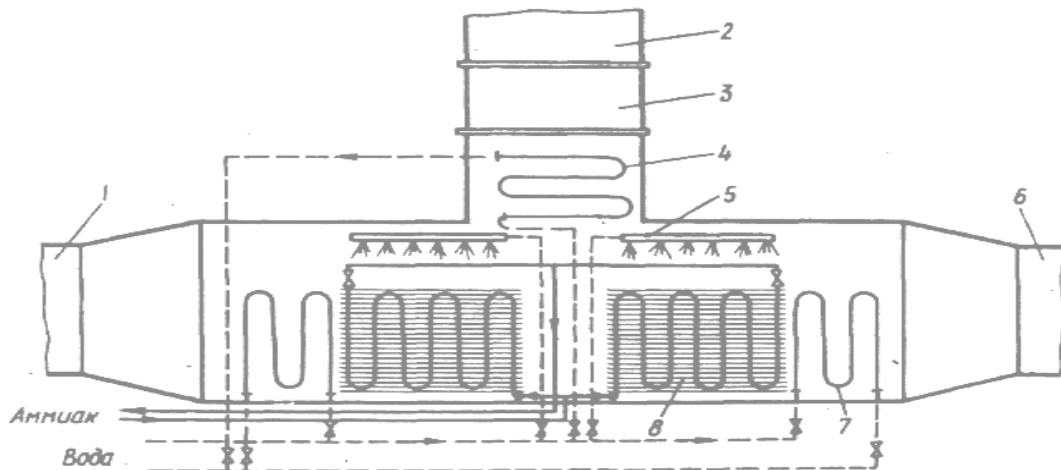


Рис. 1. Сушарна камера:

1- нижня камера для подачі повітря; 2 - верхній воздухоотвод; 3 - вентилятор; 4, 7 - додаткові обігрівачі; 5- трубопровід для зрошування теплою водою; 6- камера для подачі повітря; 8- випарник

Транспортують ковбасні вироби усіма видами транспорту відповідно до правил перевезень вантажів.

Тривалість зберігання сирокопченої ковбаси : при температурі $12-15^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості 75-78% - не більше 4 місяців, при температурі - 2 до -4°C - не більше 4 місяців, при температурі - 7 до -9°C - не більше 9 місяців.

Особливості виробництва сирокопчених ковбасних виробів з використання бактеріальних заквасок

Жирну свинину для дорожньої ковбаси змізернюють на шматочки розміром не більше 10 мм, а шпик для олімпійської ковбаси - на шматочки не більше 3 мм.

Бактерійний апарат, що підморожував, додають на початку куттерования яловичини або нежирної свинини в наступній кількості (на 100 кг сировини) : БП-СК 250см^3 , АЦИД-СК 100см^3 , заморожений препарат АЦИД-СК 1000см^3 , глюконо-дельта-лактон (ГДЛ) 500.

ГДЛ у вигляді порошку, щоб уникнути інактивації, додають на початку куттерования одночасно з яловичиною або нежирною свининою, не допускаючи його перемішування з розчином нітриту натрію. З цієї ж причини не допускається додавання ГДЛ при куттерванні шпика. У куттер на початку завантажують яловичину або нежирну свинину, куховарську сіль, ГДЛ або бактерійний препарат, прянощі, розчин нітриту натрію, коньяк, свинину напівжирну і грудинку або свинину жирну і шпик.

Через 0,5-1,0 хв подрібнення шматків яловичини (нежирної свинини) додають 5% -ний розчин нітриту натрію. Потім завантажують свинину, куттерують впродовж 0,5-1,0 хв до отримання рівномірної маси, додають шпик і куттерують ще 0,6-1,5 хв.

Наповнення оболонки для фаршу роблять таким же чином, як при виготовленні сирокочених ковбас.

Термічна обробка. Процес термічної обробки проводять за наступним способом. Осідання виключається або його проводять впродовж 24 год при 4-8°C. Потім ковбасу коптять димом від деревної тирси твердих листяних порід впродовж 1-2 діб при 22±2°C, відносній вологості повітря 92±3% і швидкості його руху 0,2-0,5 м/с в термоагрегаті з автоматичним контролем параметрів дима.

Одним з найбільш важливих процесів виробництва сирокочених ковбас, при якому формується їх якість, являється сушка. Сушка сирокочених ковбас - найбільш складний технологічний процес. При ній в продукті відбуваються процеси, що викликаються діяльністю тканинних ферментів і мікроорганізмів, одним з наслідків яких є руйнування первинної клітинної структури м'язової тканини і утворення однорідної структури, властивої готовому продукту.

Тривалість сушки залежить від виду, маси, об'єму і необхідної міри обезводнення ковбас.

При сушці тривають процеси, що почалися при осаджуванні і копченні. Обезводнення фаршу оберігає ковбаси від мікробіологічного псування. Крім того, під час сушки відбуваються хімічні процеси, а також перерозподіл вологи і димових компонентів. Мінімальна вологість білкових продуктів, при якій відбувається розвиток бактерій, складає 25-30% до маси продукту.

На початковій стадії сушки кількість мікроорганізмів збільшується. У міру обезводнення продукту, зростання концентрації солі кількість мікробів знижується; при цьому згладжується різноманіття мікрофлори і переважає в основному молочнокисла.

Висушені продукти легше транспортувати і зберігати, оскільки вони мають меншу масу і об'єм при однаковому вмісті поживних речовин.

При сушці сирокочених ковбас відбуваються процеси структуроутворення, складові частини продукту піддаються хімічним змінам під впливом тканинних бактерійних ферментів. При сушці зменшується кількість незруйнованих волокон м'язової тканини фаршу, триває гомогенізація маси з появою зернистості її будови. Причиною цих змін є діяльність мікрофлори і тканинних ферментів. Ці зміни роблять продукт більше легкозасвоюваним і покращують його органолептичні характеристики. У основі ферментативного розпаду структурних елементів тканин фаршу лежить протеоліз, в результаті якого відбувається розпад близько 15% білкових речовин фаршу. В процесі сушки відбувається гідроліз білків, в 2 рази збільшується кількість вільних амінокислот. Кінець кінцем утворюється однорідна, монолітна структура продукту з хорошим зв'язком часток.

У процесі ферментації беруть участь наступні види бактерій : лактобацили.

Що стосується лактобацил, використовуваних при дозріванні сухих ковбас, то найчастіше це буває *Lactobacillus plantarum* або *Lactobacillus brevis*. Ці види являються гомоферментативними, наприклад, вони утворюють тільки молочну кислоту з різних цукрів. Далі, вони являються мікроаерофільними, тому вони забезпечують процес ферментації в низкокислородній середовищі, наприклад, усередині ковбас великого діаметру.

Дозрівання ковбас проводять в приміщеннях з контрольованими атмосферними умовами. Деякі підприємства вважають за краще витримувати фарш на лотках в процесі перед набиванням його в оболонку.

Прикладом хорошого швидкого процесу дозрівання для фаршу, що містить бактерійні закваски, являється наступний процес:

1. 24 години при 24°C і при відносній вологості 95%;
2. 24 години при 22°C і при відносній вологості 90%;
3. 24 години при 20°C і при відносній вологості 85%;
4. 24 години при 18°C і при відносній вологості 80%.

Після процесу дозрівання ковбаси сушать при 15°C і відносній вологості 75% на протязі 2- 3 тижнів.

Це лише приклад, але він типовий для сучасного прискореного виробництва.

Під час дозрівання і сушки в м'ясному фарші відбувається декілька важливих змін. Сюди відносяться зміни у кількості різних видів бактерій, фізичні зміни, наприклад, зміни показника рН і зміст вологи, а також хімічні зміни, наприклад, гідралізація білку на амінокислоти і аміак.

Дослідно-промислова апробація сухих бактеріальних препаратів лактобацил у виробництві сирокочених ковбас. У процесі виготовлення дослідних зразків ковбас із застосуванням створених препаратів значення рН в необхідному інтервалі 5,2...5,3 досягалося на 4-ту добу ферментації, у контрольних зразках виробів необхідна величина рН була досягнута на 7-му добу. У готових дослідних виробках через 18 діб після початку технологічного процесу даний показник становив 5,4 у контрольних

виробах - 5,5, але вироби були ще не придатними для реалізації. Дозрівання контрольних зразків завершилось на 25 добу.

Зміна показника рН. Очевидно, що зменшення рН досягається в перші дні процесу дозрівання. У наступному цей показник практично не змінюється, зберігаючись на рівні 4,8 - 4,9.

Під час дозрівання і сушки в м'ясному фарші відбувається декілька важливих змін. Сюди відносяться зміни у кількості різних видів бактерій, фізичні зміни, наприклад, зміни показника рН і зміст вологи, а також хімічні зміни, наприклад, гідралізація білку на амінокислоти і аміак.

Це швидке зниження значення рН дуже важливе для пригнічення гнильних бактерій і для стимулювання процесу желювання солерозчинних м'ясних білків.

Зміна лактобацил. Показник рН знижується під впливом молочної кислоти, що утворюється штамми бактерій, що природно присутніми або вводяться в м'ясний фарш, : в даному випадку це *Lactobacillus plantarum*. У цей м'ясний фарш інокулювали приблизно 10⁶ лактобацил на 1 день. В перші два дні відбувається різке збільшення числа бактерій, що у свою чергу викликає різке зниження рН. Внаслідок комбінованої дії підкислення, зникнення запахів поживних речовин (цукрів) і зниження температури і вологості розвиток лактобацил інгибується, починаючи з третього дня.

У готових дослідних виробах на 18 добу масова частка вологи становила не більше 35 %, масова частка солі не перевищувала 6,0 %. Показники титруємої кислотності виробів, виготовлених із застосуванням препаратів лактобацил, коливались від 438,1⁰Т до 528,9⁰Т. У готових контрольних виробах величина титруємої кислотності склала 428,3⁰Т (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика сирокочених ковбас, виготовлених із додаванням бактеріальних заквасок

Показники			Контроль	Лактоплан 13	Лактокур 904	Лактоплан 1005
МАФаМ у 1,0 г			1,47	1,18	1,00	1,23
Молочнокислі коки у 1,0 г			5,90	6,45	5,22	5,29
Внесені культури у 1,0 г			5,0	6,0	6,0	10,0
Фізико-хімічні	Масова частка, %	вологи	32	32	30	30
		білка	13,97	13,93	13,91	14,03
		жиру	35,46	35,44	35,44	35,46
		NaCl	5,9	5,5	5,3	5,4
		NaNO ₂	0,0039	0,0014	0,0049	0,0014
	рН		5,80	5,40	5,42	5,40
	Титруєма кислотність, ⁰ Т		428	508	458	482

При визначенні мікробної контамінації м'ясного фаршу до внесення препаратів встановлено, що кількість мікроаерофільних факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФаМ) становила 4,93 ± 0,04 lg КУО/г, бактерій групи кишкової палички (БГКП) – 3,86 ± 0,01 lg КУО/г, молочнокислих коків – 4,74 ± 0,02 lg КУО/г. Лактобацили були представлені одиничними клітинами.

У готових виробах визначено незначну кількість МАФаМ, не виявлено БГКП і патогенних бактерій, що відповідає вимогам стандартів, але у дослідних зразках ці бактерії не виявлялись уже на 18 добу, а у контрольних - аж на 25 добу. Щодо лактобацил, внесених із відповідними препаратами, то після ферментації у деяких зразках ковбаси їх кількість зменшилась, у деяких – залишилась без змін, у деяких - зросла. Але вже починаючи із середини процесу сушки, їх кількість починає поступово зростати. В готових виробах, виготовлених при внесенні у фарш препарату Лактоплан 1005, кількість відповідних штамів становила 10,0 lg КУО/г, тобто збільшилась у порівнянні із кількістю, що була внесена у м'ясний фарш.

Таким чином, порівняльний аналіз застосування створених препаратів у технології сирокочених ковбас свідчить про можливість використання їх, оскільки дозволяє скоротити технологічний процес виготовлення ковбас на 7 діб у порівнянні з контрольними зразками, а також дає стабільні якісні показники готових виробів: формується приємний смако-ароматичний комплекс і тверда еластична монолітна структура, темно-червоний колір, а також запобігається розвиток небажаної мікробіоти.

Отримані результати було підтверджено промисловими виробками сирокочених ковбас.

Об'єктами досліджень було взято зразки сирокочених ковбас «Московська» та «Святкова» вищого гатунку, які виробляються на АФ «Прогрес».

На першому етапі було проведено дослідження маркування ковбасних батонів (табл. 3).

Таблиця 3

Порівняльна характеристика маркування сирокочених ковбас «Московська» та «Святкова» вищого гатунку

Назва показника	Зразки досліджуваної ковбаси	
	«Московська»	«Святкова»
Гатунок	вищий	вищий
Склад	яловичина, сало, сіль, комплексна добавка хауссаламі, нітрит натрію	яловичина, свинина, шпик, сіль, «Компакт-БП», нітрит натрію
Харчова цінність у 100 г	білки – 24,0 г жири – 55,0 г	білки – 27,0 г жири – 42,4 г
Калорійність, ккал	597	490
Термін та умови зберігання	при температурі не більше + 15 ⁰ С відносній вологості 75±5%, не більше 29 діб	при температурі від +2 ⁰ С до +15 ⁰ С та відносній вологості 75±5% до 30 діб
Технічна документація	ТУ У 15.1-25878614.008-2002	ТУ У 15.1-25878614.008-2010

Органолептична оцінка сирокочених ковбас показала, що внесення препаратів Лактоплан 13, Лактокур 904 позитивно впливає на якість ковбас. Найкращі результати отримані при оцінці зразків, виготовлених із застосуванням препарату Лактоплан 1005.

Тривалість технологічного процесу виготовлення сирокочених ковбас із застосуванням препаратів лактобацил склала 18 діб, на відміну від більш тривалого процесу (25 діб) виготовлення ковбасних виробів із застосуванням імпоротної закваски.

Наступним етапом було проведено дослідження за органолептичними показниками, а саме зовнішній вигляд, консистенція, вид фаршу на розрізі, запах та смак, форма, розмір та в'язка батонів (табл. 4).

Таблиця 4

Результати досліджень органолептичних показників якості сирокоченої ковбаси «Московська» та «Святкова»

Найменування показника	Вимоги якості згідно ДСТУ 4427:2005	Досліджувані зразки сирокоченої ковбаси	
		«Московська»	«Святкова»
Зовнішній вигляд	Батони з чистою сухою поверхнею, без ушкодження оболонки, напливів фаршу, злипів, жирових набряків	Батони з чистою сухою поверхнею, без ушкодження оболонки, напливів фаршу, злипів	Батони з чистою сухою поверхнею, без ушкодження оболонки, напливів фаршу, злипів
Консистенція	Пружна	Пружна	Пружна
Вид фаршу на розрізі	Колір фаршу темно-червоний, фарш рівномірно перемішаний, без сірих плям, пустот і складає кусочки шпика розміром не більше 4 мм	Колір фаршу темно-червоний, рівномірно перемішаний, кусочки шпика 3-5 мм	Колір фаршу темно-червоний, рівномірно перемішаний, кусочки шпика 3-4 мм
Запах та смак	Приємний, притаманний даному виду продукту, з вираженим ароматом пряностей і коптіння, смак гострий солений, без сторонніх присмаку та запаху	Сильно виражений присмак пряностей	Приємний з вираженим ароматом коптіння, трохи солонуватий

Порівнявши результати органолептичних досліджень зразків сирокоченої ковбаси з ДСТУ 4427:2005 «Ковбаси сирокочені та сиров'ялені. Загальні технічні умови», можна зробити наступні висновки: особливих розбіжностей порівняно з ДСТУ не виявлено.

Наступним етапом було проведення фізико-хімічних показників таких як масова доля вологи, масова доля солі, масова доля нітриту натрію та порівняння даних зразків з вимогами ДСТУ (табл. 5).

Таблиця 5

Результати досліджень фізико - хімічних показників якості сирокоченої ковбаси «Московська» та «Святкова»

Найменування показника	Вимоги якості згідно ДСТУ 4427:2005	Досліджувальні зразки сирокочених ковбасних виробів	
		«Московська»	«Святкова»
Масова доля вологи, % не більше	38,0	37,8	38,2
Масова доля солі, % не більше	3,5	3,7	3,4
Масова доля нітриту натрію не більше	0,005	0,005	0,005

Проаналізувавши табл. 5 за фізико-хімічними показниками якості сирокоченої ковбаси можна зробити висновки, що результати досліджень виявились невтішні, так як жодна із досліджуваних сирокочених ковбас не відповідає нормам ДСТУ 4427:2005 «Ковбаси сирокочені та сиров'ялені. Загальні технічні умови». Хоча відхилення незначні, але все ж вони можуть істотно вплинути як на смакові властивості продукту, так і на термін зберігання.

Провівши ряд досліджень, стає зрозуміло, що в досліджуваних зразках сирокоченої ковбаси спостерігались відхилення за показниками, як органолептичними, так і фізико – хімічними, що негативно впливає на споживчі властивості ковбасних виробів. Хоч на перший погляд вироби досить привабливі та смачні, але, як показують дослідження, спостерігаються невідповідності згідно з ДСТУ, але проблема в тому, що сьогодні відхиляться від ДСТУ не протизаконно і тому виробники обирають легші шляхи.

Виробникові необхідно вибрати такий засіб захисту, що обійдеться йому недорого, але зможе створити більші (або навіть непереборні) проблеми для фальсифікаторів. Також для виробників в якості критеріїв ідентифікації потрібно вибирати такі характеристики, при підробці яких фальсифікація не буде мати сенсу.

У діючих стандартах, ТУ та інших нормативних документах подібні критерії найчастіше відсутні. Регламентовані в них органолептичні і фізико-хімічні показники, як уже вказувалось, недостатньо вірогідно ідентифікують продукцію. Тому на сьогодні перед відповідними органами стоїть надзвичайно важливе питання розробки спеціальних критеріїв ідентифікації та внесення відповідних доповнень у стандарти й Правила сертифікації сирокочених ковбас і сировини.

Отже, ідентифікація продукції, сирокочених ковбас, складний процес, який потребує спеціальних навичок від того, хто її проводив. В наш час все більше товарів поступає на ринок неякісними, тобто фальсифікованими, тому потрібно знати яким чином розпізнати справжній продукт від підробки. Потрібно знати за якими критеріями проводиться ідентифікація сирокочених ковбас і що нормується. Органолептична оцінка за допомогою якої візуально оцінюють належність тому чи іншому виду сирокочених ковбас. Для ідентифікації також потрібно знати які добавки і в якій кількості нормуються. Так для сирокочених ковбас - це вміст солі, вологи, нітрату натрію, залежно від цих показників визначається гатунок ковбас та їхній вид.

На нашу думку, для запобігання фальсифікованої продукції на ринках України виробники повинні дотримуватися норм передбачені в державних стандартах, таким чином буде легко та зрозуміло за якими критеріями продукція повинна бути ідентифікована та що саме повинно міститися в даному виду продукції, зокрема у сирокочених ковбасах.

Метою роботи є розробка методики визначення найефективніших засобів скорочення тривалості процесів виробництва м'ясних продуктів за рахунок використання мікробіальних культур.

Сирокочені ковбаси входять до числа найрентабельніших ковбас, які, не дивлячись на їх високу ціну, набувають дедалі більшої популярності.

Тривалість технологічного циклу, що протікає в умовах охолодження, є одним з найбільших вартісних чинників виробництва. З найменшими витратами часу збільшення випуску продукції досягається шляхом застосування ферментативних процесів.

Новим кроком на шляху підвищення ефективності ковбасного виробництва є застосування ароматизованих сумішей для дозрівання ковбас.

За останній час отримала розповсюдження низка способів прискорення технологічного процесу виготовлення сиров'ялених ковбас. Серед них одне з перших місць займає глюконо-дельта-Лактон - дельта-Лактон глюконової кислоти (ГДЛ) - призначений для створення прискореного дозрівання сирокочених ковбас.

Цей засіб прискорення дозрівання зробив можливим поставляти готову до реалізації сирокочену ковбасу протягом 48 годин. Глюконо-дельта-лактон (ГДЛ) - білий, практично без запаху кристалічний порошок із злегка солодкуватим смаком, добре розчинний у воді, є нейтральним внутрішнім ефіром глюконової кислоти. Глюконова кислота - натуральний елемент фруктових соків, меду, вина, солоду і пива.

У м'ясних продуктах ГДЛ гідролізується в глюконову кислоту під впливом власної вологи м'яса, поступово зменшуючи рН системи. При встановленні рівноваги з лактоном, має слабокислу реакцію, виникає глюконова кислота з кислим смаком і низьким показником рН.

Встановлено, що при додаванні 0,25 і 0,5% глюконо-дельта-лактона кількість нітриту в готовій ковбасі зменшувалася від 7,8 до 4,8 і 3,1 мг%. При цьому стійкість забарвлення ковбаси підвищувалася прогресивно, а рН знижувався від 6,1 до 5,5.

При виробництві сирокочених ковбас рекомендується додавати ГДЛ в межах 0,5-1,0%. Така норма мотивується тим, що кислотність може бути різною внаслідок мінливості мікрофлори, і не виключена можливість псування при мікробіально обумовленій зміні рН. Є дані про сприятливий вплив ГДЛ на мікрофлору ковбаси. Перевагою глюконо-дельта-лактона, на думку деяких дослідників, є істотне скорочення тривалості виробництва сирокочених ковбас.

Успішне виробництво ковбас залежить від своєчасного зниження рН ковбасного виробу. Безпосередньо в процесі виробництва. рН сировини може досягати 6,4, а підсумковий рівень рН ферментованих ковбас повинен відповідати рівню 4,8-5,4.

Традиційно рівень рН сухих ковбас регулюється за допомогою молочної кислоти, яку виробляють стартові культури, які використовуються в ковбасній масі. Дана ферментація проводиться залежно від температури протягом декількох днів. За допомогою глюконо-дельта-лактона можна зменшити рН безпосередньо в емульсії фаршу і, таким чином, розвиток патогенезу і вміст мікроорганізмів значно скоротиться.

У процесі виробництва сухих ковбас глюконо-дельта-лактон може використовуватися в комбінації з традиційними стартовими культурами. Низький рівень рН, що досягається при використуванні ГДЛ, сприяє розвитку стартових культур. Дозування 0,5-1,0% глюконо-дельта-лактона для ковбас є оптимальною і забезпечує високу якість готового продукту. Проте не можна не помітити, що виготовлена з ГДЛ сирокочена ковбаса навіть при обережностях - може через 2-3 тижні зберігання сильно знизити смакові якості. З'являється відчуття згірко-дерев'яного присмаку, який ставить під сумнів можливість зберігання цього продукту. Це пояснюється головним чином тим, що якість сирокоченої продукції визначається процесом дозрівання, який не може управлятися однією технікою. Дозрівання, наведене тільки зовнішніми чинниками, не може гарантувати постійність високої якості товару.

Проведені експериментальні дослідження щодо кількісного підбору компонентів дозволили скласти рецептуру композиційної добавки «Компакт-БП» для сирокочених та сиров'ялених ковбас. До її складу залучені такі компоненти (кг/100 кг добавки): перець червоний мелений – 2,5, суміш ефірних олій – 0,230, суміш глюкози та лактози – 25,0, аскорбінова кислота – 3,75, глюконо-дельта-лактон – 50,0, глутамат натрію – 12,24, бакпрепарат – 6,25, який додається у композиційну добавку у сухому вигляді. Суміш ефірних олій наносять на сухий носій (перець червоний), певний час витримують і додають до складу композиційної добавки під час перемішування компонентів. Готова композиційна добавка – це однорідна порошкоподібна маса кремового кольору з приємним гостро-пряним ароматом.

Таким чином, застосування композиційної добавки «Компакт-БП» забезпечує пригнічення небажаної мікрофлори за рахунок кількісної переваги мікробів-антагоністів, головним чином молочнокислих, які крім молочної кислоти, продукують також антибіотичні речовини, здатні гальмувати розвиток гнилісної мікрофлори.

Висновки

Удосконалено технологію сирокочених ферментованих ковбас з використанням композиційної добавки «Компакт-БП» зі залученням до її складу бактеріальної закваски, смакоароматичних та технологічних компонентів.

1. Розроблено рецептуру і технологію композиційної добавки «Компакт-БП» та встановлено оптимальні параметри її зберігання, за яких забезпечується стабільність складників та життєздатність.

2. Опрацьовано температурні режими сушіння ферментованих ковбас із розробленою композиційною добавкою. Доведено, що поступове зниження температури сушіння з $(22 \pm 2)^\circ\text{C}$ до $(11 \pm 2)^\circ\text{C}$, вологості повітря з $(92 \pm 2)\%$ до $(76 \pm 2)\%$ дає змогу скоротити тривалість виготовлення з 28-38 до 18-20 діб і отримати ферментовані ковбаси з високими якісними показниками.

3. На основі проведених досліджень визначено науково обґрунтовані параметри технології ферментованих ковбас з застосуванням композиційної добавки «Компакт-БП».

4. Проведено промислову апробацію технології ферментованих ковбас з застосуванням композиційної добавки «Компакт-БП». Економічний ефект від впровадження запропонованої технології становить 1,2 тис. грн на 0,5 т продукції порівняно з традиційною технологією.

5. Були проведені мікробіологічні дослідження зразків сирокочених ковбас для перевірки відповідності вимогам стандарту для сирокочених ковбасних виробів.

6. Отримано та представлено вимоги щодо якості сировини та готової продукції відповідно до діючої нормативної документації.

7. Проведення контролю якості та безпеки м'ясопродуктів за розробленою нами методикою дасть змогу виготовляти м'ясопродукти, які не мають ризиків щодо здоров'я споживача і вивести цей вид продукції з категорії небезпечних.

Список використаної літератури

1. Власенко В.В., Береза І. Г., Машкін М. І., Микитюк П. В., Серeda Л. П., Бойко М. Ф. Технологія продуктів забою тварин. – Вінниця: РВВ ВАТ Віноблдрукарня, 2010. - 448 с.
2. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Рогач Ю.П., Кюрчева Л.М. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: Навчальний посібник/ За ред. О.В.Гвоздєва. - Суми: Видавництво „Довкілля”, 2004. - 420 с.
3. Колоболоцкий Г.В. Справочник по ветеринарно-санитарной экспертизе продуктов на мясо-молочных и пищевых контрольных станциях. – М.: Колос, 2008. - 240 с.
4. Винникова Л.Г. Некоторые аспекты формирования структуры колбасных изделий // Мясное дело, - 2010. - №4. - С. 64-65.
5. Вінникова Л.Г. Теорія і практика переробки м'яса. - Ізмаїл: СМІЛ, 2009. - 172 с.
6. Маньківський А.Я., Скалецька Л.Ф., Подпрятков Г.І., Сеньків А.М. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції. - Ніжин: Аспект, 2002. - 384 с.
7. Масліков М.М. Технологія холодильного оброблення м'яса та м'ясопродуктів // Мясное дело. - №7. - 2007. - С. 60-63.
8. Общая технология получения и переработки мяса // И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин и др. - М.: Колос. - 2007. - 367 с.

УДК 631.523:006.015.5

В.Г. БУРАК

Херсонський державний аграрний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОМБІНОВАНИХ ПРОДУКТІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СИРОВИНИ

Робота присвячена науковому обґрунтуванню і розробці рецептури ковбаси вареної з нутом та її товарознавчій характеристиці. Досліджено особливості зміни органолептичних властивостей, фізико-хімічного складу, мікробіологічних показників та гістологічних досліджень варених ковбасних виробів у залежності від рецептурного складу. Доведено підвищення комплексної оцінки якості ковбаси «Шкільної особливої» на 10,68% у порівнянні з контрольним зразком ковбаси «Шкільної».

Ключові слова: варені ковбасні вироби, паста з нуту, шпик, споживні властивості, оптимізація рецептури, харчова цінність, якість, безпечність.

В.Г. БУРАК

Херсонский государственный аграрный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ

Робота посвящена научному обоснованию и разработке рецептуры колбасы вареной с нутом и ее товароведческой характеристике. Исследованы особенности изменения органолептических свойств, физико-химического состава, микробиологических показателей и гистологических исследований вареных колбасных изделий в зависимости от рецептурного состава. Доказано повышение комплексной оценки качества колбасы «Школьной особой» на 10,68% по сравнению с контрольным образцом колбасы «школьной».

Ключевые слова: вареные колбасные изделия, паста из нута, шпик, потребительские свойства, оптимизация рецептуры, пищевая ценность, качество, безопасность.

V. BURAK

Kherson State Agrarian University

OPTIMIZATION OF MANUFACTURING PROCESSES IN COMBINED PRODUCTS PRODUCTION AND THE RAW QUALITY IMPROVING

The work is devoted to scientific justification and development of cooked sausage with chickpeas recipes and the product merchandising. The features of changes in organoleptic properties, physical and chemical composition, microbiological and histological parameters of cooked sausages, depending on types of formula are examined. Comprehensive quality assessment improving for sausage "School special" by 10.68% as compared to the control sausages "School" is proved.

Keywords: boiled sausages, chickpea paste, bacon, consumer characteristics, the optimization of the formulation, nutritional value, quality and safety.

Постановка проблеми

Найважливішими факторами, які спонукають до розробки нових харчових продуктів, зокрема ковбасних виробів, виступають значно посиленій економічною кризою дефіцит сировини (м'яса, шпик) і незбалансованість раціонів харчування населення України. Інноваційні підходи до вирішення проблеми харчування полягають, перш за все, у створенні продуктів з підвищеною харчовою цінністю, що є одним із пріоритетних напрямків вирішення означених проблем, висвітлених у концепції державної політики у сфері управління якістю продукції як відгук на Указ Президента України «Про заходи щодо підвищення якості вітчизняної продукції».

Одним із таких заходів є виробництво варених ковбасних виробів із застосуванням зернобобової сировини – нуту, яка відрізняється раціональним співвідношенням білків, жирів і вуглеводів, макро- і мікроелементів, вітамінів і біологічно активних речовин.

Виробництво комбінованих м'ясопродуктів на основі м'яса та білкових препаратів, одержаних з різних сировинних джерел, передбачає взаємозбагачення їх складу (загального хімічного й амінокислотного), поєднання функціонально-технологічних властивостей, підвищення біологічної цінності, покращання органолептичних показників готової продукції, зниження її собівартості [1; 3; 4].

До комбінованих м'ясних продуктів можна віднести ті, в рецептуру яких включено молочну, соєву, горохову та іншу сировину. Їх особливістю є підвищена харчова та біологічна цінність порівняно з традиційними аналогічними м'ясними виробами [5].

Нова технологія виробництва м'ясних виробів дозволяє швидко збільшити обсяг випуску продуктів харчування, знизити їх собівартість, організувати виробництво за умови мінімальних капіталовкладень і швидкої їх окупності, вирішити завдання комплексної переробки та більш раціонального використання для харчування білків рослинного походження.

Сучасні технології виробництва м'ясних продуктів передбачають використання різних харчових добавок, які поліпшують органолептичні, структурно-механічні та фізико-хімічні показники готових продуктів. Водночас на підприємства надходить значна кількість м'ясної сировини з низькою вологостізв'язуючою здатністю, тому актуальним є застосування харчових функціональних добавок. Використовуючи їх, можна виробляти продукцію з включенням значної кількості високожирної м'ясної сировини, м'яса механічного обвалювання.

Аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури дозволяє констатувати підвищений інтерес до широкого використання нетрадиційних видів рослинної сировини, незважаючи на розвиток виробництва синтетичних і рафінованих форм харчових добавок.

За даними літературних джерел, рекомендовано комплексне поєднання рослинних білків разом з тваринними, тому що м'ясна сировина містить надлишкову кількість незамінних амінокислот (470 мг/г білка), а деяких з них немає в сировині рослинного походження.

В умовах сьогодення з метою підвищення біологічної цінності ковбасних виробів ключова роль відводиться рослинній сировині, що вважається дешевим джерелом повноцінного білка [6; 7].

За теорією збалансованого харчування, запропонованій вітчизняними вченими, застосування рослинних білків дозволяє отримати фаршеві м'ясні продукти підвищеної біологічної цінності. Досягається це шляхом комбінування різних сировинних компонентів, за якого створюються продукти з підвищеним вмістом білка, оптимальним співвідношенням білка та жиру, вітамінів і мінеральних елементів.

Найпоширенішим способом підвищення харчової цінності ковбасних виробів на сьогодні є введення рослинних білків. Протягом майже 30 років поширеним є використання білків соєвих бобів, тому що, на відміну від добавок тваринного походження, таких як сухе молоко, казеїн, яєчний білок і жовток, желатин, їх вартість значно менша.

Для підвищення харчової цінності ковбасних виробів використовується рослинна сировина, яка здатна виявляти комплексоутворюючі та радіопротекторні властивості, що містить за рахунок фізіологічно корисних баластових речовин, таких як: целюлоза, геміцелюлоза, пектин, лігнін, екстенсин, кутин, воски, а також не структурних поліцукрів типу камеді, смол, альгінатів.

Дослідження останніх років свідчать, що у вирішенні проблеми білкового дефіциту важлива роль належить бобовим культурам.

Вітчизняний і зарубіжний досвід використання зернобобових культур у виробництві м'ясних продуктів свідчить на користь нуту, однак глибоким дослідженням застосування нуту у м'ясній галузі не приділяли достатньої уваги. У наявних роботах розробки ковбасних виробів з використанням зернобобової сировини – нуту – також відсутні дослідження і пропозиції щодо оптимізації рецептури ковбаси вареної з нутом за рахунок заміни частки шпиків, не проводилася їх комплексна товарознавча оцінка й обґрунтування терміну зберігання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день велика увага приділяється створенню новітніх технологій виробництва харчових продуктів, зокрема продуктів з пробіотичними властивостями, а також збільшенню об'ємів виробництва харчових виробів з підвищеною харчовою і біологічною цінністю і гарантованою безпекою.

На сучасному етапі розвитку вітчизняної м'ясної промисловості, зокрема у виробництві ковбас, одним із важливих напрямків є науково-технічні проблеми, пов'язані із використанням принципово нових виробничих процесів, заснованих на ефективних методах біотехнології [1].

Виробництво комбінованих м'ясопродуктів в поєднанні з білковісними продуктами рослинного та тваринного походження дозволяє впливати на склад і властивості готових продуктів, а також більш раціонально використовувати білкові ресурси. За рахунок такого поєднання можливе підвищення функціонально-технологічних властивостей, біологічної цінності, покращення органолептичних показників готового продукту.

Комбіновані продукти харчування – це продукти, одержані з природної сировини, яка зазнала технологічного оброблення, в результаті чого складові цієї сировини отримали визначені показники структурованості, поживної та біологічної цінності [2].

Створення комбінованих м'ясних продуктів, що поєднують традиційні споживчі властивості, а також можливість використання, крім повноцінної м'ясної сировини тваринного, рослинного,

мікробіологічного походження, спрямоване на розширення сировинної бази м'ясопереробного комплексу і розв'язку проблеми зменшення дефіциту білка в раціонах харчування населення.

Технологія комбінованих м'ясних виробів з повноцінним рослинним білком відповідає вітчизняній концепції здорового харчування, дає змогу раціонально переробити тваринну сировину та ефективно використати високу біологічну, харчову цінність і функціональні властивості рослинних білків, для виробництва комбінованих продуктів з високою харчовою і біологічною цінністю та зниженою собівартістю, внаслідок їх використання, є дуже актуальним.

Проаналізувавши викладений матеріал, можна зробити висновок, що м'ясопереробна галузь України потребує негайного впровадження інноваційно-прогресивних технологій із застосуванням нетрадиційної сировини (сполучення білків рослинного та тваринного походження) у рецептурах виробів. Такий підхід надасть можливості звільнити ресурси натурального м'яса, а також розширити сировинну базу для виробництва недорогих продуктів масового попиту.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка рецептури ковбасних виробів з використанням нуту, що забезпечує підвищення їх споживних властивостей і якості та проведення комплексної товарознавчої оцінки розробленої ковбаси вареної з використанням пасти з нуту.

Для досягнення означеної мети вирішувалися такі завдання:

- обґрунтовано передумови розробки ковбасних виробів з підвищеною харчовою цінністю та покращеними споживними властивостями;
- досліджено функціонально-технологічні властивості ковбасного фаршу з використанням нуту;
- оптимізовано рецептурний склад ковбасних виробів з нутом на основі проведення активного експерименту та використання методів математичного моделювання;
- проведено комплексну товарознавчу оцінку готової продукції (ковбаси вареної з використанням нуту) за органолептичними, фізико-хімічними показниками та показниками безпечності, встановлено термін зберігання нового виду ковбаси вареної з нутом;
- вироблено партії нового виду ковбаси вареної з нутом в умовах м'ясопереробних підприємств.

Об'єкт дослідження – ковбаса варена із частковою заміною шпиків пастою з нуту.

Предмет дослідження – споживні властивості ковбаси вареної із частковою заміною шпиків пастою з нуту та відповідність їх сучасним вимогам у сфері харчування.

Викладення основного матеріалу дослідження

Дослідження показали, що серед рослинних білків провідну позицію займають білки бобової культури нуту (*Cicer*). За хімічним складом і харчовою цінністю білка ця культура найбільш близька до білка тваринного походження. Відомо, що білки нуту містять повний набір амінокислот, у тому числі й незамінних.

Зарубіжний досвід свідчить про перспективність застосування нуту у виробництві харчових продуктів, у тому числі ковбасних виробів.

Нут містить різні біологічно активні речовини, такі як біофлавоноїди, аскорбінова кислота, вітаміни групи В, β -каротин, мікронутрієнти, що здатні підвищувати захисні функції організму.

Зроблено аналіз використання білковмісної сировини, що застосовується при виробництві харчових продуктів і підвищують їх харчову та біологічну цінність. Проаналізовано вплив стабілізаційних систем, що використовуються у виробництві м'ясних комбінованих виробів.

Експериментальна частина досліджень полягала у виборі рослинної сировини, пасти з нуту, для збагачення нового продукту. Вивчені умови та можливість внесення даного наповнювача як складової частини продукту.

Сформульовано експериментальні й організаційні напрямки реалізації програми дослідження.

Об'єктом дослідження була ковбаса варена із частковою заміною шпиків пастою з нуту. Контрольним зразком обрано ковбасу варену «Шкільну» вищого гатунку, яка вироблена АФ «Прогрес» за ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, хліби м'ясні. Загальні технічні умови». У дослідженнях використано нут *Cicer arietinum*, що належить до сімейства Fabaceae.

Дослідження показників якості вареної ковбаси з заміною пасти з нуту «Шкільна особлива» проводили загальноприйнятими та сучасними методами, зокрема: вміст вологи, жиру, білку, золи, вуглеводів, мікробіологічні та фізико-хімічні показники визначали відповідно до вимог чинної нормативно-технічної документації за загальноприйнятими методиками [8].

Для розробки технології комбінованих м'ясних продуктів на першому етапі була проведена робота по аналізу існуючих технологій виробництва м'ясних виробів, зокрема варених ковбасних виробів.

Зроблено аналіз використання білковмісної сировини, що застосовується при виробництві харчових продуктів і підвищують їх харчову та біологічну цінність. Проаналізовано вплив стабілізаційних систем, що використовуються у виробництві м'ясних комбінованих виробів.

Експериментальна частина досліджень полягала у виборі рослинної сировини, пасти з нуту, для збагачення нового продукту. Вивчені умови та можливість внесення даного наповнювача як складової частини продукту.

На наступному етапі була здійснена розробка технології виробництва варених ковбас, зокрема «Шкільної особливої»: розроблений рецептурний склад та вивчені технологічні параметри виробництва даного продукту. У подальших дослідженнях була вивчена можливість покращання консистенції та подовження терміну зберігання шляхом застосування стабілізаційної системи та встановлені параметри її внесення.

Проведені дослідження якості готового продукту за результатами органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних та структурно-механічних досліджень.

З метою визначення терміну зберігання розробленого продукту була вивчена зміна фізико-хімічних (активна та титрована кислотність, синергетичні властивості), органолептичних, мікробіологічних та структурно-механічних (ефективна в'язкість, граничне напруження зсуву, загальна та пластична деформація) характеристик.

Для проведення досліджень використовувалась також наступна сировина: паста з нуту; жилована яловичина 1 гатунку – м'язова тканина з масовою часткою сполучної і жирової тканини не більше 6%; свинина жилована жирна – м'язова тканина з масовою часткою жирової тканини від 50 до 85%; свинина жилована напівжирна – м'язова тканина з масовою часткою жирової тканини від 30 до 50%; багатокомпонентні м'ясні фарші [9].

Дослідження були проведені в науково-навчальній лабораторії кафедри інженерії харчового виробництва. Об'єктами досліджень були варені ковбаси та їх фарші. Для досліджень було взято 2 зразки ковбаси вареної (один контрольний та один дослідний). У рецептурі дослідного зразка ковбаси було замінено частину сировини на пасту з нуту, у кількості 15% (табл. 1).

Таблиця 1

Рецептури вареної ковбаси «Шкільна особлива», кг на 100 кг несоленої сировини

Сировина	Зразки	
	контрольний	дослідний
Яловичина жилована 1, 2 гатунку	30	45
Білково-жирова емульсія	20	
Свинина жилована жирна	10	38
Свинина жилована напівжирна	30	
Яйця курячі	2	
Паста з нуту		3
Вода на пасту з нуту		12
Крупа манна, крохмаль	5	2
Молоко коров'яче сухе цільне або знежирене	3	
Всього	100	100
Прянощі та матеріали, г:		
сіль кухонна харчова	2200	
нітрит натрію/НПС 12%	7,5/60	
комбінована суміш делікатесна Екстра Комбі (Feine Extra-Combi) арт. 103Z-42	970	
комбінована суміші 36291 Мартадела економі	250	
00611 Глуталін	100	
Оболонки: синого, круга, прохідники, міхурі, череви діаметром не менше 25 мм, штучні оболонки діаметр 45 – 120 мм		
Вихід продукту	110%	118%

На сучасному етапі розвитку харчових технологій розроблені системи комп'ютерного обґрунтування композиційного складу харчових продуктів, зазвичай, методом моделювання. Вони базуються на використанні баз даних, що містять повну інформацію про склад сировини, напівфабрикатів, готових продуктів, їхні фізико-хімічні зміни у процесі переробки та зберігання.

Виробництво комбінованих м'ясопродуктів, зокрема варених ковбас, в поєднанні з білковмісними продуктами рослинного та тваринного походження дозволяє впливати на склад і властивості готових продуктів, а також більш раціонально використовувати білкові ресурси. За рахунок такого поєднання можливе підвищення функціонально-технологічних властивостей, біологічної цінності, покращення органолептичних показників готового продукту.

Контроль якості продуктів харчування, як правило, заснований на поєднанні органолептичних та інструментальних методів досліджень. Кореляцію між інструментальними та органолептичними

методами визначають з метою обґрунтування того або іншого несенсорного методу для характеристики кольору, смаку, запаху, або консистенції продукту.

За допомогою органолептичного методу швидко та об'єктивно визначають якість продукту на першому етапі оцінювання. При цьому використовують науково обґрунтовані методи відбору дегустаторів і оцінки продукту.

Для оцінки якості харчових продуктів, зокрема, варених, істотне значення має використання органолептичних методів, які дають змогу оцінити важливі їх споживчі якості. Адже запах і смак, зовнішній вигляд, консистенція та забарвлення харчового продукту – це ознаки його доброї якості або, навпаки, дефектності й недоброякісності.

З органолептичних методів завжди починають оцінку якості харчових продуктів. За допомогою них визначають значення сенсорних показників, використовуючи органи чуття.

Органолептичне оцінювання якості й безпеки харчових продуктів починають з використання візуального методу, який ґрунтується на сприйнятті зовнішнього вигляду і забарвлення харчових продуктів за допомогою зору. Зовнішній вигляд – це комплексний показник, який включає форму, забарвлення, стан поверхні та її цілісність. За допомогою органу зору людина одержує найповнішу інформацію про якість продуктів (до 70-80% загальної інформації).

Під час оцінки забарвлення м'ясних виробів важливе значення мають колірний тон і його насиченість. На основі проведених досліджень встановлено, що батони вареної ковбаси, як дослідних, так і контрольних зразків, були сухими, чистими поверхня без пошкоджень оболонки, набряків фаршів, залипів.

Аналогічна закономірність виявлена і при баловій оцінці піддослідних зразків готового продукту (табл. 2).

Таблиця 2

Органолептична оцінка варених ковбасних виробів (у балах)

Показник	Зразки	
	контрольні	дослідні
Зовнішній вигляд	4,55	4,56
Колір	4,52	4,54
Запах	4,50	4,46
Консистенція	4,47	4,50
Смак	4,45	4,44
Середня оцінка	4,50	4,50

Загалом, на основі проведених досліджень встановлено, що використання у технології м'ясних комбінованих виробів (варених ковбасах) рослинної білковмісної сировини (пасти з нуту) не знижує їх якості за органолептичними показниками, що відповідає вимогам нормативно-технічної документації.

Харчові продукти характеризуються біологічною ефективністю, яка є показником якості жирних компонентів продукту відповідно до вмісту в ньому поліненасичених (незамінних) жирних кислот. Згідно з науковими даними, найбільший ефект від спожитого жиру для організму людини досягається у тому разі, коли спостерігається фізіологічно необхідне споживачу співвідношення між насиченими, мононенасиченими та поліненасиченими жирними кислотами у співвідношенні 0,3 : 0,6 : 0,1. Основними поліненасиченими жирними кислотами, що надходять до організму людини з рибними продуктами, є лінолева, ліноленова і арахідонова. Біологічна роль цих кислот зумовлена вмістом як обов'язкового структурного компонента клітинних мембран. Існує таке поняття, як "ідеальний" ліпід, у 100 г якого міститься: 20 г ненасичених жирних кислот, 35 г олеїнової жирної кислоти та 6 г поліненасичених жирних кислот.

На основі проведеного дегустаційного аналізу, згідно з розробленою 5-бальною шкалою, найвищий комплексний показник якості (98,8 балів) належав зразку ковбаси з 15% заміною шпиком на пасту з нуту, що дало підстави присудити зразку вищу категорію якості (рис. 2). Таку ж категорію якості отримала ковбаса «Шкільна» (90,7 балів) (рис. 1).

Необхідність оцінки функціонально-технологічних показників нового виду білкової сировини та ступінь сумісності її з основною сировиною при виробництві м'ясопродуктів є основною вимогою при розробці технології нового виду харчової добавки. Спроможність білкової сировини виконувати структурні функції, забезпечуючи необхідні споживчі властивості харчового продукту, визначається його функціонально-технологічними властивостями. Суттєве значення для функціональних властивостей суспензій на основі рослинних добавок має вміст в них небілкових компонентів. Так, полісахариди, які присутні в борошні, можуть адсорбувати більшу кількість води, ніж рівна по масі кількість білку. Процес набрякання екструзійних продуктів характеризується складною капілярною конденсацією, обумовленою наявністю у адсорбенті дрібних пор, характерних для продуктів екструзії.

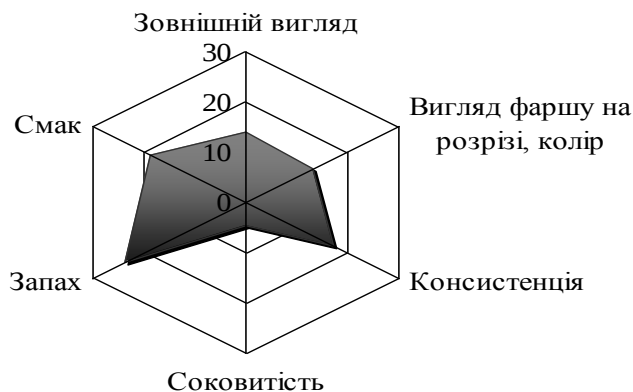


Рис. 1. Профілограма органолептичної характеристики ковбаси «Шкільна»

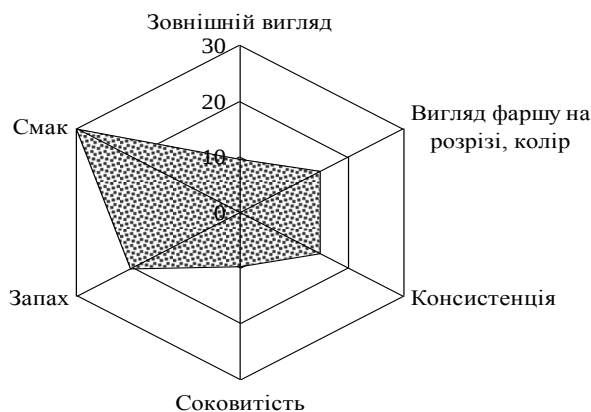


Рис. 2. Профілограма органолептичної характеристики ковбаси «Шкільна особлива» з використанням пасти з нуту (15%)

Під функціонально-технологічними властивостями м'ясних систем розуміють сукупність показників, які характеризують рівень вологозв'язуючої, вологоутримуючої і жирутримуючої здатності, структурно-механічні властивості (в'язкість, пластичність і т.п.).

Під час експериментальних даних встановлено, що використання рослинних білків у технології варених ковбас призводить до змін фізико-хімічних показників готових виробів (табл. 3).

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники варених ковбасних виробів

Показник	Зразки	
	контрольні	дослідні
Вміст води, %	59,5	59,7
ВЗЗ, % до маси	46,41	51,34
Пластичність, $\text{см}^2 / (\text{кг} \cdot \text{с})$	$0,0064 \cdot 10^6$	$0,008 \cdot 10^6$
pH	6,45	6,55
Вміст NaCl, %	1,83	1,83

Аналізуючи дані, які характеризують вплив масової частки гідратованої пасти з нуту в рецептурах ковбасних виробів, видно, що при переході від контролю до рецептур спостерігається помітне покращення консистенції, збільшується пластичність модельних ковбасних виробів.

З введенням у фарш гідратованої пасти з нуту підвищується вологозв'язуюча здатність готових виробів. Як видно з наведених даних табл. 3 по мірі збільшення кількості пасти з нуту в рецептурі ковбас відбувається ріст рівня зв'язаної води.

Використання у складі компонентних харчових систем емульсійного типу білоквмісних інгредієнтів з високими емульгуючими властивостями забезпечує отримання стабільних якісних характеристик готових виробів [3].

Важливим показником якості м'ясних виробів є мікробіологічний стан варених ковбас, адже він вказує на безпечність цих продуктів.

При визначенні якості м'ясних виробів необхідним є визначення мікробіологічних показників готових виробів та в процесі зберігання. Наявність у výroбах патогенних мікроорганізмів, в тому числі бактерій роду Сальмонела, бактерії групи кишкових паличок (коліформи), сульфитредукуючих клостридій не допускається. При наявності загальної кількості мікроорганізмів у кількостях, що перевищують норми, передбачені "Медико-біологічними вимогами і санітарними нормами качества продовольственного сырья и пищевых продуктов" №5061-89 від 01.08.99р. відносно ковбасних виробів їх відбраковують і проводять повторні аналізи подвійної кількості зразків від партії. При підтвердженні результатів у повторному дослідженні вся парія готової продукції приймальному контролю не підлягає.

Нами були проведені мікробіологічні дослідження зразків комбінованих шинок і контрольного зразка, виготовленого із свинини напівжирної без додавання рослинних добавок, і сформовані у поліамідну оболонку для перевірки відповідності вимогам стандарту для варених ковбасних виробів.

За мікробіологічними показниками варені ковбаси відповідали нормам, дані наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Мікробіологічні показники варених ковбасних виробів

Назва показника	Норма	
	контрольні	дослідні
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів	$6,38 \times 10^2$	$6,43 \times 10^2$
Патогенні мікроорганізми в тому числі бактерії роду Сальмонелла	не виявлено	не виявлено
Бактерії групи кишкової палички (коліформи)	не виявлено	не виявлено
Сульфитредукуючі клостридії	не виявлено	не виявлено

Наведені дані в табл. 4 показують, що досліджувані зразки варених ковбас першого гатунку задовольняють вимогам, що ставлять "Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і харчових продуктів" № 5061-89. У всіх зразках не виявлено бактерій групи кишкових паличок (коліформи), в 1 г, патогенних мікроорганізмів, в т. ч. бактерій роду Сальмонела в 25 г, і сульфитредукуючих клостридій, в 0,1 г. Загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів не перевищувала 7×10^2 , в 1 г продукту. У дослідних зразках з додаванням гідратованої пасти з нуту загальна кількість мікроорганізмів в процесі зберігання залишається в межах норми в порівнянні з контролем.

Харчові продукти являють собою складний комплекс хімічних речовин, до складу яких входять білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини та вода. Кожна група речовин виконує свої певні функції в життєдіяльності організму. У процесі приготування їжі компоненти, які входять до її складу, підлягають біохімічним та фізико-хімічним перетворенням, створюючи структуру, смак, колір і запах харчових продуктів (табл. 5).

Таблиця 5

Хімічний склад варених ковбасних виробів, %

Показник	Зразки	
	контрольні	дослідні
Білок	14,97	16,15
Жир	21,44	20,96
Вуглеводи	6,61	2,00
Енергетична цінність, ккал	279,3	261,58

Як видно з наведених даних табл. 5 використання гідратованої пасти з нуту в рецептурах варених ковбас спостерігається тенденція до деякого зростання масової частки білку, зниження масової частки жирів та вуглеводів. У результаті чого дещо знижується енергетична цінність готового продукту.

Згідно з Законом України «Про якість та безпеку харчових продуктів» всі продукти харчування, що попадають на споживчий ринок, повинні проходити перевірку на безпечність під час обов'язкової сертифікації. Тим не менше, виявляти фальсифікації загальноприйнятими методами практично не можливо, оскільки доводиться перевіряти не тільки тип і сорт продукції, а й проводити його ідентифікацію за складниками, що дає можливість визначити та підтвердити правдивість інформації, вказаної на етикетці, відповідності рецептурі, виду і назві товару. Методи, які дозволяють у тій чи іншій

мірі вирішити ці завдання, є складні, потребують дорогого обладнання, реактивів та висококваліфікованих спеціалістів. Найчастіше використовують методи імуноферментного аналізу, хроматографічні методи та ПЛР-діагностику, які є високочутливими, точними та швидкими. Проте, їх важко адаптувати до таких складних багатокомпонентних систем, як м'ясопродукти і при всіх достоїнствах вищенаведених методів вони не дозволяють виявляти заміну м'яса іншими тваринними компонентами — молочною залозою, печінкою, залозами внутрішньої секреції та іншими субпродуктами. Застосування хімічних, фізико-хімічних та біохімічних методів дозволяє отримувати інформацію про енергетичну цінність м'ясопродуктів.

Встановлено, що за показниками безпечності, а саме, вмісту важких металів, нітрозамінів, пестицидів, антибіотиків, афлатоксину В1, гормональних препаратів та радіонуклідів Cs 137 і Sr 90 ковбаса варена «Шкільна особлива» відповідає «Медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продовольчої сировини і харчових продуктів». Проведені мікробіологічні дослідження свідчать, що кількісний і якісний склад мікрофлори ковбаси вареної «Шкільної особливої» знаходиться в межах вимог ДСТУ 4436:2005.

На підставі медико-біологічних досліджень «in vivo» встановлено відсутність несприятливої дії ковбаси вареної з пастою з нуту на організм. Проведена комплексна оцінка якості зразків ковбаси «Шкільної особливої» за шкалою Харрінгтона на 10,68% вища у порівнянні з контрольним зразком ковбаси «Шкільної» (відповідно 0,9615 та 0,8687).

Дослідженням встановлено, що на збереженість готових ковбасних виробів та гальмування процесу окислення заміна частини шпику пастою з нуту істотно не впливає. Використання пасти з нуту в рецептурі вареної ковбаси замість частки шпику позитивно впливає на органолептичні властивості (рис. 3). Доведено, що у процесі зберігання впродовж 5 діб для зразків варених ковбасних виробів частка зміни вологості знаходиться в межах норми (2,0-4,0%).

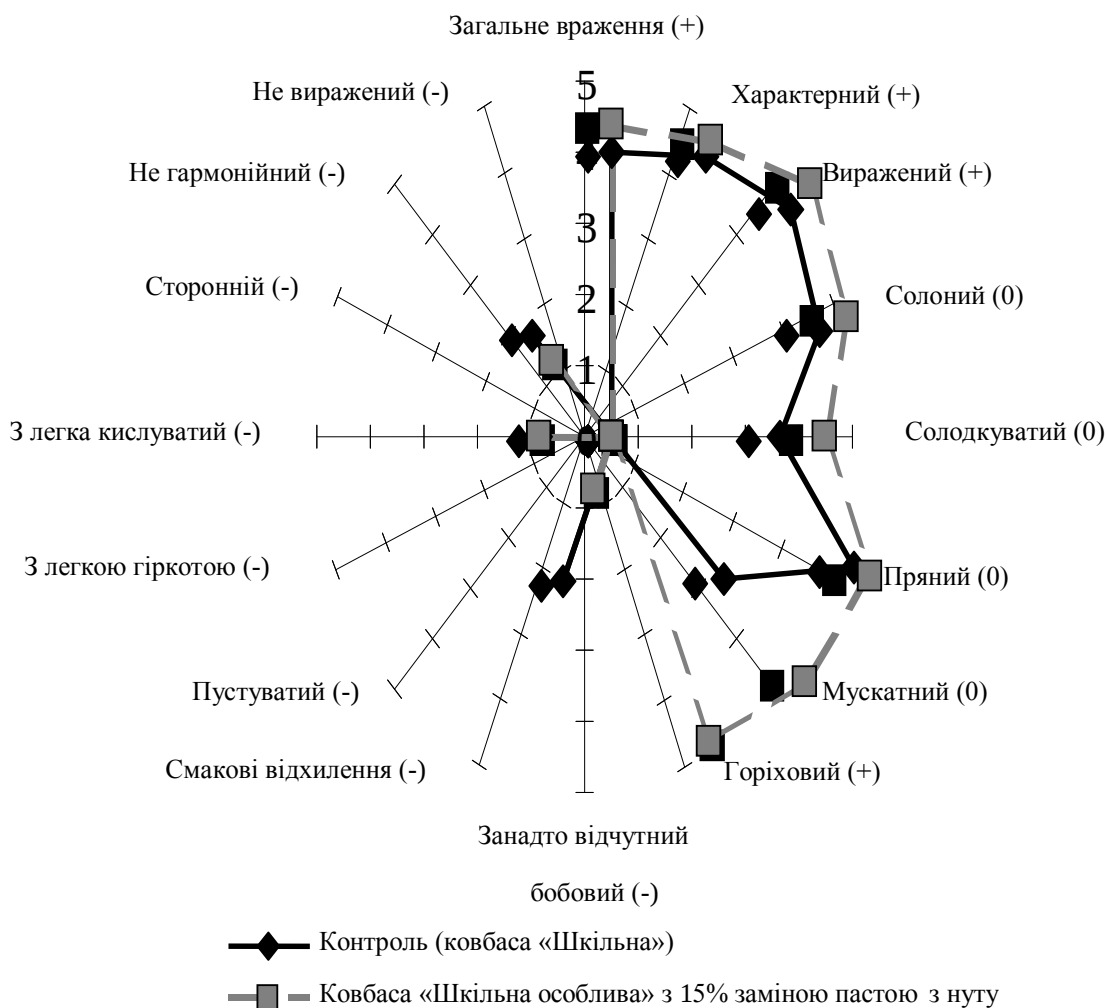


Рис. 3. Профілограма смакоароматичних властивостей дослідних зразків ковбаси на кінець зберігання

Показник активної кислотності під час зберігання у зразку ковбаси «Шкільної особливої» практично не змінюється протягом шестидобового терміну зберігання і знаходиться на припустимому рівні ($\text{pH}=5,6\text{--}6,4$), тоді як для ковбаси «Шкільна» величина pH змінювалася в кислу сторону вже на початок 6 доби, що сприяє розвитку молочнокислих бактерій. Отримані результати досліджень показників якості ковбаси «Шкільної особливої» у процесі зберігання, зокрема мікробіологічних, у разі дотримання температури від 0°C до 6°C і відносної вологості повітря від 75% до 78% дозволяють визначити термін придатності – 72 години (або 3 доби), причому резерв складає ще 2 доби.

Разом з якісною оцінкою досліджуваної сировини після проведення гістологічного дослідження можна проводити і кількісні підрахунки компонентів, які не вказані в рецептурі. Гістологічний метод оцінки стану та якості м'ясної сировини, а також складу м'ясних продуктів застосовується в багатьох країнах. У Німеччині цей метод є офіційним і є юридичною основою для проведення досліджень для встановлення реальних складників м'ясних продуктів, що особливо важливо в арбітражних випадках. Проте у деяких країнах він не має законодавчої бази як інструмент проведення арбітражних і сертифікаційних досліджень. В Україні вже затверджений і введений в дію з 1 січня 2010 року ДСТУ 7063:2009 «Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні січені. Визначення складників мікроструктурним методом», за допомогою якого можна визначати у м'ясних фаршах, ковбасах та інших м'ясних напівфабрикатах вміст різних тканин, органів, спецій, добавок та встановити можливі фальсифікації м'ясопродуктів. Отримані результати досліджень можуть бути аргументом для бракування продукту в зв'язку з наявністю недопустимих або не передбачених рецептурою компонентів, невідповідності технологічним регламентам тощо.

Практичне застосування мікроструктурного методу контролю ковбасних виробів дозволить виявляти фальсифікацію, проводити ідентифікацію складників та встановлювати реальний склад більшості м'ясопродуктів.

В умовах ринкової економіки особливо важливим є випуск і забезпечення населення конкурентноспроможною харчовою продукцією.

Пріоритетною проблемою можна вважати створення принципово нових технологій, глибокої комплексної переробки м'ясної сировини у продукти високої якості, які мають оздоровчий вплив на організм людини, забезпечують профілактику аліментарно-залежних станів і захворювань, сприяють усуненню дефіциту вітамінів, мікро- і макроелементів, інших есенціальних речовин.

Крім того, в Україні, як і в усьому світі, водночас із суворим дотриманням правил санітарно-епідеміологічного контролю, виникає необхідність пошуку та розробки сучасних технологій виробництва високоякісних продуктів харчування та харчової сировини, а також способів захисту, що забезпечують їх біологічну безпеку на тривалий час. Слід зазначити, що саме збереження якості та забезпечення біологічної безпеки продуктів харчування на всіх стадіях виробництва і зберігання є одним з пріоритетних напрямів харчових технологій XXI століття.

В умовах переорієнтації сировинних ресурсів м'ясопереробної галузі в напрямку більш широкого використання м'яса птиці та подальшого зменшення великої рогатої худоби і свиней, більшість підприємств галузі використовують в рецептурах м'ясопродуктів і в першу чергу в варених ковбасах, рослинні білкові препарати на основі сої, нуту, гороху, квасолі та ін., різних рослинних наповнювачів. Використання соєвих білкових препаратів для виробництва м'ясних продуктів у кількості до 3% до маси м'ясної сировини (або з рівнем заміни м'яса гідратованим пасти з нуту у кількості не більше як 15%) забезпечує отримання готового продукту належної якості.

Справжній склад ковбаси звичайному покупцеві взнати нелегко. Останнім часом все більше стали говорити, що в ковбасу додають все що завгодно, але лише не м'ясо. На жаль, частково це правда. Винахідливі виробники нерідко додають в ковбасу такі компоненти, про які споживач навіть і не здогадується. Багато підприємств додають в ковбасу субстанцію, зроблену з кісток із залишками м'яса. Під пресом її перетворюють на однорідну масу і використовують замість м'яса.

Ковбасу варену вищого сорту мають виробляти на 100% із м'ясної сировини, до складу якої входить м'ясо знежирене, сало та в залежності від рецептури, жир-сирець, субпродукти, сир, вершки, молоко, яйця, олія. Тож і термін придатності таких виробів не повинен перевищувати 10 діб, у вакуумній упаковці – 15 діб.

Ковбаса першого сорту повинна містити 70% м'ясної сировини, також допускаються білковий стабілізатор (з колагенованої сировини, шкірки свинячої) – не більше ніж 10%, м'ясо механічного обвалювання, в тому числі м'ясо птиці – до 10%, препарати білкові в гідратованому вигляді (паста з нуту) – до 10%; крупи – не більше 5% і крохмаль – не більше 3%.

Виробники ковбасних виробів можуть збільшити об'єми реалізації своєї продукції шляхом розбавлення ковбасного фаршу водою, емульсією (шкіра, субпродукти, жили, шкіра) кров'ю, нетрадиційною сировиною, соєвим фаршем (незрідка модифікованим) і тому подібне. А щоб смак, колір і запах були апетитнішими, у фарш додають спеціальні добавки. Причини фальсифікацій дуже прості -

економія виробників на якісній сировині і нерозбірливість покупців.

Дуже часто, замість м'яса в ковбасу додають соєвий білок. Він прекрасно вбирає воду, унаслідок чого розбухає і збільшується вихід продукції. Соєвий білок, по своєму кислотному складу, дуже близький до м'ясного. Частина соєвого білка в «молочних» сосисках або «свинячих» сардельках може досягати 40%. Ковбасні вироби можуть містити воду, а у варених ковбасах її вміст може досягати 70%. Для утримання води в ковбасі вводять водозв'язуючі компоненти: крохмаль, камедь, декстрин. Для подовження терміну реалізації ковбасних виробів, особливо варених, вводять різні антибіотики. Це дозволяє істотно продовжити термін зберігання ковбасних виробів особливо в нарізаному вигляді.

Перш за все, щоб запобігти придбанню неякісної продукції, потрібно звертати увагу на наявність ДСТУ. Продукт, вироблений за ТУ, може мати всього 50% м'яса, містити сою, крохмаль, фарбники і штучні ароматизатори. Потрібно звернути увагу на зовнішній вигляд самої ковбаси. Вона має бути чистою, сухою, з цілою оболонкою, без жирових напливів. Яскраво-рожевий колір ковбаси свідчить про наявність в ній фарбників. Масова доля вологи, в нормальній ковбасі, не повинна перевищувати 65%.

Достеменно визначити з чого її зроблено, практично неможливо, наприклад, якщо волокна м'яса під мікроскопом побачити ще можна, то встановити якого вони походження (курятини, яловичина, свинина чи м'ясо інших тварин) нереально. Генетично-модифіковані організми, з одного боку, забезпечують колосальну різноманітність харчових продуктів, з іншої – допомагають фальсифікувати їх більш витончено і хитро. Особливої популярності набули нині так звані комплексні харчові добавки, які дозволяють навіть не дуже якісній сировині надати належного смаку і аромату та ще й «березуть» її від псування доволі тривалий час.

Створюючи продукти підвищеної біологічної цінності, треба подолати розрив між хімічним складом традиційної харчової продукції і біологічними потребами людини. У зв'язку з цим актуальною в науково-практичному плані є розробка м'ясних продуктів, біологічна цінність яких була б не нижче «ідеального» білка за умови використання нових, нетрадиційних білкових замінників м'ясної сировини. Вирішення цього питання потребує глибокого вивчення впливу незамінних амінокислот, вітамінів і мінеральних речовин, які входять до складу замінників, на харчову та біологічну цінність готових виробів.

З вище вказаного треба замість соєвого білку шукати варіанти заміни основної сировини на білки рослинного походження, які за амінокислотним складом були подібні білку тваринного походження. Тому, у нашій роботі ми поставили за мету знайти білкову добавку рослинного походження, яка б не уступала соєвому білку. Така білкова добавка – це паста з нуту (гідратована), вона використовується при заміні 15 % основної сировини.

Висновки

У роботі запропоновано нове рішення актуального науково-прикладного завдання щодо формування споживних властивостей варених ковбасних виробів з використанням зернобобової сировини – нуту, і науково-практичних рекомендацій із впровадження інноваційних підходів до харчування шляхом створення продуктів з підвищеною харчовою цінністю.

1. На основі проведеного дослідження факторів формування якості фаршу і ковбаси вареної запропоновано спосіб внесення до м'ясного фаршу зернобобової сировини – нуту. Нут вносили у вигляді пасти, яка позитивно впливає на функціонально-технологічні властивості ковбасного фаршу, а саме: збільшуються ефективна в'язкість і напруга зсуву – на 8,75%; вологоутримуюча здатність – на 1,6%; жирутримуюча здатність – на 0,9%; вологопоглинаюча здатність – на 1,1%; вихід готової продукції підвищився на 3,2%.

3. Дослідженням обґрунтовано оптимальний рецептурний склад ковбаси вареної «Шкільна особлива» І гатунку із заміною частки хребтового шпиків пастою з нуту у співвідношенні 2:5, що сприяє поліпшенню харчової і біологічної цінності, споживних властивостей нового продукту в порівнянні з контрольним зразком (ковбаса варена «Шкільна» вищого гатунку).

4. Дослідження кінетики змін органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних показників з урахуванням режимів зберігання продукту (t від 0°C до 6°C, відносна вологість повітря 75 – 78%) встановлено термін придатності ковбаси вареної з пастою з нуту – 72 години.

6. На основі визначення мікробіологічних показників ковбаси вареної «Шкільна особлива» доведено їх відповідність «Медико-біологічним вимогам і санітарним нормам якості продовольчої сировини і харчових продуктів», затвердженим Міністерством охорони здоров'я № 5061-89 від 01.08.89.

7. Гістологічні методи дослідження дають можливість оцінити структуру продукту в цілому, виявляти заміну якісної сировини малоцінними добавками, рослинними білками тощо. Крім того, можна диференціювати особливості різних тканинних елементів і клітинних структур.

Список використаної літератури

1. Клименко М.М., Авдеева Л.Ю. Визначення біологічної цінності комбінованих м'ясних виробів з додаванням соєвої пасти // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій. – Київ: УДУХТ, 2001. - № 10. – С. 67 – 68.
2. Горлов И.Ф., Шиндялова Е.В., Сапожникова Л.Г. Новая высокобелковая добавка из нута // Мясная индустрия. - 2010. - № 6. - С. 24 - 25.
3. Бурак В.Г. Розробка технології комбінованих м'ясопродуктів з використанням соєвого білково-жирового збагачувача (СБЖЗ): Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.18.04/УДУХТ. - К., 1997. - 18 с.
4. Винникова Л.Г. Физико-химические аспекты взаимодействия белков с нерастворимыми полисахаридами // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2007. - № 12. - С. 13 - 18.
5. Высоцкий В.Г., Зилова И.С. Роль соевых бобов в питании человека // Вопросы питания. - 2005. - №5. - С. 20 - 27.
6. Головченко В., Лопанін Г., Ковбаса В. Екструдати, шрот і концентрати із зернобобових можна використовувати для створення нових видів харчових продуктів // Харчова і переробна пром-сть. – 2001. - №1. – С. 23 – 25.
7. Горлов И.Ф., Мамонов Н.И., Сапожникова Л.Г. Использование зернобобовой культуры нута в производстве колбасных продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2006. - № 5.- С. 17-18.
8. Холодова О.Ю. Вплив добавки нуту на формування реологічних властивостей фаршу для виготовлення ковбаси вареної / О.Ю. Холодова // Товари і ринок: зб. наук. праць. – Київ: КНЕУ, 2010. – Вип. 1. – С. 146 - 151.
9. Холодова О.Ю. Підвищення ефективності виробництва ковбаси вареної з використанням пасти з нуту / О.Ю. Холодова //сборник научных трудов. – Стамбул-Донецк: ДонНУ, РФ НИСИ в г. Донецке, 2010. – С. 522 - 526.

УДК 664.849.006.83:664.8.03

М.І.ВАЛЬКО, О.В.СТОЯНОВА, В.О.КОРОЛЕНКО,
П.М.ВАЛЬКО, І.В.ІЛЮШЕНКОВ
Херсонський національний технічний університет

РОЗРОБЛЕННЯ БЛОК-СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ТОМАТНОГО КЕТЧУПУ НА ОСНОВІ КОНЦЕНТРОВАНИХ ТОМАТОПРОДУКТІВ

Наведено результати досліджень щодо оптимізації технологічної схеми виробництва томатних кетчупів на основі концентрованих томат-продуктів. Розроблено блок-схему визначення контрольних критичних точок для оцінювання якості готової продукції відповідно до вимог міжнародних стандартів. Проаналізовано сучасні способи теплової обробки сировини і рецептура концентрованих томатних соусів.

Ключові слова: томатопродукти, кетчуп, технологічна схема, контроль якості.

Н.И.ВАЛЬКО, О.В.СТОЯНОВА, В.А.КОРОЛЕНКО,
П.Н.ВАЛЬКО, И.В.ИЛЮШЕНКОВ
Херсонский национальный технический университет

РАЗРАБОТКА БЛОК-СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТНОГО КЕТЧУПА НА ОСНОВЕ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ТОМАТОПРОДУКТОВ

Приведены результаты исследований оптимизации технологической схемы производства томатных кетчупов на основе концентрированных томатопродуктов. Разработана блок-схема определения контрольных критических точек для оценивания качества готовой продукции в соответствии требований международных стандартов. Проанализированы современные способы тепловой обработки сырья и рецептура концентрированных томатных соусов.

Ключевые слова: томатопродукты, кетчуп, технологическая схема, контроль качества.

M.I.VALKO, O.V.STOIANOVA, V.O.KOROLENKO,
P.M.VALKO, I.V. ILYUSHENKOV
Kherson National Technical University

DEVELOPMENT OF THE BLOCK-SCHEME OF MANUFACTURE OF TOMATO KETCHUP ON THE BASIS OF CONCENTRATED TOMATO PRODUCTS

The results of researches on optimization of the technological scheme for the production of tomato ketchups based on concentrated tomato products are presented. A block diagram has been developed for determining control critical points for assessing the quality of finished products in accordance with the requirements of international standards. Modern methods of heat treatment of raw materials and recipes of concentrated tomato sauces are analyzed.

Keywords: tomato products, ketchup, technological scheme, quality control.

Постановка проблеми

Переробка томатів займає провідне місце в консервній галузі вітчизняної переробної промисловості та за кордоном. Концентровані томатопродукти, до яких відносять томатне пюре, томатну пасту, концентрований томатний сік, користуються підвищеним попитом як у споживачів, так і у виробників інших видів харчової продукції. У формуванні якості томатної пасту найважливішими показниками є концентрація розчинних сухих речовин, колір, консистенція, смак, вміст біологічно активних і ароматичних речовин. Важливими складовими якості та конкурентоспроможності є також спосіб консервування та вид пакування готового продукту. Вітчизняні виробники широко використовують асептичний спосіб консервування у багатошарових мішках з ущільнювальним клапаном. Це досить надійний спосіб пакування пасту та пюреподібних продуктів, у тому числі і концентрованих томат-продуктів. Асептичне консервування суттєво зменшує тривалість процесу стерилізації готового продукту перед фасуванням в асептичну тару, що дозволяє зберегти якість і харчову цінність готової продукції водночас зі значною економією енергоресурсів. Саме тому вдосконалення технології виробництва концентрованих томатопродуктів з використанням методу асептичного консервування є актуальним, а їх виробництво перспективним.

На сьогоднішній день вітчизняний ринок заповнено томатопродуктами як імпортного, так і вітчизняного виробництва, які не завжди відповідають вимогам нормативних документів. Якість

томатопродуктів безпосередньо залежить від якості сировини, що надходить на переробку, серед якої переважають томати механізованого збору. Їх принципова відмінність полягає у підвищеній стійкості до механічного впливу, що пов'язано з суттєвою зміною хімічного складу плодів, а також невідповідністю традиційним вимогам переробної промисловості. Складність переробки томатів механізованого збору на концентровані томатопродукти пов'язана з їх специфічними структурно-механічними, фізико-хімічними та біохімічними особливостями, обумовленими підвищеним вмістом нерозчинних сухих речовин, зокрема клітковини, показника відношення кількості розчинних до нерозчинних сухих речовин - Р/НР. Використання традиційної технології переробки томатів призводить до переходу більшої частини клітковини в протерту томатну масу, що збільшує її в'язкість та ускладнює процес подальшого концентрування. Томатну пульпу витримують тривалий час у вакуум - випарювальному обладнанні при підвищеній температурі, що приводить до погіршення органолептичних показників, кольоропараметричних характеристик, накопиченню оксиметилфурфуролу (ОМФ), зниженню вмісту біологічно активних речовин (БАР) у готовому продукті. Виробництво томатної пасти високої якості можливо тільки при концентруванні томатної маси з низьким вмістом нерозчинних сухих речовин (клітковини). Подальше нарощування випуску концентрованих томатопродуктів в Україні і вихід цієї продукції на світовий ринок стримується, насамперед, її високою собівартістю і невисокою якістю, що не завжди відповідає вимогам міжнародних стандартів. Це пов'язано з існуючим рівнем переробного виробництва, що оснащене переважно застарілим обладнанням, зокрема устаткуванням для згущення томатного соку. Тому проектування виробництва томатопродуктів на основі сучасних технологій відповідно до вимог міжнародних стандартів для середніх і малих переробних підприємств є актуальною проблемою. На підставі комплексного аналізу науково-технічної літератури та патентних досліджень доведено, що створення екологічно чистих концентрованих томатопродуктів з натуральним природним кольором та підвищеним вмістом вітамінів та БАР є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз сучасних досліджень щодо вдосконалення якості концентрованих томатопродуктів свідчить про сортову специфічність накопичення нітратів, радіонуклідів, солей важких металів, оксалатів плодами томатів ботанічних сортів, районованих в Східній Україні, визначено вміст каротиноїдів та лікопіну в плодах цих томатів [1-3]. Науковці розглядають проблеми підвищення якості концентрованих томатопродуктів із сортів томатів механізованого збирання шляхом фракціонування, роздільного концентрування та науково обґрунтовують режими стерилізації нових томатних продуктів за тест-культурою *Clostridium botulinum*-364 при різних показниках активної кислотності та температури продукту [4].

Багато науковців досліджують оптимізацію процесу концентрування томат-продуктів. Так в дисертаційній роботі Вашук Т. О. запропоновано модель механізму перенесення імпульсу й енергії в плівках роторно-плівкових апаратів, що ґрунтується на врахуванні інтенсивності динамічної взаємодії ротора зі стічною плівкою рідини [5]. Виходячи із вищенаведеного, необхідно проаналізувати сучасні технології виробництва концентрованих томатопродуктів для оптимізації технологічного процесу і підвищення якості томатних соусів, що дозволить зменшити енергетичні витрати, кількість відходів, підвищити якість продукту та розширити асортимент на основі томатної пасти.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є оптимізація технологічної схеми виробництва томатного кетчупу на основі томатної пасти, отриманої методом асептичного консервування з натуральної сировини без застосування консервантів і барвників. Комплексний аналітичний підхід викладеної інформації дозволив сформулювати основні завдання дослідження, спрямовані на досягнення мети роботи:

- провести інформаційний пошук для вивчення способів попередньої підготовки томатної сировини перед концентруванням, нових прогресивних методів концентрування та методів асептичного консервування;
- визначити критичні контрольні точки виробництва томатного соусу з напівфабрикату;
- скласти блок-схему технологічного процесу виробництва томатного соусу відповідно системи НАССР.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси і режими виробництва томатного кетчупу.

Предметом дослідження є томатна паста, томатний кетчуп.

Методи дослідження є експериментальними – органолептичні та лабораторні: метод нейтралізації, рефрактометричний, санітарно-бактеріологічний, титрометричний, потенціометричний, а також системний підхід до узагальнення технологічних даних, аналіз, синтез і оптимізацію конкретних рішень, математичне моделювання кінетики процесів для обґрунтування вибору принципів стабілізації БАР рослинної сировини, пошуку технологій, обладнання, режимів, способів обробки сировини.

Викладення основного матеріалу дослідження

Найулюбленішими овочами, що вживаються дуже широко як у свіжому вигляді, так і у вигляді продуктів переробки, є томати. Свіжі томати є важливим джерелом вітамінів С, Р, Е, деяких вітамінів групи В, провітаміна А (каротину), мінеральних солей (особливо солей калію), низки мікроелементів, фітонцидів, які сприяють знищенню хвороботворних мікробів. В помідорах містяться баластні речовини, що необхідні для нормального функціонування шлунково-кишкового тракту. Пігмент лікопін, що обумовлює червоний колір помідорів, є сильним антиоксидантом. Він блокує негативну дію вільних радикалів на організм людини. Вченими доведено, що перероблені томати є ще більш ефективними антиоксидантами, ніж свіжі. При переробці помідорів сортів механізованого збору на концентровані помідоропродукти проходять перетворення, пов'язані зі змінами консистенції, кольору продукту, його біологічно активних складових. Регулювання таких перетворень з метою підвищення якості готової продукції можливо шляхом застосування нових технологічних прийомів та способів консервування.

Аналіз сучасних досліджень щодо вдосконалення якості концентрованих помідоропродуктів свідчить про сортову специфічність накопичення нітратів, радіонуклідів, солей важких металів, оксалатів плодами помідорів ботанічних сортів, що районовані в Східній Україні. Науковець Дубініна А. А науково обґрунтувала доцільність теплової обробки помідорів у відварі шипшини з метою стабілізації їх кольору, збереження біологічно активних речовин (БАР) рослинної сировини та зниження вмісту токсичних речовин [5].

Барвні речовини стиглих помідорів належать до групи каротиноїдів. Червоний колір обумовлено наявністю лікопіну, поряд з яким міститься каротин, ксантофіли і ксантофілові ефіри. Вміст β -каротину у дослідних зразках коливається в межах від 1,3 (сорт Маестро) до 11,3 мг/100 г (сорт Малинове Віконте). Кількість лікопіну у зразках складає від 1,27 мг/100 г у сорті Аміко до 5,91 мг/100г – сорт Мить. Кількість аскорбінової кислоти у різних сортах помідорів знаходиться у межах від 10,3 мг/100 г у зразку помідорів сорту Господар до 32,6 мг/100 г у сорті Іскорка. Дослідні зразки помідорів відрізняються значним вмістом мінеральних речовин. Вміст калію коливається в межах від 275 мг/100 г у сорті F₄ (Геркулес* Dark Green) до 300 мг/100 г у сортах Карась та Іскорка. Значний вміст кальцію та заліза виявлено у сорті Іришка (16 мг/100 г та 95 мг/100 г відповідно). Максимальний вміст магнію – у сорті Лагоранж (22 мг/100 г), мінімальний – у сортах Чайка та Малинове Віконте (18 мг/100 г). Значний вміст натрію встановлено у сорті Аміко та Карась (41 мг/100 г). Проведено комплексну оцінку якості 10 сортів помідорів червоного кольору за органолептичними показниками, хімічним складом, вмістом БАР, показниками безпеки.

Томатні соуси виготовляють з свіжих помідорів або з концентрованих напівфабрикатів з додаванням переважно солі, цукру й прянощів. У окремі види соусів додають овочі, яблучне пюре, борошно, олію, пюре з солодкого перцю і лимонну кислоту.

Технологічний процес виробництва томатних соусів складається з таких операцій: підготовка томатної маси зі свіжої сировини за технологією концентрованих продуктів (уварювання в вакуум-апаратах) чи розведення томатної пасти до масової частки сухих речовин, яка вказана у інструкції, кип'ятіння, додавання солі, цукру й прянощів. Прянощі додають тонкоподрібненими як у вигляді водної чи оцтової витяжки, та у вигляді CO₂-екстрактів. Соуси зі свіжих помідорів варять трохи більше 45 хв, з концентрованих - 15...20 хв, фасують в скляні чи металеві лаковані банки місткістю не більше 0,65 дм³ при температурі 85 °С. Тару з продуктом закупорюють лакованими металевими кришками і передають на стерилізацію при 100 °С протягом 25 хв. Характерний дефект, іноді що спостерігається в гострому томатному соусі,— темні кільця, що знаходяться на поверхні продукту біля шийки тари. Деаерація соусу, а також застосування вакуум-наповнювачів і вакуум-закочувальних машин перешкоджають потемнінню. Додавання до продукту аскорбінової кислоти також затримує потемніння продукту. Готові соуси залежно від рецептурного складу містять (у %): сухих речовин 17...44, хлоридів 1,5...3,5, мають титровану кислотність (в перерахунку на яблучну кислоту) 0,6...3,5% [4].

При створенні нових рецептур концентрованих помідоропродуктів застосовують метод комп'ютерного проектування рецептурних композицій, в основу якого покладено математичне моделювання рецептурної суміші шляхом варіювання вхідних інгредієнтів. Підібрано композицію інгредієнтів концентрованих помідоропродуктів з необхідними органолептичними показниками (колір, смак, консистенція, запах), максимально збалансовану за вмістом харчових речовин (баластні речовини, вітаміни, мінеральні речовини). Методом математичного моделювання визначені та експериментально підтверджені раціональні склади рецептурних компонентів томатної пасти (пюре з помідорів – 80...85%, пюре із шипшини – 15...20%) та соусу (томатна паста – 30...40%, солодкий перець – 25...30%, корінь петрушки – 16...18%, сіль – 2,0...2,5%, цукор – 0,3...0,9%, пряно-ароматична сировина – 0,5...0,8%, органічні кислоти – 0,2...0,8%, томатний сік – 16...17%). Експерименти проведені науковцями Черевко О. І., Дубініною А. А., Ольховською В. С [2,3] показали, що оптимальним способом обробки помідорів з максимальним збереженням каротиноїдів є його бланшування у водному розчині із масовою часткою шипшини 4% при температурі 93...95°C протягом (17...20)•60 с. Дані хімічного складу розроблених

пасти та соусів свідчать, що запропоновані продукти відрізняються більш високим вмістом цукрів – до 21,35%. Вміст клітковини складає до 3,8%. За рахунок додавання до рецептури коріння петрушки та плодів шипшини вміст пектинових речовин збільшився у 1,5 рази і складає 1,11...1,48%. Порівняльний аналіз вітамінного та мінерального складу нових концентрованих томатопродуктів свідчить, що згідно формулі збалансованого харчування 100 г пасти або соусу на 100% задовольняє добову потребу організму людини у залізі та β-каротині, на 56...63% – у вітаміні С та на 37...66% – у кальції.

Методом математичного моделювання визначено та експериментально підтверджено раціональні складові рецептурних компонентів томатної пасти та соусів, що дозволяють одержати високоякісні, максимально наближені до сучасних рекомендацій нутріціології продукти. Надана комплексна товарознавча оцінка споживчих властивостей свіжих томатів, розроблених пасти та соусів заданого складу [3].

При складанні блок-схеми виробництва томатного кетчупу на основі концентрованої томатної пасти (25 %, 30 %, 35 % або 40 %) авторами визначені контрольно-критичні точки (ККТ). Блок-схема виробництва томатного кетчупу з концентрованої томатної пасти показана на рис. 1.

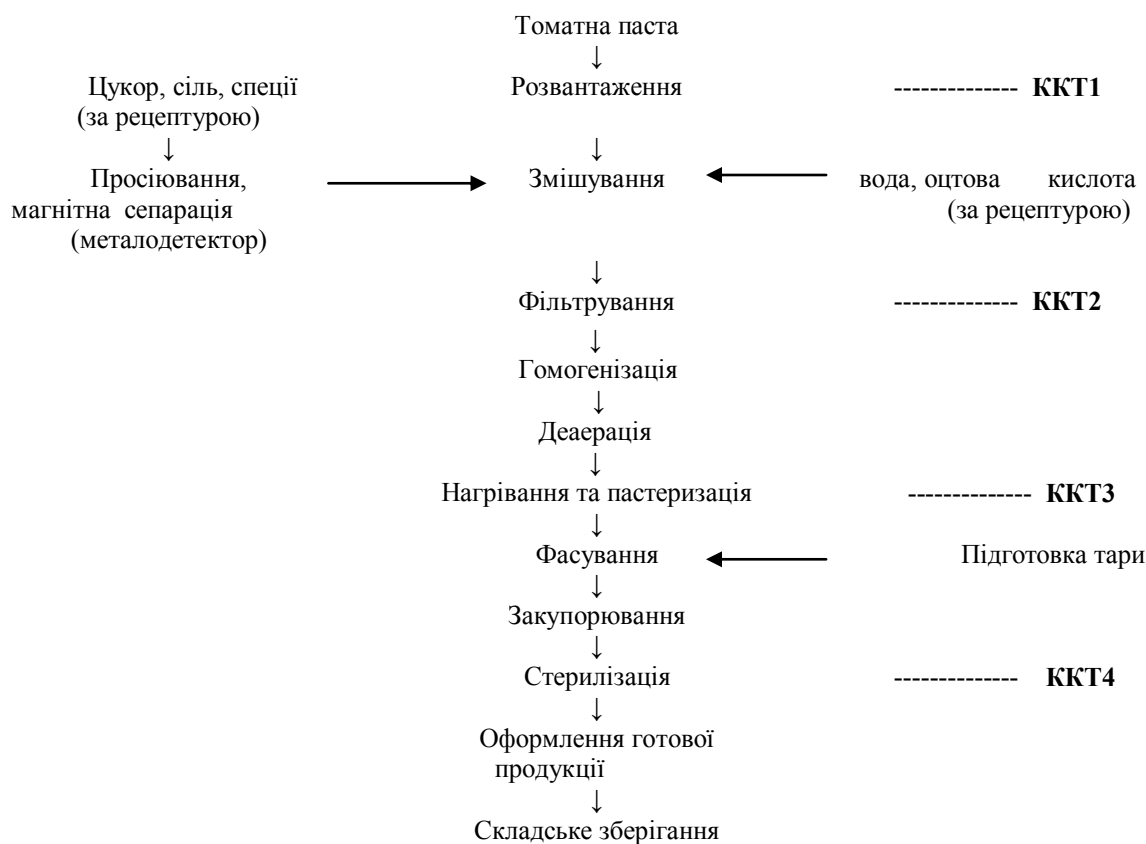


Рис. 1. Блок-схема виробництва томатного кетчупу з концентрованої томатної пасти

Контроль виробництва за стандартними методиками [6] розпочинається починається з надходження сировини на підприємство.

Вміст хлоридів для томатопродуктів визначається згідно з вимогами ДСТУ 5081:2008.

Опис контрольно-критичних точок при виробництві:

1. ККТ 1:

Найменування етапу - міксерна ємність

Ризик-фізичний і мікробіологічний

Контроль та метод запобігання – фільтр, контроль рівня рН

Критичні межі - діаметр отворів фільтру 2 мм, рН не більше 4,0

Процедури моніторингу - перевірка фільтру один раз в кінці зміни; перевірка рН постійно

Корегуючі дії - при порушенні цілісності фільтру - заміна або чищення фільтру; корегування рН шляхом додавання необхідної кількості оцтової кислоти

Виконувач-оператор установки

Процедура перевірки - перевірка журналу цілісності фільтру; фактичної технологічної карти
Місце зберігання записів-цех, лабораторія

2. ККТ 2

Найменування етапу - міксерна ємність

Ризик-фізичний(попадання в продукт сторонніх предметів та домішок)

Контроль та метод запобігання - фільтр після металодетектору на міксерній ємності

Критичні межі - діаметр отворів фільтру 2 мм

Процедури моніторингу - перевірка фільтру один раз в кінці зміни

Корегуючі дії - при порушенні цілісності фільтру - заміна або чищення фільтру

Виконувач-оператор установки

Процедура перевірки - перевірка журналу цілісності фільтру

Місце зберігання записів-цех

3. ККТ 3

Найменування етапу – пастеризація в потоці

Ризик - мікробіологічний, внаслідок недостатньої температури або часу витримки

Контроль та метод запобігання – контроль температури пастеризації

Критичні межі – температура $95 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Процедури моніторингу - запис у фактичній технологічній карті та термограми температури пастеризації постійно

Корегуючі дії - нагрівання продукції до необхідної температури

Виконувач-оператор установки

Процедура перевірки - аналіз термограми

Місце зберігання записів-цех

4. ККТ 4

Найменування етапу - стерилізація

Ризик-мікробіологічний, в наслідок недостатньої температури або часу витримки

Контроль та метод запобігання - контроль температури стерилізації

Критичні межі - температура $120 \pm 2^{\circ}\text{C}$

Процедури моніторингу - запис у фактичній технологічній карті та термограми температури пастеризації постійно

Корегуючі дії - нагрівання продукції до необхідної температури

Виконувач-оператор установки

Висновки

Аналізуючи багатоваріантність наукових досліджень щодо розроблення асортименту соусів на основі концентрованих томатів, підтверджує необхідність впровадження їх у виробництво на вітчизняних підприємствах. Проведений інформаційний пошук для вивчення способів попередньої підготовки томатної сировини перед концентруванням, нових прогресивних методів концентрування та методів асептичного консервування дозволив авторам оптимізувати контроль якості виробництва томатних соусів і запропонувати блок-схему з визначенням критичних контрольних точок виробництва томатного кетчупу.

На основі проведеного дослідження встановлено, що при розробці технологічних режимів томатного кетчупу на основі концентрованої томатної пасти необхідно контролювати критичні точки виробництва: розвантаження напівфабрикату (ККТ1); фільтрування (ККТ2); пастеризація в потоці (ККТ3); стерилізація готової продукції (ККТ4).

Наступні напрямки досліджень будуть направлені на порівняльну оцінку та вивчення ефективності теплового впливу за сучасними технологіями на кольоропараметричні характеристики та БАР при виробництві концентрованих томатопродуктів.

Список використаної літератури

1. Дубініна А. А. Оптимізація споживчих властивостей концентрованих томатопродуктів / А. А. Дубініна, Т. М. Шапорова, В. С. Ольховська // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2004. – № 1 (19). – С. 25–29
2. Дубініна А. А. Проектування томатопродуктів з заданим комплексом показників харчової цінності / А. А. Дубініна, Т. М. Шапорова, В. С. Ольховська // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв»: зб. наук. пр. – 2005. Вип. 38. – С. 128–134.
3. Пат. 21167 Україна, МПК А23 L 1/212. Спосіб виробництва концентрованих томатопродуктів / Черевко О. І., Дубініна А. А., Ольховська В. С.; заявник та патентовласник Харк. держ. ун-т харч. та торг. – № а 200605927; заявл. 29.05.06; опубл. 15.03.07, Бюл. № 3.

4. Мазуренко І. К. Удосконалення технології виробництва концентрованих томатопродуктів : дис канд. техн. наук: 05.18.13 / Одеська національна академія харчових технологій. - О., 2006.
5. Ващук Т. О. Теплотехнологічні режими процесу концентрування томатопродуктів в роторно-плівковій випарній установці : Дис... канд. наук: 05.18.12 - 2008.
6. ДСТУ 5081:2008. Продукти томатні концентровані
7. Garcia, E. Assessing Lycopene Content in California Proces.– P. 56–70
8. Zhang, L. Characterization of the Red Layer and Pericarp of Processing Barrett, D. M. Future innovations in tomato processing / D. M. Barrett // IN: 13th Symposium on the Processing Tomato. Actae Horticulturae.– 2015.– № 1081.–P. 49–55
9. Barrett, D.M. Color quality of tomato products / D.M. Barrett, and G.E. Anthon // IN: Color quality of fresh and processed foods. ACS Symposium Series.– 2008. – P. 131–139.

УДК 664.8.037.5:634.75

І.Л. ЗАМОРСЬКА

Уманський національний університет садівництва

ЯКІСТЬ ЗАМОРОЖЕНИХ ЯГІД СУНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД СХЕМИ САДІННЯ РОСЛИН

Досліджено втрати маси, кріорезистентність та хімічний склад заморожених ягід суниці сортів Полка та Пегас залежно від схеми садіння рослин: стрічкою 80+25х35 см (контроль) та смугою шириною 90 см.

Встановлено, що ягоди суниці, які вирощені за стрічковою схемою накопичили істотно вищу кількість сухих розчинних речовин, цукрів, ніж вирощені смугою, проте мали нижчий вміст аскорбінової кислоти.

В результаті заморожування ягід суниці втрати маси встановлено на рівні 1,2–2,3 %, причому істотно вищими вони були у ягід, вирощених смугою. Кріорезистентність ягід суниці вирощених смугою була істотно нижчою проти контролю, що зумовлено вищою оводненістю тканин.

Під час заморожування ягід вміст сухих розчинних речовин та органічних кислот зазнав неістотних змін порівняно зі свіжою сировиною, натомість вміст цукрів знизився на 0,4–0,5%, аскорбінової кислоти – на 13,3–17,7 %. В результаті зберігання заморожених ягід суниці протягом шести місяців втрати сухих розчинних речовин встановлено на рівні 0,1–0,3, цукрів – 0,2–0,3, аскорбінової кислоти – 10,7–14,1 % за неістотних змін вмісту органічних кислот.

Під час заморожування та зберігання ягід суниці кращі результати отримано за їхнього вирощування стрічковою схемою. При цьому ягоди, що вирощені смугою мали на 0,4–0,7 % вищі втрати маси та на 1,1–5,2 % нижчу кріорезистентність. Загальні втрати в результаті заморожування та зберігання ягід суниці склали: сухих розчинних речовин – 0,2–0,4, цукрів – 0,8–1,0, аскорбінової кислоти – 30,5–35,3 %.

Доведена істотна залежність вмісту основних компонентів хімічного складу ягід суниці від схеми садіння рослин на етапі їхнього досягання, проте закономірностей змін у процесі заморожування та зберігання не встановлено.

Ключові слова: заморожування, сорт, суниця, схема садіння, кріорезистентність, втрати маси

И.Л. ЗАМОРСКАЯ

Уманский национальный университет садоводства

КАЧЕСТВО ЗАМОРОЖЕННЫХ ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СХЕМЫ ПОСАДКИ РАСТЕНИЙ

Исследованы потери массы, крорезистентность и химический состав замороженных ягод земляники сортов Полка и Пегас в зависимости от схемы посадки растений: лентой 80+25х35см (контроль) и полосой шириной 90 см.

Установлено, что ягоды земляники, выращенные по ленточной схеме содержали существенно большее количество сухих растворимых веществ, сахаров, чем выращенные полосой, однако имели более низкое содержание аскорбиновой кислоты.

В результате замораживания ягод земляники потери массы установлены на уровне 1,2–2,3 %, причем существенно они были у ягод, выращенных полосой. Крорезистентность земляники выращенной полосой была ниже против контроля, что обусловлено большим содержанием воды в тканях ягод.

Во время замораживания ягод сухие растворимые вещества и органические кислоты претерпели несущественные изменения по сравнению со свежим сырьем, однако содержание сахаров снизилось на 0,4–0,5 %, аскорбиновой кислоты – на 13,3–17,7 %. В результате хранения замороженных ягод земляники в течение шести месяцев потери сухих растворимых веществ установлены на уровне 0,1–0,3, сахаров – 0,2–0,3, аскорбиновой кислоты – 10,7–14,1 % при несущественных изменениях содержания органических кислот.

Во время замораживания и хранения ягод земляники лучшие результаты получены при их выращивании по ленточной схеме. При этом ягоды, выращенные полосой имели на 0,4–0,7 % выше потери массы и на 1,1–5,2 % ниже крорезистентность. Общие потери в результате замораживания и хранения ягод земляники составили: сухих растворимых веществ – 0,2–0,4, сахаров – 0,8–1,0, аскорбиновой кислоты – 30,5–35,3 %.

Доказана суттєва залежність вмісту основних компонентів хімічного складу ягід земляники від схеми посадки рослин на етапі їх дозрівання, однак в процесі заморожування і зберігання зв'язи не встановлено.

Ключові слова: заморожування, сорт, земляника, схема посадки, криорезистентність, втрати маси.

I.L. ZAMORSKA

Uman National University of Horticulture

QUALITY OF FROZEN STRAWBERRIES DEPENDING ON A PLANTING SCHEME

Mass losses, cryoresistance and chemical composition of frozen strawberries (cultivars Polka and Pegas) depending on a planting scheme were studied: band 80+25x35 cm (the control) and 90-cm wide stripe.

It was established that strawberries grown by a band scheme accumulated much more dry soluble substances, sugars than those grown by a stripe scheme; they had lower ascorbic acid content though.

As a result of strawberry freezing, mass losses appeared to be 1,2-2,3%, they were much higher in the strawberries grown by a stripe scheme. Cryoresistance of the strawberries grown by a stripe scheme was significantly lower as compared with the control, which was due to higher water content of the tissue.

In the process of strawberry freezing the content of dry soluble substances and that of organic acids did not undergo significant changes compared with fresh berries, whereas sugar content decreased by 0.4-0.5%, ascorbic acid content – by 13,3-17,7%. During 6-month storage of frozen strawberries the losses of dry soluble substances were 0,1–0,3, those of sugars – 0,2–0,3, losses of ascorbic acid were 10,7–14,1 %, the content of organic acids did not change much.

During freezing and storage of strawberries the best results were received when they were grown by a band scheme. The berries which were grown by a stripe scheme had higher mass losses by 0,4–0,7 % and lower cryoresistance by 1,1–5,2 %. As a result of strawberry freezing and storage, total losses were: dry soluble substances – 0,2–0,4, sugars – 0,8–1,0, ascorbic acid – 30,5–35,3 %.

A serious dependence of the content of the main components of strawberry chemical composition on a planting scheme was proved, however change regularities in the process of freezing and storage were not found.

Keywords: freezing, cultivar, strawberry, planting scheme, cryoresistance, mass loss.

Постановка проблеми

Суниця – найбільш поширена ягідна культура в Україні та світі, що зумовлено її високими смаковими та лікувально-дієтичними властивостями, високою економічною ефективністю виробництва. Ягоди суниці накопичують у своєму складі до 9 % цукрів [1], що представлені глюкозою, фруктозою та сахарозою [2], від 0,21 [3] до 1,3 % [4], а за іншими даними – до 2 % [5] органічних кислот, серед яких переважають лимонна і яблучна. Висока вітамінна цінність ягід суниці зумовлена значним вмістом в них аскорбінової кислоти, що може сягати до 97,7 мг/100 г [6]. Ягоди суниці – джерело фенольних сполук, серед яких виділяють антоціани, флавоноїди та фенольні кислоти, вміст яких коливається в межах від 159 до 289 мг/100 г [7]. Вони відіграють важливу роль в якості захисних механізмів від стресів, для профілактики хронічних та серцево-судинних захворювань. Ягоди суниці мають багатий елементний склад, що представлений нітрогеном, натрієм, калієм, фосфором, кальцієм, магнієм, бором, алюмінієм, хромом, манганом, ферумом, купрумом, цинком, селеном [8].

Значним попитом на українському та світовому ринках користуються як свіжі ягоди суниці так і заморожені. Так, протягом 2015-2016 рр. споживання заморожених ягід суниці в Україні зросло удвічі, а прибутковість їхнього експорту з України була втричі вищою, ніж свіжих [9, 10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасному виробництві ягід суниці активно застосовують інтенсивні технології вирощування, що передбачають застосування ущільнених схем садіння, різних способів мульчування ґрунту [11, 12], скорочену ротацію насаджень [13], високий агрофон та високопродуктивні сорти. Завдяки застосуванню інтенсивних технологій ягоди досягають у більш ранні строки, зростає їхній валовий збір, збільшується розмір плодів, а забрудненість зменшується [14]. Під впливом технологій вирощування формується післязбиральна якість ягід суниці, зокрема щільність та вміст поліфенольних сполук, терміни їхнього зберігання [15].

Інтенсивні технології вирощування передбачають розміщення рослин однострічковим способом з відстанями 90x10, 90x15, або 80x10, 80x15, або ж смугами шириною 20-30 або 80-100 см, що утворюються за рахунок укорінених розеток [4].

Проте, незважаючи на значний попит на заморожені ягоди суниці, в науковій літературі недостатньо інформації про вплив інтенсивних технологій вирощування на формування та збереження їхньої якості.

Формулювання мети дослідження

Метою нашої роботи було дослідження втрат маси, кріорезистентності і змін основних компонентів хімічного складу заморожених ягід, що вирощені за різними схемами садіння.

Викладення основного матеріалу дослідження

Об'єктом дослідження були ягоди суниці сортів Полка та Пегас, що вирощені за стрічковою схемою садіння 80+25х35см (контроль) та смугою шириною 90 см. Ягоди збирали в споживній стадії стиглості, підготовку до заморожування здійснювали згідно діючої технологічної інструкції з виробництва заморожених плодів та ягід (1982) та заморожували розсипом за температури мінус 30 ± 1 °С. Заморожену продукцію фасували у пакети з поліетиленової плівки марки «Н» (харчова) масою 0,5 кг і зберігали протягом шести місяців за температури мінус 18 ± 1 °С.

Якість заморожених ягід суниці оцінювали за змінами маси та кріорезистентністю [16]. Втрати маси під час заморожування визначали шляхом зважування фіксованих проб, кріорезистентність встановлювали за різницею маси заморожених і дефростованих ягід та виражали у відсотках.

Статистичний аналіз виконували за допомогою програми StatSoft STATISTICA 10.0.1011.0.

Хімічний склад свіжих ягід суниці залежно від схеми садіння представлено в таблиці 1.

Згідно з отриманими даними ягоди суниці, що вирощені за стрічковою схемою накопили істотно вищу кількість сухих розчинних речовин, ніж у вирощених смугою: у ягід сорту Пегас на 0,2, а у сорту Полка – на 1,2 %. Аналогічна тенденція спостерігалася і у вмісті цукрів – у ягід вирощених за стрічковою схемою їхня кількість була вищою. Натомість, ягоди, що були вирощені смугою шириною 90 см мали істотно вищий вміст органічних кислот та аскорбінової кислоти. Отримані результати пояснюються кращим освітленням та більшою площею живлення рослин суниці вирощених за стрічковою схемою, що сприяє накопиченню сухих розчинних речовин та цукрів, тоді як в умовах загущення рослини мають вищий вміст органічних та аскорбінової кислот.

Таблиця 1

Хімічний склад свіжих ягід суниці залежно від схеми садіння

Сорт	Схема садіння	Масова частка, %			Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г
		сухих розчинних речовин	цукрів	органічних кислот	
Пегас	80+25х35см (контроль)	8,3	6,2	0,81	60,8
	смуга 90 см	8,1	6,0	0,80	62,4
Полка	80+25х35см (контроль)	10,4	8,6	0,92	49,0
	смуга 90 см	9,2	6,7	1,00	55,4
НІР ₀₅		0,2	0,1	0,03	0,10

В результаті заморожування ягід суниці виявлено втрати маси на рівні 1,2–2,3 %, причому істотно вищими вони були у ягід, що вирощені смугою, що, очевидно, зумовлено вищою оводненістю тканин і, як наслідок, вищими втратами вологи (табл. 2).

Кріорезистентність заморожених ягід суниці коливалася в межах 85,6–98,8 %. При цьому у ягід, що вирощені смугою вона була істотно нижчою. Зі збільшенням тривалості зберігання ягід їхня кріорезистентність поступово знижувалася, що, очевидно, зумовлено поступовим потоншенням клітинних стінок внаслідок руйнування пектинових речовин в клітинній стінці і серединній пластинці.

В результаті зберігання заморожених ягід в поліетиленовій упаковці протягом трьох місяців втрати маси склали 0,2–0,5 %, а в наступні три місяці зберігання втрати маси коливалися в межах 0,1–0,5 %, проте значної різниці у розмірі втрат залежно від схеми садіння рослин не виявлено.

Під час заморожування ягід виявлено зміни у вмісті основних компонентів хімічного складу ягід (табл. 3). Так, з урахуванням втрат маси вміст сухих розчинних речовин та органічних кислот зазнав неістотних змін порівняно зі свіжою сировиною, натомість вміст цукрів знизився на 0,4–0,5 %, аскорбінової кислоти – на 13,3–17,7 %. Слід відмітити, що істотної різниці у розмірі втрат основних компонентів хімічного складу ягід залежно від схеми садіння рослин не виявлено. Можна припустити, що істотна залежність вмісту основних компонентів хімічного складу ягід суниці від схеми садіння рослин існує на етапі їх накопичення в свіжій сировині, тоді як у процесі заморожування основні зміни відбуваються під дією від'ємних температур, а вплив агротехніки виражений слабо.

Таблиця 2

Втрати маси та кріорезистентність ягід суниці залежно від схеми садіння

Сорт	Схема садіння	Тривалість зберігання		
		після заморожування	три місяці	шість місяців
втрата маси, %				
Пегас	80+25х35см (контроль)	1,2	0,50	0,50
	смуга 90 см	1,9	0,45	0,45
Полка	80+25х35см (контроль)	1,9	0,18	0,11
	смуга 90 см	2,3	0,39	0,20
НІР ₀₅		0,01	0,05	0,05
кріорезистентність, %				
Пегас	80+25х35см (контроль)	98,8	94,7	84,5
	смуга 90 см	97,7	92,6	85,3
Полка	80+25х35см (контроль)	90,8	88,4	85,8
	смуга 90 см	85,6	89,8	84,7
НІР ₀₅		0,6	0,4	0,4

Таблиця 3

Хімічний склад заморожених ягід суниці залежно від схеми садіння, з урахуванням втрат маси

Сорт	Схема садіння	Масова частка, %			Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г
		сухих розчинних речовин	цукрів	органічних кислот	
після заморожування					
Пегас	80+25х35см (контроль)	8,0	⁵ ,7	0,80	52,7
	смуга 90 см	8,1	⁵ ,5	0,88	51,3
Полка	80+25х35см (контроль)	10,4	⁸ ,2	0,90	41,0
	смуга 90 см	9,4	⁶ ,3	0,92	46,4
НІР ₀₅		0,2	⁰ ,2	0,09	1,3
після трьох місяців зберігання					
Пегас	80+25х35см (контроль)	8,2	5,4	0,94	47,6
	смуга 90 см	8,1	5,2	0,97	45,8
Полка	80+25х35см (контроль)	10,2	7,9	0,88	38,2
	смуга 90 см	9,1	6,2	0,86	43,1
НІР ₀₅		0, 2	0,0	0,01	1,0
після шести місяців зберігання					
Пегас	80+25х35см (контроль)	8,1	5,2	0,86	41,6
	смуга 90 см	7,9	5,0	1,00	40,4
Полка	80+25х35см (контроль)	10,1	7,6	0,95	32,8
	смуга 90 см	8,8	5,9	0,91	38,5
НІР ₀₅		0,2	0,1	0,13	1,1

В результаті зберігання ягід суниці протягом трьох місяців в поліетиленовій тарі спостерігалися прогресуючі втрати основних компонентів хімічного складу ягід (табл. 3).

Так, вміст сухих розчинних речовин в ягодах знизився від їх вмісту одразу після заморожування на 0,2–0,3 %, а цукрів – на 0,1–0,3 % залежно від варіанту досліджу. Масова частка органічних кислот зазнала неістотних змін, натомість, вміст аскорбінової кислоти в ягодах знизився на 6,8–10,7 %. Слід відмітити, що прослідковується вплив схеми садіння рослин на розмір втрат аскорбінової кислоти: у ягід, що вирощені смугою втрати були вищі, що, очевидно, зумовлено вищим вмістом аскорбінової кислоти.

Ще через три місяці зберігання втрати основних компонентів хімічного складу ягід мали тенденцію до зростання (табл. 3). Втрати сухих розчинних речовин виявлені на рівні 0,1–0,3, цукрів – 0,2–0,3, аскорбінової кислоти – 10,7–14,1 % за неістотних втрат органічних кислот. Істотної залежності розміру втрат основних компонентів хімічного складу заморожених ягід суниці від схеми їхнього садіння не виявлено. Очевидно, така залежність існує на етапі досягання ягід, тоді як на етапі заморожування і зберігання вплив агротехніки не виражений.

Висновки

Отже, під час заморожування та зберігання ягід суниці кращі результати отримано у варіанті з вирощуванням рослин за стрічковою схемою. При цьому ягоди, що вирощені смугою мають на 0,4–0,7 % вищі втрати маси та на 1,1–5,2 % нижчу кріорезистентність, ніж у ягоди, що вирощені за стрічковою схемою. Загальні втрати сухих розчинних речовин склали 0,2–0,4%, цукрів – 0,8–1,0, аскорбінової кислоти – 30,5–35,3 % проте їх розмір не істотно залежав від схеми садіння рослин суниці.

Список використаної літератури

1. Ковтун І.М. Ягідні культури / І.М. Ковтун., В.С. Марковський., А.В. Оліфер. К.: «Урожай». – 1973. – 316 с.
2. Castro I. Comparative study of Selva and Camarosa strawberries for the commercial market. / I. Castro, O. Gonçalves, J. A. Teixeira, A. A. Vicentesc // *Journal of Food Science*. – 2002. – №67(6). – pp. 2132–2137.
3. Fait A. Reconfiguration of the achene and receptacle metabolic networks during strawberry fruit development. / A. Fait, K. Hanhineva, R. Beleggia, N. Dai, I. Rogachev, V. J. Nikiforova, A. Aharoni // *Plant physiology*. – 2008. – №148(2). – pp. 730–750.
4. Марковський В.С. Ягідні культури в Україні: навчальний посібник/ В.С. Марковський, М.І. Бахмат. Кам'янець-Подільський: ПП „Медобори-2006”, 2008. – 200 с.
5. Причко Т.Г. Сравнительная оценка биохимического состава ягод земляники в условиях юга России/ Т.Г. Причко, М.Г. Германова // *Плодоводство и виноградарство юга России*. – 2010. – №2. – С. 107–113.
6. Шеренговий П.З. Нові сорти суниці кафедри садівництва НАУ / П.З. Шеренговий, В.П. Шеренговий, Р.П. Нестеровський // *Сад, виноград і вино України*. – 2004. – № 1–2. – С. 8–9.
7. Cordenunsi B. R. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil / B. R. Cordenunsi, J. R. Oliveira do Nascimento, M. I. Genovese, F. M. Lajolo // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2002. – Т. 50. – №. 9. – pp. 2581–2586.
8. Zhang H. Determination of free amino acids and 18 elements in freeze-dried strawberry and blueberry fruit using an amino acid analyzer and ICP-MS with micro-wave digestion/ H. Zhang, Z. Y. Wang, X. Yang, H. T. Zhao, Y. C. Zhang, A. J. Dong, J. Wang // *Food chemistry*. – 2014. – №147. – pp. 189–194.
9. Краткий анализ рынка земляники в Украине за 2015-16 годы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://yagodovod.com/articles/323-kratkii-analiz-rynka-zemljaniki-v-ukraine-za-2015-16-gody.html>
10. Пирожок О. Рынок ягод в Украине: рекордный экспорт и растущая ликвидность. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://landlord.ua/rynok-yagod-v-ukraine/>
11. Fan L. Effect of mulching systems on fruit quality and phytochemical composition of newly developed strawberry lines / L. Fan, V. Roux, C. Dubé et all. // *Agricultural and Food Science*. – 2012. – Vol 21. – №2. – pp. 132–140.
12. Frac M. The effect of mulch and mycorrhiza on fruit yield and size of three strawberry cultivars / M. Frac, P. Michalski, L. Sas-Paszt // *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. – 2009. – Vol. 17. – № 2. – pp. 85–93.
13. Laugale V. Strawberry production in Latvia // *IOBC wprs Bulletin*. – 2000. – Vol. 23. – №. 11. – pp. 11–16.
14. Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes / S. Y. Wang, G.J. Galletta, M. J. Camp, M. J. Kasperbauer // *HortScience*. – 1998. – Vol 33. – №4. – pp. 636–640.
15. Fan L. The effect of three production systems on the postharvest quality and phytochemical composition of Orléans strawberry / L. Fan, C. Yu, C. Fang et all. // *Canadian Journal of Plant Science*. – 2011. – Vol.91. – №2. – pp. 403–409.
16. Методические указания по проведению исследований с быстрозамороженными плодами, ягодами и овощами. М.: ВАСХНИЛ. – 1984. – 25 с.

УДК 663.26

К.А. КОВАЛЕВСЬКИЙ, О.І. МАМАЙ, Т.О. КУЗЬМИНА,
П.М. ВАЛЬКО, Т.О. ЯКОВЕНКО
Херсонський національний технічний університет

УСТАНОВКА ДЛЯ ВІДСТОЮВАННЯ СУСЛА

Запропоновано модернізацію установки для безперервного відстоювання сусла і виноматеріалів у завислому осаді. Проведені експериментальні дослідження показують високу ефективність роботи модернізованої установки як у безперервному, так і у стаціонарному режимі. Встановлено, що ступінь освітлення значно підвищується при використанні препаратів для оклеювання.

Ключові слова: установка, відстоювання, сусло, освітлення, модернізація, препарати.

К.А. КОВАЛЕВСКИЙ, О.И. МАМАЙ, Т.О. КУЗЬМИНА,
П.Н. ВАЛЬКО, Т.А. ЯКОВЕНКО
Херсонский национальный технический университет

УСТАНОВКА ДЛЯ ОТСТАИВАНИЯ СУСЛА

Предложена модернизация установки для непрерывного отстаивания сусла и виноматериалов во взвешенном осадке. Проведенные экспериментальные исследования показывают высокую эффективность работы модернизированной установки как в непрерывном, так и в стационарном режиме. Установлено, что степень осветления значительно повышается при использовании оклеивающих препаратов.

Ключевые слова: установка, отстаивание, сусло, осветление, модернизация, препараты.

K.A. KOVALEVSKY, O.I. MAMAI, T.O. KUZMINA,
P.N. VALKO, T.A. YAKOVENKO
Kherson National Technical University

WORT SEPARATION MACHINE

A modernization of the equipment for the continuous settling of wort and wine materials in a suspended sediment is proposed. The conducted experimental researches show high efficiency of operation of the modernized equipment both in continuous and in a stationary mode. It is established that the degree of clarification is significantly increased when using adhesive preparations.

Key words: equipment, settling, wort lighting, modernization, preparations.

Постановка проблеми

У виноробстві відстоювання є самим розповсюдженим способом освітлення сусла і виноматеріалів.

На більшості виноробних підприємств для проведення процесу відстоювання використовуються великі резервуари, що обладнані відповідною арматурою для декантації. У випадку, коли на підприємстві виготовляють одночасно різні види виноматеріалів або в різні періоди, необхідна велика кількість резервуарів, при цьому тривалість процесу освітлення триває 10 — 24 годин [1].

Інші способи освітлення з використанням центрифуг і сепараторів потребують великих енерговитрат через невелику різницю густини рідкої та твердої фаз [2].

Тому, більш доцільним є переведення процесу відстоювання на поточний режим. В основу способу безперервного відстоювання [3] покладено принцип використання гідродинамічного явища — стиснутого осадження завислих часток суспензій при спрямованому русі суспензії у вертикальному резервуарі знизу нагору зі швидкістю висхідного потоку меншою швидкості вільного осадження часток. Завислий шар осаду, з одного боку, відіграє роль фільтра, сприяючи кращому освітленню рідини, з іншого боку — адсорбційна ємність пластівців, що утворилися, використовується більш повно, що також значно поліпшує процес освітлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Метод освітлення рідини у завислому осаді одержав широке поширення, особливо при очищенні стічних вод [4].

Такий метод освітлення використаний у дослідно-промислових зразках відстійників марок ВЛО-О, ОВ-600 і УДВ-О. Співробітниками кафедри харчових технологій ХНТУ були проведені попередні

виробничі випробування цих апаратів і довели можливість застосування відстійників безперервної дії для освітлення виноматеріалів. Тривалість процесу освітлення скорочувалось до 3 годин.

З урахуванням особливостей рідини, що піддається освітленню, в організацію роботи відстійників були внесені певні зміни. Для освітлення виноматеріалів робота відстійника може бути організовано таким чином. Відстійник марки УДВ-О складається з таких основних вузлів: вертикального резервуара, розділеного по висоті фігурною конічною перегородкою з трубою для спуску осаду, що з'єднує верхню частину резервуара (зону освітлення), з нижньою (ущільнювачем шламу) через вікна, розташовані у верхній частині труби.

Резервуар має глуху кришку з двома горловинами. В одній з горловин розташовані дихальний клапан і люк, а в іншій (центральної) горловині встановлено відокремлювач повітря із сіткою. Відокремлювач повітря з'єднаний з комунікацією для підведення виноматеріалів у відстійник. Дно відокремлювача повітря з'єднано з вертикальною трубою триходовим краном і двома тангенціальними патрубками, встановленими в нижній конічній частині зони освітлення.

Всередині резервуара, у верхній його частині змонтовано кільцевий збірник, з'єднаний з верхньою частиною ущільнювача шламу через комунікацію, вентиль і ротаметр.

Для декантації освітленого виноматеріалу з апарата після відстоювання знизу встановлена поворотна труба, з'єднана з патрубком, і стояк у конічному просторі дна зони освітлення.

Осад під час роботи видаляється з дна ущільнювача шламу через конус і комунікацію.

Формулювання мети дослідження

В основу досліджень поставлено завдання провести випробування відстійника, виконаного згідно з відомою схемою, визначити основні параметри. На основі наукових досліджень розробити схему модернізації стандартного відстійника безперервної дії для освітлення виноматеріалу у завислому осаді.

Ефективність освітлення встановлюється за вмістом суспензій у суслі або виноматеріалі до і після освітлення. Вміст суспензій визначався центрифугуванням середніх проб впродовж 15 хвилин при частоті обертання ротору 3000 хв^{-1} з наступною декантацією і зважуванням вологого осаду.

Викладення основного матеріалу дослідження

У радгосп-заводі «Янтарний» було проведено експериментальні дослідження роботи апарата типу УДВ-О, виконаного за відомою схемою. При цьому для освітлення використовувалися бентоніт і желатин. На апараті УДВ-О проводилося освітлення у потоці яблучного соку, отриманого на потоковій лінії ВПЯ-10.

Основні недоліки роботи установки, виявлені при її експлуатації:

1. При безперервній роботі лінії переробки плодів в кінці зміни у апараті залишається сік об'ємом, що дорівнює вмісту резервуару. Сік залишається у відстійнику до наступного дня роботи і його освітлення проходить у стаціонарному режимі з накопиченням згущених осадів. Для початку роботи нової зміни необхідно видалити із апарату окремо осади і освітлений сік. Цю операцію неможливо провести через відсутність спеціальних пристроїв і сік видаляється разом з осадом;

2. Регулювання відбору соку із верхнього і нижнього відділень апарату проводиться одним вентилем, встановленим на трубі відбору з нижнього відділення. Тому ці операції доводиться проводити у стаціонарному режимі;

3. Відсутність регулятора рівня у напірному резервуарі призводить до зміни напору, що порушує стабільність швидкості соку у відділеннях апарату і знижує якість освітленого соку і його вихід;

В результаті аналізу недоліків відомого апарату безперервної дії авторами запропоновані деякі зміни до його конструкції.

Модернізована установка (рис. 1, 2) виконана у вигляді циліндричного корпусу з конічним днищем і еліптичною кришкою. Установка складається із нижньої частини 1, внутрішньої частини 2, циліндричної верхньої частини корпусу 3, кришки 4, напірного баку 8, зливного баку 9.

Нижня частина корпусу 1 має опорні частини зі стійками 23, якими установка монтується на фундаменті. Знизу в конусному днищі встановлено штуцер для відбору осадів 24 з вентилем 25.

Внутрішня частина корпусу 2 за допомогою фланця 21 герметично з'єднана з нижньою 1 і верхньою 3 частинами і виконана у вигляді усіченого конуса, на якому змонтована кільцева перегородка 17, а зверху по центральній осі вертикально змонтована труба 15. Верхня частина конусного корпусу з'єднана з трубою відведення освітленої фази продукту. До верхньої і нижньої частини центральної труби 15 кріпляться ковпаки 16.

На середній і нижній частинах корпусу змонтовані поворотні труби 18. Останні через вентилі 19 з'єднані з трубопроводом 22, який в свою чергу з'єднаний з трубопроводом 26.

Верхня частина корпусу 3 виконана у вигляді двох циліндрів, причому верхній циліндр 10, кріпиться до нижнього, і має більший діаметр. Циліндри з'єднані так, що між ними утворено кільцевий простір для збору освітленого продукту. На еліптичній кришці 4 верхнього циліндру змонтовано повітряний клапан 5, люк 6 і штуцер 7. Кільцевий простір між верхнім і нижнім циліндром з'єднано трубопроводом 13 зі зливним баком 9. За допомогою трубопроводу 28 і патрубків 20 середня частина

з'єднана з напірним баком 8, який в свою чергу з'єднаний з трубопроводом подачі продукту, що піддається освітленню.

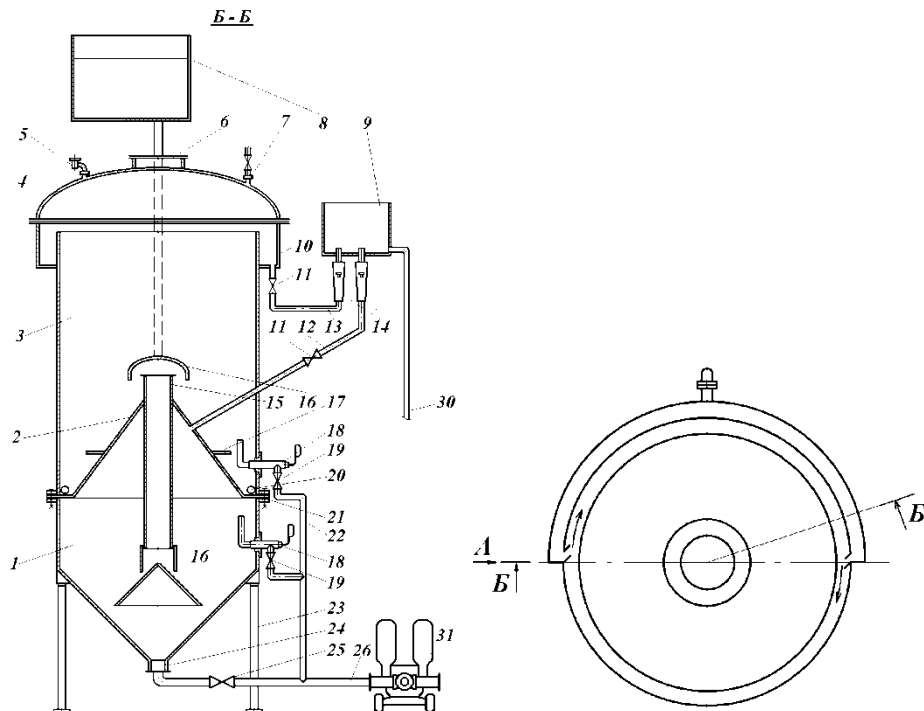


Рис. 1. Загальний вигляд модернізованої установки для відстоювання сусла і виноматеріалів

Напірний бак 8 виконано у вигляді паралелепіпеду, подача освітлюваного продукту здійснюється через клапан 27 поплавкового типу.

Зливний трубопровід 28 з'єднано з середньою частиною корпусу з двох боків через два штуцери 20. Подача продукту в установку регулюється вентилем 29.

Зливний бак змонтовано так, що верхні кінці патрубків трубопроводів зливу 12 і 13 знаходяться на одному горизонтальному рівні, але нижче верхнього рівня нижнього циліндру. Трубопроводи 12 і 13 обладнані вентилями 11 і ротаметрами 14. Зливання освітленого продукту здійснюється через трубопровід 30.

Установка за допомогою трубопроводу 26 з'єднана з поршневим насосом відбору осадів 31.

Для візуального контролю освітлення нижня частина 1 і середня частина 3 обладнані оглядовими вікнами (на рисунку не показані).

Установка для відстоювання сусла, працює таким чином. Продукт, що підлягає освітленню, подають у напірний збірник 8. Рівень рідини у напірному збірнику контролюється клапаном 27 поплавкового типу. Зі збірника 8 продукт по трубопроводу 28 вводиться через тангенціально розташовані патрубки 20 в нижню частину конічного простору зони освітлення. При підйомі продукту в циліндричну частину зони освітлення відбуваються основні фізико-хімічні процеси освітлення вина: адсорбція, коагуляція і седиментація.

Швидкість висхідного потоку обмежено 0,3 – 0,5 мм/с і у середній частині зони освітлення утворюється виважено-контактний шар. Проходячи через цей шар виноматеріал звільняється від суспензій і минаючи захисну зону — верхню частину відстійника продукт надходить у кільцевий простір і виводиться з установки по трубопроводу 13 у збірник 9. Зависла фаза сусла по трубі 15 перетікає у нижню частину установки. Освітлений продукт, що збирається під конічною перегородкою, виводиться з установки по трубопроводу 12 у збірник 9, звідки по трубопроводу 30 направляється на подальшу технологічну операцію.

Синхронність відведення освітленої фази з кільцевого простору і з-під конічної перегородки регулюється вентилями 11 і ротаметрами 14.

Осади при безперервній роботі із середньої частини установки по трубі 15 спускаються у конічне днище нижньої частини 1 і виводяться через патрубок 24 по трубопроводу 26. Поршневим насосом 31 осади перекачують на фільтрацію або центрифугування.

При зупинці установки, або при використанні її у періодичному режимі, розділення освітленої фази і осадів здійснюється за допомогою поворотних труб 18. При цьому окремо видаляють освітлену частину з кожної частини 1 і 2 через вентилі 19 і 20, труби 22 з використанням насоса 31.

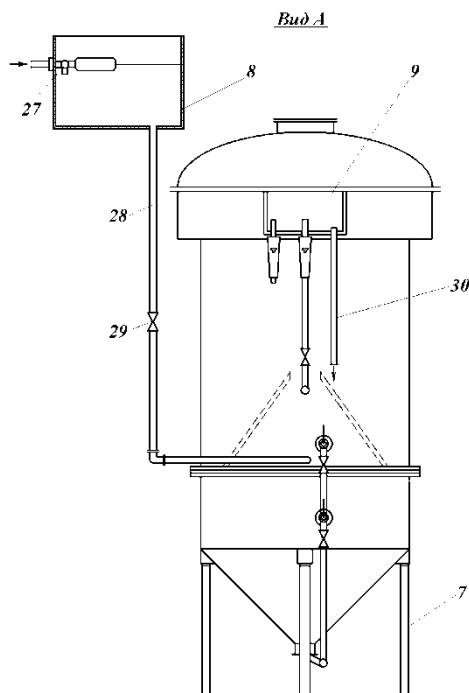


Рис. 2. Принципова схема установки для відстоювання суслу і виноматеріалів

Для обробки суслу і виноматеріалів пропонується використовувати способи [5], розроблені на кафедрі харчових технологій Херсонського національного технічного університету. Результати випробувань установки наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати освітлення суслу і соків різними способами.

Спосіб відстоювання	Тривалість відстоювання, годин	Вміст		
		суспензій, г/дм ³	сахарів, г/100 см ³	титрованих кислот, г/дм ³
Виноградне сушло				
Вихідне сушло	—	45,3	18,3	7,21
Відстоювання у стаціонарному режимі	8	24,7	18,3	7,21
Відстоювання у завислому осаді без використання препаратів	3,5	26,8	18,3	7,20
Відстоювання у завислому осаді з використанням оклеювальних препаратів	2,5	11,2	18,3	6,95
Яблучний сік				
Вихідний сік	—	62,3	7,8	7,83
Відстоювання у стаціонарному режимі	8	28,7	7,8	7,83
Відстоювання у завислому осаді без використання препаратів	3,5	35,4	7,8	7,81
Відстоювання у завислому осаді з використанням оклеювальних препаратів	2,5	21,4	7,8	7,65

Як свідчать результати випробувань ефективність відстоювання у завислому осаді значно вище при використанні препаратів оклеювання.

Висновки

Відстоювання суслу, соку і виноматеріалів у поточному режимі дає можливість значно скоротити процес освітлення. Для інтенсифікації цього процесу рекомендується застосування препаратів оклеювання. Модернізація установки для відстоювання суслу і виноматеріалів у потоці дозволить значно підвищити ефективність освітлення з використанням препаратів оклеювання. На відміну від існуючої

конструкції, монтаж запропонованої установки можна провести з використанням вертикальних резервуарів, що використовують на сокових і виноробних підприємствах.

Список використаної літератури

1. Валуйко Г.Г. Технология виноградных вин. - Симферополь: Таврида, 2001. - 624 с.
2. Виноградов В.А. Оборудование винодельческих заводов. Под ред. Валуйко Г.Г. - Симферополь: Таврида, 2003. - 352 с.
3. Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Агропромиздат. 1985. — 503 с.
4. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды (Процессы и аппараты). Київ: Наукова думка, 1971. - 500 с.
5. Пат. 83303 Патент України. МПК C12H 1/02 (2006.01) Спосіб освітлення і стабілізації плодово-ягідного і виноградного суслу, виноматеріалів/ Шанін О.Д.; Ксенжук Н.І.; Ковалевський К.А.; Сльозко Г.Ф. Заявл. 15.03.2007, бюл. № 3 Опубл. 25.06.2008, бюл. № 12.

УДК 663.257

К.А. КОВАЛЕВСЬКИЙ, О.І. МАМАЙ, Т.О. КУЗЬМИНА,
О.Д. ШАНИН, П.М. ВАЛЬКО

Херсонський національний технічний університет

СПОСІБ ОСВІТЛЕННЯ І СТАБІЛІЗАЦІЇ СУСЛА І ВІНОМАТЕРІАЛІВ

Наведено результати досліджень щодо появи помутнінь у виноградному соку, суслі і виноматеріалах. Виявлено основні причини їх утворення в технології бродильних виробництв. Проаналізовано можливість застосування різних речовин для боротьби з білковими помутніннями. Зроблено висновки щодо застосування сполук кремнію для освітлення і стабілізації сусла і виноматеріалів.

Ключові слова: сусло, виноматеріал, помутніння, освітлення, стабілізація, сполуки кремнію.

К.А. КОВАЛЕВСКИЙ, О.И. МАМАЙ, Т.О. КУЗЬМИНА,
А.Д. ШАНИН, П.Н. ВАЛЬКО

Херсонский национальный технический университет

СПОСОБ ОСВЕЩЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ СУСЛА И ВИНМАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты исследований появления помутнений в виноградном соке, сусле и виноматериалах. Выявлены основные причины их образования в технологии бродильных производств. Проанализировано возможность применения различных веществ для борьбы с белковыми помутнениями. Сделаны выводы относительно применения соединений кремния для осветления и стабилизации сусла и виноматериалов.

Ключевые слова: сусло, виноматериал, помутнения, осветление, стабилизация, соединения кремния.

K.A. KOVALEVSKY, O.I. MAMAI, T.O. KUZMINA,
A.D. SHANIN, P.N. VALKO
Kherson National Technical University**METHOD OF COLLECTION AND STABILIZATION OF SUSHI AND VINAMATERIALS**

The results of investigations of the appearance of cloudiness in grape juice, wort and wine materials are presented. The basic reasons of their formation in technology of fermentation manufactures are revealed. The possibility of using different substances for the control of protein defects is analyzed. Conclusions are made regarding the use of silicon compounds for lighting and stabilization of wort and wine materials.

Key words: wort, wine material, turbidity, lighting, stabilization, silicon compounds.

Постановка проблеми

Нинішню ситуацію в економіці України інакше як кризовою важко назвати. Такий кризовий стан позначився на багатьох галузях промисловості, торкнувся він і сфери виноробства. Недоліки технології виготовлення натуральних соків і виноматеріалів позначаються на якості і попиту готової продукції, а це в свою чергу характеризує її конкурентоспроможність. Причини невисокої якості виноматеріалів іноді походять з вихідної сировини, яка в першу чергу впливає на смакові властивості готового продукту. Суттєво змінені умови догляду за існуючими насадженнями винограду, повільно проходить заміна старих низькопродуктивних ділянок насаджень на нові високопродуктивні. Залишаються непродуктивними прийоми збирання врожаю, транспортування та окремі стадії первинного виноробства. Все це в значній мірі позначається на стабільності виноробства та на якості отриманих виноматеріалів. Сезон переробки свіжої сировини на заводах первинного виноробства триває орієнтовно три місяці і всі технологічні прийоми необхідно виконувати в максимально стислі строки. Причина не лише в зміні пори року. Процеси бродіння виноградного сусла відбуваються за участі мікроскопічних мікроорганізмів – дріжджів і бактерій, для яких фахівці виноробного виробництва мають створювати і підтримувати певні умови. В певній послідовності виконуються окремі технологічні операції залежно від зміни хімічного складу сусла. Одним з триваліших природних явищ у виробництві виноматеріалів залишається процес освітлення і стабілізації. Зброджене сусло містить значну кількість зважених частинок, які формують певні види помутнінь. В процесах освітлення ці частинки видаляють і виноматеріал набуває стабільну прозорість і колорит.

Наявність зважених частинок і помутнень пояснюється деякими обставинами. Виноград має високий ступінь обсіменіння мікроорганізмами дикої природи, що спричиняє ферментативні і окислювальні процеси в соку ягід під час збирання і в суслі в процесі переробки. Використання транспортних засобів і технологічного обладнання, виготовлених з чорних металів замість нержавіючих є причиною збагачення суслу і виноматеріалів металами, найчастіше залізом. Нанесення захисних антикорозійних покриттів сильно знижує ризик забруднення суслу і виноматеріалів. Проте найважливішою причиною появи помутнень є недотримання технологічних режимів згідно з нормативною документацією і санітарними нормами [1].

Якість натуральних соків і вин визначається їх хімічним складом, смаком, кольором і стабільною прозорістю. Помутніння, що виникають в соках і виноматеріалах мають різну природу. Найчастіше зустрічаються колоїдні і металеві помутніння. У формуванні колоїдних помутнень основну роль відіграють білкові і фенольні речовини та полісахариди [2].

Для забезпечення стабільної прозорості та стійкості суслу і виноматеріалів до помутнень використовують різноманітні технологічні прийоми і спеціальні речовини. При внесенні в сусло або у виноматеріал ці речовини вступають у взаємодію з компонентами рідини, що викликають її помутніння, або виводять нестійкі сполуки в осад, перешкоджаючи виникненню помутніння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Колоїдні помутніння суслу і виноматеріалів пов'язані з переходом у нерозчинний стан при певних умовах середовища білкових, фенольних речовин і полісахаридів та їх комплексів. З іншого боку названі речовини мають надзвичайно важливе значення для формування смаку і букету певного типу вина. Отже, при виробництві певних видів виноматеріалів технолог має вирішувати, в якій мірі застосовувати такі технологічні прийоми, які дають змогу переходу в певній кількості їх з винограду для даного типу вина. Дотримання технологічних режимів і регулювання процесу приготування виноматеріалів унеможливить надлишкове накопичення згаданих біополімерів, що ускладнювало б освітлення і стабілізацію виноматеріалів [1, 2].

На сучасних виробництвах з високопродуктивним технологічним обладнанням з'являється можливість суворо дотримуватись режимів і вимог нормативної документації. Дослідники звертають увагу на необхідність контролю за переробкою ягід. Не слід допускати надмірного подрібнення ягід. При виробництві білих виноматеріалів дотримуватись режимів, що не допускають перетирання м'язги. Позитивним є досвід застосування ферментних препаратів для отримання суслу, підвищення його виходу, зменшення енерговитрат та інтенсифікації процесу освітлення.

Молоді виноматеріали в більшій мірі схильні до утворення одного чи декількох видів помутнень. Витримані виноматеріали часто позбавлені цього недоліку.

Для боротьби з білковими помутніннями і стабілізації вин на практиці іноді використовують короточасну теплову обробку виноматеріалів нагріванням до $65 \pm 5^\circ\text{C}$. При цьому видаляється не більше 10% білка, тобто значно менше ніж при осадженні іншою речовиною – бентонітом – 50-60%. У випадку застосування бентоніту поряд з позитивним ефектом має місце і негативний вплив на якість готового продукту. Бентоніт є природним іонообмінником і крім кальцію вносить у виноматеріал частини заліза, алюмінію, свинцю, нікелю і міді.

З органічних матеріалів в процесах освітлення широко використовують желатин, який взаємодіє з фенольними сполуками, полісахаридами та їх комплексами і сприяє виведенню їх в осад, запобігаючи помутнінням. У виноробстві дозволено використовувати харчовий желатин, що відповідає вимогам ГОСТ 11293-78.

Для обробки суслу і виноматеріалів проти колоїдних помутнень найпоширенішою є обробка бентонітом і колоїдним розчином двооксиду кремнію в сполученні з желатином. Проте обробка бентонітом через великі втрати і зниження якості готової продукції, не відповідає сучасним вимогам виробництва. Найбільшу ефективність при освітленні та стабілізації суслу і виноматеріалів мають колоїдні розчини двооксиду кремнію [3].

Адсорбційні властивості двооксиду кремнію пояснюються як фізичними факторами (величина поверхні й електричний заряд), так і його хімічною природою. Наявність на поверхні кремнеземів силанольних груп Si-OH створює можливість утворення водневих зв'язків [4]. До того ж двооксид кремнію, як протонодонор, здатен до виборчої взаємодії з речовинами, що містять атоми з неподіленими парами електронів (азот і кисень).

Препарати двооксиду кремнію, що випускаються вітчизняною промисловістю [3] не знайшли широкого поширення в зв'язку з їх високою вартістю й обмеженою доступністю.

Формулювання мети дослідження

В зв'язку з вищевикладеним, доцільною є розробка нових способів обробки сусли і виноматеріалів сполуками кремнію, отримання яких не потребує значних матеріальних і енергетичних витрат.

Співробітниками кафедри харчових технологій ХНТУ розроблено новий спосіб обробки соків і виноматеріалів сполуками кремнію [5]. Мета досліджень полягає у встановленні ефективності та оптимальних доз нових препаратів.

Експериментальні дослідження дії нових препаратів на сусли й виноматеріали проводились в лабораторних умовах кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету.

Технологічний режим обробки включав наступні операції: приготування робочих розчинів препарату і желатину з використанням матеріалу, що обробляється → введення робочого розчину препарату в сусли або виноматеріал → ретельне перемішування → введення робочого розчину желатину в сусли або виноматеріал → ретельне перемішування → відстоювання сусли або виноматеріалу в статичних умовах.

Масову концентрацію титрованих кислот визначали методом прямого титрування відповідно до вимог ГОСТ 14252-73. Вміст спирту визначали за ДСТУ 4112.3—2002. Масову концентрацію сахарів визначали за методом Бертрана і методом прямого титрування за ГОСТ 13192 – 73. Масову концентрацію колоїдних речовин визначали спектрофотометричним методом. Масову концентрацію білкових речовин і полісахаридів визначали фотоколориметричним методом [6].

Дію нових препаратів вивчали на виноградному суслі й сухих виноматеріалах.

Викладення основного матеріалу дослідження

При обробці сусли і виноматеріалів було встановлено, що внаслідок взаємодії нового препарату з колоїдними речовинами сусли й виноматеріалів утворюються комплекси, які самостійно не можуть випадати в осад. Для виведення в осад цих комплексів в якості флокулянта було використано розчин желатину.

При обробці сусли і виноматеріалів різними дозами нового препарату і желатину були визначені мінімальні ефективні дози препаратів, а також оптимальне поєднання нового препарату з желатином. Результати обробки виноградного сусли і виноматеріалів приведені у табл. 1 і 2.

Таблиця 1

**Вміст колоїдних речовин у суслі при обробці новим препаратом
в сполученні з желатином**

Дози препарату, мг/л (у перерахунку на SiO ₂)	Доза желатину, мг/л							
	10		20		30		50	
	Вміст колоїдних речовин							
	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%
Вихідне сусло	1280	100	1280	100	1280	100	1280	100
0	1190	93	1152	90	1139	89	1126	88
10	1050	82	1037	81	973	76	986	77
30	960	75	934	73	883	69	896	70
40	896	70	870	68	832	65	858	67
50	832	65	806	63	768	60	794	62
75	742	58	704	55	653	51	678	53
100	627	49	602	47	538	42	563	44
150	576	45	550	43	486	38	499	39
250	538	42	512	40	461	36	474	37
500	486	38	461	36	422	33	448	35
1000	435	34	422	33	397	31	410	32

Таблиця 2

Вміст колоїдних речовин у виноматеріалі при обробці новим препаратом в сполученні з желатином

Дози препарату, мг/л (у перерахунку на SiO ₂)	Доза желатину, мг/л							
	10		20		30		50	
	Вміст білкових речовин							
	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вихідний виноматеріал	60	100	60	100	60	100	60	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	34	56	29	49	26	44	25	42
30	30	50	27	45	24	40	23	38
50	26	44	25	41	21	35	20	34
75	23	39	22	36	17	29	17	28
100	20	34	19	31	16	26	13	22
250	19	31	15	25	13	22	11	18
500	16	27	11	18	9	15	8	14
1000	13	21	7	11	5	9	5	8
	Вміст полісахаридів							
Вихідний виноматеріал	590	100	590	100	590	100	590	100
10	395	67	360	61	336	57	325	55
30	360	61	342	58	301	51	301	51
50	336	57	307	52	271	46	271	46
75	301	51	283	48	224	38	230	39
100	271	46	254	43	201	34	195	33
250	230	39	224	38	171	29	165	28
500	207	35	189	32	136	23	124	21
1000	177	30	159	27	112	19	100	17

Як видно з табл. 1 і 2, спільна обробка новим препаратом і желатином, крім освітлювального ефекту, сприяє видаленню із суслу і виноматеріалів значних кількостей високомолекулярних речовин, надлишок яких спричиняє колоїдні помутніння в готовій продукції.

Як свідчать дані таблиць 1 і 2, найбільш оптимальним сполученням є доза нового препарату 75 — 100 мг/л (в перерахунку на SiO₂), при дозі желатину 30 мг/л. Подальше збільшення дози нового препарату і желатину не призводить до настільки значного видалення високомолекулярних сполук. Введення розчину желатину у виноматеріали, оброблені новим препаратом дає більший ефект освітлення, сприяючи збільшенню видалення високомолекулярних сполук.

З метою вивчення впливу нового способу обробки на основний хімічний склад і якість суслу й виноматеріалів було проведено аналіз основних показників досліджуваних суслу і виноматеріалів. Результати аналізу представлені у табл. 3.

Таблиця 3

Показники суслу і виноматеріалів, оброблених препаратами сполук кремнію і желатином

Вид виноматеріалу	Виноградне сусло		Сухий виноматеріал	
	До обробки	Після обробки	До обробки	Після обробки
Об'ємна частка етилового спирту, % об.	—	—	10,5	10,5
Масова концентрація сахарів, г/100 см ³	17,8	17,8	0,1	0,1
Масова концентрація титрованих кислот, г/дм ³	8,7	8,7	6,2	6,1
Схильність до оборотних колоїдних помутнень	+	—	+	—

Дані, приведені в табл. 3 показують, що обробка сусла й виноматеріалів сполуками кремнію і желатином не робить видимого впливу на такі основні технологічні показники, як кислотність, вміст етилового спирту і цукрів. На відміну від контрольних зразків, виноматеріали, оброблені новим препаратом у сполученні з желатином не виявляли схильності до колоїдних помутнінь.

Висновки

Проведені дослідження свідчать, що сполуки кремнію є ефективним засобом для освітлення і стабілізації сусла і виноматеріалів. В суслі і виноматеріалах, оброблених новим препаратом, не змінюються основні параметри: титрована кислотність, вміст спирту і сахарів. Новий препарат не впливає на смак і аромат сусла і виноматеріалів.

Таким чином, отримані дані дозволяють рекомендувати виробництву новий препарат для обробки сусла і виноматеріалів з метою їх освітлення і стабілізації до колоїдних помутнінь.

Список використаної літератури

1. Зінченко В.І. Реальні шляхи стабілізації вин України //Виноград. Вино №2, 1998. – с.6-9.
2. Г.Г. Валуйко, В.И. Зинченко, Н.А. Мехуза. Стабилизация виноградных вин. Симферополь: Таврида. -2002. – 207с.
3. Зинченко В.И., Загоруйко В.А., Макаров А.С., Беляков В.С. Поточные технологии осветления вин на основе использования препаратов диоксида кремния. — Виноградарство і виноробство: Зб. наук, праць ІВіВ «Магарач». Том XXXIV, Ялта 2003. — с. 123 — 129.
4. Айлер Р. Химия кремнезема. — М.: Мир, 1982. — 1127 с.
5. Пат. 83303 Патент України. МПК C12H 1/02 (2006.01) Спосіб освітлення і стабілізації плодово-ягідного і виноградного сусла, виноматеріалів/ Шанін О.Д.; Ксенжук Н.І.; Ковалевський К.А.; Сльозко Г.Ф. Заявл. 15.03.2007, бюл. № 3 Опубл. 25.06.2008, бюл. № 12.
6. Методы теххимического контроля в виноделии. Под ред. Гержиковой В.Г. Симферополь. „Таврида”. — 2002. — 260с.

УДК 663.8-035.67:543.422.7

V.A. MALEEV, V.M. BEZPALCHENKO, O.O. SEMENCHENKO

Kherson National Technical University

EVALUATION, RISKS, ANALYSIS OF CONSUMPTION OF FOOD ADDITIVES

In this paper, a sociological survey summarizes data on the consumption of food products with daily food supplements (meat, dairy, flavoring, confectionery and drinks). The frequency of consumption of foods containing nutritional supplements by students KNTU over a month was studied. The most commonly used supplements that are classified as medium and high risk are identified. In some food products, the photocolorimetric analysis of the content of synthetic dyes was investigated: tartrazine (E102), ponso (E124) and yellow "sunset" (E110).

Key words: food additives, synthetic dyes, risks, sausage products, photocolorimetry.

В.О. МАЛЕЕВ, В.М. БЕЗПАЛЬЧЕНКО, О.О. СЕМЕНЧЕНКО

Херсонський національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ, РИЗИКИ, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК

У даній роботі за соціологічним опитуванням узагальнено дані щодо споживання продуктів з харчовими добавками щоденного вжитку (м'ясні, молочні, смакові продукти, кондитерські вироби та напої). Досліджувалась частота споживання продуктів з вмістом харчових добавок студентами ХНТУ протягом місяця. Виявлені найбільш часто вживані харчові добавки, які відносяться до категорій середньої та високої небезпеки. Досліджено у деяких харчових продуктах фотоколориметричним методом аналізу вміст синтетичних барвників: тартразин (E102), понсо (E124) і «сонячний захід» (E110).

Ключові слова: харчові добавки, синтетичні барвники, ризики, ковбасні вироби, фотоколориметрія.

В.А. МАЛЕЕВ, В.М. БЕЗПАЛЬЧЕНКО, О.А. СЕМЕНЧЕНКО

Херсонский национальный технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, РИСКИ, АНАЛИЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК

В представленной работе на основании социологического исследования обобщены данные о потреблении продуктов с пищевыми добавками (мясные, молочные, вкусовые продукты, кондитерские изделия и напитки). Исследовалась частота употребления продуктов с содержанием пищевых добавок студентами ХНТУ на протяжении месяца. Выявлены наиболее часто употребляемые пищевые добавки, которые относятся к категориям средней и высокой опасности. Исследованы в некоторых продуктах питания фотоколориметрическим методом анализа содержание синтетических красителей: тартразин (E102), понсо (E124) и «солнечный закат» (E110).

Ключевые слова: пищевые добавки, синтетические красители, риски, колбасные изделия, фотоколориметрия.

Formulation of the problem

Food additives are understood as a group of substances of natural or artificial origin, which are used to improve the technology of manufacturing of special purpose products with specific organoleptic characteristics, corresponding properties. According to the Law of Ukraine "On the quality and safety of food products and food raw materials", a food additive is a natural or synthetic substance that is specifically introduced into a food product to give it the needed properties [1]. The Food Additives Commission of the FAO / WHO Codex Alimentarius refer food additives to "... any substance that is not used as a food in normal conditions and is not used as a typical food ingredient, regardless of its nutritional value, specially added for technological purposes, including for improvement of organoleptic properties, during manufacture, processing, packaging, transportation or storage of food products ... "[2]. The nutritional supplement is indicated by the label "E" (Europe) with a three- or four-digit number. This confirms that this compound has been tested for safety; it has set criteria for cleanliness and hygiene standards in food products (maximum allowable levels, permissible daily dose, and allowable daily intake).

The sanitary rules and norms for the application of food supplements, approved by the Ministry of Health of Ukraine dated July 23, 1996 No. 222, stipulate that the development, application and sale of food supplements on the territory of the state should be carried out with the permission of the Ministry of Health of

Ukraine. By the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of January 4, 1999 No. 12 approved the list of food additives authorized for use in food products [3]. The classification of food supplements includes 23 functional classes: acids; acidity regulators; substances that interfere with thickening; foam suppressor; antioxidants; fillers; dyes; substances that promote color preservation; emulsifiers; sealants; amplifiers of taste and smell; substances for processing flour; foaming agents; gel formers; glazers; moisture-retaining agents; preservatives; aerosol dispenser; raising agent; stabilizers; sweeteners; enrichers. Additives that are banned in Ukraine can be used in other countries, this should be taken into account when imported goods arrive. Legislative acts prohibit the import and sale of food products that do not meet the sanitary requirements.

Analysis of general research and publications

The problem of using nutritional supplements is complex and multifaceted. Due to the fact that nutritional supplements are not medical products, they undergo a simplified approval procedure, which in most cases does not involve clinical trials. For compliance with the norms are responsible managers of catering, trade, etc. Over the past decade, the range of dietary supplements has increased significantly. Many substances, if taken in, especially in combination with other similar substances, may be harmful; this is especially true for substances that are capable of accumulation or transformation in the body from a non toxic to a toxic form [4,5,6]. In the case of accumulation there is a complex tie between the biological activity of the substance, the dose, the rate of withdrawal from the body and the interval of getting into the body. Therefore, the issue of the safety of food additives was acute. The urgency of this problem increases with the consideration of the factor of dietary intake of people of different ages for most of their lives. A survey conducted in the United States showed that over 80% of the population consider it necessary to reduce the content of fats, cholesterol, pathogens, pesticides and only 20% of people want to restrict the use of preservatives, fillers, hormones, antibiotics, and sugars. This paradoxical situation has arisen due to misunderstandings by the population of the probable health damage as a result of the constant use of a complex of various nutritional supplements [7]. Investigated the linear range of dependence of optical density on the concentration of individual synthetic dyes, in particular, tartrazine E102, indigo carmine E132, which allows to conduct express analysis of their content in food products [2]. The literature describes the Merckelsson-Rosenthal syndrome, Quincke's disease, which is induced by tartrazine. To get out of this state a person can only be on a strict diet. In one of 10,000 people, after the use of the food supplement E102 appear evidence of allergic reaction [8].

Formulation of the purpose of research

The aim of the research was to identify possible risks for the consumption of nutritional supplements by students at the Higher Educational Institution, as well as the determination of synthetic dyes in the food products by photometric analysis.

Presentation of the main research material

We conducted a sociological survey among 102 first-year students of the Kherson National Technical University which was based on a specially designed questionnaire. Summarizing data was completed on consumption of food products with daily food supplements: meat, dairy, flavorings, confectionery and beverages; awareness of students about possible health risks. The frequency of consumption of foods containing nutritional supplements by students over a month was investigated (Fig. 1).

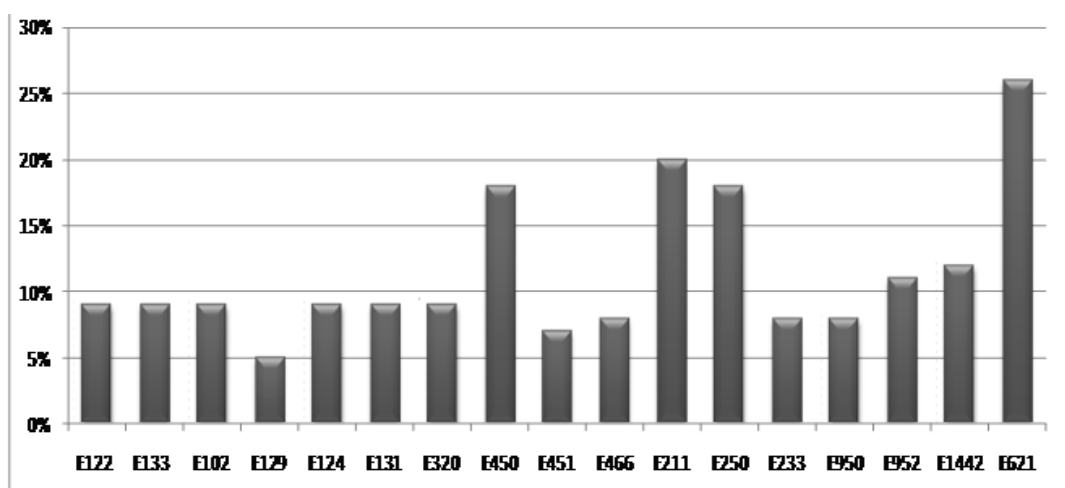


Fig.1. Percentage of consumption of nutritional supplements by students of the first year of KNTU

The most commonly used food supplements that are classified as medium and high risk are found (Table 1). Sausage products are consumed by 95% of students of the survey [9]. The content of food additives in sausage products in the chain of stores "ATB" of Kherson is shown in Figure 2.

Table 1

Danger categories of individual nutritional supplements		
Nutritional supplements	Category, function	Category of danger
E133, E102, E129	E100-199 – dyes that enhance or restore the color of the product	Average
E124, E131, E122		High
E211 E250	E200-E299 – preservatives, which increase the shelf life of products, protecting them from microbes and mushrooms	High Average
E320	E300-E399 – Antioxidants that protect products from oxidation	High
E433 E450	E400-E499 – Stabilizers that store the required consistency of products	Average
E621	E600-E699 Amplifiers of taste and aroma	Low
E950, E952	Sweeteners	High
E1442	Emulsifiers added to foods to stabilize emulsions and other disperse systems	Average

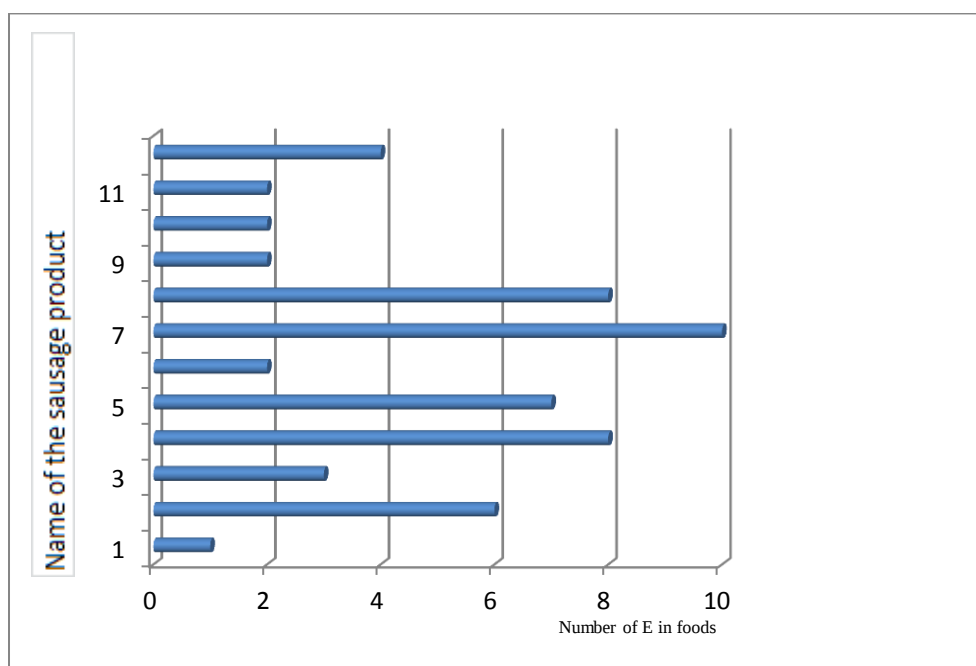


Fig. 2. Number of food additives in sausage products: 1 – Krakivska, 2 – Salami Finska, 3 – Zolotysta (meat shop), 4 – Kuzmych, 5 – Shynka varena, 6 – Dytyacha, 7 – Apetytna, 8 – Hot-Dog, 9 – Balykova, 10 – Moskovska, 11 – Zolotysta (dobrov), 12 – Milano

The analysis showed that sausage "Krakivska" contains only one food additive E-250; sausages "Dytyacha", "Balykova", "Moskovskaya" and "Zolotysta (dobrov)" sausages – have two additives, respectively (E316, E250), (E621, E450), (E250, E316), (E621, E575). The largest number of food additives had the following sausages: "Apetytna" – ten additives (E621, E631, E450, E451, E452, E407, E412, E415, E508, E250); "Hot-Dog" – 8 (E-250, E450, E451, E300, E316, E330, E331, E621) and "Kuzmych" – (E250, E300, E316, E331, E407, E451, E452, E508). Among the sausages analyzed "Zolotysta (Meat Shop)" contains 3 food additives (E250, E575, E621), Milano – 4 (E250, E316, E330, E621), Salami Finska – 6 (E250, E300, E450, E451, E575, E621), "Shynka varena" – 7. The situation gradually acquires signs of senselessness: the moment when in sausages can not be found meat. It should be noted that the quality of sausage products does not always correspond to the price and often instead of a real meat product you can buy its surrogate.

We conducted a study on the actual content of synthetic dyes in foods – tartrazine (E102), ponceau (E124) and yellow "sunset" (E110), which are part of the so-called Southampton list. The use of additives E110, E102, and E124 in the children's diet leads to hyperactive behaviour and loss of concentration in children. This pattern has been scientifically proven in the latest research conducted by the order of the Food Standards Agency of Great Britain (FSA) [10]. The dye "sunset" yellow E110 is banned in many countries of the world (Finland, Norway, USA). Danger of dye - is high. Yellow dye "sunset" (also used under a name "special yellow") refers to

a group of water-soluble dyes. The synthetic dye E110 is especially effective for coloring products that are fermentable during heat treatment. It is often added to icing, jams, ice cream, marmalade, cool and strong drinks. "Sunset" E110 is a sulfated version of the dangerous dye Sudan I, which is a carcinogen.

In the dye E110, a Sudan I dye may be present as an impurity. Independently, the E110 dye may cause allergic reactions, especially in people who are not taking aspirin. Other side effects of the additive E110 may be: nausea, urticaria, nasal congestion, rhinitis, swelling of the mucous membranes, chromosomal damage. Also, the food supplement E110 can cause stomach upset, vomiting, abdominal pain, and eating disorders. Tartrazine E102 – food coloring of synthetic origin, in nature in its pure form does not occur; made from waste products (coal tar). Tartrazine has been widely used due to its low cost; it is one of the cheapest synthetic dyes. The E102 dye is used in the food industry to give the products a yellow color, often mixed with other dyes for a variety of shades. Research results in Europe and the United States have shown that the E102 food supplement is a strong allergen, provoking anxiety attacks. Normative acts of most countries set the dose of tartrazine in the range of 100-150 mg of dye per kilogram of finished product or 7.5 milligrams per kilogram of human weight [10]. Ponceau, named bright red (food additive E124) – a dye of synthetic origin, which has a bright red color. It opens up a whole range of shades: when adding yellow or orange dyes, we get a brown color, and when mixed with a blue dye, ponceau gives a violet color. In its chemical composition, the color E124 is sodium salt: granulate or powder of red color. The additive E124 is thermostable, perfectly soluble in water, resistant to light, reducing agents and oxidants. Products processed by ponceau can be subjected to any technological operations (sterilization, pasteurization, cooling, freezing). Like other dyes, the E124 is used to give a vivid color to food or to restore its color. It's used for colouring sausage and fish products, seafood and canned berries and fruits. It's used in the manufacture of desserts, bakery and confectionery products (cakes, pastries, candies, puddings), various soft drinks, ice cream and milk desserts (cheese products). Dye E124 is also used in other industries: in the production of liquid detergents for the coloring of shampoos, liquid soap, gels; it's also used for colouring wool and silk products. Dye E124 refers to substances that cause oncological neoplasms. In many countries (USA, Norway, Finland) this additive is prohibited. In addition, ponceau causes allergic reactions, strangulation, therefore it is prohibited to use in the manufacture of food for children. In Ukraine, the food additive E124 is prohibited in the manufacture of medicinal products, and as a food dye is allowed within the permissible daily limit of 4 mg / kg body weight.

Research of synthetic dyes tartrazine (E102), ponceau (E124), "sunset" (E110) in food products was carried out on a concentration photocolorimeter KFK-2MP in a cuvette with a thickness of 1,070 mm. According to the spectral characteristics of aqueous standard solutions of dyes, optimum wavelengths were found: for tartrazine – 400 nm, ponso – 490 nm, and "sunset" – 490 nm. Calibration graphs of dyes based on standard solutions are given (Fig. 3). The linear range of concentrations for tartrazine is 0-600 mg/l, "sunset" – 0-500 mg/l, ponso – 0-200 mg/l, which allows to apply calculations not only according to the calibration schedule, but also according to the standard. The content of the dye was analyzed by the yellow "sunset" in the Mirinda beverage. It was revealed that the producer of Sandora Ltd. has content of the dye – 80 mg/l in the product, which significantly exceeds the permissible recommended dose (30 mg/l).

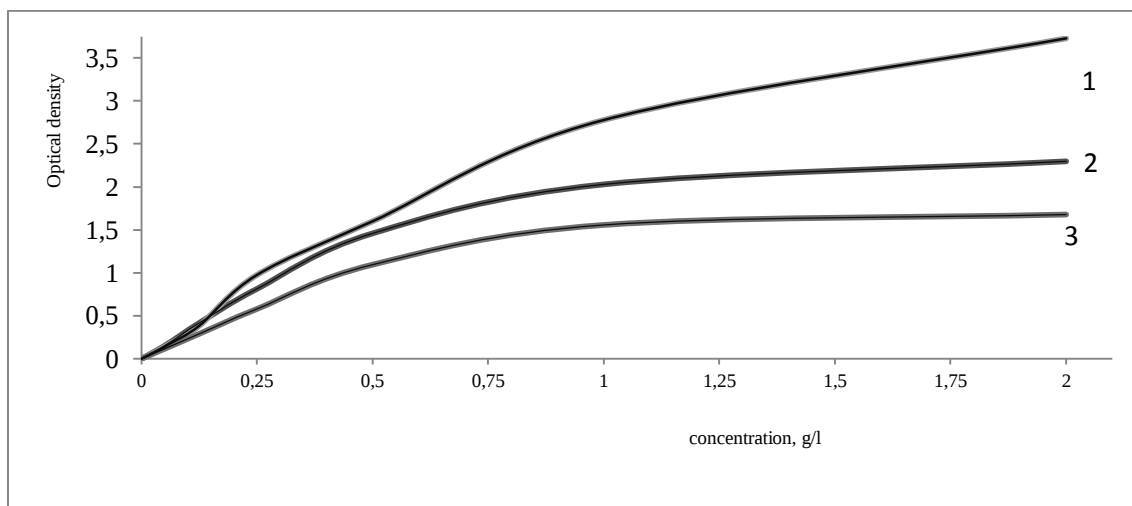


Fig. 3. The dependence of the optical density on the concentration of dyes: ponceau (1), «sunset» (2), tartrazine (3)

The content of the dye in the drink "Cactus" was analyzed. It was found that in this product the content of dye ponso was 13 mg/l, which does not exceed the recommended dose. It was found out that the producer of

LLC "PRODUCTION COMPANY GOOD FOOD" in the drink "Tarkhun" content of dye "sunset" fluctuates within 15-30 mg/l. The amount of tartrazine in canned peppers (Peru country production) was estimated at 124 mg/l, which does not meet acceptable standards.

Conclusions

The analysis showed that only 30 % of students pay attention to the labeling of goods. A sociological survey shows that students are eating dangerous food (excessive consumption of food supplements that are related to the medium and high risk category); the need to enhance educational awareness among students, including training on the right choice of food based on reliable information on the dangers of nutritional supplements.

The use of photocolorimetric analysis of the content of synthetic dyes is possible in the presence of only one or two dyes in the food product, which differ in the optimal wavelengths. Taking into account the availability of equipment, expressiveness, seriality, controllability, automation, and the use of photocolorimetric analysis, is an effective method for controlling the content of dyes in syrups, soft drinks, and the like.

Further studies on control, taxonomy, identification, and safety of the use of nutritional supplements (in particular, coloring agents) will contribute to solving problems aimed at establishing conformity of products with formulations, safety requirements. It is necessary to strengthen the requirements of the sanitary legislation on the safety of the use of food additives, to monitor the list of authorized E-additives, to conduct groundbreaking research on the consequences of the use of nutritional supplements. Manufacturers in accordance with European legislation must indicate the content, name and code of food additives; Inform consumers about possible health effects.

References

1. Law of Ukraine "On the quality and safety of food products and food raw materials" / Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. – 1998. – №19. – P. 298-312.
2. Maleev, V.O. Determination of dyes of synthetic origin in food products by photocolorimetric method / V.O. Maleev, V.M. Bezpalchenko, O.O. Semenchenko // Vestnik KhNTU. - Kherson: KhNTU, 2015. – No. 2 (53). – P. 43-47.
3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On approval of the list of food additives authorized for use in food products" of January 4, 1999 N 12. [Electronic resource] // Access mode: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/kp990012.html.
4. Smolyar, V.I. Modern problems of using nutritional additives / V.I. Smolyar // Problems of nutrition – 2009. – No. 1-2. – P. 5-10.
5. Maleev, V.O. Food Additives: Taxonomy and Consumption Analysis / V.O. Maleev, V.M. Bezpalchenko, O.O. Semenchenko, O.O. Fedorenko // Collection of materials of the 7th International Ecological Forum " Pure City. Pure YEAR Pure PLANET "(November 16-17, 2017, Kherson, Ukraine). – Kherson: KTHP, 2018. – P. 144-150.
6. Tolstaya E.V. The attention deficit / hyperactivity syndrome and dietary supplements / E.V. Tolstaya // Materials of the 13th Intern. scientific conf. "Sakharov Readings of 2013: Environmental Issues of the 21st Century (May 16-17, 2013)". – Minsk: Moscow State Polytechnic Institute A. D. Sakharova, 2013. – P. 145.
7. Maleev V.O. Analysis of dietary intake by students / V.O. Maleev, V.M. Bezpalchenko, O.O. Semenchenko, K. B. Kavuzza // Materials of the VI All-Ukrainian scientific and practical Internet conference "Theory and the practice of modern natural science "Collection of scientific works. - Kherson: Publishing of Vyshemirsky V.S. private enterprise, 2017. – P.98-100.
8. Tsotsko A.V. Natrium benzoate: application, properties, danger // A.V. Tsotsko, A.A. Andriyaschenko, O. O. Semenchenko // Status and prospects of development of chemical, food and perfumery and cosmetic industries : Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference: Kherson, KNTU, 2017. – P. 98-99.
9. Poida V.V. Nutrients in foods / V.V. Poida, O.A. Semenchenko // Scientific and practical developments of young scientists at the present stage of development of chemical technologies: Materials of the Third All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students. – Kherson, KNTU, 2016. - P.73-74.
10. Arvanitoyannis I.S. An update of EU legislation (Directives and Regulations) on food-related issues (Safety, Hygiene, Packaging, Technology, GMOs, Additives, Radiation, Labeling): presentation and comments // International Journal of Food Science and Technology, 2005, v. 40. – P.1021-1112.

УДК 677.077.65

Г.В. МІЩЕНКО, О.В. МІЩЕНКО, О.О. ВЕНГЕР, Д.Р. ІЩЕНКО

Херсонський національний технічний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЗАХИСНОГО ТЕКСТИЛЮ ДЛЯ СПЕЦОДЯГУ

В роботі досліджена можливість підвищення зносостійкості бавовняних текстильних матеріалів, призначених для спецодягу, за рахунок формування на їх поверхнях полімерних композиційних плівок.

Ключові слова: захисний текстиль, зносостійкість, спецодяг, апрет, суміш полімерів, полімерна плівка, композиція.

А.В. МИЩЕНКО, Е.В. МИЩЕНКО, Е.А. ВЕНГЕР, Д.Р. ИЩЕНКО

Херсонский национальный технический университет

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТИ ЗАЩИТНОГО ТЕКСТИЛЯ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ

В работе исследована возможность повышения износоустойчивости хлопчатобумажных текстильных материалов, предназначенных для спецодежды, за счет формирования на их поверхностях композиционных полимерных пленок.

Ключевые слова: защитный текстиль, износоустойчивость, спецодежда, аппрет, смесь полимеров, полимерная пленка, композиция.

H.V. MISCHENKO, O.V. MISCHENKO, O.O. VENGHER, D.R. ISCHENKO

Kherson National Technical University

ENHANCEMENT OF WEAR RESISTANCE OF PROTECTIVE TEXTILES FOR UNIFORM

The possibility of increasing the wear resistance of cotton textile materials intended for uniform, due to the formation of polymeric composite films on its' surfaces, was investigated in the work.

Keywords: protective textiles, wear resistance, uniform, dressing, a mixture of polymers, a polymer film, a composition.

Постановка проблеми

Аналіз тенденцій розвитку асортименту тканин свідчить про зростання попиту та обсягів виробництва текстильних матеріалів технічного призначення [1, 2].

В групу тканин технічного призначення входять тканини для захисного одягу, що є необхідним для працюючих на промислових підприємствах різних галузей виробництва. До таких підприємств відносяться, зокрема, виробництва хімічної, легкої, харчової промисловості, підприємства міністерства будівництва, житлово-комунальні підприємства, транспорту та інші. Спецодяг працюючих на цих підприємствах вимагає міцних тканин, що виробляються з надміцних волокон або мають захисне полімерне покриття. Оброблення тканин полімерами здійснюється з метою фізичної, хімічної або фізико-хімічної модифікації поверхні тканин та підвищення зносостійкості, яка є однією з основних вимогових властивостей тканин для одягу [3].

У теперішній час рівень впливу негативних факторів на людину зростає, зростають і вимоги до опорядження захисних тканин полімерами. В той же час ринок високомолекулярних сполук, які можуть бути використані у текстильному виробництві, майже не змінився, тому модифікація властивостей тканин може бути здійснена лише за рахунок модифікованих полімерних речовин, зокрема, за рахунок застосування сумішей полімерів і формування на тканинах – полімерних композитів.

Композиції полімерів володіють новими властивостями [4÷6], які об'єднують властивості різних полімерів, що утворюють суміш, і проявляють нові. Отже, інтерес представляє застосування для підвищення зносостійкості тканин сумішей полімерів і формування на поверхнях тканин композиційних полімерних плівок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розглядання і аналіз типових складів для заключного опорядження текстильних матеріалів [7], за допомогою яких підвищується зносостійкість текстильних матеріалів, показує, що такі склади у своїй більшості містять предконденсат термореактивних смол (ПТРС).

За допомогою предконденсатів термореактивних смол ущільнюють міжшаровий простір на межі поділу поверхня тканини – полімер апрету, підвищують адгезію полімеру до тканин, збільшують

стійкість аперету на тканині до фізико-механічних дій, за рахунок «зшивки» макромолекул між собою молекулами предконденсатів термореактивних смол.

Тобто, за загальноприйнятим механізмом, дія предконденсатів термореактивних смол при його додаванні до полімерного аперету зводиться до ролі зшиваючого агенту. Тому у складі, що додатково містять добавки предконденсатів термореактивних смол, вводять відповідні каталізатори, які забезпечують саме «зшивку» макромолекул полімеру і утворення сітчастої структури полімерної плівки, сформованої полімером аперету. Але відомо, що предконденсати термореактивних смол здатні до реакції поліконденсації з утворенням полімеру лінійної або сітчастої структури.

Якщо забезпечити протікання саме цієї реакції – реакції поліконденсації предконденсатів термореактивних смол, то на поверхні тканини утвориться композиційна полімерна плівка: з полімеру, що знаходиться у складі аперету і з полімеру, що утвориться безпосередньо на поверхні тканини, за рахунок реакції поліконденсації предконденсатів термореактивних смол. При цьому композитна плівка матиме нові властивості.

Використання сумішей полімерів в тому числі їх розчинів і водних дисперсій або латексів сьогодні є перспективним напрямком сучасних технологій модифікації полімерних речовин, за рахунок чого створюються зовсім нові композиційні матеріали, що володіють унікальними властивостями. Вітчизняна наука в цьому напрямку досягла значних успіхів, зокрема, завдяки науковим дослідженням науковців Інституту хімії Високомолекулярних сполук НАН України [4÷6].

Науковцями цієї установи розроблені теоретичні аспекти створення композиційних полімерних матеріалів, в тому числі шляхом синтезу взаємопроникаючих полімерних сіток (ВПС) [8, 9]. Модифіковані полімери, які мають високу міцність та теплостійкість, адгезію до будь-якої поверхні, прозорість, отримують підвищену стійкість до ультрафіолету, води, кислот, лугів, підвищених температур та інших критичних факторів. Ці фізико-хімічні аспекти модифікації полімерів можуть слугувати теоретичними передумовами визначення шляхів, надання текстильним матеріалам модифікованими полімерами підвищеної зносостійкості, надання за їх рахунок спеціальних властивостей текстильним виробам, здійснити вибір відповідних компонентів для аперетів, визначити умови здійснення технології аперетування модифікованими полімерами.

Формування мети дослідження

Метою роботи є підвищення зносостійкості тканин для спецодягу за рахунок утворення на поверхнях тканин композиційної полімерної плівки.

Задачі дослідження: встановлення природи зв'язку, що виникає у суміші поліуретан – предконденсат термореактивної смоли, здатної як до реакції зшивки, так і поліконденсації; підтвердження інструментальними методами аналізу утворення саме композиційного матеріалу; оцінка ступеня підвищення зносостійкості тканин.

Викладення основного матеріалу дослідження

Робота виконувалась з використанням 30-відсоткової водної дисперсії поліуретанового іономера типу Пулан (ТУ-88-УССР-95-014-89), що синтезується на основі толуїлендізоціанату, лапролу молекулярної маси 1000 та подовжувача ланцюга на основі гідразину. Відмітною його особливістю є те, що полімер містить йоногенну сульфогрупу в ароматичному фрагменті макродіізоціанату, що робить полімер здатним до самодиспергування у воді, тобто товарна форма водної дисперсії полімера не містить поверхнево-активних речовин.

З водної дисперсії полімеру формували полімерні плівки, вільні від інших добавок і у присутності предконденсатів термореактивних смол: частково етерифікованого похідного меламіну, здатного до реакції зшивки і поліконденсації. Плівки формували при температурі 140° С. Для вивчення плівок використовували спектрофотометричний метод дослідження і оптичний – метод спектра мутності [10]. Спектрофотометричні дослідження виконували на ІЧ-спектрофотометрі UR-20 (Німеччина). Для дослідження методом спектра мутності плівки одержували у відповідності з ГОСТом 14243-78 (Методы получения свободных пленок). Для ІЧ-спектрофотометричних досліджень плівки одержувались з розчинів на кристалі КР-S-5.

Кількість предконденсатів термореактивних смол при формуванні плівки з її добавкою складала 20 % по відношенню до маси поліуретану у перерахунку на сухі продукти.

Після кондиціонування плівки досліджували на спектрофотометрі в області довжин хвиль 700-4000 см⁻¹ при точності відтворення спектрів за хвильовим числом 1-2 см⁻¹, за величиною пропускання – 5 %.

Дослідження з використанням ІЧ-спектроскопії дозволяють найбільш точно ідентифікувати різні типи зв'язків. А саме ця задача поставлена нами у роботі: встановити природу зв'язків, що встановлюються у системі поліуретан – продукт «роботи» предконденсату термореактивної смоли. На рис. 1 наведено ІЧ-спектри плівок з предконденсатів термореактивних смол, поліуретану та їх суміші, що сформовані при температурі 140 °С. На спектрах відмічається зменшення інтенсивності смуги при

3350 см^{-1} , що відповідає валентним коливанням груп $-\text{OH}$. Це дає підстави вважати участь цієї групи у хімічній реакції. Ймовірно, що це реакція поліконденсації похідного меламіну по групах $-\text{OH}$.

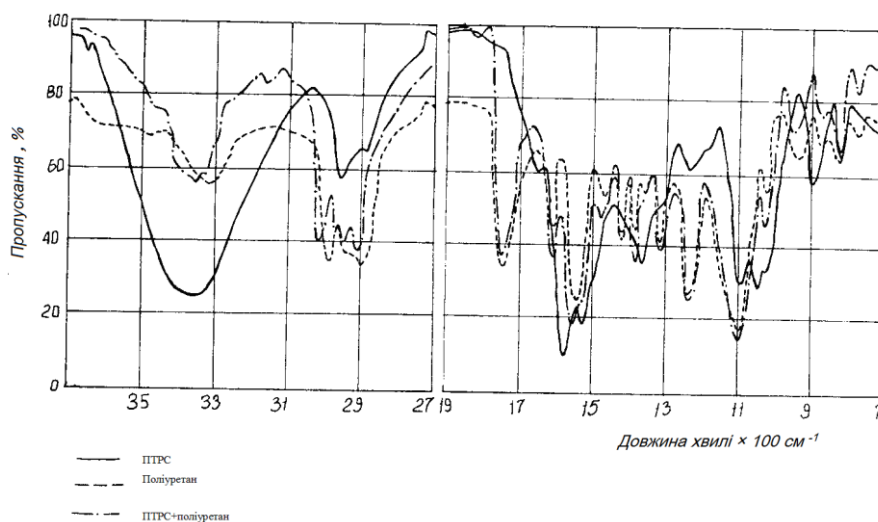


Рис. 1. ІЧ-спектри поліуретанової плівки, сформованої в присутності частково естерифікованого похідного меламіну

Аналіз спектрів свідчить, що зшивка макромолекул поліуретану молекулами предконденсатів термореактивних смол не відбувається. Тобто, зв'язків хімічної природи ПТРС з поліуретаном на спектрі не встановлюється. При аналізі спектрів відмічені зміни, які свідчили лише про утворення водневих зв'язків та зв'язків, зумовлених молекулярною взаємодією між поліуретаном та похідним меламіну. Висновок зроблено на основі змін ІЧ-спектра в області, що пов'язана з триазиновим кільцем ПТРС, здатним до комплексоутворення (820 см^{-1} і 890 см^{-1}).

Отже, за даними з спектроскопії найбільш ймовірним є смолоутворення з ПТРС, тобто утворення другого полімеру, за рахунок реакції конденсації з предконденсатом термореактивних смол, а це дає підстави для припущення щодо утворення композиційної полімерної плівки, сформованої з поліуретану та смоли, утвореної з меламіну. Тобто, утворюється плівка із суміші двох полімерів.

Зробити висновок щодо утворення полімерної плівки композиційного типу (ймовірно шляхом синтезу ВПС за структурою) дають підстави результати оптичних досліджень, проведені нами методом спектра мутності, який запропоновано для вивчення ВПС [10].

Підставою застосування цього методу дослідження для системи поліуретан – продукт конденсації ПТРС слугували уявлення про утворену полімерну композиційну систему як дисперсню, тобто ми розглянули сформовану композиційну полімерну плівку як двофазну систему, в якій поліуретан є дисперсійним середовищем (частка його складає 80%), а продукт конденсації ПТРС (20%) є дисперсною фазою. Система сформована з термодинамічно несумісних полімерних компонентів, що означає відсутність мономолекулярного взаємопроникнення і можливості розчинятися одного полімера в іншому. За результатами дослідження найвірогідніше, що утворена система – це ВПС – система, утворена двома гомополімерами.

У таких системах можна визначити розміри частинок полімеру, розподіленого у полімері-матриці, що утворює дисперсійне середовище системи, що і було здійснено у нашій роботі для того, щоб довести наступне: у присутності в апреті на основі поліуретанової дисперсії ПТРС формується двофазна система, тобто ПТРС не виконує роль зшиваючого агенту між макромолекулами полімеру апрету, як прийнято вважати. Саме двофазність системи зумовлює високі механічні властивості композиційної плівки, що було вже відмічено вище. Отже, необхідні механічні властивості композиційної плівки можна отримати шляхом цілеспрямованого впливу відповідних факторів на фазову структуру полімерної суміші. Такими факторами є склад апрету, співвідношення компонентів, ступінь сумісності полімерів, умови формування другого полімеру, наявність відповідних каталізаторів смолоутворення або реакції зшивки.

Дослідження спектрів мутності за методом, запропонованим в роботі [10] дозволили оцінити розміри частинок, сформованих реакцією поліконденсації ПТРС, і розподілених в полімері-матриці, тобто в дисперсійному середовищі, роль якого виконує поліуретан. Результати розрахунків показали, що розміри частинок ПТРС після реакції конденсації в поліуретановій плівці знаходяться для вказаних співвідношень полімерів в межах $2,94 \cdot 10^{-6}\text{ см}^{-1}$ $5,05 \cdot 10^{-6}\text{ см}^{-1}$, тобто частинки ПТРС знаходяться в межах розмірів частинок колоїдних систем, дані наведено в табл. 1.

Оскільки розміри частинок ПТРС в системі поліуретан – ПТРС знаходяться в межах частинок дисперсних систем – 10^{-6} см⁻¹, маємо підставу стверджувати, що система представляє собою гетерогенну полімерну систему колоїдного рівня неоднорідності. Саме це зумовлює підвищення її механічних характеристик.

Таблиця 1

Результати розрахунку розмірів частинок в композиційній плівці (поліуретан – ПТРС)

Співвідношення ПУ:ПТРС	Оптична густина плівки	Характеристична мутність системи, см ⁻¹	Розмір частинок, см ⁻¹ · 10 ⁻⁶
9,0:1,0	0,225	43,84	2,94
8,5:1,5	0,650	110,21	5,06
8,0:2,0	0,569	71,89	4,79

Метод спектра мутності дозволив також встановити співвідношення полімерних компонентів, яке забезпечує формування найбільш міцної і стійкої полімерної композиції. Таким чином, оптичним методом дослідження (методом спектра мутності) також підтверджується утворення другого полімеру і двофазність системи.

Утворення з поліуретану і ПТРС полімерної системи типу ВПС з підвищеними механічними показниками фіксуються в процесі визначення адгезійної міцності. ВПС характеризуються підвищеною енергією когезії і збільшенням показника розривної міцності, у порівнянні з індивідуальними полімерами, з яких складається полімерна сітка. Адгезійну міцність полімерної плівки, сформованої із суміші поліуретан – ПТРС оцінювали за міцністю склею двох смуг тканини (30×150 мм), просочених полімерним плівкоутворюючим складом з поліуретану та ПТРС, взятих у різних співвідношеннях. Смужки накладали одну на одну, просочували апретом, віджимали до w=75%, висушували і проводили термообробку (140° С, 5 хв).

Адгезійну міцність визначали за руйнуючою напругою σ_p :

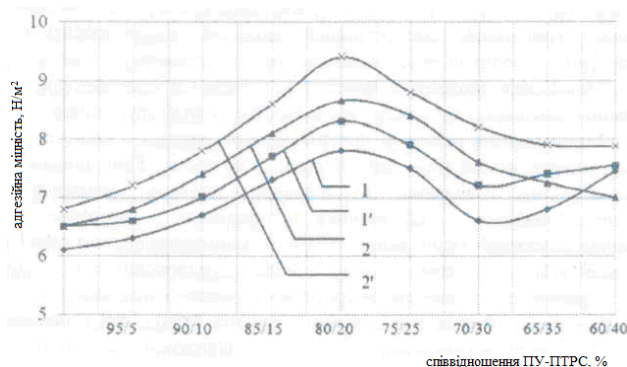
$$\sigma_p = \frac{P}{bh},$$

де P – розривне навантаження, Н;

bh – площа смужки, м².

Величину P визначали на розривній машині РМ-3-1.

На рис. 2 представлена залежність адгезійної міцності полімерної композиції поліуретан-ПТРС.



**Рис. 2. Залежність адгезійної міцності склею від співвідношення поліуретан-ПТРС
1,1' – бавовняна тканина; 2,2' – поліефірно-бавовняна; 1',2' – у присутності NH₄Cl**

Як видно із рис. 2, введення гліказина в склад поліуретанової плівки збільшує адгезійну міцність, при цьому залежність адгезії від вмісту ПТРС проходить через максимум, який має місце при співвідношенні компонентів полімерної суміші, при якій її міцність найбільша. Подальше збільшення кількості в полімерному складі гліказина приводить до зниження адгезії. При високих концентраціях гліказина, коли відбувається перетворення фаз, адгезія знову збільшується, причому на бавовняному субстраті в більший мірі, ніж на бавовнянополіефірному.

Тканина, оброблена двофазною полімерною системою, характеризується підвищеною міцністю.

Утворення ВПС сприяє ущільненню шару на межі розподілу полімер волокна – полімер апрету, що сприяє підвищенню міцності системи, її зв'язку з поверхнею тканини і стійкості апрету на тканині, а також підвищенню її зносостійкості.

Оцінка цієї властивості тканини (арт. 1303 «Пістрявотканна») при формуванні на її поверхні композиційної плівки показала, що стійкість до стирання по площині зростає після апретування композиційним складом з 1600 циклів до 2050, бавовняної спецтканини «Діагональ» - з 3010 – до 4100. Зшивка макромолекул полімеру апрету навпаки, сприяла б зниженню цього показника, оскільки після зшивки знижується еластичність полімеру, рухливість макромолекул полімеру і здатність до перерозподілу навантаження.

Отже, підвищення зносостійкості тканини шляхом використання в розчинах апретів на основі поліуретанів – ПТРС можна пояснити не реакцією «зшивки», а смолоутворенням, яке відбувається на відповідних змінах у споживчих властивостях ТМ.

Утворенням ВПС на поверхні тканини можна забезпечити підвищення зносостійкості спецтканин і стійкості апретів на тканинах.

Забезпечення синтезу ВПС на поверхні ТМ і покращення його властивостей цим шляхом потребує відповідних змін у складах апретів (інші каталізатори для реакції смолоутворення, відповідні типи ПТРС) і технологічних умов його застосування (температура).

Застосування сумішей полімерів через синтез ВПС на ТМ в процесі їх опорядження відкриває нові можливості для надання тканинам вимогових властивостей.

Висновки

1. Методом ІЧ-спектроскопії показано, що при використанні високоетерифікованих похідних меламіну і створенні умови для реакції його поліконденсації у присутності поліуретану синтезується другий полімер і формується композиційна полімерна плівка, тобто створюється двофазна дисперсна система.

2. Про двофазність полімерної плівки як дисперсної системи свідчить оптичний метод дослідження, а саме, вивчення спектрів мутності і визначення розмірів частинок, сформованих реакцією поліконденсації предконденсату термореактивної смоли і розподілених в поліуретані.

3. Формування композиційної полімерної плівки зумовлює підвищення показників механічних властивостей тканини, на поверхні якої створена плівка, зокрема, результатом є збільшення числа міцності стирання по площині опорядженої тканини, тобто забезпечується збільшення зносостійкості тканини.

4. Таким чином, полімерна плівка, що формується на поверхні тканини може представляти не зшитий полімер, як прийнято за типовою технологією, а суміш полімерів і мати властивості полімерного композиту. Для забезпечення формування другого полімеру треба створювати відповідні умови.

Список використаної літератури

1. Крический Г.Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля, одежды: монография. – М.: Известия, 2011. – 528 с.
2. Перепёлкин К.Е. Основные мировые тенденции в производстве и потреблении // Текстильная химия. – 2003. – №1. – С. 21-33.
3. Захарченко А.С., Козлова О.В. Полимеры в заключительной отделке технического текстиля // Международной научно-практической конференции «Сегодня и завтра медицинского, технического и защитного текстиля» 8-9 октября 2012 г.: сборник тезисов докл. – М.: 2012. – С. 94.
4. Малышева Т.М. Когезионно-адгезионные свойства смесей полиуретанового эластомера с хлорвиниловыми сополимерами // XIII Укр. конф. з ВМС, 7-10 жовтня 2013: тези доповідей. – К.: 2013. – С. 248.
5. Липатов Ю.С., Сергеева Л.М. Взаимопроникающие полимерные сетки: монография. – К.: Наукова думка, 1979. – 160 с.
6. Гончарова Л.А., Бровко О.О., Штомпель В.І., Сергеева Т.А., Карабанова Л.В., Сергеева Л.М., Кочетов О.О., Святина А.В. Микропористі плівки на основі поліуретан-поліуретанакрилатний напів-взаємопроникних полімерних сіток // Полімерний журнал. – 2007. – Т. 29. – №4. – С. 271-280.
7. Отделка хлопчатобумажных тканей : справочник в 2-х т. / [ред. Б. Мельникова]. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – Т. 1. – 432 с.
8. Гончарова Л.А., Сергеева Л.М., Ткаліч М.Г., Бровко О.О. Синтез та дослідження в'язкопружних властивостей силановмісних епоксикрилатних взаємопроникнених полімерних сіток // Матеріали XIII Укр. конф. з високомолекулярних сполук. – К. – 2013. – С. 171-173.
9. Штомпель В.І., Сергеева Т.А., Д.Б. Кічура Одержання полімерних матеріалів з захисними властивостями // Матеріали XIII Укр. конф. з високомолекулярних сполук. – К. – 2013. – С. 449.
10. Кленин В.И. Исследование структуры взаимопроникающих полимерных систем методами спектра мутности // Высокомолекулярные соединения. – 1977. – Т. XIX. – № 1. – С. 45-50.

УДК 664.346

Л.В. САЛЄБА

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ МАЙОНЕЗУ

У даній роботі розглянуті питання експертизи та оцінки якості майонезних соусів у відповідності до діючого законодавства України. Розглянуто значення показників якості майонезу за вимогами нормативних документів Європи. Проведено визначення показників якості зразків майонезу торгових марок найбільш популярних у південному регіоні України. Досліджено органолептичні і фізико-хімічні показники якості зразків, побудовано реологічні характеристики та зроблено висновки про вплив згущувачів на реологічні властивості майонезу.

Ключові слова: майонез, соус емульсійного типу, оцінка якості, реологічні характеристики.

Л.В. САЛЄБА

Херсонский национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МАЙОНЕЗА

В данной работе рассматриваются вопросы экспертизы и оценки качества майонезных соусов и майонезов в соответствии с действующим законодательством Украины. Рассмотрены значения показателей качества майонеза по требованиям нормативных документов Европы. Проведено определение показателей качества образцов майонеза торговых марок, наиболее популярных в южном регионе Украины. Исследованы органолептические и физико-химические показатели качества образцов, построены реологические характеристики и сделано выводы о влиянии загустителей на реологические свойства майонеза.

Ключевые слова: майонез, соус эмульсионного типа, оценка качества, реологические характеристики.

L. SALEBA

Kherson national technical university

RESEARCH OF THE QUALITY INDICES OF THE MAYONNAISE

In this paper, the issues of examination and assessment of the quality of mayonnaise sauces and mayonnaise in accordance with the current legislation of Ukraine. The values of the quality indices of mayonnaise according to the requirements of the normative documents of Europe are considered. The quality indicators of mayonnaise samples of trade marks, the most popular in the southern region of Ukraine, are determined. The organoleptic and physicochemical indices of sample quality were investigated, rheological characteristics were constructed and conclusions were made on the effect of thickeners on the rheological properties of mayonnaise.

Keywords: mayonnaise, emulsion type sauce, quality assessment, rheological characteristics.

Постановка проблеми

Майонез – це продукт харчування, що має у своєму складі велику кількість компонентів, необхідних для нормальної життєдіяльності організму, – білки, жири, вуглеводи, вітаміни та макро- і мікроелементи. Біологічна цінність майонезу характеризується наявністю в ньому поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів та інших біологічно активних речовин, що містяться в смакових добавках (молоці, яєчному порошку). Такі добавки, як оцет і гірчиця, надають майонезу гострий смак і збуджують апетит, покращуючи травлення. Крім того, вживання рослинних рідких жирів у вигляді дрібнодисперсної водно-жирової емульсії зменшує навантаження на ендокринну систему, сприяє стабілізації фізіологічних функцій шлунково-кишкового тракту [1].

У зв'язку з популяризацією здорового харчування і зміщенням переваг покупців в сторону споживання натуральних продуктів для харчової промисловості характерна тенденція збільшення використання натуральних компонентів. Основною особливістю майонезу є можливість корегування складу рецептурних компонентів та отримання продукції, що максимально відповідає фізіологічним потребам організму. Однак, споживач звик до смаку, консистенції і зовнішнього вигляду харчових продуктів, виготовлених з використанням комплексних харчових добавок. У зв'язку з цим сьогодні виробники харчових продуктів навряд чи зможуть повністю обійтися без харчових добавок, необхідно лише більш ретельно підбирати композиції і регулювати їх дозування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Майонез використовують як приправу для поліпшення смаку і засвоюваності продуктів, як добавку для виготовлення овочевих, рибних і м'ясних страв в домашній кулінарії та на підприємствах ресторанного господарства, а також для приготування бутербродів і десертів.

Старий стандарт ДСТУ 4487:2005 визначав, що майонез – харчовий продукт, який представляє собою багатокомпонентну, стійку в широкому діапазоні температур (від 0 °С до 18 °С), дрібнодисперсну емульсію, виготовлену з рафінованих, дезодорованих олій з додаванням емульгаторів, стабілізаторів, смакових добавок та прянощів, дозволених центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я для виробництва майонезної продукції. При цьому жирність майонезу стартувала від 30 %, а чіткого визначення майонезу «Провансаль» не було. Тому до ДСТУ 4487:2015, який діє вже з січня 2017 року, внесли усі необхідні зміни, щодо визначення поняття майонезу і його складу. Майонез повинен бути виготовлений з рослинної олії (не менше 50 %), води і яєчних продуктів (не менше 1 % в перерахунку на сухий яєчний порошок – сирі яйця, яєчний жовток, сухий яєчний порошок) та може містити консерванти, крохмаль і/або камедь та інші добавки. Виникло поняття – майонезний соус, який може мати жирність від 5 % і не містити яєчних продуктів на відміну від майонезу. Це корегується з європейськими та іноземними нормативними документами, згідно з якими майонез – соус емульсійного типу, продукт із вмістом жиру не менше 78,5 %. Згідно з вимогами європейського стандарту CODEX STAN 168 (1989) [2], у виробництві майонезу дозволено використовувати основну та додаткову сировину: курячі яйця, цукор, сіль, молоко та молочні продукти, харчові кислоти, гірчицю, фрукти і овочі, їх соки та концентрати, а також дозволені до виробництва майонезу харчові добавки. Нормативними документами різних країн передбачено для покращення смаку чи надання йому специфічності додавати до майонезу різноманітні приправи, прянощі та трави. Для виробництва майонезів використовується жовток курячих яєць у різних видах, його загальна частка в тій чи іншій формі не повинна бути меншою ніж 6 %. Таким чином загальні вимоги на майонез згідно з новим стандартом України більше гармонізовано зі стандартом Російської Федерації [4].

Сучасний споживач потребує менш калорійної продукції, а особливо соусів емульсійного типу, що можливо за рахунок заміни частини рослинної олії на інші інгредієнти, введення функціональних добавок, заміни яєчного порошку та сухого знежиреного молока на суміші харчових гідроколоїдів та соєвих білкових продуктів [5]. Однак при цьому для збереження консистенції продукту та відповідних органолептичних показників до майонезу додають згущувачі та ароматизатори. Протилежною тенденцією є заміна традиційної рослинної олії на олії, які збагачені поліненасиченими жирами.

Вчені нашої країни в співдружності з фахівцями промисловості розробили різноманітний асортимент майонезу різного призначення: майонез використовують як приправу, для приготування бутербродів, є рецептури майонезних кремів. Найбільш широко майонез використовують в якості гострої приправи до м'ясних, рибних і овочевих страв і в якості соусів і дресингів на його основі.

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників якості майонезів, що користуються популярністю у південному регіоні України, та оцінка впливу вживаних згущувачів на реологічні показники майонезів.

Викладення основного матеріалу дослідження

Наукові основи технології виробництва майонезу, підбору рецептурних компонентів створені радянськими вченими Н. І. Козіним, П.А. Ребиндером, Д.А. Талмудом і працівниками промисловості [6,7].

Харчова цінність майонезу визначається високим вмістом в ньому рослинної олії, а також тим, що він є емульсією, яка легко засвоюється організмом. У майонез входять поліненасичені жирні кислоти, жиророзчинні вітаміни та інші біологічно активні речовини. Введенням різних добавок і присадок при практично однаковому базовому складі домагаються відмінності аромату, смаку і кольору. Виробники мають достатній перелік реалізованих майонезів, що відрізняються за вмістом жиру, інших інгредієнтів, масою продукту і т. ін.

Розвиток асортименту майонезного сектора в Україні відбувається на користь соусів середньої жирності (40 – 67 %), з «натуральним» смаком, найбільш популярна упаковка дой-пак розміром 300 г. В даному дослідженні були використані зразки майонезів торгових марок, асортимент яких представлений в табл. 1.

Проводилось визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості майонезу згідно з ДСТУ 4487: консистенції, зовнішнього вигляду і кольору, смаку і запаху, кислотності, масових часток вологи і жиру, а також оцінювався вплив складу компонентів рецептур майонезу на стійкість емульсії і реологічні характеристики.

У відповідності до літературних даних до складу рецептур майонезу входять наступні основні компоненти: рослинна олія, в основному соняшникова, рідше соєва або бавовняна, яєчний порошок або

сухий яєчний жовток, молоко коров'яче сухе незбиране або знежирене, гірчичний порошок, оцет (80% - вий розчин оцтової кислоти), цукор, сіль, вода та інші добавки.

Рецептурні компоненти не тільки створюють приємний смак і аромат продукту, але і мають спеціальне призначення. Наприклад, сухе незбиране молоко, яєчний і гірчичний порошки є емульгаторами і беруть участь в створенні структури майонезу; оцет перешкоджає розвитку бактеріальної мікрофлори, сода харчова створює певне значення рН середовища, сприятливе для набухання білків молока; сіль надає консервуючу дію.

Таблиця 1

Асортимент майонезу

№	Назва і маса, г	Виробник	Вміст жиру, г/100 г	Склад (дані маркування)
1	Майонез «Балтійський» з натуральним жовтком, 240	ПП Чуклова м. Херсон ТУ У 15.8 – 1311417808 – 004	20,63	Вода питна, олія соняшникова рафінована дезодорована, борошно пшеничне, жовток яєчний курячий натуральний, сухе молоко знежирене, цукор-пісок, сіль кухонна харчова, порошок гірчичний, оцет, кислота сорбінова.
2	Майонез «Апетитний» «Чумак», 350	ПрАТ «Чумак» м. Каховка. ТУ У 10.8 – 24106105 – 036	30	Вода питна, олія соняшникова рафінована дезодорована, загусник Е 1422, цукор білий, сіль кухонна, регулятор кислотності Е 260, Е 270, порошок яєчного жовтка, емульгатори Е 1450, Е 415, ароматизатор гірчичний, ароматизатор Майонез, антиоксидант Е 385, барвник Е 160a.
3	Майонезний соус «Делікатесний», 300	ПрАТ «Волиньхолдінг», смт. Торчин. ДСТУ 4487:2015	28	Вода питна, олія соняшникова рафінована дезодорована, крохмалі модифіковані кукурудзяні (Е1422, Е 1450), цукор, сіль кухонна, кислота молочна, оцет спиртовий, камедь ксантанова, порошок яєчний, зерно гірчиці, сорбат калію, антиоксидант Е 385, барвник Е160a.
4	Майонез провансаль «Чудовий» «Оліс», 640	ТОВ фірма «Оліс ЛТД», м. Запоріжжя. ДСТУ 4487:2015	50	Олія соняшникова рафінована дезодорована виморожена марки «П», вода, цукор, модифікований крохмаль Е 1450, 1414, порошок яєчного жовтка термостабільний, сіль, камедь ксантанова Е 415, кислота оцтова синтетична, сорбат калію, ароматизатор «Гірчиця», кислота цитринова, β-каротин.
5	Майонез «Європейський», 300	ПрАТ «Волиньхолдінг», смт. Торчин. ДСТУ 4487:2015	72	Олія соняшникова рафінована дезодорована, вода питна, цукор, оцет спиртовий, жовток яєчний ферментований сухий та жовток яєчний сухий, сіль кухонна, зерно гірчиці, кислота молочна, сорбат калію, камедь ксантанова, антиоксидант Е 385, барвник Е 160a.

Аналізуючи органолептичні показники якості досліджуваних майонезів можна зробити висновок, що зовнішній вигляд і консистенція всіх зразків однорідна, сметаноподібна, без бульбашок повітря; смак і запах відповідають технічному опису для майонезу конкретного найменування, злегка гострий, кислуватий, без гіркоти і без сторонніх запахів і присмаків; колір білий з сіруватим (№ 1) або жовтувато-кремовим відтінками (№ 2 – 5). Результати досліджень фізико-хімічних показників якості наведені в табл. 2.

Аналізуючи дані табл. 2, можна зробити висновок, що всі досліджувані зразки відповідають нормам за вмістом оцтової кислоти, проте рН у зразків № 2 та № 5 декілька занижена, що в подальшому може позначитися на скороченні терміну зберігання.

За вмістом жиру тільки зразок № 3 майонезний соус «Делікатесний» виробництва ПрАТ «Волиньхолдінг» (сmt. Торчин) відповідає заявленому виробником.

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники якості майонезу

№	Назва	Вміст вологи, %	Вміст жиру, %	Кислотність в перерахунку на оцтову кислоту, %	pH	Стійкість емульсії, %	Ефективна в'язкість, Па·с (при швидкості зсуву 3 с ⁻¹)
1	«Балтійський»	62,0	5,52	0,35	4,2	95	1,52
2	«Апетитний» «Чумак»	63,7	11,14	0,49	3,1	100	1,71
3	«Делікатесний» «Торчин»	62,3	28,83	0,37	4,0	97	2,09
4	Провансаль «Чудовий» «Оліс»	54,0	36,04	0,23	4,0	100	9,50
5	«Європейський» «Торчин»	20,4	56,79	0,46	3,8	98	22,8
Норма		У відповідності до технологічного опису продукту		не більше 0,85	4,0 – 4,7	97 – 98 в залежності від виду	5,0 – 20,0

Згідно з ДСТУ масова частка води нормується відповідно до технічних умов для майонезу конкретного найменування. Результати дослідження показують, що всі майонези, крім № 4 Провансаль «Чудовий» «Оліс», відповідають стандарту за цим показником якості.

У виробництві майонезів можливе використання модифікованого крохмалю, який проявляє низьку тенденцію до синерезису в процесі зберігання. Крім того, крохмаль виявляє стійкість до механічного навантаження, що особливо важливо при виробництві майонезу на етапі гомогенізації.

Також необхідно враховувати, що при зберіганні в інтервалі низьких температур майонез, як зазначає проф. Н.І. Козін, розшаровується, і тим більше, чим вищий вміст в ньому води. Розшарування майонезу є наслідком руйнування емульсії. Сутність процесу руйнування емульсії зводиться до порушення цілості протеїнових оболонок емульгатора навколо диспергованих крапельок жиру під дією кристалів льоду, що утворюються при замерзанні водної фази майонезу. В результаті окремі крапельки олії, не обмежені оболонками емульгатора, зливаються, виділяється шар олії і майонез розшаровується, що є дефектом якості.

Стійкість емульсії майонезу залежить від рецептурних компонентів, які використовують як емульгатори: сухого молока, яєчного і гірничного порошку, що беруть участь у створенні структури майонезу, а також від дотримання оптимальних параметрів технологічного процесу, перш за все – гомогенізації. Відсоток незруйнованої емульсії для майонезу, з масовою часткою жиру понад 55 % повинен бути не менше 98 %; для майонезних соусів з масовою часткою жиру менше 40 % стійкість емульсії становить не менше 97 %. У зв'язку з цим в роботі проводилося визначення таких показників якості як стійкість емульсії і реологічні характеристики майонезу, які характеризують стійкість продукту до механічних впливів і стабільність при зберіганні. В результаті проведених досліджень показник якості стійкість емульсії не відповідає нормі тільки для зразку № 1.

У багатьох технологічних процесах продукт піддається інтенсивним механічним впливам (в насосах, мішалках), тобто його структура досягає часткового або практично граничного руйнування. При розрахунку різних процесів необхідно використовувати характеристики, визначені у відповідному інтервалі напруг і деформацій. Тому до складу майонезів вводять загусники, які дозволяють отримати харчові продукти з потрібною консистенцією, покращують і зберігають структуру продуктів, надаючи при цьому позитивний вплив на смакове сприйняття.

Загусники за хімічною природою мають лінійні або розгалужені полімерні ланцюги з гідрофільними групами, які вступають у фізичну взаємодію з наявною в продукті водою. Як загусники використовують кислі гідроколії із залишками уронової кислоти (наприклад, трагакант Е 413, гуміарабік Е 414, альгінат натрію), а також нейтральні з'єднання (наприклад, камедь бобів ріжкового дерева Е 410 і гуар Е 412), різні види модифікованих крохмалів (Е 1400 – 1405, Е 1410 – 1414, Е 1420 1423, Е 1440, Е 1442, Е 1443, Е 1450) білки тваринного та рослинного походження (молочні, соєві), та інші, що дозволені МОЗ України [5].

В технології майонезів перспективним є застосування комплексних добавок, що включають у своєму складі переважно декілька структуроутворювачів. Камедь ксантану – зовнішньоклітинний гетерополісахарид, отриманий у результаті специфічного процесу бродіння бактерій роду *Xanthomonas Campestris*. Кожна молекула камеді ксантану складається з повторюваних фрагментів, які включають п'ять залишків: два – глюкози, два – манози та один – галактуронової кислоти. Водні розчини камеді

ксантану є високопластичними. Встановлено, що камедь ксантану виявляє синергетичну взаємодію з галактомананами. Це проявляється у підвищенні в'язкості розчинів, що є важливим у виробництві майонезу. Типовими представниками галактомананів є камеді гуари та рожкового дерева [5].

Отже основне призначення загусника – надання продукту необхідної величини в'язкості. Якісними критеріями загусника є в'язкість і поведінка реології в умовах зсувних напружень. Напряга зсуву – сила зсуву на одиницю поверхні. У даній роботі ефективну в'язкість майонезу вимірювали на структурному віскозиметрі ротаційного типу «Rheotest-2» (Німеччина) з коаксіальними циліндрами при 20 °С при наростаючій швидкості зсуву в діапазоні від 3 до 1312 с⁻¹. Такий широкий діапазон швидкостей зсуву дозволяє оцінити стійкість до синерезису; механічних впливів; схильність до ретроградації; побічно до дії циклів відтавання – заморожування.

У досліджуваних зразках майонезу виробники використовували такі загусники: модифікований крохмаль Е 1450 (ефір крохмалю і натрієвої солі октенілянтраної кислоти), Е 1414 (ацетильований дикрохмальфосфат «зшитий»); ксантанову камедь Е 415 і гуарову камедь Е 412. Дослідження впливу рецептурних компонентів на реологічні властивості майонезу представлені на рис. 1, 2.

Для псевдопластичних систем при досягненні межі текучості структура руйнується не відразу, а поступово у міру збільшення градієнта швидкості. Отримані залежності ефективної в'язкості (η) від градієнта швидкості ($\dot{\gamma}$) мали нелінійний вигляд, характерний для середовищ що виявляють аномалію в'язкості, тому всі реологічні криві представлені в координатах $\ln \eta - \ln \dot{\gamma}$.

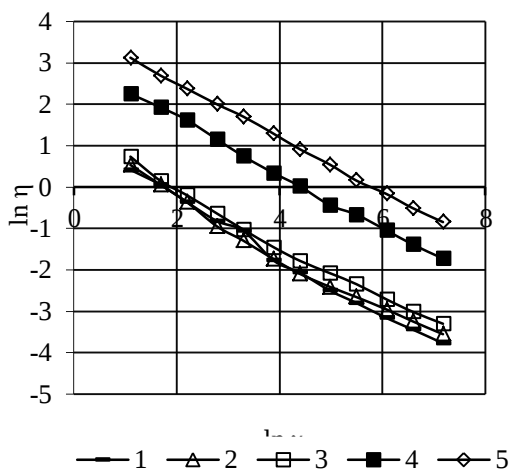


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості від градієнту швидкості

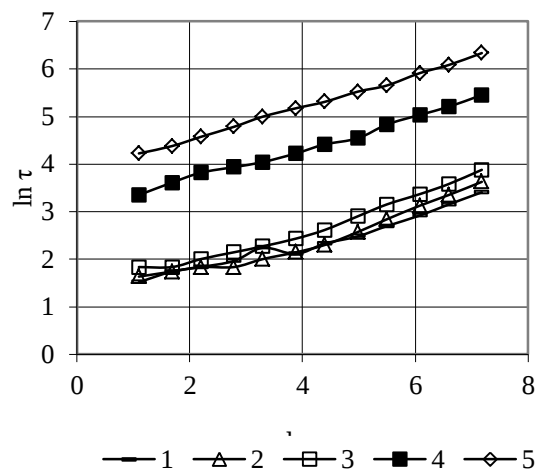


Рис. 2. Залежність напруги зсуву від градієнту швидкості

Аналізуючи дані, представлені на рисунках, слід зробити висновок, що необхідну в'язкість мають тільки два зразки майонезу № 4 і № 5. Це пояснюється наявністю в їх складі як загусників і стабілізаторів – гуара і ксантанової камеді (Е 412 і Е 415), вміст в складі майонезу тільки модифікованого крохмалю не дозволяє досягти показників в'язкості згідно з ДСТУ. Крім того криві зворотного ходу зразків № 4 і № 5 свідчать про високі колоїдні властивості емульсій, оскільки після руйнування системи емульсії здатна до відновлення. Прагнення виробника майонезу № 1 повернути споживачів «натуральним складом», виключивши з рецептури модифікований крохмаль і камеді, не приводить до бажаних показників якості, нормованих стандартом.

Таким чином, зразок № 4 майонез провансаль «Чудовий» ТОВ «Оліс ЛТД» (м. Запоріжжя) показав високі значення ефективної в'язкості (9,5 Па·с) і стійкості емульсії (100 %). Отже, для отримання майонезу з необхідними органолептичними і реологічними характеристиками і високою харчовою цінністю в рецептуру необхідно вводити суміш загусників: ксантан з гуаровою камеддю і модифікований крохмаль, оскільки при спільній дії двох і більше загусників можливий прояв синергетичного ефекту.

Висновки

1. У зв'язку з гармонізацією нормативних документів на майонез з європейськими виробники вимушені були переглянути асортимент емульсійних соусів і їх маркування. Результати дослідження зразків майонезу свідчать про високі значення показників якості продукції, що виробляється.

2. У виробництві емульсійних харчових продуктів, зокрема майонезів, важливим показником, що формує їх якість, є консистенція. Відомо, що завдяки використанню структуроутворюючих компонентів, у тому числі поліцукридів, можна регулювати консистенцію за реологічними показниками. Найбільшу здатність до відновлення структури має камедь ксантану, яку застосовують підприємці у технології виробництва емульсійних соусів. Результати реологічних характеристик свідчать, що для

отримання майонезу з необхідними органолептичними і реологічними характеристиками і високою харчовою цінністю в рецептуру необхідно вводити суміш загусників: ксантан з гуаровою камеддю і модифікований крохмаль.

Список використаної літератури

1. Нечаев Л.П. Майонезы / Л.П. Нечаев – С-Пб.: ГИОРД, 2004. – 80 с.
2. Regional Standardization. Mayonnaise. CODEX STAN 168-1989. [Текст]. – 16 р. – (Regional European Standard).
3. Національна стандартизація. Майонези : ДСТУ 4487-2015. – Чинний від 2017-01-01 [Текст]. – К.: Держспоживстандарт України, 2015. – 17 с. – (Національний стандарт України).
4. Национальная стандартизация. Майонезы и соусы майонезные: ГОСТ Р 53590-2009. – действует с 2012-07-01 [Текст]. – М. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – 2011. – 17 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).
5. Бахмач В.О. Удосконалення технології майонезів з використанням рослинної сировини / В.О. Бахмач, Л.В. Пешук // Харчова промисловість. – 2015. – № 18. – С. 27 – 31.
6. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки: Энциклопедия. 2-е изд., испр. и доп. – СПб: ГИОРД, 2004. – 808 с.
7. Бухтарева Э.Ф. Товароведение пищевых жиров, молока и молочных продуктов / Э.Ф. Бухтарева, Т.П. Ильенко-Петровская, Г.В. Твердохлеб – М.: Экономика, 1985. – 295 с.
8. Петруша О.О. Аспекти вітчизняних та зарубіжних нормативних документів на майонез / О.О. Петруша, О.В. Неміріч, О.М. Вашека // Наукові праці ОНАХТ. – 2015. – Випуск 42. – Т. 2. – С. 262 – 265.

УДК 677.047.2

О.Я. СЕМЕШКО, Н.С. СКАЛОЗУБОВА, Ю.Г. САРИБЕКОВА

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ РОЗЧИНІВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН ПРИ СТВОРЕННІ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПРОМИВАННЯ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖУ

Основною метою даного дослідження є вивчення зміни поверхневого натягу та критична концентрація міцелоутворення розчинів поверхнево-активних речовин різних класів, що застосовуються в композиційних складах для промивання бавовняного трикотажного полотна. Поверхневий натяг розчинів поверхнево-активних речовин визначався методом відриву кільця (метод Дю-Нуї), а критична концентрація міцелоутворення – графічним методом шляхом побудови залежностей поверхневого натягу від концентрації поверхнево-активних речовин у напівлогарифмічних координатах. Встановлено, що найбільше зменшують поверхневий натяг неіоногенні та деякі аніонактивні поверхнево-активні речовини, а їх критична концентрація міцелоутворення складає близько 1-2 г/л.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, поверхневий натяг, критична концентрація міцелоутворення, промивання трикотажного полотна.

О.Я. СЕМЕШКО, Н.С. СКАЛОЗУБОВА, Ю.Г. САРИБЕКОВА

Херсонский национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ РАСТВОРОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТРИКОТАЖА

Основной целью данного исследования является изучение изменения поверхностного натяжения и критической концентрации мицеллообразования растворов поверхностно-активных веществ различных классов, применяемые в композиционных составах для промывки хлопчатобумажного трикотажного полотна. Поверхностное натяжение растворов поверхностно-активных веществ определялся методом отрыва кольца (метод Дю-Нуи), а критическая концентрация мицеллообразования – графическим методом путем построения зависимостей поверхностного натяжения от концентрации поверхностно-активных веществ в полулогарифмических координатах. Установлено, что наиболее уменьшают поверхностное натяжение неионогенные и некоторые анионактивные поверхностно-активные вещества, а их критическая концентрация мицеллообразования составляет около 1-2 г/л.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, поверхностное натяжение, критическая концентрация мицеллообразования, промывание трикотажного полотна.

O.YA. SEMESHKO, N.S. SKALOZUBOVA, YU.G. SARIBYEKOVA

Kherson National Technical University

INVESTIGATION OF SURFACE TENSION OF SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES SOLUTIONS IN CREATION OF COMPOSITIONS FOR SCOURING COTTON KNITTED FABRIC

The main purpose of this research is to study the change in surface tension and the critical concentration of micelle formation of solutions of surfactants of various classes used in compositions for scouring cotton knitted fabric. The surface tension of surfactant solutions was determined by the ring-detachment method (Du-Nui method), and the critical concentration of micelle formation – by the graphical method by plotting the surface tension dependences on the concentration of surfactants in semi-logarithmic coordinates. It was established that the non-ionic and some anionic surfactants most reduce the surface tension, and their critical micelle concentration is about 1-2 g/l.

Keywords: surface-active substances, surface tension, critical concentration of micelle formation, scouring of knitted fabric.

Постановка проблеми

Суворі бавовняні трикотажні полотна погано змочуються у водних розчинах внаслідок присутності в волокнах гідрофобних природних домішок целюлози і замаслюючих речовин. Знижена капілярність волокнистих матеріалів ускладнює біління, фарбування, друкування і заключну обробку

цих матеріалів, а також викликає дефекти при проведенні цих процесів (плями, нерівномірність забарвлення та ін.). Крім того, деякі замаслюючі речовини надають волокнистим матеріалам неприємного запаху і погіршують гриф [1].

Процес промивання призначений для видалення з трикотажу природних домішок і замаслюючів і має, як правило, на меті підвищення його капілярності. Промивання для бавовняних текстильних матеріалів проводять зазвичай при високій температурі, тому часто називають відварюванням. Цей процес відбувається в апаратах періодичної дії, які служать для подальшого відбілювання і фарбування [2]. Відварювання бавовняних трикотажних полотен може проходити в лужному або в нейтральному середовищі.

Режим відварювання бавовняних трикотажних матеріалів в нейтральному середовищі відбувається в присутності поверхово-активних речовин (ПАР) і складається з наступних операцій:

1) наповнення апарату теплою (40°C) або холодною водою з нагріванням до цієї температури, введення розчину ПАР і завантаження волокнистого матеріалу;

2) нагрівання розчину до кипіння;

3) відварювання в киплячому розчині протягом 30-60 хв.;

4) спуск розчину для відварювання і промивання текстильного матеріалу теплою водою [1, 3, 4].

Теплий промивний розчин забезпечує швидке змочування волокнистого матеріалу під час завантаження його в апарат. Злив розчину через верхні переливні пристрої при промиванні дозволяє попередити осідання на матеріалі гідрофобних складових замаслювачів, воскоподібних речовин і забруднень, що спливали на поверхню розчину.

Таким чином, для ефективного проведення процесу промивання бавовняного трикотажного полотна необхідно, щоб промивний розчин мав високу змочувальну та мийну здатність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

ПАР, що використовуються у процесі підготовки, повинні володіти не тільки властивостями змочувача, а й емульгатора і мийного агента.

В обробці трикотажу найчастіше застосовуються аніонні ПАР і неіоногенні ПАР. Слід мати на увазі, що при обробці волокон катіонними ПАР на поверхні волокна або в розчині не повинно міститися аніонних ПАР. В іншому випадку катіонні і аніонні ПАР будуть взаємодіяти один з одним, ПАР перестануть грати роль поверхнево-активних активаторів, що може привести до виробничого браку [5-7].

У порівнянні з аніонними неіоногенні ПАР мають багато особливостей. Наприклад, у них порівняно невисока піноутворююча здатність, висока поверхнева активність при низькій температурі. За змочувальною, емульгуючою, диспергуючою здатностями до виведення плям вони цілком порівняні з АПАР, але при цьому мають певну спорідненість до багатьох барвників і можуть перешкоджати отриманню якісного забарвлення при подальшому фарбуванні [8].

Основною кількісною характеристикою ПАР є поверхнева активність, яка визначає їх здатність знижувати поверхневий натяг, викликати емульгування, піноутворення, диспергування і стабілізацію, змочування та інші явища і процеси [9, 10].

ПАР, маючи полярні групи, добре розчиняються в полярних рідинах і, відповідно, у воді. При їх розчиненні, в силу їх специфічної несиметричної будови, ПАР при певній концентрації в розчині починають концентруватися на зовнішній поверхні розділу рідина-газ, орієнтуючись полярною частиною до полярної рідини і гідрофобною – до повітря, що призводить до зниження поверхневого натягу на цій межі [5-7].

При повному заповненні поверхні рідини молекулами ПАР утворюється їх орієнтований моношар. Ступінь заповнення поверхні рідини орієнтованими молекулами ПАР, а отже і ефективність зниження поверхневого натягу залежать від наступних умов: хімічної будови ПАР (довжини гідрофобної частини, природи гідрофільної частини), температури, концентрації, величини поверхні розділу [5-7].

Важливою характеристикою є концентрація ПАР, яка пов'язана з поверхневим натягом рівнянням Гіббса:

$$C_{\Pi} = -\frac{C}{RT} \frac{d\gamma}{dC}, \quad (1)$$

де C_{Π} – концентрація ПАР на поверхні;

C – концентрація ПАР в розчині;

γ – поверхневий натяг розчину.

У міру накопичення ПАР на поверхні, межа розділу вода-повітря замінюється межею розділу вуглекислоти-повітря і поверхневий натяг рідини знижується.

ПАР в розчинах схильні до міцелоутворення. Будова міцел, що мають сферичну, кристалічну, пластинчасту та інші форми залежить від хімічної природи ПАР і складу розчину. Міцелоутворення настає при певній концентрації ПАР, яке називається критичною концентрацією міцелоутворення

(ККМ). Для більшості ПАР ККМ лежить в інтервалі 0,05-1,5 г/л, тому концентрації робочих розчинів, використовуваних для підготовки текстильних матеріалів, не повинна перевищувати ККМ [9, 10].

Видалення гідрофобних, нерозчинних у воді забруднень, що містяться в бавовняному волокні, неможливе без участі ПАР, що володіють комплексом змочуючих, емульгуючих, диспергуючих і мийних властивостей [2, 11-13]. В одному препараті ПАР перераховані властивості поєднати досить складно, оскільки молекули ПАР для прояву кожної з них повинні мати специфічну хімічну будову. Тому в сучасних умовах для промивання трикотажу використовують композиційні складі ПАР. Створення високоефективних композицій ПАР для підготовки бавовняного трикотажу є складним завданням, рішення якого вимагає системного підходу, який полягає в методичному дослідженні властивостей індивідуальних ПАР.

Змочування суворого текстильного матеріалу технологічними розчинами є важливим етапом підготовки, що визначає швидкість та повноту проникнення промивного розчину всередину волокна та ускладнюється присутністю на ньому забруднень різної природи і походження. Тому в процесі промивання суворого трикотажного полотна важливою характеристикою як індивідуальних ПАР, так і їх композицій є їх властивість знижати поверхневий натяг водних розчинів.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є визначення поверхневого натягу та ККМ розчинів поверхнево-активних речовин різних класів для застосування в композиційних складах для промивання бавовняного трикотажного полотна.

Викладення основного матеріалу дослідження

З метою створення ефективної композицій для промивання трикотажного полотна були обрані ПАР різних класів: аніонактивні, неіоногенні, амфотерні та криптоаніонні. Їх характеристика наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика ПАР

Назва ПАВ	Виробник	Зовнішній вигляд	Хімічний склад
1	2	3	4
Аніонактивні			
Albaflow FFC-01	«Huntsman NMG»	Рідина білого кольору середнього ступеня в'язкості	Склад з похідних жирних спиртів з алканолом та модифікованих метилполісілоксанів
Eriopon R		Прозора, жовтувата, рідина середньої в'язкості	Натрієва сіль модифікованої поліакрилової кислоти
Albatex		Прозора рідина	Водний розчин поліакрилатів та комплексоутворювачів
Invatex		Прозора рідина	Препарат на основі органічних кислот
Albafuid CD		Прозора в'язка емульсія	Рідкий препарат на основі співполімеру поліефіру
Неіоногенні			
Ultravon TC	«Huntsman NMG»	Прозора рідина	Суміш неіоногенних ПАВ
Lutensol	«BASF»	Прозора рідина	Алкоксилати на основі розгалуженого спирту
Оксилав A1214C.50	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора світло-жовта рідина	Алкілдиметиламіноксид
Оксилав A1214.30		Прозора або світло-жовта рідина	Алкілдиметиламіноксид
Синтанол АЛМ-10	ВАТ ВО «ТОС»	Однорідна паста білого кольору	Суміш поліоксиетиленгліколевих ефірів синтетичних первинних вищих жирних спиртів фракції C ₁₂ -C ₁₄
Стеарокс-6		В'язка маса світло-коричневого кольору	Поліоксиетиленгліколеві ефіри стеаринової кислоти
ОС-20 Б		Прозора світло-жовта рідина	Суміш поліоксиетиленгліколевих ефірів вищих жирних спиртів

Продовження табл. 1.

1	2	3	4
Амфотерні			
Бетапав АП.30	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора рідина	Кокамідпропілбетаїн
Бетапав А.30		Прозора світло-жовта рідина	Алкілбетаїн
Криптоаніонні			
Карбоксипав АФ6.35	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора світло-жовта рідина	Карбоксилати оксиетильованих алкілфенолів

Визначення поверхневого натягу розчинів проводилось методом відриву кільця (метод Дю-Нуї) шляхом встановлення сили, яка необхідна для відриву кільця радіусу R від поверхні рідини за допомогою вагів Дю-Нуї та розраховувалась за формулою:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{H_2O} \cdot \varphi_x}{\varphi_{H_2O}}, \quad (2)$$

де φ_{H_2O} і φ_x – сила відриву кільця від дистильованої води і від досліджуваного розчину;

σ_{H_2O} – поверхневий натяг дистильованої води [6, 14, 15].

Ізотерми поверхневого натягу розчинів ПАР дозволяють оцінити поверхневу активність окремих ПАР і прогнозувати їх кількість в композиції шляхом визначення критичної концентрації міцелоутворення (ККМ). На рис. 1-4 представлені ізотерми зміни поверхневого натягу розчинів ПАР різних класів при температурі 20°C.

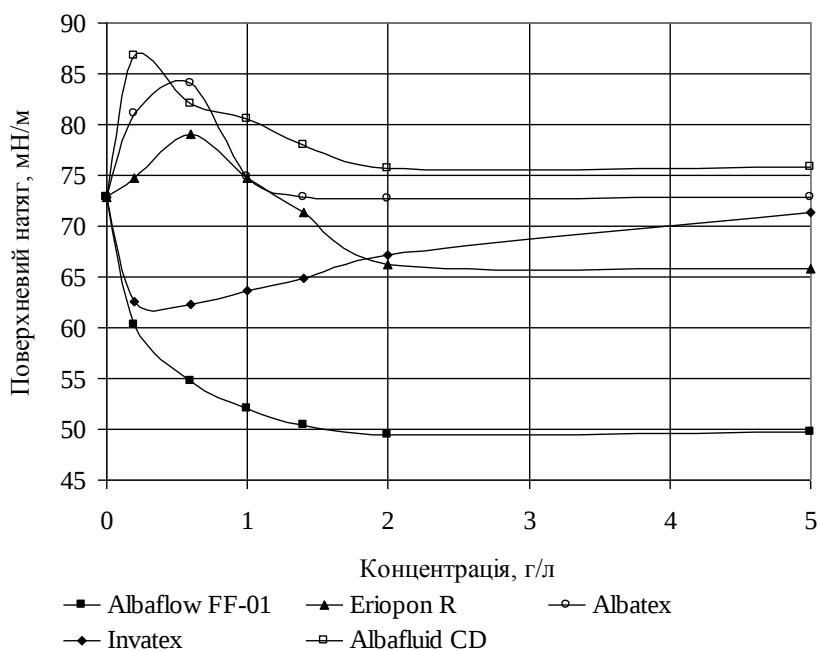


Рис. 1. Ізотерми поверхневого натягу розчинів аніонактивних ПАР

Отримані дані (рис. 1) свідчать про те, що серед аніонактивних ПАР найбільше зниження поверхневого натягу викликають Invatex та Alflow FF-01. При чому у розчині Alflow FF-01 зі зростанням концентрації ПАР поверхневий натяг пропорційно зменшується до максимального значення 44,5 мН/м при концентрації 2 г/л, після чого показник не змінюється. Для Invatex спостерігається максимальне зниження поверхневого натягу при 0,4 г/л, а подальше збільшення концентрації ПАР у розчині приводить до підвищення поверхневого натягу. Для Eriopon R, Alfluid CD та Albatex при низькому вмісті у розчині спостерігається зростання поверхневого натягу, а збільшення концентрації призводить до зниження його значень, але отримані показники є близькими до значень поверхневого натягу води.

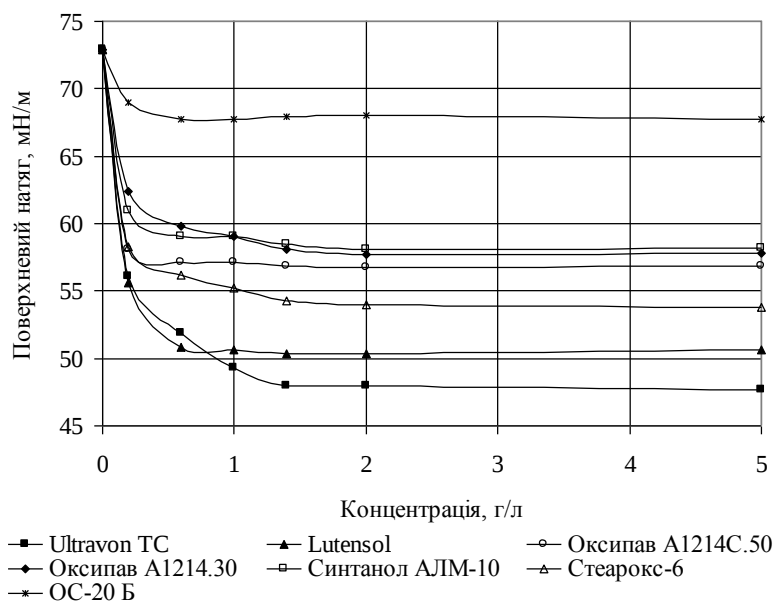


Рис. 2. Ізотерми поверхневого натягу розчинів неіоногенних ПАР

Результати дослідження впливу неіоногенних ПАР (рис. 2) показують, що всі досліджувані речовини знижують поверхневий натяг з підвищенням їх концентрації у розчині до певного значення, після якого досліджуваний показник більше не змінюється і залишається на досягнутому рівні. Найкраще знижує поверхневий натяг до значень 48 мН/м при 1,6-2 г/л, а отже є найефективнішим змочувачем, Ultravon TC. Також значні результати щодо зниження поверхневого натягу досягаються при застосуванні Оксипав А1214С.50, Lutensol та Стеарокс-6.

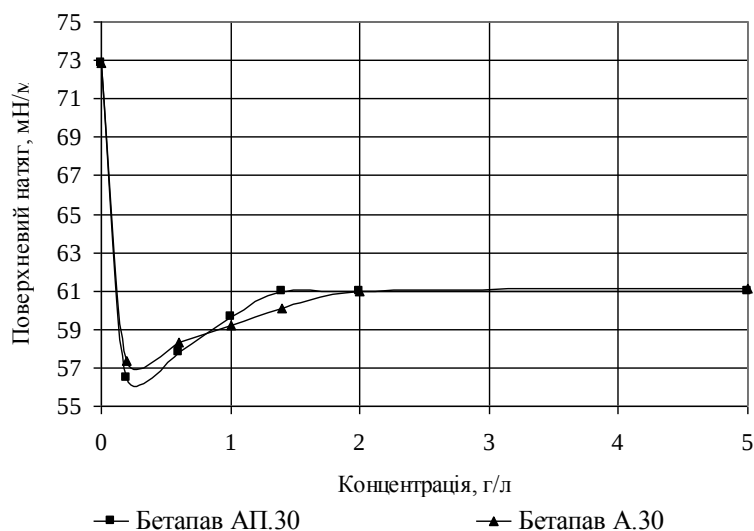


Рис. 3. Ізотерми поверхневого натягу розчинів амфотерних ПАР

Отримані ізотерми поверхневого натягу досліджуваних ПАР (рис. 3) показують, що додавання малої концентрації 0,2 г/л амфотерних ПАР стрімко знижує поверхневий натяг. Подальше збільшення концентрації ПАР сприяє незначному підвищенню даного показника. Досліджувані амфотерні ПАР Бетапав АП.30 та Бетапав А.30 майже однаково знижують поверхневий натяг у нейтральному середовищі.

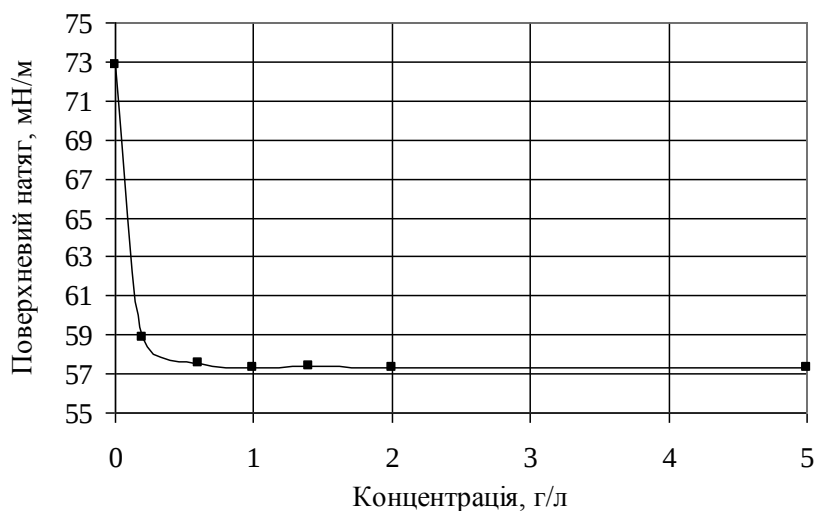


Рис. 4. Ізотерми поверхневого натягу розчинів криптоаніонного ПАР Карбоксипав АФ6.35

Криптоаніонні ПАР одночасно володіють властивостями аніонних та неіоногенних ПАР. Дослідження впливу концентрації Карбоксипав АФ6.35 на поверхневий натяг свідчить про те, що значення досліджуваного показника пропорційно зменшується зі збільшенням його концентрації у розчині.

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільше зменшують поверхневий натяг неіоногенні ПАР, крім ОС-20. Серед аніонактивних ПАР слід виділити Albaflow FFC-01, застосування якого сприяє значному зниженню поверхневого натягу.

Слід відмітити, що Albafluid CD, Albatex та Eriopon R сприяють підвищенню поверхневого натягу, що пояснюється їх хімічною будовою та призначенням. Так, дані ПАР виробляються «Huntsman NMG» і мають наступне призначення: Albaflow FFC-01 є прискорювачем проникнення інших речовин (гідротропом), Albatex слугує захисним колоїдом, а Eriopon R – післяочисним агентом.

Інші досліджувані аніонактивні, амфотерні ПАР та криптоаніонний Карбоксипав АФ6.35 сприяють незначному збільшенню поверхневого натягу.

ККМ визначається здатністю до міцелоутворення, при якій відбувається зміна фізико-хімічних, колоїдних та технологічних властивостей розчину ПАР, а отже є важливою характеристикою. З метою оцінки ККМ ПАР залежність поверхневого натягу від концентрації речовини у розчині $\sigma=f(C)$ представляють у напівлогарифмічних координатах, тобто $\sigma=f(\ln C)$ [16, 17].

На рис. 5. представлені ізотерми поверхневого натягу розчинів ПАР, обраних для розроблення композицій у напівлогарифмічних координатах.

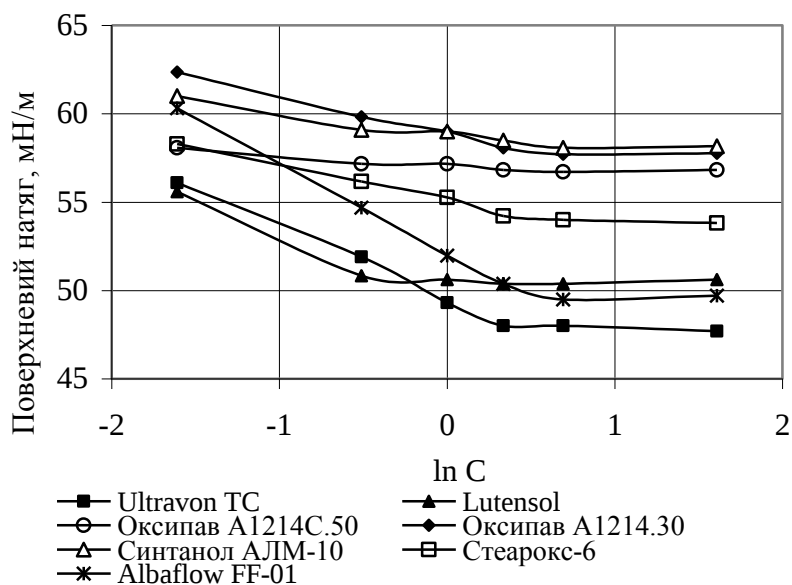


Рис. 5. Ізотерми поверхневого натягу розчинів ПАР

На ізотермах поверхневого натягу у напівлогарифмічних координатах можна відмітити дві характерні точки. Перша – точка переходу від криволінійної до прямолінійної ділянки ізотерми, що характеризується максимальним зниженням поверхневого натягу σ_m та досягненням граничної адсорбції C_m . Друга точка – при переході від похилої ділянки ізотерми до горизонтальної, яка вказує на ККМ. Точка граничної адсорбції C_m являє собою концентраційну межу стабілізуючої дії ПАР, вище якої ПАР проявляють свої емульгуючі, мийні та піноутворюючі властивості [9, 10, 16, 17].

Отримані результати (рис. 5) показують, що ККМ ПАР, що найкраще знижують поверхневий натяг водних розчинів знаходяться у межах концентрацій 1-2 г/л.

Висновки

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільше зменшують поверхневий натяг неіоногенні ПАР, крім ОС-20. Найкраще знижує поверхневий натяг до значень 48 мН/м при 1,6-2 г/л, Ultravon ТС. Також значні результати щодо зниження поверхневого натягу досягаються при застосуванні Оксипав А1214С.50, Lutensol та Стеарокс-6. Серед аніонактивних ПАР слід виділити Albalflow FFC-01, застосування якого сприяє максимальному зниженню поверхневого натягу до значення 44,5 мН/м при концентрації 2 г/л. Таким чином, аніонактивний ПАР Albalflow FFC-01 є найефективнішим змутувачем.

Шляхом побудови ізотерм поверхневого натягу ПАР напівлогарифмічних координатах встановлено, що ККМ речовин, вибраних для створення композицій ПАР у якості змутувачів, знаходяться у межах концентрацій 1-2 г/л.

Список використаної літератури

1. Абрамов С.А. Технология отделки трикотажных изделий / С.А. Абрамов, В.П. Гусев. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 472 с.
2. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: учеб. для вузов в 3-х т. Т. 1. Теоретические основы технологии. Волокна. Загрязнения. Подготовка текстильных материалов / Г.Е. Кричевский. – М.: Росс. заоч. ин-т. текстильной и легкой промышленности, 2000. – 436 с.
3. Ковтун Л.Г. Технология отделки трикотажа / Л.Г. Ковтун. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 400 с.
4. Ковтун Л.Г. Химическая технология отделки трикотажных изделий / Л.Г. Ковтун. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 232 с.
5. Плетнев М.Ю. Косметико-гигиенические моющие средства / М.Ю. Плетнев. – М.: Химия, 1990. – 272 с.
6. Поверхностно-активные вещества: [под ред. Абрамзон А.А., Гаевого Г.М.]. – Л.: Химия, 1979. – 379 с.
7. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение: [под ред. Зайченко Л.П.]. – СПб.: Профессия, 2004. – 240 с.
8. Одинцова О.И. Снижение миграции красящих веществ в крашении хлопколавсановых тканей / О.И. Одинцова, О.В. Козлова, Б.Н. Мельников // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995. – №2. – С. 48-51.
9. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. – М.: Химия, 1988. – 464 с.
10. Красовский И.В. Физическая и коллоидная химия / И.В. Красовский, Е.И. Вайль, В.Д. Безуглый. – К.: Вища школа, 1983. – 352 с.
11. Отделка хлопчатобумажных тканей. В 2-ух частях. Ч. 1. Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: [под ред. Мельникова Б.Н.]. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 432 с.
12. Садов Ф.И. Химическая технология волокнистых материалов / Ф.И. Садов, М.В. Корчагин, А.И. Матецкий. – М.: Легкая индустрия, 1986. – 784 с.
13. Сафонов В.В. Облагораживание текстильных материалов / В.В. Сафонов. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 288 с.
14. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1974. – 352 с.
15. Rakowska J. Surface tension, wettability and absorptivity of basic components of wetting agents / J. Rakowska, B. Porycka, B. Twardochleb // Badania i rozwój. – 2007. – Vol. 3 – P. 34-46.
16. Мищенко А.В. Методическое пособие к выполнению лабораторных работ по курсу «Коллоидная химия» / А.В. Мищенко, Ю.Г. Шипилов – Херсон: ХДТУ. – 2003 г. – 64 с.
17. Баранова В.И., Бирик Е.Е., Кожевникова Н.М. Практикум по коллоидной химии: [под ред. Лаврова И.С.]. – М.: Высшая школа. – 1983. – 213 с.

УДК 543.219

О.В. СКОРОПИШЕВА

Херсонський національний технічний університет

**ВИКОРИСТАННЯ СЕНСОРНИХ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ МОЛОКА**

За літературними даними наведено відомості про хімічний склад і властивості різних видів молока. Наведені основні показники якості молока, способи його фальсифікації та методи її виявлення. Проведено оцінку якості молока різних виробників за допомогою органолептичних та фізико-хімічних методів аналізу. Визначено відповідність молока різних виробників вимогам ДСТУ за органолептичними показниками, чистотою та відсутністю фальсифікації.

Ключові слова: якість молока, сенсорний аналіз, органолептичний аналіз, фальсифікація молока.

Е.В. СКОРОПИШЕВА

Херсонский национальный технический университет

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА МОЛОКА**

По литературным данным приведены сведения о химическом составе и свойствах различных видов молока. Приведены основные показатели качества молока, способы его фальсификации и методы ее обнаружения. Проведена оценка качества молока различных производителей с использованием органолептических и физико-химических методов анализа. Установлено соответствие молока различных производителей требованиям ГОСТ по органолептическим показателям, чистоте и отсутствию фальсификации.

Ключевые слова: качество молока, сенсорный анализ, органолептический анализ, фальсификация молока.

E.V. SKROPYSHEVA

Kherson National Technical University

**USING SENSORY AND PHYSICO-CHEMICAL METHODS OF ANALYSIS FOR
DETERMINING THE QUALITY OF MILK**

According to the literature data are given information about the chemical composition and properties of various types of milk. The main indicators of milk quality, methods of its falsification and methods of its detection are given. An assessment of the quality of milk from different manufacturers using organoleptic and physicochemical methods of analysis was carried out. The compliance of milk of different manufacturers with GOST requirements for organoleptic indices, purity and absence of falsification is established.

Keywords: milk quality, sensory analysis, organoleptic analysis, milk falsification.

Постановка проблеми

Молоко завжди вважалось одним із найважливіших продуктів харчування. Молоко та молочні продукти складали основу раціону більшості людей. Недаремно ж не існує для немовляти кращої, кориснішої, безпечнішої, якіснішої їжі, ніж молоко.

Навіть без знання хімічного складу, лише на основі спостережень за впливом молока на організм людини, стародавні мислителі застосовували його для лікування багатьох хвороб. Так, цей продукт активно використовували лікарі Стародавнього Єгипту, Греції та Риму. Сьогодні ж цей продукт вже досліджений досить ретельно, його хімічний склад та фізичні властивості давно відомі, ефективність доведена.

Молоко і продукти, які з нього отримують, містять більшість необхідних організму поживних речовин, оптимально збалансованих і добре засвоюваних організмом. Молоко має природний хімічний склад, дієтичні та лікувальні властивості. Воно містить вуглеводи, лактозу, білки, жири, ферменти, мінеральні речовини, гормони, речовини, що фарбують, бактерицидні речовини, вітаміни.

Оскільки молоко і молочні продукти є найбільш широкоживаними, то дослідження їх якості та передбачуваної корисної дії є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Молоко – це біологічна рідина, яка виробляється молочними залозами самок ссавців. Найбільш відомі його види: коров'яче, козаچه, овече, кобиляче. Вони багаті різноманітними поживними

речовинами, які мають істотне значення в раціоні харчування людини. Хімічний склад молока в залежності від його виду наведено у табл. 1.

Молочний жир – кращий із відомих харчових жирів за смаком, складом і легкістю засвоєння. В ньому міститься близько 20 жирних кислот. Жир малостійкий до дії високих температур, кисню повітря, водяної пари, сонячних променів, розчинів луг і кислот. Під впливом різних факторів він окислюється, гідролізується, осалюється, внаслідок чого псується [1]. З речовин, супутніх жиру, у молоці містяться стерини (холестерин і ергостерин), фосфатиди (лецитин і кефалін), до складу яких крім гліцерину і жирних кислот входять фосфорна кислота й азотна основа. Вони відіграють важливу роль у клітинному обміні речовин, процесі всмоктування жирів, утворенні гормонів наднирників. Основним вуглеводом коров'ячого молока є дисахарид лактоза (молочний цукор). Лактоза надає молоку солодкуватого смаку та 1/3 енергетичної цінності. Вона здатна зброджуватись молочнокислими та пропіоновокислими бактеріями та дріжджами. Молочний цукор володіє корисною для людини властивістю: він повільніше за інших проникає крізь стінки кишківника в кров, довше знаходиться в ньому, ним харчуються молочнокислі бактерії, розвиток яких сприяє оздоровленню організму людини.

Таблиця 1

Хімічний склад молока, %

Вид молока	Вода	Білки			Жири	Лактоза	Мінеральні речовини
		Всього	у тому числі				
			Казеїн	Альбумін і			
Коров'яче	85-89	2,9-4,1	2,4-3,2	0,5-0,9	3,0-5,1	4,5-5,0	0,6-0,8
Козяче	85-88	2,7-3,9	2,2-3,0	0,5-0,9	4,0-5,3	4,1-5,3	0,7-0,9
Овече	80-84	5,2-6,7	4,2-5,0	1,0-1,7	5,0-8,5	4,1-4,7	0,7-1,1
Кобиляче	87-91	1,8-2,6	1,0-1,4	0,8-1,2	1,4-2,3	6,2-7,0	0,2-0,5

У молоці містяться майже всі жиророзчинні вітаміни. Більшість вітамінів надходить у молоко з кормів. Деякі жиророзчинні вітаміни (D, K) синтезуються в організмі тварини. Вони збагачують молоко, надають йому антиоксидантних властивостей, позитивно впливають на стан шкіри людини і організму в цілому. У молоці виявлено понад 50 мінеральних елементів, які впливають на формування нових клітин тканин, вітамінів, гормонів, ферментів, а також на мінеральний обмін речовин організму. У молоці міститься до 1% мінеральних речовин. Кальцій молока засвоюється краще, ніж кальцій круп, хліба та овочів. Марганець каталізує окислювальні процеси в клітині і необхідний для синтезу вітамінів, мідь та залізо беруть участь у кровотворенні; йод – у синтезі гормону щитовидної залози – тироксину.

Білкові речовини є найбільш цінною складовою молока, тому що утворені при їх розщепленні амінокислоти є матеріалом для будови клітин організму, ферментів, гормонів та ін. Вміст білків у молоці складає у середньому 3,3%. Казеїн відноситься до складних білків фосфопротеїдів, в молоці він міститься у вигляді кальцієвої солі, яка надає йому білого кольору. Згортається під дією кислот або сичужного ферменту з утворенням щільного згустку. Альбумін і глобулін – сироваткові білки, які під дією сичужного ферменту не випадають в осад, а залишаються у сироватці.

У коров'ячому молоці міститься незначна кількість небілкових азотистих речовин (пептонів, пептидів, альбумоз, амінокислот та ін.). Найбільш важливими є вільні амінокислоти і пептиди, бо вони є одним із основних джерел азотистого харчування молочнокислих бактерій [2].

Молоко має різноманітні властивості, зумовлені його складом. Серед них розрізняють:

- хімічні (кислотність, буферність, окисно-відновний потенціал);
- фізичні (густина, в'язкість, поверхневий натяг, осмотичний тиск і температура замерзання, електропровідність).

Згідно з ДСТУ 2661–2010 нормалізоване молоко, піддане тепловій обробці з подальшим охолодженням називається питним коров'ячим молоком. Воно характеризується високими споживчими властивостями, які визначаються його органолептичними показниками, хімічним складом, енергетичною цінністю, засвоюваністю, використанням. Вміст білків і цукрів у питному молоці такий як у свіжовидоєному, а кількість жирів в окремих видах питного молока нормується стандартами. Жири питного молока засвоюються краще, ніж свіжовидоєного, що пояснюється їх дрібнодисперсним станом. Енергетична цінність молока невисока. Вона залежить, насамперед, від вмісту жиру і коливається від 30 до 80 ккал/100 г. Біологічна цінність питного молока визначається вмістом повноцінних білків, фосфатидів, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин. Молоко забезпечує потребу організму людини у жиророзчинних вітамінах на 20-30%, у вітамінах B₂ і B₆ – на 70%, у вітаміні B₁₂ – майже на 100%.

Молоко характеризується високими органолептичними властивостями: ніжним і приємним смаком, привабливим білим кольором з жовтуватим відтінком [3]. З органолептичних показників визначають зовнішній вигляд, консистенцію, колір, смак і запах. За зовнішнім виглядом і консистенцією пастеризоване молоко повинно бути однорідною рідиною без осаду. Для молока з наповнювачами допускається незначний осад кави чи какао. Молоко з какао під час кип'ятіння не повинне давати

пластівців. Колір пастеризованого молока білий з трохи жовтуватим відтінком, пряженого і стерилізованого молока та вершків – білий з кремуватим відтінком, знежиреного молока – білий із злегка синюватим відтінком. Відтінок молока з наповнювачами обумовлюється наповнювачами. У стерилізованому і пряженому молоці допускається дещо буруватий колір. Смак і запах молока і вершків чисті, без сторонніх, невластивих молоку і вершкам присмаків і запахів. У пряженому і стерилізованому молоці і у вершках є присмак пастеризації. Смак молока з наповнювачами солодкий, аромат залежить від виду наповнювачів.

Органолептична оцінка якості сирого молока проводиться під час його закупівлі за зовнішнім виглядом, кольором, консистенцією, смаком та запахом. Вимоги до органолептичних показників якості молока наведено в ДСТУ 2661–2010 «Молоко коров'яче питне». У разі розбіжності результатів оцінки запаху і смаку молока слід керуватися ГОСТ 28283–89 «Молоко коровье. Метод органолептической оценки запаха и вкуса», який стосується лише молока, що пройшло термічну обробку.

За органолептичними показниками згідно з ДСТУ 2661–2010 молоко коров'яче питне повинно відповідати таким вимогам, зазначеним у табл. 2.

Таблиця 2

Органолептичні показники молока питного

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд та консистенція	Однорідна рідина без осаду, пластівців білка та грудочок жиру
Смак і запах	Чисті, без сторонніх, не притаманних свіжому молоку присмаків та запахів. Для пастеризованого та ультрапастеризованого молока – з легким присмаком пастеризації, для пряженого і стерилізованого молока – виражений присмак пастеризації
Колір	Білий, рівномірний за всією масою; для пряженого молока – від світло-кремового до темно-кремового відтінку, для стерилізованого молока – з легким кремовим відтінком; для нежирного молока – зі злегка синюватим відтінком; для пряженого молока може бути злегка буруватий відтінок

Органолептична оцінка за смаком і запахом проводиться лише за умови, коли молоко не має стороннього забарвлення, згустків крові чи інших домішок. Оцінку молока за такими показниками як смак і запах проводять за 5-бальною шкалою, яка наведена в табл.3.

Таблиця 3

Оцінка запаху та смаку молока

Запах і смак	Оцінка молока
Чистий, приємний, ледь солодкий	Відмінно
Не досить виражений, пустий	Добре
Слабкий кормовий, слабкий окислений, слабкий нечистий	Задовільно
Виражений кормовий, у тому числі цибулі, часнику, полині та інших трав, що надають молоку гіркої присмаку, хлівний, солоний, затхлий	Погано
Гіркий, зігрітий, гнильний, запах і смак нафтопродуктів, ліків, мийних засобів, інших хімікатів	Погано

Під час закупівлі молоко з оцінкою відмінно та добре належить до вищого, першого або другого сорту залежно від інших показників. Молоко з оцінкою задовільно відносять у зимово-весняний період року до другого сорту, в інші періоди року – до несортного [4]. Молоко повинно бути не нижче першої групи чистоти. В молоці і вершках не допускаються ферменти фосфатази і пероксидази. Вміст токсичних елементів, афлатоксину М1 і залишкових кількостей пестицидів у молоці не повинен перевищувати рівні, що встановлені в «Медико-біологічних вимогах та санітарних нормах якості продовольчої сировини та харчових продуктів» [5].

Причинами виникнення дефектів молока можуть бути низька якість молока-сировини, порушення технології виготовлення, умов і термінів зберігання та ін. Дефекти кольору і консистенції молока виникають внаслідок використання для годівлі тварин певних видів кормів, розвитку деяких мікроорганізмів, хвороб тварин, використання ліків для лікування тварин, фальсифікації молока та ін. До дефектів смаку і запаху молока належать прогірклість, пригорілість, кислуватість, наявність кормового присмаку. Пригорілість є наслідком порушення термічної обробки молока, а зігріклість – наслідком поїдання тваринами полину та деяких інших кормів, окислення жиру. Підвищена кислотність молока виникає при розвитку молочнокислих бактерій. Це наслідок порушення технології виготовлення, режимів і строків зберігання. Причиною виникнення рибного присмаку молока є рибне борошно, яке використовується як корм, і порушення товарного сусідства. Металічний присмак молоку може надавати

погано луджена тара. Значним дефектом молока є наявність в ньому сторонньої мікрофлори, насамперед хвороботворної (туберкульозної і дизентерійної паличок, стрептококів, сальмонел, патогенних штамів бактерій кишкової палички та ін.). При дотриманні технології пастеризації ці мікроорганізми гинуть, але їх токсини руйнуються тільки при стерилізації. Дефектами питного молока є й наявність у його складі пестицидів та антибіотиків. До дефектів також належать: забруднення тари, погане закупорювання, забруднення механічними домішками, витікання молока з тари, занижений вміст жиру, білків (у білковому молоці) і вітаміну С (у вітамінізованому молоці). З такими дефектами молоко у реалізацію не допускається [5].

Поширеним дефектом молока є його фальсифікація. Фальсифікація товару (лат. falsificatio, від falsifico «підробляти») – дії, спрямовані на обман споживача шляхом підробки об'єкта купівлі-продажу, тобто товару, з корисливою метою (внаслідок погіршення споживчих властивостей). У широкому розумінні фальсифікація товару – це дії щодо погіршення споживчих властивостей товару чи зменшення його кількості при збереженні найхарактерніших, але неважливих для використання за призначенням властивостей. Наприклад, харчові продукти найчастіше підробляють, надаючи їм або упаковці зовнішнього вигляду товарів відомих фірм. Але смак і споживчі властивості підробок значно гірші, та й безпека сумнівна. Проте не слід плутати сфальсифіковані товари із товарами заміниками (сурогатами, імітаторами) та дефектними.

Залежно від характеристик товарів, які підробляються, виокремлюють кілька видів фальсифікації:

- асортиментна фальсифікація полягає у повній або частковій заміні продукту зі збереженням схожості однієї чи кількох ознак шляхом часткового розведення водою, додавання заміників більш низького гатунку, які імітують натуральний продукт (харчових чи нехарчових), або заміни продукту імітаторами з нижчими споживчими властивостями, які спеціально розробляють для заміни натуральних;
- якісна фальсифікація полягає у додаванні до продукту харчових або нехарчових добавок, які поліпшують органолептичні властивості
- кількісна фальсифікація полягає в обмані споживача шляхом значного відхилення параметрів товару від граничної норми (недолив у пляшки, використання дизайнерської тари меншого об'єму)
- вартісна фальсифікація здійснюється шляхом реалізації фальсифікованих продуктів за цінами натурального продукту, за зниженими цінами, за цінами, що перевищують ціни натурального аналога;
- інформаційна фальсифікація полягає у наданні виробником недостовірної інформації про товар або її частковому приховуванні.

Асортиментна фальсифікація молока частіше за все відбувається шляхом заміни молока одного виду (відносно вмісту жиру) іншим. Цей вид фальсифікації тісно пов'язаний з фальсифікацією якості молока, тому що молоко з меншою кількістю жиру має і менш виразні споживні властивості (колір, смак, енергетичну цінність). Кількісна фальсифікація молока відбувається шляхом значних відхилень об'єму молока, які значно перевищують дозволені стандартами норми. Види фальсифікації та методи їх виявлення наведені в табл.4.

Таблиця 4

Способи фальсифікації молока

Способи фальсифікації	Методи виявлення
1	2
Розведення водою	1. Треба змішати молоко і спирт у відношенні 1:2, суміш перемішати і вилити на блюдце. Якщо молоко не розбавлене, то через 5-7 сек у ньому з'являться згустки денатурованого білка. Якщо згустки з'являються через більший проміжок часу, то це означає, що молоко має надлишок води. Чим більше у молоці води, тим більше часу необхідно для утворення згустку. 2. Якщо жирне молоко капнути у склянку з водою, то крапля повільно буде опускатися на дно склянки, а крапля розбавленого молока буде повільно розпливатися у воді. 3. Крапля жирного молока на нігті випукла, а знежиреного або розведеного молоко розтікається. 4. Виміряти густину молока за допомогою ареометра: у знежиреного молока густина збільшується (за рахунок підвищення концентрації СЗМЗ), при розведенні водою – зменшується. 5. У добре перемішане молоко занурити скляну або дерев'яну паличку (товщиною з тонкий олівець). Краплю молока обережно перенести на фільтрувальний папір так, щоб крапля по можливості зайняла меншу площину і була достатньо випуклою. П'ять-шість крапель таким чином помістити на фільтрувальний папірець і залишити у спокої на деякий час. Фільтрувальний папірець поступово поглинає воду, і навколо краплі з'являється вологе кільце. Якщо молоко не розведене водою, то навколо краплі кільце

Продовження табл. 4

1	2
	буде вузьке і висохне через 1,5 – 2 год. Чим ширше кільце і чим швидше воно висихає, тим в більшій мірі молоко розведене водою. Якщо зволожено кільце висихає через годину – молоко розведене водою на 10 %, через 0,5 год – на 30 %, через 15-20 хв – на 50 %. 6. Визначити вміст жиру вимірювальним методом.
Додавання речовин лужного характеру	З метою зменшення кислотності прокислого молока до нього можуть додавати лужні речовини (сода, аміак, крейду). Домішки соди в молоці можна визначити за допомогою розолової кислоти: налити в пробірку 3–5 мл молока і додати таку ж кількість 0,2 % розолової кислоти. При наявності у молоці соди суміш у пробірці набуває рожево-червоного кольору, якщо соди немає – помаранчевого. При відсутності розолової кислоти можна використати бромтимол блакитний, який при наявності соди забарвлює суміш у темно-зелений, синьо-зелений або синій колір, а при відсутності соди – у жовтий або салатний колір. Наявність соди або інших речовин лужного характеру можна визначити шляхом додавання до молока будь-якої кислоти. Внаслідок реакції нейтралізації в такому молоці буде утворюватися піна через виділення вуглекислого газу. При наявності соди в молоці червоний лакмусовий папірець синіє, а синій зберігає свій колір.
Додавання крохмалю або борошна	З метою підвищення густини знежиреного молока та надання йому чисто білого кольору в молоко можуть додавати крохмаль або борошно. Визначити наявність крохмалю можна шляхом додавання у молоко йоду, який є якісною реакцією на крохмаль. При наявності у молоці крохмалю суміш буде набувати синього забарвлення. Борошно і крохмаль мають більшу густину, ніж вода, і тому будуть випадати у осад, а при кип'ятінні осаду утворювати клейстер.
Додавання саліцилової або борної кислоти	Ці кислоти можуть додаватися в молоко для збільшення терміну його зберігання. В такому молоці синій лакмусовий папірець червоніє, а червоний не змінює свій колір.
Змішування пастеризованого і сирого молока	Наявність сирого молока можна виявити пробами на такі ферменти молока, як фосфатаза та пероксидаза. Фосфатаза повинна бути відсутньою у молоці, що піддавалося нагріванню при температурі 63 °С і вище. Пероксидаза – це фермент, що інактивується при температурі 75 °С і вище. Позитивна проба на ці ферменти може вказувати на недостатню термічну обробку молока або на наявність у ньому сирого молока.
Заміна молочного жиру рослинними жирами	Така фальсифікація може мати місце при виробництві відновленого молока, коли для цього використовують сухе знежирене молоко, а нормалізацію по вмісту жиру проводять не молочним жиром, а дезодорованими рослинними жирами. Для визначення такої фальсифікації треба використовувати складні лабораторні дослідження (визначення жирно-кислотного складу, числа Рейхерта-Мейсля).

Крім того, фальсифікація якості молока може відбуватися шляхом розбавлення молока водою, додаванням до прокислого молока речовин лужного характеру (наприклад соди), додаванням до знежиреного молока крохмалю або борошна для підвищення його густини тощо [6].

Деякі види фальсифікації молока можуть мати і більш неприємні наслідки. Так змішування сирого і пастеризованого молока без відповідної інформації споживачів, що таке молоко в домашніх умовах обов'язково треба кип'ятити, може стати причиною важких захворювань внаслідок того, що з сирим молоком можуть потрапити небезпечні для здоров'я людини мікроорганізми.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи було визначення якості та безпечності продуктів харчування.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

1. Оцінити якість обраних зразків молока за допомогою органолептичних методів.
2. Встановити можливість фальсифікації молока за допомогою фізико-хімічних методів.

При вирішенні поставлених у роботі завдань були використані органолептичні та фізико-хімічні методи досліджень, які дозволяють об'єктивно оцінювати якісні характеристики харчових продуктів на підставі експериментально одержаних даних.

Викладення основного матеріалу дослідження

Органолептичні показники – один із найголовніших критеріїв оцінки якості молока. Для проведення аналізу молоко наливають у стакан з лабораторного скла і розглядають при розсіяному світлі. При цьому звертають увагу на однорідність консистенції та відсутність осаду на дні склянки, а також на відсутність сторонніх відтінків.

За зовнішнім виглядом і консистенцією пастеризоване молоко повинно бути однорідною рідиною без осаду. Колір пастеризованого молока білий з трохи жовтуватим відтінком, пряженого і стерилізованого молока та вершків – білий з кремуватим відтінком, знежиреного молока – білий із злегка синюватим відтінком. В стерилізованому і пряженому молоці допускається дещо буруватий колір. Смак і запах молока і вершків чисті, без сторонніх, невластивих молоку і вершкам присмаків і запахів. У пряженому і стерилізованому молоці і у вершках є присмак пастеризації.

Дослідженню підлягали: молоко коров'яче питне пастеризоване «Славія» (виробник: ПАТ «Баштанський сирзавод»); молоко коров'яче питне ультрапастеризоване «Бурьонка» (виробник: фірма «Люстдорф» у формі товариства з обмеженою відповідальністю); молоко стерилізоване вітамінізоване «Яготинське для дітей» (виробник: філія ПАТ «Яготинський маслозавод»); домашнє молоко.

Результати дослідження наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Органолептична оцінка зразків молока питного коров'ячого

Назва молока	Оцінка	Норма (згідно з ДСТУ 2661–2010)
«Славія»	Добре	Добре і Відмінно
«Бурьонка»	Відмінно	
«Яготинське для дітей»	Відмінно	
Домашнє сире	Добре	

Результати показали, що молоко «Бурьонка» і «Яготинське для дітей» – однорідна рідина без осаду, пластівців білка та грудочок жиру, їх запах і смак чисті, без сторонніх, не притаманних свіжому молоку присмаків та запахів, із легким смаком пастеризації. Колір – білий, рівномірний за всією масою, з легким кремовим відтінком. Оцінка цих зразків «відмінно». Молоко «Славія» – однорідна рідина без осаду, пластівців білка та грудочок жиру, його запах і смак не досить чисті, з вираженим солодким відтінком. Колір – білий, рівномірний за всією масою. Оцінка – «добре». Домашнє молоко – однорідна рідина без осаду, пластівців білка та грудочок жиру, його запах і смак чисті з вираженим солодким відтінком. Колір – світло-кремовий, рівномірний за всією масою. Його оцінка – «добре».

Таким чином, усі представлені зразки молока відповідають нормам, їх смак, колір, запах і консистенція характерні для молока питного коров'ячого, яке регламентується згідно з ДСТУ 2661–2010.

Одним з основних показників, що характеризують якість молока, є ступінь його чистоти. Він характеризується кількістю механічних домішок, які могли потрапити в молоко під час його пакування, зберігання та транспортування. Фільтрування брудного молока, якби ретельно воно не проводилося, не покращує його якість, а навпаки воно швидше псується, бо бруд інактивує бактерицидні та бактеріостатичні речовини, що містяться в ньому (лізоцим, лактеніни, бактеріолізини та ін.)

За ступенем забруднення молоко ділять на 3 групи. До першої групи відносять молоко, при фільтрації якого осад майже не помітний. До другої групи відносять молоко, яке має на фільтрі сліди забруднення (у вигляді дрібних крапок). У молоці третьої групи ясно виражене забруднення. На фільтрі помітна механічна суспензія у вигляді великих крапок, колір фільтра сірий. Згідно з ГОСТом 8218–89, молоко першого сорту повинно мати чистоту I групи, молоко другого сорту – II групи і несортних – не нижче III групи. Результати дослідження приведені в табл. 6.

Таблиця 6

Визначення ступеню чистоти молока

Назва молока	Оцінка	Норма (ГОСТ 8218–89)
«Славія»	II група	I і II групи
«Бурьонка»	I група	
«Яготинське для дітей»	I група	
Домашнє сире	II група	

В результаті дослідження виявлено, що молоко «Бурьонка» та «Яготинське для дітей» – чисті, без механічних забруднень. Тому їх відносять до I групи чистоти. Молоко «Славія» та домашнє – злегка забруднені, з невеликою кількістю механічних домішок. Тому їх віднесено до II групи чистоти. За ступенем чистоти зразки молока були віднесені до I і II груп, що відповідає нормам, зазначеним у ГОСТі 8218–89.

Фальсифікація молока найчастіше зумовлена прагненням виробника здешевити сировинну базу, подовжити термін придатності, знизити кислотність молока, пригнітити ріст мікроорганізмів, які призводять до швидкого псування, збільшити масову частку жиру в молоці, тощо. Коли в молоці є

домішки соди, воно не так швидко прокисає внаслідок пониження його кислотності. Навіть свідомо підкислене молоко з содою не згорнеться при кип'ятінні. Отже, таке молоко може бути використано для прийому на молокозавод чи подальшої обробки. Наявність в молоці аміаку в першу чергу говорить про незадовільні умови утримання тварин у стійловий період (несвоєчасне прибирання приміщень або зовсім його відсутність, скупченість тварин, слабка вентиляція приміщень, порушення технології доїльного процесу). Також аміак можуть вносити в молоко навмисно задля знищення в молоці афлотоксинів [7].

Густина молока – це його маса при температурі 20 °С, яка визначається за одиницею об'єму, кг/м³. За допомогою цього показника можна визначити фальсифікацію, тому що густина нормального коров'ячого молока – 1027-1032 кг/м³, знежиреного молока – 1032-1035 кг/м³, скотин – 1027-1035 кг/м³, молочної сироватки – 1021-1025 кг/м³. Будь-які відхилення від норми дають підстави для думки, що в молоко додано воду, крохмаль, борошно або інші неприпустимі домішки [9]. З метою підвищення густини знежиреного молока та надання йому чисто білого кольору в молоко можуть додавати крохмаль або борошно. Визначити наявність крохмалю можна шляхом додавання у молоко йоду або розчину Люголя, який є якісною реакцією на крохмаль. При наявності у молоці крохмалю суміш буде набувати синього забарвлення.

Борошно і крохмаль мають більшу густину, ніж вода, і тому будуть випадати у осад, а при кип'ятінні осаду утворювати клейстер. З метою здешевити продукцію, в молоко додають воду. При додаванні води до молока в кількості 10 % його густина зменшується на 0,003 од., тому може перебувати в межах коливання густини молока.

При додаванні води в молоко температура його замерзання підвищується (1 % доданої води підвищує температуру замерзання натурального молока на 0,006 °С). Достовірно фальсифікацію (розбавлення водою) можна визначити за густиною, якщо додано 15% води.

Перевірка молока проводилася згідно з ГОСТом 24065–80 «Молоко. Методи визначення соди», ГОСТом 24066–80 «Молоко. Методи визначення аміаку», ГОСТом 24067–80 «Молоко. Методи визначення перекису водню», ГОСТом 3625–84 «Молоко і молочні продукти. Методи визначення густини» та ДСТУ 6082–2009 «Молоко та молочні продукти. Методи визначення густини». Дані дослідження зведено у табл. 7.

Таблиця 7

Перевірка молока на можливість фальсифікації

Показники	Назва молока				Норма
	«Славія»	«Бурьонка»	«Яготинське для дітей»	Домашнє сире	
Наявність води	Відсутня	Відсутня	Відсутня	Відсутня	Відсутня або її кількість не перевищує 10 %
Густина молока	1,030	1,030	1,031	1,032	1,027-1,032
Наявність крохмалю	Відсутній	Відсутній	Відсутній	Відсутній	Відсутній
Наявність аміаку	Відсутній	Відсутній	Відсутній	Відсутній	Відсутній або його кількість надто мала для виявлення і відповідає нормам
Наявність соди	Відсутня	Відсутня	Відсутня	Відсутня	Відсутня

Таким чином, дослідження показали, що зразки молока не фальсифіковані.

Висновки

В результаті проведених досліджень встановлено, що:

– за органолептикою молоко «Славія», «Бурьонка», «Яготинське для дітей» та домашнє відповідають нормам, їх смак, колір, запах і консистенція характерні для молока питного коров'ячого, яке регламентується згідно з ДСТУ 2661–2010, зразки «Бурьонка», «Яготинське для дітей» отримали оцінку «відмінно», а «Славія» і домашнє – «добре»;

– за ступенем чистоти зразки молока «Бурьонка» та «Яготинське для дітей» були віднесені до І групи, а домашнє і «Славія» – до ІІ, що відповідає нормам, зазначеним у ГОСТі 8218–89;

– перевірку на фальсифікацію усі зразки молока пройшли на «відмінно», тобто у жодному із зразків не було виявлено домішок соди, крохмалю, аміаку та води.

Список використаної літератури

1. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учебник для техникумов молочной промышленности / К. К. Горбатова. Москва: Пищевая промышленность, 1980. – 271 с.
2. Горбатова К.К. Химия и физика молока: учебник для вузов / К. К. Горбатова. СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.: ил.
3. Крусъ Г.Н. Технология молочных продуктов: / Г.Н. Крусъ, Л.В. Чекулаева, Г.А. Шалыгина, Т.К. Ткаль. – М.: Агропромиздат, 1988. – 310 с.
4. ГОСТ 28283–89 Молоко коровье. Метод органолептической оценки запаха и вкуса: издание официальное. Москва: Стандартиформ, 2007.
5. Королева Н.С. Техническая микробиология цельномолочных продуктов: / Н.С. Королева. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 271 с.
6. Серегин И.Г. Производственный ветеринарно-санитарный контроль молока и молочных продуктов: учебник для вузов / Г.И. Серегин, Н.И., Дунченко, Л.П. Михалева. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 403 с.
7. ДСТУ 6082–2009 Молоко та молочні продукти. Методи визначення густини: видання посібник. Київ: Держспоживстандарт України, 2010.

УДК 658.51/677.11.021

Т.І. ТЕРНОВА, С.С. БАБІЧ, В.П. БАЗИК

Херсонський національний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЛУБУ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У даній роботі наведені математичні моделі технологічного процесу механічного очищення лубу льону олійного, використання яких дає можливість отримувати лляну сировину визначеної якості.

З метою одержання волокна, придатного до виготовлення наповнювачів для армування композиційних матеріалів, було запропоновано здійснювати додаткове очищення лубу на чесальній машині ЧМД-5 після механічної обробки стебел соломи на модернізованому куделеприготувальному агрегаті. За рахунок математичного моделювання технологічного процесу було визначено оптимальні параметри та режими обробки лубоволокнистої сировини, застосування яких дозволяє отримувати луб з високими показниками якості – достатнім ступенем розволокнення й низьким вмістом костриці та сміттєвих домішок.

Ключові слова: математичне моделювання, луб, очищення, штапельна масодовжина, лінійна щільність, вміст костриці та сміттєвих домішок.

Т.И. ТЕРНОВАЯ, С.С. БАБИЧ, В.П. БАЗЫК

Херсонский национальный технический университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ЛУБА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В данной работе приведены математические модели технологического процесса механической очистки луба льна масличного, использование которых дает возможность получать льяную сырьё определенного качества.

С целью получения волокна, пригодного к изготовлению наполнителей для армирования композиционных материалов, было предложено осуществлять дополнительную очистку луба на чесальной машине ЧМД-5 после механической обработки стеблей соломы на модернизированном куделеприготовительном агрегате. За счет математического моделирования технологического процесса были определены оптимальные параметры и режимы обработки лубоволокнистого сырья, применение которого позволяет получать луб с высокими показателями качества – достаточной степенью разволокнения и низким содержанием костры и мусорных примесей.

Ключевые слова: математическое моделирование, луб, очистка, штапельная массодлина, линейная плотность, содержание костры и мусорных примесей.

T. TERNOVA, S. BABICH, V. BAZYK

Kherson National Technical University

OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF CLEANING OF LUBRICATED LYON LUBE BY METHODS OF MATHEMATICAL MODELING

In this paper, mathematical models of the technological process of mechanical purification of a flaxen oilseed are given, the use of which gives the opportunity to obtain flax raw material of a certain quality.

In order to obtain fiber suitable for the production of fillers for reinforcement of composite materials, it was proposed to carry out an additional purification of the barn on a CMD-5 hedge machine after mechanical straightening of stalk stems on a modernized cornice preparation unit. Due to the mathematical modeling of the technological process, optimal parameters and regimes for the processing of fibrous raw materials were determined, the application of which allows to obtain a beam with high quality indices - a sufficient degree of flaking and a low content of bonfires and garbage impurities.

Keywords: mathematical modeling, lobe, purification, stack mass length, linear density, boning content and garbage impurities.

Постановка проблеми

Дана робота присвячена одержанню поліноміальної регресійної багатофакторної моделі другого порядку процесу очищення лубу льону олійного з метою одержання волокна, придатного для виготовлення композиційних матеріалів, за результатами ротатбельного центрального композиційного експерименту.

Знаючи математичну модель процесу або об'єкта, можливо прогнозувати властивості продукту, який буде отримано в результаті певного технологічного процесу, оцінити ступінь впливу вхідних факторів з метою розробки схеми контролю та стабілізації найбільш впливових факторів, а також здійснити оптимізацію процесу.

Таким чином, отримання математичних моделей технологічного процесу очищення лубу льону олійного дасть можливість прогнозувати якість отриманого волокна, що є важливим і актуальним питанням для використання його як наповнювача в композиційних матеріалах

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На даний час питання прогнозування основних властивостей волокна, отриманого з лубу льону олійного, є актуальними для фахівців льонопереробної галузі. Проблеми пошуку взаємозв'язку між якістю волокнистої сировини з льону олійного, параметрами технологічного процесу й основними властивостями готового продукту присвятили свої наукові праці багато закордонних і вітчизняних вчених: Федосова Н.М., Пашин Є.Л., Тіхосова Г.А, Головенко Т.М., Круглий Д.Г., Меньйло-Басиста І.О. та багато інших [1-5].

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є пошук кількісних залежностей між основними показниками лубу льону олійного та параметрами налагодження машин для його очищення, що дасть виробникам можливість прогнозувати проведення процесу очищення лубу льону олійного та одержувати продукцію із заданими показниками якості.

Викладення основного матеріалу дослідження

Аналіз отриманих експериментальних даних свідчить, що луб, одержаний зі стебел соломки льону олійного, має високу заокругленість 27,2-30,6 % і низьке значення міцності 3,9-5,0 даН. Вихід лубу при цьому достатньо високий: при середніх значеннях довжини стебел 32,0-36,0 см, вихід лубу дорівнює 32,4-39,4 %. Однак така сировина, як показує аналіз вихідних характеристик непридатна до одержання технічного текстилю для армування композиційних матеріалів. Для видалення костриці потрібне додаткове очищення лубу за допомогою чесальних машин. Тому, під час подальших досліджень луб додатково очищувався від костриці за допомогою операції тонкого чесання на машинах ЧМД-5. Даний технологічний процес повинен здійснюватися за оптимізованими режимами.

Для цього за допомогою ротатбельного планування другого порядку було досліджено залежності штапельної масодовжини лубу, масової частки костриці та сміттєвих домішок, лінійної густини лубу льону олійного від частоти обертання головного барабана та величини розведення між головним барабаном і сміттєвідбійним ножом машини ЧМД-5.

Враховуючи вищевикладене, за фактори варіювання при кожному прочісуванні було обрано частоту обертання головного барабана n_1 (n_2) та величину розведення l_1 (l_2) між головним барабаном і сміттєвідбійним ножом машини ЧМД-5. Вихідними параметрами при першому та другому прочісуваннях відповідно були y_1 (y_4) – штапельна масодовжина лубу, y_2 (y_5) – масова частка костриці та сміттєвих домішок, y_3 (y_6) – лінійна щільність лубу льону олійного. У табл. 1 і 2 наведено матриці ротатбельного планування експериментів для першого та другого прочісування.

У загальному випадку математична модель має вигляд:

$$y_u = b_0 + b_1x_i + b_2x_j + b_{12}x_ix_j + b_{11}x_i^2 + b_{22}x_j^2, \quad (1)$$

де $u = \overline{1,6}$; $i = 1,3$; $j = 2,4$.

Таблиця 1

Матриця планування експерименту при I прочісуванні

№	Рівні факторів		Найменовані змінні		Вихідні параметри		
	x_1	x_2	$n_1, \text{хв}^{-1}$	$l_1, \text{мм}$	$y_1, \text{мм}$	$y_2, \%$	$y_3, \text{текс}$
1	+1	+1	770	4.5	28.00	2.90	1.00
2	-1	+1	670	4.5	27.10	3.20	1.30
3	+1	-1	770	3.5	28.30	2.45	1.05
4	-1	-1	670	3.5	26.70	2.35	1.33
5	$-\sqrt{2}$	0	650	4.0	23.80	3.15	1.0
6	$\sqrt{2}$	0	790	4.0	26.50	2.70	1.08
7	0	$-\sqrt{2}$	720	3.3	27.40	2.75	1.22
8	0	$\sqrt{2}$	720	4.7	24.90	3.05	1.01
9	0	0	720	4.0	26.60	2.55	1.08
10	0	0	720	4.0	27.60	2.75	1.18
11	0	0	720	4.0	27.25	3.00	1.15
12	0	0	720	4.0	26.35	3.10	1.13
13	0	0	720	4.0	28.00	3.25	1.16
Σ					348.5	37,2	14.69

У матриці планування експерименту при першому прочісуванні було вибрано межі зміни частоти обертання головного барабана (n_1) від 650 хв^{-1} до 790 хв^{-1} , а величина розведення між головним барабаном і сміттєвідбійним ножом (l_1) – від 3,3 мм до 4,7 мм. Найменше значення частоти обертання головного барабана дорівнює 650 хв^{-1} , що відповідає рівню факторів $x_1 = -\sqrt{2}$, $x_2 = 0$, а найбільше значення цього показника становить 790 хв^{-1} , що відповідає рівню факторів $x_1 = \sqrt{2}$, $x_2 = 0$.

Таблиця 2

Матриця планування експерименту при II прочісуванні

№	Рівні факторів		Найменовані змінні		Вихідні параметри		
	x_3	x_4	$n_2, \text{хв}^{-1}$	$l_2, \text{мм}$	$y_4, \text{мм}$	$y_5, \%$	$y_6, \text{текс}$
1	+1	+1	600	2.0	17.50	0.06	0.40
2	-1	+1	510	2.0	17.75	0.04	0.38
3	+1	-1	600	1.0	18.00	0.02	0.40
4	-1	-1	510	1.0	18.95	0.03	0.35
5	$-\sqrt{2}$	0	492	1.5	17.70	0.05	0.36
6	$\sqrt{2}$	0	618	1.5	17.60	0.02	0.40
7	0	$-\sqrt{2}$	555	0.8	19.00	0.05	0.43
8	0	$\sqrt{2}$	555	2.2	18.20	0.06	0.36
9	0	0	555	1.5	18.05	0.02	0.39
10	0	0	555	1.5	17.80	0.02	0.36
11	0	0	555	1.5	18.10	0.01	0.35
12	0	0	555	1.5	18.65	0.04	0.31
13	0	0	555	1.5	18.00	0.04	0.35
Σ					235.3	0,46	4.84

У матриці планування експерименту при другому прочісуванні зміна частоти обертання головного барабана (n_2) знаходиться в межах від 492 хв^{-1} , що відповідає рівню факторів $x_3 = -\sqrt{2}$, $x_4 = 0$, до 618 хв^{-1} , що відповідає рівню факторів $x_3 = \sqrt{2}$, $x_4 = 0$. Значення величини розведення між головним барабаном і сміттєвідбійним ножом становить 0,8-2,2 мм при тих самих рівнях факторів x_3 і x_4 .

Використовуючи відомі співвідношення для визначення коефіцієнтів рівняння (1) при ротатабельному плануванні експерименту, знаходять коефіцієнти всіх шести залежностей та абсолютні похибки обчислення їх значень (табл. 3) [6-8].

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів залежностей та величини їх абсолютних похибок

i	y_1		y_2		y_3		y_4		y_5		y_6	
	b_i	Δb_i	b_i	Δb_i	b_i	Δb_i	b_i	Δb_i	b_i	Δb_i	b_i	Δb_i
0	27.16	0.613	2.93	0.25	1.14	0.034	18.12	0.284	0.026	0.012	0.352	0.026
1	0.79	0.484	-0.105	0.101	-0.058	0.027	-0.168	0.224	-0.004	0.0035	0.016	0.015
2	-0.429	0.421	0.216	0.198	-0.047	0.027	-0.354	0.224	0.008	0.0075	-0.009	0.02
12	-0.175	0.685	-0.10	0.098	-0.005	0.038	0.175	0.317	0.0075	0.013	-0.008	0.029
11	-0.558	0.52	-0.052	0.212	-0.028	0.027	-0.268	0.241	0.0026	0.01	0.012	0.022
22	0.058	0.52	-0.064	0.212	0.0097	0.029	0.207	0.241	0.013	0.01	0.02	0.019

Для визначення адекватності отриманих моделей застосовують критерій Фішера. Для 95-відсоткової довірчої ймовірності, числа ступенів свободи більшої дисперсії – 3 та меншої – 4 критичне значення критерію Фішера становить $F_{кр.} = 6,59$. Значення критерію Фішера, що спостерігаються при дослідженні кожної з побудованих моделей, наведено в табл. 4. Очевидно, що всі $F_{сп} < F_{кр.}$, тому немає підстав заперечувати адекватність побудованих моделей.

Значимість коефіцієнтів кожної моделі оцінимо за величиною їх похибок, значення яких наведено в табл. 4. Як відомо, якщо абсолютна величина коефіцієнта менша за величину його абсолютної похибки, то такий коефіцієнт визнається незначущим і може бути виключений з рівняння залежності.

Таблиця 4

Спостережні значення критерію Фішера $F_{спостеріг}$ для залежностей $y_1 - y_6$

y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
6.333	0.810	6,480	0.657	1.142	0,876

Згідно з експериментальними даними, остаточно отримуємо такі аналітичні залежності (2-7):

$$y_1 = 27,16 - 0,79x_1 - 0,429x_2 - 0,558x_1^2, \quad (2)$$

$$y_2 = 2.93 - 0.105x_1 + 0,216x_2 - 0,1x_1x_2, \quad (3)$$

$$y_3 = 1,14 - 0,058x_1 - 0,047x_2 - 0,028x_1^2, \quad (4)$$

$$y_4 = 18,12 - 0,354x_4 - 0,265x_3^2, \quad (5)$$

$$y_5 = 0,026 - 0,004x_3 + 0,0008x_4 + 0,013x_4^2, \quad (6)$$

$$y_6 = 0,352 + 0,016x_3 + 0,02x_4^2. \quad (7)$$

В найменованих змінних залежності (2-7) набувають вигляду (8-13). Графічне зображення цих залежностей подано на рис. 1-6.

$$y_1 = -96.491 + 0,3372n_1 - 0,858l_1 - 0,000223n_1^2, \quad (8)$$

$$y_2 = -8.808 + 0,0139n_1 + 3.312l_1 - 0,004n_1l_1, \quad (9)$$

$$y_3 = 0.5592 - 0.00116n_1 + 0.802l_1 - 0.112l_1^2, \quad (10)$$

$$y_4 = -21.584 + 0.147n_2 - 0.708l_2 + 0.000132n_2^2, \quad (11)$$

$$y_5 = 0.402 - 0.0001n_2 - 0.14l_2 + 0.052l_2^2, \quad (12)$$

$$y_6 = 0.172 + 0.016n_2 - 0.24l_2 + 0.08l_2^2. \quad (13)$$

Слід зазначити, що в усіх залежностях наявний лінійний вплив вхідних параметрів на відповідний вихідний параметр.

Y1

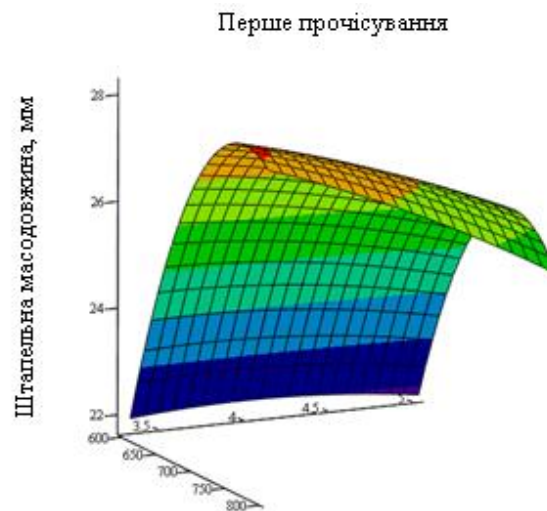


Рис. 1. Залежність штапельної масодовжини лубу від вхідних параметрів при першому прочісуванні

Y2

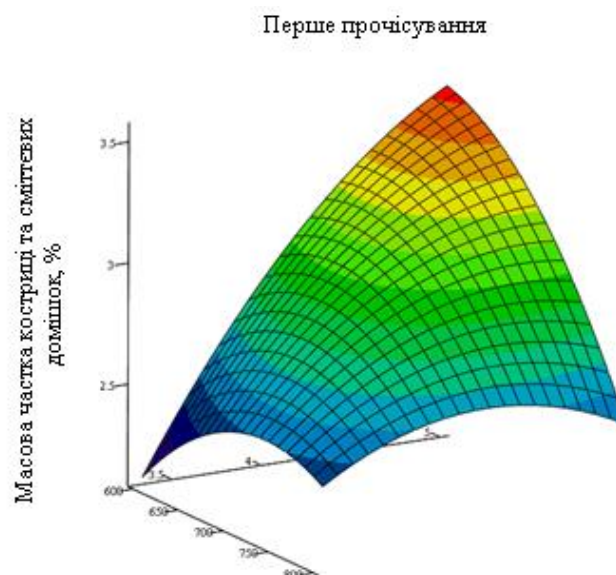


Рис. 2. Залежність масової частки кистриці та смітєвих домішок у лубі від вхідних параметрів при першому прочісуванні

УЗ

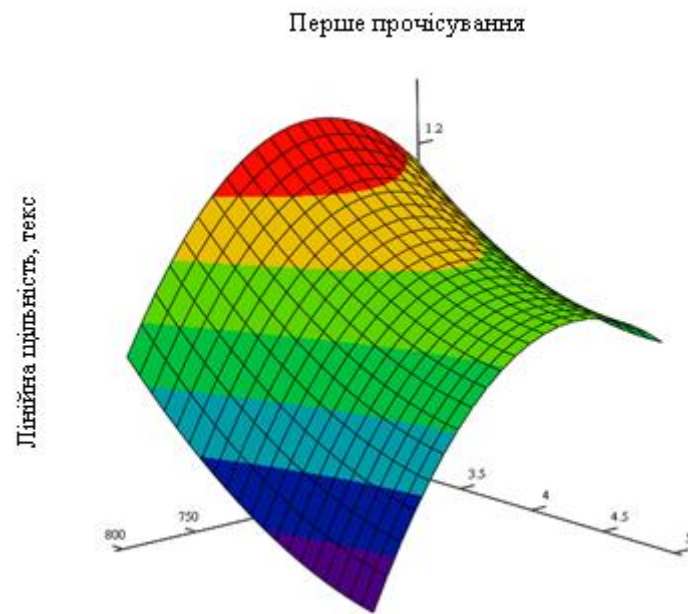


Рис. 3. Залежність лінійної щільності лубу від вхідних параметрів при першому прочісуванні

У4

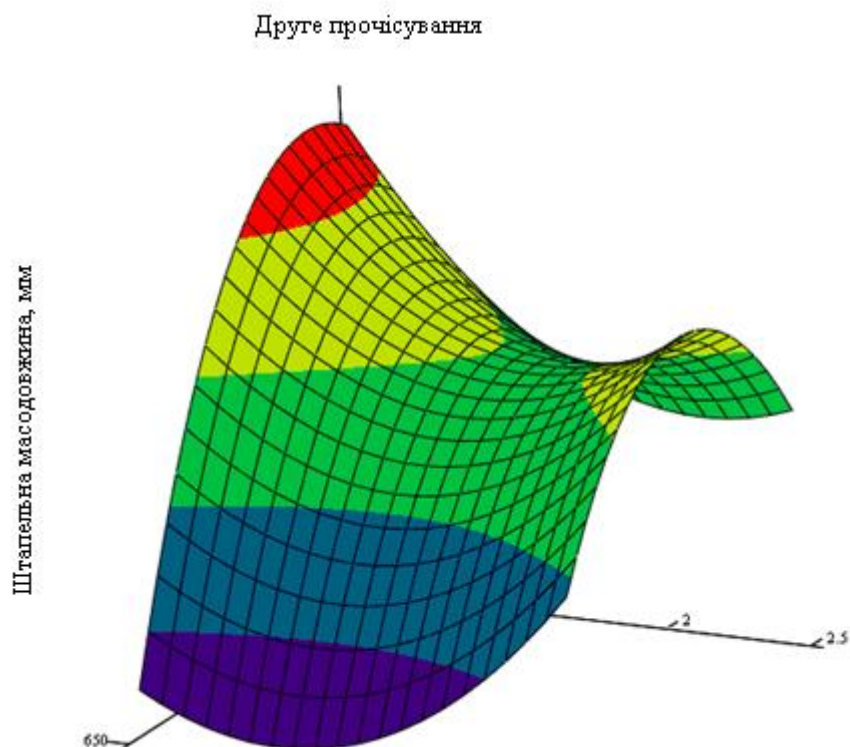


Рис. 4. Залежність штапельної масодовжини лубу від вхідних параметрів при другому прочісуванні

У5

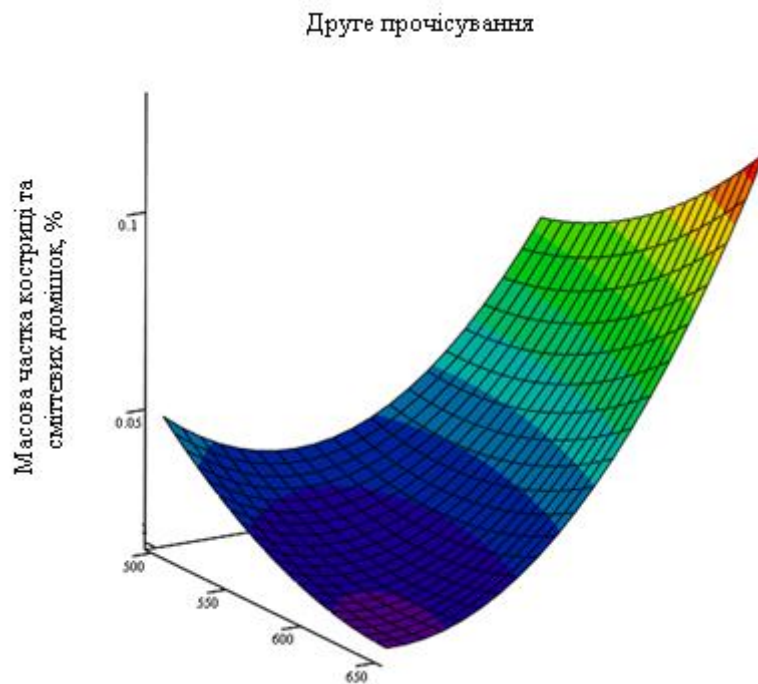


Рис. 5. Залежність масової частки кориці та сміттєвих домішок у лубі від вхідних параметрів при другому прочісуванні

У6

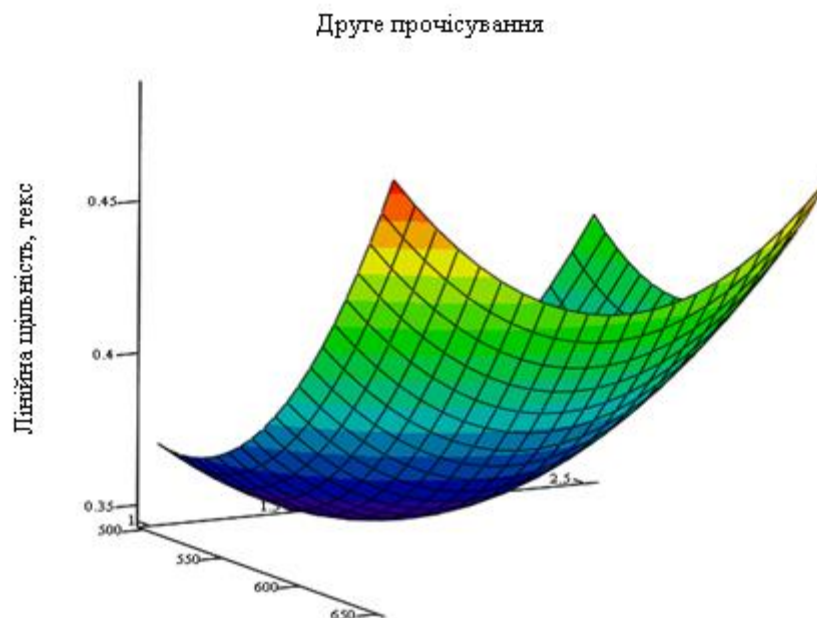


Рис. 6. Залежність лінійної щільності лубу від вхідних параметрів при другому прочісуванні

У залежностях (9, 11-13) спостерігаються ефекти взаємодії впливу вхідних параметрів, що видно з наявності в цих залежностях сумісних добутоків змінних, які відповідають вхідним параметрам. У

більшості рівнянь наявна квадратична залежність вихідного параметра від одного або обох вхідних, що дозволяє надалі будувати математичні залежності іншої, набагато складнішої структури, яка б більшою мірою відповідала існуючим закономірностям перебігу технологічного процесу та враховувала вплив інших вхідних факторів.

Аналізуючи матриці планування експерименту та отримані аналітичні залежності, були визначені оптимальні значення вхідних параметрів, при яких одержують луб льону олійного з найкращими показниками.

Під час першого прочісування при частоті обертання головного барабана 650 хв^{-1} та розведенні 4,0 мм між ним і сміттєвідбійним ножем отримують луб з найгіршими фізико-механічними характеристиками:

- штапельна масодовжина — 23,80 мм;
- масова частка костриці та сміттєвих домішок — 3,15 %;
- лінійна щільність — 1,00 текс.

Якщо ж частота обертання головного барабана зростає до 790 хв^{-1} , а відстань між вище зазначеними робочими органами машини ЧМД-5 дорівнює 4,0 мм, одержують луб з найкращими вихідними параметрами: $y_1 = 26,50 \text{ мм}$, $y_2 = 2,70 \text{ %}$ і $y_3 = 1,08 \text{ текс}$.

У результаті другого прочісування (рис. 4-6) луб з найгіршими характеристиками — $y_4 = 17,50 \text{ мм}$, $y_5 = 0,06 \text{ %}$; $y_6 = 0,40 \text{ текс}$ — отримують при $n_2 = 600 \text{ хв}^{-1}$ і $l_2 = 2,0 \text{ мм}$.

При частоті обертання головного барабана 555 хв^{-1} та розведенні 1,5 мм між ним і сміттєвідбійним ножем одержують луб льону олійного з найкращими фізико-механічними показниками:

- штапельна масодовжина — 18,10 мм;
- масова частка костриці та сміттєвих домішок — 0,01 %;
- лінійна щільність — 0,35 текс.

Висновки

Таким чином, завдяки визначенню оптимальних параметрів процесу чесання на машині ЧМД-5 встановлено частоту обертання головного барабана та відстань між ним і сміттєвідбійним ножем, що дозволить одержувати волокно льону олійного, яке за своїми фізико-механічними властивостями найбільш придатне для використання в технічному текстилі для армування композиційних матеріалів.

Завдяки застосуванню чесання досягнуто високу ступінь очищення лубу від костриці, що є однією із основних стадій підготовки луб'яних волокон для застосування їх як армуючих наповнювачів в композиційних матеріалах.

Додаткове очищення лубу від сміттєвих домішок і костриці за допомогою технологічного процесу подвійного чесання на машинах ЧМД-5 сприяє зниженню вмісту костриці в лубі до 0,01 %, потоншення волокна до 0,35 текс і зменшення його штапельної масодовжини до 18,10 мм.

Високий ступінь очищення лубу та його механічне розволокнення є первинною стадією підготовки лубу до використання його для виготовлення композиційних матеріалів

Список використаної літератури

1. Федосова Н.М. Исследование свойств льна-межуемка и обоснование метода прогнозирования его технологической ценности: дис. ... канд. техн. наук / Федосова Н.М. — Кострома, 2002.
2. Пашин Е.Л. Технологическое качество и переработка льна-межуемка: монография / Е.Л. Пашин, Н.М. Федосова. — Кострома, ВНИИЛК, 2003. — 85 с.
3. Тіхосова Г.А. Розвиток наукових основ технології первинної переробки стебел льону олійного: дис. ... доктора техн. наук: 05.18.01 / Тіхосова Ганна Анатоліївна. — Херсон, 2011. — 387 с.
4. Тіхосова Г.А. Розробка технологічного процесу механічної обробки трестильону олійного / Г.А. Тіхосова, Т.М. Головенко, О.В. Князев // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. Технічні науки. — 2011. — №2. — С. 111-116.
5. Головенко Т.М. Механічна технологія поглибленої переробки трести льону олійного / Т.М. Головенко, І.О. Меньяло, Г.А. Бойко // Перспективи розвитку легкої промисловості: всеукр. наук. конф. молодих вчених, асп. і студ., 26-28 жовтня 2011 р.: доп. — Луцьк, 2011. — С. 49-54.
6. Глушаков С.В. Математическое моделирование: [учебный курс] // С.В. Глушаков, И.А. Жакин, Т.С. Хачиров. - Харьков: Фолио, 2001. — 524 с.
7. Сенкевич А.Ю. Математическое моделирование автоматизированных систем контроля и управления: [метод. указание] / А.Ю. Сенкевич. — Тамбов: Изд-во Тамб. госуд. техн. ун-та, 2004. — 44 с.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: [учеб. пособие для студ. ВТУЗов] / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. — М: Издат. центр «Академия», 2003. — 464 с.

УДК 677.11.021

В.С. ТОЛМАЧОВ

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

М. Б. ЄДИНОВИЧ, Т.О. КУЗЬМИНА

Херсонський національний технічний університет

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОЛЬОРУ ЛЛЯНОГО ВОЛОКНА

У роботі обґрунтовано застосування колірної моделі HSB для визначення координат кольору лляного волокна, на її основі запропоновано новий пристрій для визначення показників кольору лляного волокна (ПВПК-1), викладено принцип його дії та конструктивні особливості, також наведено результати випробувань розробленого приладу із застосуванням еталонних зразків лляного волокна.

Ключові слова: лляне волокно, група кольору, мікроконтролер, прилад, відтворюваність, прецизійність.

В.С. ТОЛМАЧОВ

Глуховский национальный педагогический университет имени Александра Довженко

М. Б. ЕДИНОВИЧ, Т.О. КУЗЬМИНА

Херсонский национальный технический университет

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА

В работе обосновано применение цветовой модели HSB для определения координат цвета лляного волокна, на ее основе предложено новое устройство для определения показателей цвета лляного волокна (ПВПК-1), изложен принцип его действия и конструктивные особенности, также приведены результаты испытаний разработанного прибора с применением эталонных образцов лляного волокна.

Ключевые слова: льяное волокно, группа цвета, микроконтроллер, прибор, воспроизводимость, прецизионность.

V. TOLMACHOV

Hlukhiv National Pedagogical University of Oleksandr Dovzhenko

M. YEDYNOVYCH, T. KUZMINA

Kherson National Technical University

DEVICE FOR DETERMINING THE COLOR INDEXES OF THE FLAX FIBER

In the paper, the use of the HSB color model to determine the coordinates of the color of flax fiber is substantiated. On its basis, a new device for determining the color indexes of the flax fiber (PVPK-1) has been proposed; its operation and design features are described; the results of tests of the developed instrument using reference samples of flax fiber.

Keywords: flax fiber, color group, microcontroller, instrument, reproducibility, precision.

Постановка проблеми

Вхідний контроль якості лляної сировини дозволяє визначати технологічні режими обробки волокна, якісні показники готової продукції та її вартість.

Широке впровадження мікроконтролерів та цифрових технологій дозволяє автоматизувати вимірювання, підвищити достовірність контролю якості льносировини та звести до мінімуму вплив суб'єктивного фактора на результати випробувань.

На сьогоднішній день оцінка якості лляної сировини в Україні проводиться відповідно до чинних державних стандартів [1-3], які передбачають застосування складного лабораторного обладнання або органолептичні способи оцінки якості сировини. Така методика не дозволяє оперативно і точно визначати якісні показники волокна, також негативно впливає на результати суб'єктивності органолептичних методів аналізу, тому існує потреба в простих, точних і надійних приладах для експрес-оцінки якості лляної сировини в умовах виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У текстильній промисловості показники кольору враховуються під час оцінки якості волокна або готової продукції. Відомо, що природне забарвлення волокна льону та інших луб'яних культур є дуже різним. Волокна льону можуть мати сріблясто-сірий, тютюновий, зелений та жовтий кольори. Колір безпосередньо не відноситься до прядильних властивостей волокна, але під час органолептичної оцінки

перевагу віддають світло-сірим і сірим волокнам, і значно нижче оцінюють темне, зелене та жовте волокно.

Пояснюється це встановленим зв'язком між кольором волокна й вмістом інкрустуючих речовин, що характеризується ступенем його одерев'яніння: чим світліше волокно, тим нижче вміст лігніну та інших інкрустуючих речовин, тобто волокно буде гнучкішим і міцнішим [4-6].

Під час вибілювання лляної пряжі та тканин волокна різних кольорів поведуться по-різному: світлі волокна вибілюються швидше, а для темних необхідна більша тривалість і концентрація розчинів, що в подальшому негативно впливає на міцність пряжі. Особливо шкідливою є строкатість волокна за кольором. Під час вибілювання волокна різного кольору та відтінку відбілюються неоднаково, тому в цьому випадку одержують строкату пряжу і може переходити на готові вироби.

Таким чином, колір є важливим технологічним показником якості тіпаного волокна льону, соломи та трести [1,7]. Відомі роботи з дослідження зв'язку між кольором лляного волокна та його фізико-механічними характеристиками [4-6]. Важливим завданням є визначення групи кольору луб'яних волокон. Колір льоноволокна визначається за допомогою кількох методів – органолептичного, спектрофотометричного та фотоелектричного, які можна віднести як до експрес, так і до фізичних методів.

Для визначення кольору органолептичним методом лляне волокно поділяють на чотири групи. До 1-ої групи відносять зелене та буре волокно, до 2-ої – жовте, сіре із зеленим відтінком і темно-сіре із зеленим відтінком, до 3-ої – сіре та темно-сіре, а до 4-ої групи – світло-сіре волокно.

У текстильній промисловості вимірювання кольору забарвлених матеріалів здійснюється спектрофотометричним і фотоелектричним методами. Відповідно до цих методів використовуються спектроколориметри типу «Радуга-1» та компаратори кольору ЕКК і КК. Ці прилади відрізняються як за точністю вимірювання, так і за чутливістю до малих колірних відмінностей. Однак ці прилади призначені для використання в лабораторних умовах і через їхні габарити непридатні для застосування у виробничих умовах.

Існує багато пристроїв, розроблених різними фірмами-виробниками (рис. 1), що використовуються для фотометричних та спектрофотометричних досліджень, але вони непридатні для контролю якості лляної сировини.



Рис. 1. Лабораторні фотометри та спектрофотометри:
1 – БіАн (Росія); 2 – SPECTRAmax Plus (Molecular Devices, LLC, США);
3 – Photometer 5010 ROBERT RIELE GmbH, Німеччина); 4 – StatFax 1904 Plus (AWARENESS TECHNOLOGY INC, США); 5 – Уніплан (Росія)

Формулювання мети дослідження

Удосконалення стандартних методів визначення показників якості лубоволокнистої сировини, та розробка нового пристрою для вимірювання колірних показників.

Викладення основного матеріалу дослідження

Для опису характеристик кольору на практиці використовують різні колірні моделі, до яких можна віднести RGB, HSL, CIELAB, HSV та інші. Ці моделі представляють показники кольору у вигляді відповідних координат.

Модель RGB прийнята у якості стандартної Міжнародною комісією з освітлення (МКО) [8-9]. На її основі можуть бути обчислені координати кольору будь-якого випромінювання, заданого своїм спектральним складом, а також можна обчислити координати будь-якого кольору в іншій колірній системі, опорні кольори якої задані в системі RGB. Основним недоліком даної моделі є апаратна залежність.

Для опису координат кольору лляного волокна була обрана модель HSL, як апаратно-незалежна та сумісна зі стандартами органолептичної оцінки якості волокна.

Схема моделі HSB зображена на рис. 2. Вона може застосовуватися як для адитивних, так і для субстративних кольорів. Ця модель отримала назву за першими літерами англійських слів: hue – колірний тон, saturation – насиченість, brightness – яскравість. Вона добре узгоджується зі сприйняттям

людини, тому що колірний тон є еквівалентом довжини хвилі світла, насиченість – інтенсивності хвилі, а яскравість – кількості світла.

Значення відтінку виражене у куті повороту радіус-вектора H . Червоний колір відповідає 0° , жовтий – 60° , зелений – 120° , блакитний – 180° , синій – 240° , пурпуровий – 300° .

Величина насиченості описується як довжина радіуса-вектора. Чим менш насиченим є колір, тим ближче до центра кола розташовується координата. Центр кола відповідає чорному кольору. Насиченість вимірюється у відсотках: мінімальна насиченість дорівнює 0, максимальна – 100.

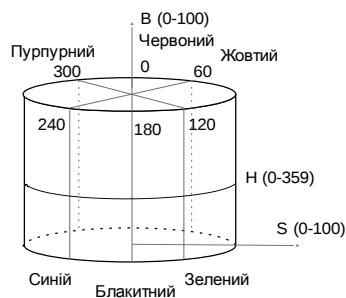


Рис. 2. Схема розподілу інформації про колір у моделі HSB

Для врахування яскравості в моделі додана третя координата V . Увесь колірний простір системи HSB можна уявити у вигляді сукупності колірних кіл, кожне з яких відповідає своєму значенню яскравості. Яскравість змінюють у відсотках у діапазоні від 0 до 100.

Система HSB є абстрактною. Це означає, що немає таких апаратних пристроїв, які синтезують колір у цій системі. Не існує й прямої процедури вимірювання колірного тону та насиченості. Згідно з будь-яким методом спочатку вимірюються червона, синя й зелена складові, які потім перераховуються в координати HSB.

За результатами аналізу стандартних методик визначення колірних властивостей лляних волокон та конструкцій пристроїв для визначення цих властивостей було створено цифровий автономний пристрій, який дозволяє визначити показники кольору досліджуваного зразка, розрахувати координати кольору у форматах RGB і HSB, визначити рівномірність колірного забарвлення та рівень білості досліджуваного матеріалу.

Для визначення показників кольору лляного волокна було розроблено пристрій ПВПК-1 (рис. 3). Принцип дії розробленого приладу ґрунтується на вимірюванні за допомогою фотодатчика інтенсивності базових складових світла, відбитого від поверхні досліджуваного матеріалу, у системі RGB.

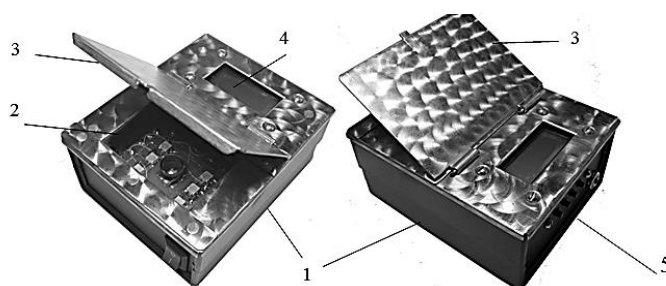


Рис. 3. Зовнішній вигляд пристрою ПВПК-1:

**1 – корпус; 2 – вимірювальна камера; 3 – захисна кришка; 4 – цифровий дисплей;
5 – панель керування**

Пристрій складається з пластикового корпусу 1, у середині якого знаходяться електронна схема, цифровий дисплей 4, оптичний блок та джерело світла. На зворотному боці знаходиться панель керування 5. Зверху під захисною кришкою 3 розташована вимірювальна камера 2.

Для визначення показника кольору необхідно щільно заповнити вимірювальну камеру 2 рівномірним шаром волокна масою 20 г та довжиною не менше ніж 85 мм, дотримуючись паралельного розташування волокон. Нормовану масу, довжину зразку волокон а також кількість повторюваностей вимірювань встановлено за результатами досліджень. Для одержання об'єктивних результатів вимірювання необхідно підготувати 3 проби волокна і кожну пробу піддати аналізу з обох сторін та у

трьох зонах: верхівковій, середній, прикореневій. За остаточний результат вимірювань приймається середнє значення за кожною координатою кольору.

Вимірювальну камеру з вкладеним зразком накривають захисною кришкою 3. Потім треба увімкнути пристрій та за допомогою кнопок панелі керування 5, вибрати необхідний режим і виконати вимірювання. На цифровому дисплеї з'являться значення координат кольору у форматі HSB, а в разі потреби, скориставшись панеллю керування, можна вивести на цифровий дисплей координати кольору у форматі RGB та значення інтенсивності відбитого світла I .

Конструкцію чутливого елемента пристрою для вимірювання показників кольору лляного волокна (ПВПК-1) представлено на рис. 4.

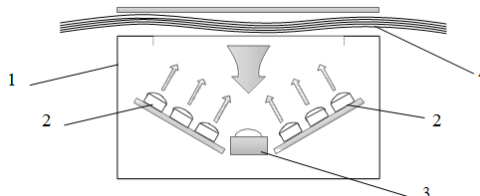


Рис. 4. Схема пристрою ПВПК-1:

1 – корпус; 2 – RGB-світлодіоди; 3 – фоторезистор; 4 – досліджуваний матеріал

Пристрій реалізовано на однокристальному мікроконтролері з RISC архітектурою Atmega 8 (рис. 5). У приладі для освітлення поверхні досліджуваного зразка використовуються спеціальні RGB-світлодіоди з фіксованими спектральними характеристиками. Сигнал фоторезистора, який послідовно вимірює інтенсивність червоного, зеленого й синього світлових потоків, відбитих від досліджуваного матеріалу, надходить на вхід АЦП мікроконтролера, де обробляється згідно з розробленим алгоритмом і виводиться на цифровий індикатор. Кнопки S1 – S4 призначені для вибору режимів роботи пристрою.

При роботі у режимі RGB на індикатор виводяться значення інтенсивностей червоного, зеленого та синього кольорів а також обчислена за формулою (1) інтенсивність відбитого світла, враховуючи співвідношення між інтенсивністю базових кольорів за стандартами телебачення [10]:

$$Y = 0,299 \cdot R + 0,587 \cdot G + 0,112 \cdot B. \quad (1)$$

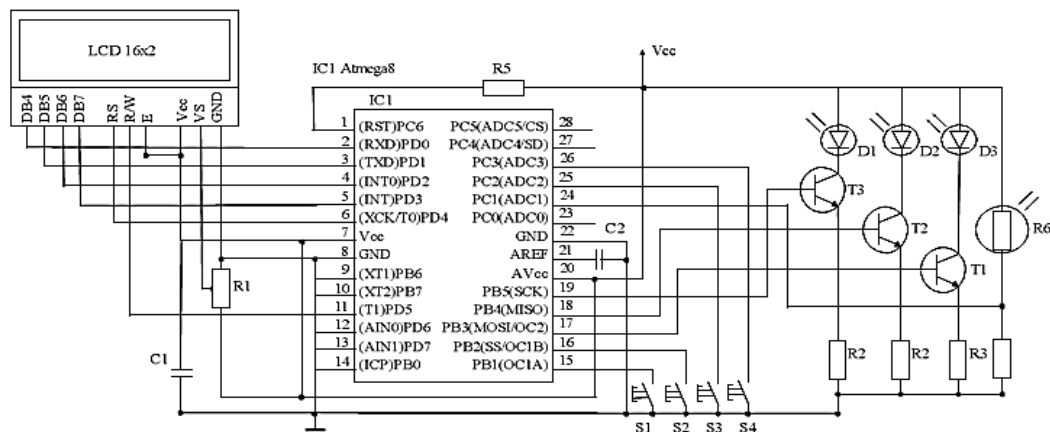


Рис. 5. Електрична принципова схема ПВПК-1

Для перетворення отриманих координат кольору з RGB в HSB у розробленому пристрої застосовується стандартний алгоритм [11]. У режимі HSB на індикатор виводяться значення відтінку H , насиченості S і яскравості B .

Відповідно до ДСТУ 4015-2001 колір волокна поділяється на чотири групи. Для зручності групи кольору, які містять у своєму описі кілька кольорів, було поділено на підгрупи. У результаті отримано табл. 1, на основі якої визначено перелік кольорів, що використовуються під час оцінювання лляного волокна.

Таблиця 1

Групи кольору згідно з ДСТУ 4015-2001 та їх розподіл на підгрупи

Група кольору	Підгрупа кольору	Опис кольору
I	a	Бурий
	b	Зелений
II	a	Жовтий
	b	Жовтий з відтінками
	c	Сірий з відтінками
	d	Темно-сірий з відтінками
III	a	Сірий
	b	Темно-сірий
IV	a	Світло-сірий

У ході випробувань ПВПК-1 були визначені граничні значення координат S і B колірної моделі HSB, оскільки волокно відбиває менше світла, ніж попередньо досліджувані, еталони кольорів. Під час дослідження були проаналізовані стандартні зразки (еталони) довгого тіпаного волокна, що відповідають ГОСТ 2975-73 «Треста льняная. Технические условия» та ДСТУ 4149:2003 «Треста льняная. Технические условия». У результаті отримали середні значення координат кольору та групу кольору тих еталонів, які за описом відповідають вищезазначеним стандартам. Для ідентифікації еталонів їх було позначено як E_1 – E_{14} (табл. 2).

Таблиця 2

Опис показників кольору еталонів волокна

Номер етал.	Визначені показники кольору						група кольору
	середні значення координат кольору у форматі RGB			середні значення координат кольору у форматі HSB			
	$\overline{X_R}$	$\overline{X_G}$	$\overline{X_B}$	$\overline{X_H}$	$\overline{X_S}$	$\overline{X_B}$	
E ₁	91	76	48	39	47	36	1
E ₂	63	40	22	26	65	25	2
E ₃	137	116	90	33	34	54	2
E ₄	91	81	57	41	37	36	2
E ₅	106	96	79	44	25	42	2
E ₆	133	125	100	45	25	52	2
E ₇	87	82	64	47	26	34	2
E ₈	30	26	18	40	40	12	2
E ₉	74	69	51	47	31	29	2
E ₁₀	58	58	46	60	21	23	3
E ₁₁	95	91	76	47	20	37	3
E ₁₂	117	109	90	41	23	46	4
E ₁₃	122	122	103	60	16	48	4
E ₁₄	118	117	100	57	15	46	4

За отриманими даними було побудовано точкову діаграму (рис. 6), на якій видно розподіл зразків волокна за групами кольору, описаними у ДСТУ 4015-2001 [3], та визначено межі розподілу запропонованого простору колірної моделі (рис. 6). Отримані межі мають числові значення: $S_0 = 0-24$, $S_1 = 24-34$, $S_2 = 34-44$, $S_3 = 44-100$, $B_0 = 0-25$, $B_1 = 25-45$, $B_2 = 45-100$.

Ступінь відтворюваності та прецизійності запропонованого пристрою оцінено згідно з чинною методикою [12]. Оцінка стабільності результатів вимірювання показника кольору здійснена із застосуванням карт Шухарта [13].

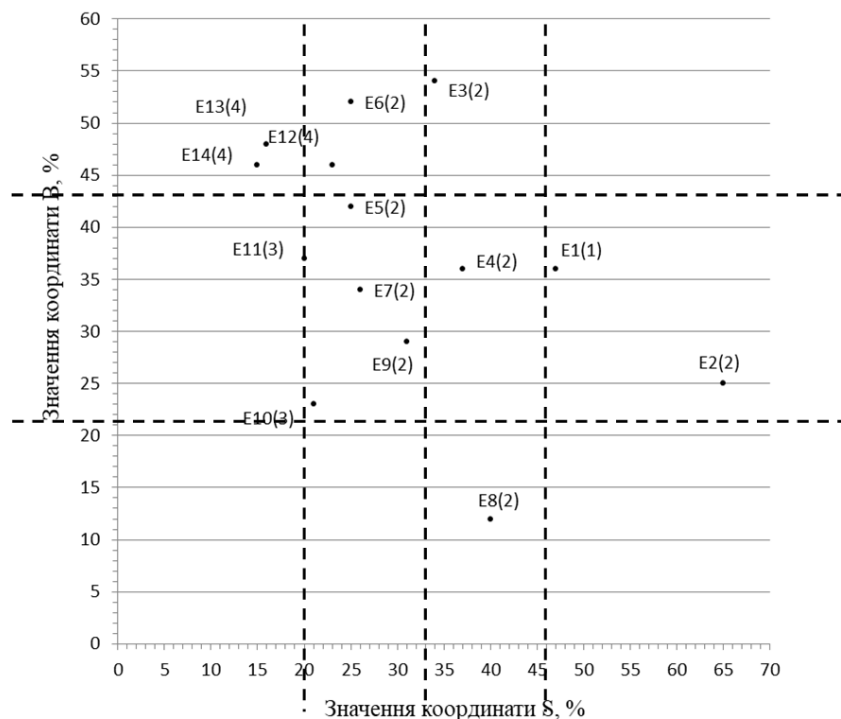


Рис. 6. Розподіл еталонів у колірному просторі SB (у дужках вказана група кольору)

Висновки

1. Запропонована колірна модель HSB (тон-насиченість-яскравість) є придатною для опису координат кольору льняного волокна, оскільки дана модель є апаратно-незалежною, тобто не прив'язаною до приладів, в яких вона застосовується. Це дозволяє чітко визначити групу кольору дослідного зразка за отриманими координатами.

2. Експериментальні дослідження підтвердили доцільність використання пристрою ПВПК-1 в процесі оцінювання якості льняних волокон за розробленими методиками. Новизна технічних рішень, запропонованих під час розробки пристрою ПВПК-1 підтверджена патентом України [14] та апробацією у виробничих умовах.

3. Для застосування пристрою ПВПК-1 у виробництві необхідно покращити його експлуатаційні характеристики – забезпечити виведення на дисплей групу кольору волокна, визначену стандартом, а не координати кольору RGB чи HSB.

Список використаної літератури

1. Треста льяна. Технічні умови: ДСТУ 4149:2003. – [Чинний від 2003-02-24]. – К.: Видництво стандартів, 2004. – 14 с. – (Національний стандарт України).
2. Волокно льяне коротке. Технічні умови: ДСТУ 5015:2008. – [Чинний від 2003-02-24]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 10 с. – (Національний стандарт України).
3. Льон тіпаний. Технічні умови: ДСТУ 4015-2001. – [Чинний від 2001-03-30]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 12 с. – (Національний стандарт України).
4. Куликов А.В. Определение взаимосвязи свойств трепаного льняного волокна с его цветом / А.В. Куликов, Е.Л. Пашин, А.Е. Виноградова // Технология текстильной промышленности. – 2004. – № 1 (276). – С. 8.
5. Крагельский И.В. Совершенствование инструментального метода определения качества льняной тресты / И.В. Крагельский, Т.А. Кудряшова // Труды ВНИИЛ. – Торжок, 1990. – Вып. 26. – С. 130-132.
6. Кудряшова Т.А. Разработка инструментального метода оценки льносырья по цвету: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.19.02 «Первичная обработка текстильного сырья» / Т.А. Кудряшова. – Кострома, 1991. – 17 с.
7. Тімонін М.О. Удосконалена методика технологічної оцінки льняної соломи з агротехнічних і селекційних дослідів / М.О. Тімонін, Ю.В. Мохер, Р.Н. Гілязетдінов. – Глухів: Інститут луб'яних культур УААН, 2001. – 14 с.

8. Юстова Е.Н. Таблицы основных колориметрических величин / Е.Н. Юстова. – М.: Изд-во стандартов, 1967. – 35 с.
9. Vos J.J. Colorimetric and photometric properties of a 2-degree fundamental observer / J.J. Vos // Color Res. Appl. – 1978 – V.3. – P.125-128.
10. Смирнов А.В. Основы цифрового телевидения: [учебн. пособ.] / А.В. Смирнов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 224 с.
11. Mark D. Fairchild, Color Appearance Models, 3rd Ed. Wiley-IS&T, Chichester, UK, 2013. – 472 p.
12. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений: ГОСТ Р ИСО 5725-2-2002. – [Введен 2002-11-01]. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 62 с. – (Межгосударственный стандарт).
13. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта: ГОСТ Р 50779.42-1999. – [Введен 2000-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 32 с. – (Межгосударственный стандарт).
14. Пат. 76375 Україна, МПК G 01 N 33/36. Спосіб визначення якості льоносировини / Толмачов В.С., Кузьміна Т.О.; № u2012 00907; заявл. 30.01.12; опубл. 30.01.13, Бюл. № 1.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 658.51/677.11.021

Н.А. КРУГЛА

Херсонський національний технічний університет

ІТ-ТЕХНОЛОГІЇ У СТВОРЕННІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ЛУБ'ЯНОЇ СИРОВИНИ

У даній роботі наведені результати розробки формалізованої схеми управління технологічними процесами первинної переробки луб'яної сировини з метою одержання волокна та костри. Здійснення глибокого аналізу факторів, які впливають на характер процесів технології переробки лляної сировини, з позицій теорії управління дозволило запропонувати узагальнену схему системи управління технологією первинної переробки стебел лляної соломи або трести.

Ключові слова: системи управління, луб'яна сировина, формалізована схема.

Н.А. КРУГЛАЯ

Херсонский национальный технический университет

ІТ-ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛУБЯНОГО СЫРЬЯ

В данной работе приведены результаты разработки формализованной схемы управления технологическими процессами первичной переработки лубяного сырья с целью получения волокна и костры. Осуществление глубокого анализа факторов, влияющих на характер процессов технологии переработки льняного сырья, с позиций теории управления позволило предложить обобщенную схему системы управления технологией первичной переработки стеблей льняной соломы или тресты.

Ключевые слова: системы управления, лубяное сырье, формализованная схема.

N.A. KRUGLAYA

Kherson National Technical University

IT-TECHNOLOGIES IN CREATION OF MANAGEMENT SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PRIMARY PROCESSING OF LUMBER RAW MATERIALS

In this paper, the results of the development of a formalized control scheme for technological processes of primary processing of basted raw materials for the purpose of obtaining fiber and bonfires are presented. Realization of the deep analysis of the factors influencing the character of the processes of the processing technology of flax raw materials, from the viewpoint of the control theory, made it possible to propose a generalized scheme of a control system for the technology of primary processing of flax straw stems or trusts.

Keywords: control systems, basted raw materials, formalized scheme.

Постановка проблеми

Параметри і режими технологічного процесу одержання високоякісного лляного волокна в процесі механічного оброблення стебел трести визначаються за результатами експериментальних досліджень впливу фізико-механічних характеристик стебел: їх діаметра, довжини, розривного навантаження лубу на тиск м'яльних вальців, лінійної швидкості руху шару сировини в робочих органах м'яльно-тіпальних агрегатів, набору вальців у м'яльній машині і т. ін. Таким чином, визначення оптимальних режимів і параметрів перероблення стебел соломи і трести є доволі довготривалим і трудомістким процесом.

Для спрощення оптимізації технологічних процесів перероблення стебел трести і соломи необхідне створення системи автоматичного управління технологічними процесами одержання волокна та костри з позицій теорії управління технологічними процесами з використанням і-т технологій [1]. Тому, розроблення системи управління технологією переробки стебел лляної соломи і трести у готову продукцію є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомі дослідження з напряму формалізації та керування процесом визрівання лляної соломи, наведені професором Рогальським Ф.Б., висвітлюють основні теоретичні аспекти, які необхідно визначати для створення систем автоматичного управління технологічними процесами [1-3]. Саме цей

підхід було використано в даній статті для створення узагальненої схеми управління технологічним процесом механічної первинної переробки стебел соломи і трести на волокно і костру.

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є створення узагальненої системи управління технологічними процесами одержання лляного волокна і костри зі стебел лляної сировини, яка включає об'єкт управління, директивний блок, блок зворотного зв'язку, оперативний блок.

Викладення основного матеріалу дослідження

Початкова позиція при розробці концепції розв'язання ситуаційних задач управління полягає в наступному: ситуація може вважатися розв'язаною лише в тому випадку, якщо здійснена розробка і реалізація управлінських рішень, що ліквідують той стан виробничої організації, її елементів і незалежних елементів, які складаються з фізико-механічних параметрів стебел сировини, що зв'язується з поняттям проблемної ситуації. Суть пропонованої в цьому зв'язку концепції розв'язання ситуаційних задач управління полягає в наступному: кожному типу конкретної ситуації, що виникає у виробничій організації, повинні відповідати своя послідовність процедури управління з її інформаційним забезпеченням, специфічні форми взаємодії елементів виробничої організації, свої критерії і методи прийняття рішень, а також свої об'єкти реалізації управлінських впливів. Тим самим забезпечується можливість адаптації структури управління до динамічно мінливих умов функціонування виробничої організації, властивостей сировини і їхніх елементів. Таким чином, концепція полягає в розробці комплексу методів і засобів, спрямованих на виявлення і рішення проблем, що виникають на всіх етапах функціонування виробничої організації. Ці методи і засоби включають класифікатор управлінських ситуацій, типологію процедур управління, структуру системи інформаційного забезпечення тощо.

Розробка основних положень концепції в теоретичному і методичному плані повинна здійснюватися в такий спосіб. По-перше, необхідно досліджувати причини і джерела виникнення ситуацій, а також об'єкти, на які можуть бути спрямовані управлінські впливи з метою розв'язання ситуацій. По-друге, необхідно розробити методи формування процедур управління, адекватні цілям розв'язання всієї сукупності ситуацій і відповідні циклам управління. По-третє, необхідно виявити послідовність, обсяг і змістовну розмаїтість інформаційних процесів, здійснюваних у рамках процедур розв'язання ситуацій, тому що вони повинні бути основою для розробки системи інформаційного і технічного забезпечення процесів розв'язання ситуаційних задач управління.

Для створення автоматизованих систем управління технологічними процесами одержання волокна та костри зі стебел луб'яних культур розроблено формалізовану схему всього циклу технологічних стадій первинної переробки стебел соломи льону в готову продукцію, яка наведена на рис.1.

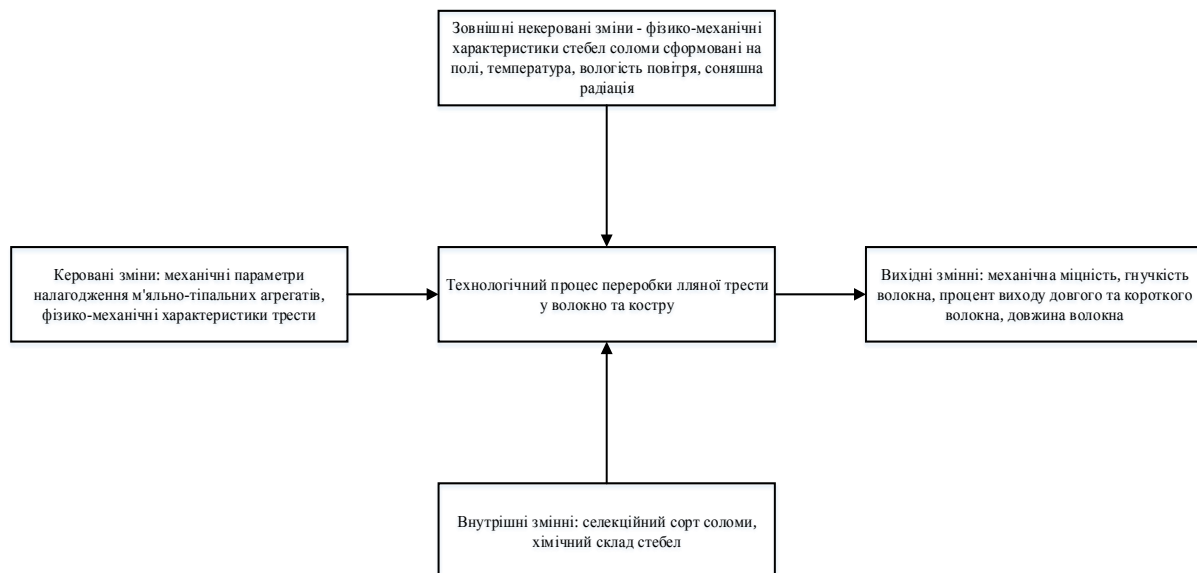


Рис. 1. Формалізована схема технологічного процесу первинної переробки стебел соломи у волокно і костру

Наведена формалізована схема відображає технологічний процес отримання зі стебел соломи льону довгунця волокна і костри.

Система управління технологічним процесом отримання готової продукції зі стебел соломи льону-довгунця повинна забезпечити виконання основних завдань виділення волокна і костри при використанні непрогнозованих значень фізико-механічних показників стебел лляної соломи; керованих факторів-параметрів і режимів механічного оброблення стебел трести льону-довгунця на м'яльно-тіпальному обладнанні.

Ця схема відображає технологічний процес первинної переробки стебел льону, отримання з них трести, волокна і костри.

Система управління таким процесом повинна забезпечити виконання поставлених задач при використанні непрогнозованих значень факторів фізико-механічних параметрів стебел лляної соломи.

Здійснення глибокого аналізу структури факторів, які впливають на характер процесів технології переробки лляної сировини, з позицій теорії управління дозволило запропонувати узагальнену схему системи управління технологією первинної переробки стебел лляної соломи або трести. (рис. 2).

До узагальненої схеми системи управління технологічним процесом одержання лляного волокна і костри шляхом механічного оброблення стебел соломи на м'яльно-тіпальному обладнанні входять наступні блоки:

- об'єкт управління (технологічний процес);
- директивний блок;
- блок зворотного зв'язку;
- оперативний блок.

Об'єкт управління на підставі керуючих впливів та впливу властивостей сировини, здійснює, виходячи з наявних ресурсів, перебудову свого внутрішнього стану. Одночасно змінюється матеріальний вплив на параметри та режими налагодження м'яльно-тіпальних машин та надається необхідна інформація для системи прогнозування якості готової продукції: волокна і костри.

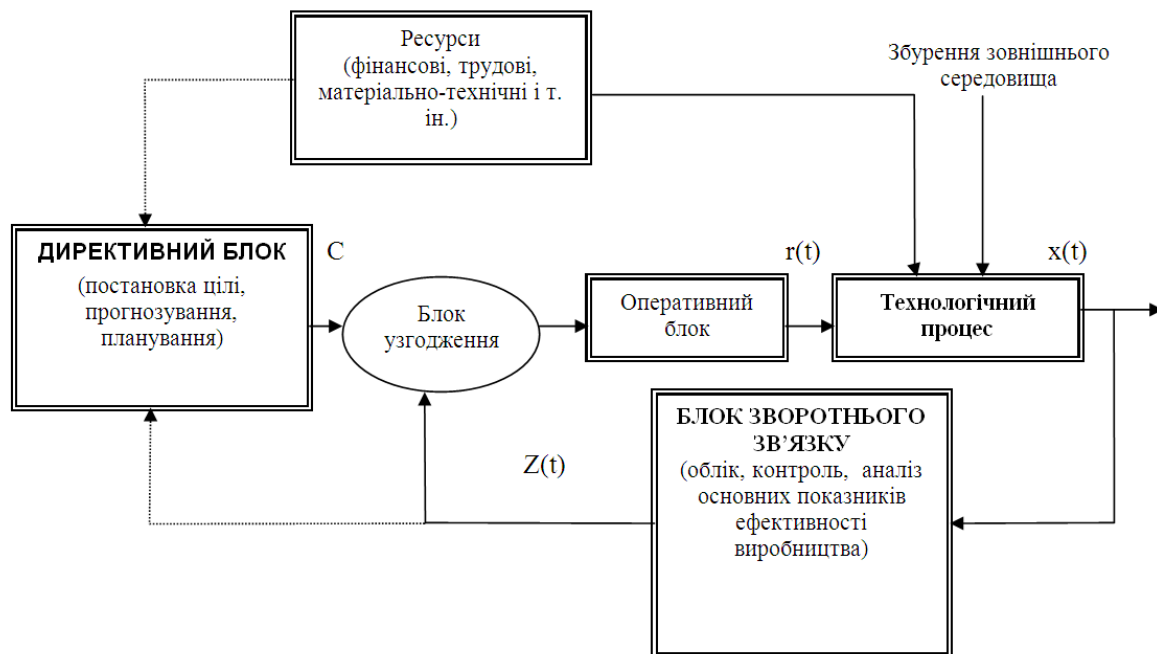


Рис. 2. Узагальнена схема системи управління технологією перероблення лляної сировини у волокно і костру

Директивний блок на підставі інформації, що надходить від блоку зворотного зв'язку із фізико-механічними властивостями сировини й об'єкта управління, видає для оперативного блоку інформацію про теперішнє і майбутнє налагодження параметрів механічного оброблення стебел соломи чи трести й об'єкту управління, та надає ймовірне уявлення про теоретично можливий вихід лляного волокна, який забезпечується ресурсами обладнання м'яльно-тіпальних агрегатів та властивостями сировини, наявністю інших збурюючих факторів.

Блок зворотного зв'язку на підставі інформації, що надходить від об'єкта управління в поточний момент часу, проводить аналіз поточного стану технологічного процесу механічного оброблення стебел соломи.

Узгодження інформації, що надходить із попередніх двох блоків здійснюється у блоці узгодження.

Процес формування керуючих впливів для об'єкту управління здійснюється в оперативному блоці на підставі інформації, що надходить із директивного блоку та блоку зворотного зв'язку. Тут приймається оперативне рішення щодо розробки нових чи дотримання існуючих керуючих впливів.

Система управління завжди повинна досягати мети управління – С. Стан управління характеризують вихідні показники - $x(t)$ об'єкту управління, зовнішні збурення, що впливають на об'єкт – $F(t)$, до них відносять, наприклад, погодні умови; $r(t)$ – це змінні управління: наприклад, ворущіння, вплив сонячного світла та аерація; $z(t)$ – змінні стану об'єкту, що пройшли попередню обробку в блоці зворотного зв'язку.

Розглянемо ці змінні як компоненти багатовекторних функцій:

$$\vec{X}(t) = \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \dots \\ \dots \\ x_n(t) \end{pmatrix}; \vec{F}(t) = \begin{pmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ \dots \\ \dots \\ f_n(t) \end{pmatrix}; \vec{R} = \begin{pmatrix} r_1(t) \\ r_2(t) \\ \dots \\ \dots \\ r_n(t) \end{pmatrix}; \vec{Z}(t) = \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \\ \dots \\ \dots \\ z_n(t) \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Відповідно ці вектори мають назви векторів станів, збурень, управління та спостереження. Задачею аналізу об'єкта управління тобто техніко-економічних показників технологічного процесу є визначення параметрів векторів $\vec{F}(t)$, $\vec{R}(t)$, при яких вектор $\vec{X}(t)$ приймає оптимальні значення. Саме в цьому випадку досягається запланована мета управління.

Як відомо, стан керованої системи є функцією її початкового стану $x_i(t_0)$ і векторів $r_i(t_0)$, $f_i(t_0)$, де t_0 – початок технологічного процесу (його техніко-економічні показники на початок планового періоду). Це дозволяє подати рівняння стану системи у вигляді:

$$\vec{X}_i(t) = \vec{X}_i \{ \vec{X}(t_0); \vec{R}(t_0, t); \vec{F}(t_0, t) \} \quad (2)$$

де $i=1,2,\dots,n$; n – кількість техніко – агрономічних показників технологічного процесу. Тобто можливий розподіл (декомпозиція) керованої системи на n пов'язаних між собою підсистем.

Розроблена узагальнена схема системи управління технологічними процесами механічного оброблення лляної сировини у волокно і костру дає можливість провести декомпозицію керованої системи на n пов'язаних між собою підсистем.

Наявність збурень технологічного характеру та умов, коли заздалегідь не відомі значення фізико-механічних параметрів лляного волокна, одержаного в процесі механічної обробки, в майбутньому призводить до необхідності розв'язання задачі синтезу управління в два етапи: побудови планового (ідеального) процесу, що відповідає вимозі оптимального задоволення цілей виробництва лляного волокна за різних фізико-механічних параметрів сировини; визначення керуючих впливів, що реалізують запланований технологічний процес. Ці два етапи називаються «планування» і «регулювання» [3-4].

Планування трактується як визначення оптимальної програмної траєкторії системи на конкретний період часу, а регулювання – як призначення керуючих впливів, що спрямовані на усунення дестабілізуючих впливів випадкових збурень, що зміщують керовану систему відносно оптимальної програмної траєкторії [5-6].

Таким чином, інформація про ситуацію, склалась на момент часу t , повинна передаватись в модель прийняття рішень, яка використовується для коригування моделі керованого об'єкту.

Висновки

Для побудови моделі технологічного процесу переробки лляної соломи на волокно і костру, оскільки природа таких об'єктів досить складна, повинні бути використані статистичні методи. За їх допомогою необхідно аналізувати результати лабораторних і виробничих експериментів, в результаті аналізу буде одержано залежності між вхідними і вихідними параметрами. В роботі визначено залежності якості лляного волокна від параметрів технології механічного перероблення стебел лляної сировини. В подальших дослідженнях будуть визначені план досліджень, який складається із постановки експерименту з метою отримання регресійних моделей залежності основних показників якості волокна від параметрів та режимів механічного перероблення лляної сировини, створення математичної моделі

технологічного процесу одержання лляного волокна, алгоритму управління технологічним процесом і розробки програмованої технології одержання лляного волокна у виробничих умовах.

Список використаної літератури

1. Круглий Д.Г., Рогальський Ф.Б. Особливості формалізації та керування процесом визрівання лляної соломи // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. - 2000. - №2 (7). - С. 94-99.
2. Круглий Д.Г. Інформаційне забезпечення прийняття рішень при керуванні процесом одержання лляної трести розстилом // Вестник ХГТУ. - 2001. - №1(10). - С. 241-245.
3. Рогальський Ф.Б., Дурман Н.А. Информационное обеспечение принятия решений в производственных системах. // ААЕКС. – Херсон. – 1997. - № 1. С. 84 – 101.
4. Рогальський Ф.Б., Дурман Н.А. Информационная поддержка принятия решений при непрогнозируемых изменениях внешних условий. Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. 1998. № 1. С. 228 – 283.
5. Дурман М.О., Рогальський Ф.Б. Моделювання технологічних процесів у виробництвах агропромислового комплексу. – Вісник ХНТУ. 1999. № 3 (6). С. 195 – 199.
6. Рогальський Ф.Б., Моргунова Т.І. Теоретичне обґрунтування необхідності комп'ютеризації управління виробництвом. Легка промисловість. 1999. № 3. С. 22 – 23.
7. Рогальський Ф.Б. Информационные технологии в ситуационном управлении производственно-экономическими системами. Вестник ХГТУ. 2000. № 1 (7). С. 110 – 116.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ І
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І
ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

УДК 697.133

Д.М.СТЕПАНЧИКОВ

Херсонський національний технічний університет

**АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ
НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

У статті наведено результати успішного застосування нечіткої логіки для покращення робочих характеристик і керованості вітроенергетичної установки змінної швидкості. Вихідна потужність повітряної турбіни нелінійно залежить від швидкості вітру, швидкості обертання вітроколеса і кута повороту лопатей. Контролери на основі нечіткої логіки застосовано з боку ротора для керування потужністю повітряної турбіни. Усі компоненти вітроенергетичної установки і система керування на основі нечіткої логіки змодельовані у MATLAB. Застосовано і детально проаналізовано три алгоритми нечіткого виводу (Мамдані, Сугено і Ларсена). Результати моделювання довели відмінні робочі характеристики нечіткого керування для покращення якості виробленої потужності і стабільності роботи повітряної турбіни.

Ключові слова: нечітка логіка, кут повороту лопаті, відслідковування точки максимальної потужності, повітряна турбін.

Д.М. СТЕПАНЧИКОВ

Херсонский национальный технический университет

**АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ
НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

В статье приведены результаты успешного применения нечеткой логики для улучшения рабочих характеристик и управляемости ветроэнергетической установки переменной скорости. Выходная мощность воздушной турбины нелинейно зависит от скорости ветра, скорости вращения ветроколеса и угла поворота лопастей. Контроллеры на основе нечеткой логики применены со стороны ротора для управления мощностью воздушной турбины. Все компоненты ветроэнергетической установки и система управления на основе нечеткой логики смоделированы в MATLAB. Применены и детально проанализированы три алгоритма нечеткого вывода (Мамдани, Сугено и Ларсена). Результаты моделирования доказали наилучшие характеристики нечеткого управления для улучшения качества вырабатываемой мощности и стабильности работы воздушной турбины.

Ключевые слова: нечеткая логика, угол поворота лопасти, отслеживание точки максимальной мощности, воздушная турбина.

D.M. STEPANCHIKOV

Kherson National Technical University

FUZZY LOGIC BASED ALGORITHMS OF A WIND TURBINE GENERATOR CONTROL

This paper gives results of a successful application of fuzzy logic to enhance the performance and control of a variable speed wind generation system. The power output from wind turbines varies nonlinearly with the wind speed, the speed of the turbine blade tips and the blade pitch angle. Fuzzy logic controllers are applied to rotor side converter for active power control of wind turbine. All power system components and fuzzy control are simulated in MATLAB software. Three fuzzy logic control algorithm (Mamdani, Sugeno and Larsen) has been applied and validated by detailed simulation. Simulation results prove the excellent performance of fuzzy control unit as improving power quality and stability of wind turbine.

Keywords: fuzzy logic control, pitch angle, maximum power point tracking, wind turbine.

Постановка проблеми

Вітроенергетика виявилась перспективною альтернативою традиційним технологіям генерації електроенергії. Але поряд з безумовними перевагами вітроенергетики, такими як доступність, невичерпність, незалежність від кон'юнктури цін на світових ринках енергоносіїв, мала негативна дія на оточуюче середовище, відсутність потреби масштабних будівництв, зон відчуження, необхідно враховувати й недоліки – неможливість постійного вироблення необхідної потужності вітроенергетичною установкою (ВЕУ) при зміні параметрів вітру. Слід відмітити, що при швидкості вітру меншій за базове значення необхідно виробляти максимально можливу потужність, а при швидкості вітру вищій за базову – обмежувати потужність її номінальним значенням. Виникає задача автоматичного регулювання потужності, яку виробляє ВЕУ для забезпечення ефективної роботи у широкому діапазоні швидкостей вітру.

В задачах керування режимами роботи вітроенергетичної установки і прийняття рішень в умовах мінливості джерела енергії, з'являються проблеми, які важко розв'язати традиційними методами. У реальній моделі обов'язково присутній технологічний розкид параметрів, обумовлений непостійністю характеристик механічних елементів. Цей факт є причиною неточності регулюючих дій. Для розв'язку даної проблеми необхідно використовувати нечіткі поняття і знання, які описують процес регулювання за допомогою продукційних правил “якщо - то”. У зв'язку з цим в останній час розповсюдження отримують адаптивні інтелектуальні системи керування, які здатні підстроюватися під зміни стану об'єкта і вхідні збурення. До найбільш важливих переваг такого методу регулювання відноситься можливість використання досвіду експерта без складання диференціальних рівнянь. Використання апарату нечіткої логіки для задач регулювання найбільш корисне для систем з погано формалізованими процесами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вимоги ефективності, надійності і безпеки функціонування ВЕУ передбачають наявність надійно працюючої системи керування, яка забезпечить надійну експлуатацію обладнання без щоденного втручання оператора. В основі таких систем керування лежать алгоритми нечіткої логіки. Апарат нечіткої логіки на сьогодні широко використовується для рішення задач підвищення енергоефективності режимів роботи ВЕУ.

В роботі [1] розглянуто керування вітровою турбіною з асинхронним генератором з подвійним живленням за допомогою апарату нечіткої логіки. Алгоритм на основі нечіткої логіки показав відмінну здатність до підтримання стабільності параметрів мережі та покращив якість виробленої енергії.

Можливість регулювання частоти і напруги асинхронного генератора ВЕУ при використанні нечітких алгоритмів описано у [2]. Запропоновані алгоритми керування чинили регулюючий вплив на частоту і напругу системи, щоб покращити її динамічні характеристики. Алгоритм керування на основі нечіткої логіки використовували для робочого циклу вмикання конденсаторної батареї, яка регулювала кінцеву напругу асинхронної машини. Також нечіткий вивід застосовувався для зміни кута атаки лопаті ВЕУ. У порівнянні з регулюванням на основі пропорційного та інтегрального керування, результати моделювання з використанням алгоритму нечіткої логіки виявились більш ефективними.

Керування ВЕУ з короткозамкненим ротором і змінною швидкістю обертання на основі алгоритмів нечіткої логіки описано у [3]. Вироблення максимальної енергії здійснюється за допомогою трьох регуляторів із закладеними у них алгоритмами нечіткого виводу. За першим алгоритмом відслідковують швидкість генератора під час роботи, щоб забезпечити аеродинамічну ефективність ВЕУ. Другий алгоритм побудований відносно магнітного потоку машини таким чином, щоб оптимізувати ефективність системи перетворення. Третій алгоритм робить регулювання швидкості у залежності від коливань моменту турбіни і вітру. По результатах досліджень зроблені висновки про успішне розв'язання усіх поставлених завдань дослідження.

В роботі [4] показано успішне застосування алгоритмів на основі нечіткого логічного виводу у внутрішніх циклах керування і для зміни частоти обертання вітроколеса у залежності від швидкості вітру. Таке регулювання дозволило підвищити ефективність вироблення потужності ВЕУ за рахунок її роботи на максимумі при будь-якій швидкості вітру.

Таким чином, отримання нових методів, алгоритмів і результатів, які забезпечують ефективність вироблення потужності ВЕУ при використанні апарату нечіткої логіки у системах регулювання є актуальним, доцільним і своєчасним.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є розробка та дослідження алгоритмів керування аеродинамічною підсистемою вітроенергетичної установки на основі теорії нечітких множин для підвищення режимної керованості та вироблення оптимальної потужності.

З метою вирішення цього завдання використано моделювання у системі комп'ютерної математики MATLAB/Simulink/Fuzzy Logic Toolbox, де реалізовано модель трилопатної горизонтально-осьової ВЕУ, яка складається з аеродинамічної частини у складі вітротурбіни і редуктора-мультиплікатора, електричної частини у складі асинхронного генератора і трифазної лінії електропередачі і системи керування швидкістю обертання ротору ВЕУ і зміною кута повороту лопаті ВЕУ на основі алгоритмів нечіткої логіки. При цьому буде

проведено співставлення роботи нечіткої системи регулювання швидкості обертання ротора і регулювання кута повороту лопаті вітрогенератора із застосуванням трьох алгоритмів нечіткого виводу: Мамдані, Ларсена і Сугено.

Викладення основного матеріалу дослідження

Кінетична енергія вітру перетворюється вітродвигом у механічну енергію і далі ця енергія за допомогою генератора перетворюється в електричну. У механічну енергію вітроенергетична установка може перетворити лише частину повної енергії повітряного потоку, який проходить крізь переріз вітроколеса. Ця частина оцінюється коефіцієнтом використання енергії вітру (коефіцієнтом потужності) C_p . Коефіцієнт C_p – один з головних параметрів вітрогенератора, він визначає середнє вироблення електроенергії на ВЕУ. Максимально можливе значення коефіцієнту потужності дорівнює $C_{p\max} = 0,593$, яке називають границею Бетца [5].

Коефіцієнт потужності знаходиться у суттєвій нелінійній залежності від коефіцієнту швидкодійності λ і кута повороту лопаті β . Для трьохлопатної горизонтально-осьової вітрогенератора пропелерного типу ця залежність апроксимується рівнянням [6]:

$$C_p(\lambda, \beta) = c_1 \left(\frac{c_2}{\lambda_c} - c_3 \beta - c_4 \right) \exp \left(- \frac{c_5}{\lambda_c} \right) + c_6 \lambda_c, \quad (1)$$

де

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} = \frac{u}{v}; \quad \frac{1}{\lambda_c} = \frac{1}{\lambda + 0,08 \beta} - \frac{0,035}{\beta^3 + 1}, \quad (2)$$

ω – кутова швидкість вітроколеса, R – радіус кола, яке охоплюють кінці лопатей, u – окружна швидкість кінців лопатей, v – швидкість вітру, $c_1 = 0,5176$, $c_2 = 116$, $c_3 = 0,4$, $c_4 = 5$, $c_5 = 21$, $c_6 = 0,0068$.

Механічна потужність яку виробляє горизонтально-осьова ВЕУ, визначається за формулою [7]:

$$P_m = C_p(\lambda, \beta) \frac{\rho S}{2} v^3, \quad (3)$$

де ρ – густина повітря, S – площа, яку охоплюють лопаті при обертанні.

Аеродинамічна частина ВЕУ описується на підставі математичних рівнянь (1-3). Модель ВЕУ була реалізована у програмі MATLAB з використанням елементів бібліотеки Simulink, головні характеристики аеродинамічної частини ВЕУ наведені у табл.1. Модель має три вхідних параметри: 1) кутову швидкість генератора ω , 2) кут повороту лопаті β , 3) швидкість вітру v і три вихідних: 1) обертальний момент на валу генератора, 2) вихідну потужність, 3) відносний коефіцієнт потужності.

Таблиця 1

Характеристики аеродинамічної частини вітроенергетичної установки

Тип вітроколеса – трилопатне, горизонтально-осьове	
Номинальна механічна потужність, МВт	1,5
Базова швидкість вітру, м/с	14
Критична швидкість вітру, м/с	25
Пускова швидкість вітру, м/с	3
Початковий кут повороту лопаті, градуси	0

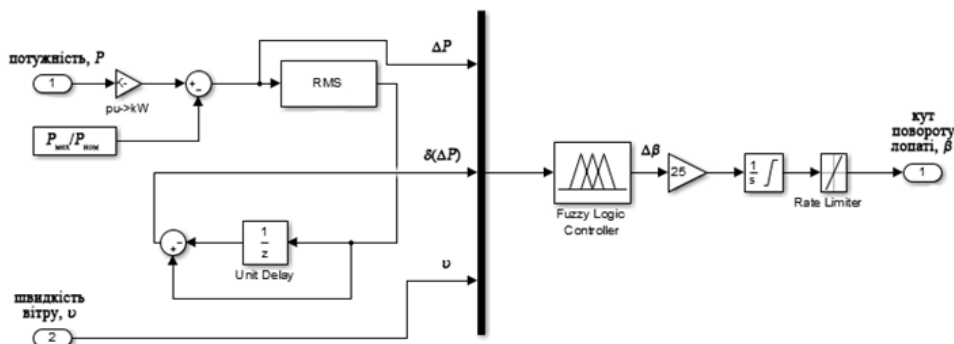


Рис. 1. Блок зміни кута повороту лопаті ВЕУ

Блок зміни кута повороту лопаті із застосуванням алгоритму на основі нечіткого логічного виводу [8] і реалізований у системі MATLAB/Simulink, представлено на рис.1. Вхідні величини – зміна потужності ΔP , останній приріст потужності $\delta(\Delta P)$ і поточна швидкість вітру v – спочатку перетворюються у відповідні нечіткі множини з інтуїтивними лінгвістичними значеннями, такими як “великий”, “середній”, “малий”, “нульовий”. Це відбувається у блоці фазифікації (Fuzzy Logic Controller) [9], де змінні ΔP , $\delta(\Delta P)$, v , а також вихідна величина зміни кута повороту лопаті $\Delta\beta$ описуються функціями належності, які показані на рис.2.

Правила для вхідних і вихідних змінних наведені у табл.2. Потім вихідні нечіткі множини, які вказують зміну кута повороту лопаті $\Delta\beta$ надходять до дефазифікатора, де перетворюються у дійсні числа, які вказують вимірювані (нормовані) значення кута повороту β . Позначення на рис.2 і у табл.2 слід трактувати наступним чином: NL – від’ємне дуже велике; NML – від’ємне велике; NM – від’ємне середнє; NS – від’ємне мале; ZE – нульове; PS – додатне мале; PM – додатне середнє; PML – додатне велике; PL – додатне дуже велике.

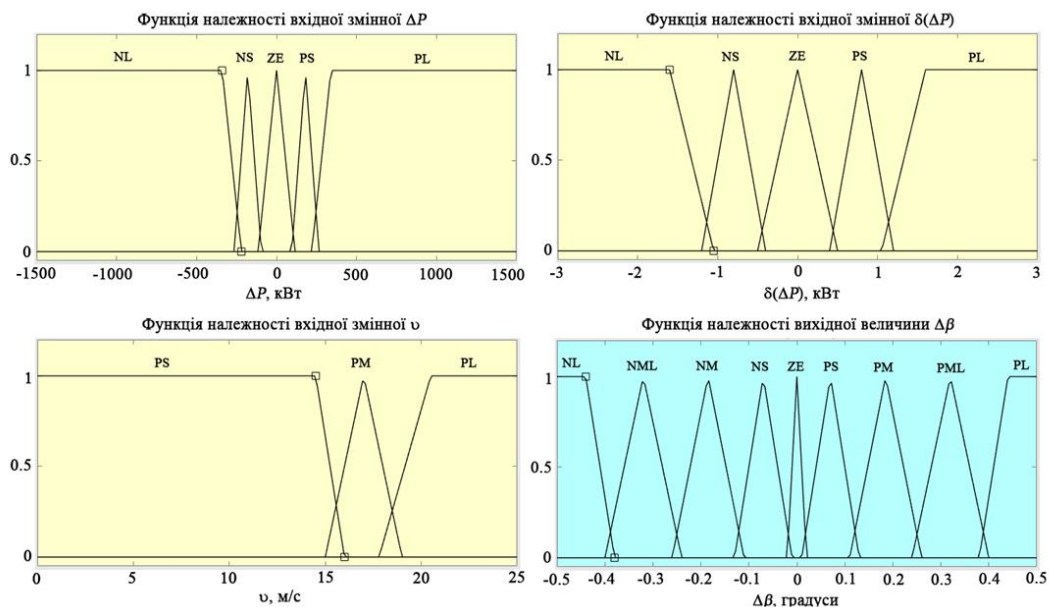


Рис. 2. Функції належності нечіткого регулятора кута повороту лопаті

Таблиця 2

Правила для нечіткого алгоритму регулювання кута повороту лопаті $\Delta\beta$

v	PS					PM					PL				
ΔP	NL	NS	ZE	PS	PL	NL	NS	ZE	PS	PL	NL	NS	ZE	PS	PL
$\delta\Delta P$															
NL	NL	NML	NM	NM	PS	NL	NM	NM	NS	PS	NML	NM	NS	NS	PS
NS	NL	NM	NS	PS	PM	NML	NM	NS	PS	PM	NML	NM	NS	ZE	PS
ZE	NML	NS	ZE	PS	PML	NM	NS	ZE	PS	PM	NM	NS	ZE	PS	PM
PS	NM	NS	PS	PM	PL	NM	NS	PS	PM	PML	NS	ZE	PS	PM	PML
PL	NS	PM	PM	PML	PL	NS	PS	PM	PM	PL	NS	PS	PS	PM	PML

Блок зміни швидкості обертання ротора із застосуванням алгоритму на основі нечіткої логіки реалізований у системі MATLAB/Simulink наведено на рис.3. На вхід блоку подаються вхідні величини: остання зміна потужності ΔP , остання зміна швидкості обертання ротора $\Delta\omega$ і поточне значення швидкості вітру v . На виході блоку – рекомендована швидкість обертання ротора ω_r .

Принцип роботи алгоритму полягає у збільшенні або зменшенні швидкості обертання ротора у відповідності до збільшення або зменшення передбачуваної вихідної потужності. Якщо зміна потужності ΔP є додатною при останній додатній зміні швидкості ротору $\Delta\omega$, пошук продовжуємо у тому самому напрямку. Якщо додатна зміна $\Delta\omega$ веде до від’ємної зміни ΔP , напрям пошуку змінюється. Таким чином, під час цих покрокових змін швидкості ротору, контролер відслідковує зміни у вихідній потужності БЕУ і зберігає сталу швидкість ротора, для якої ці зміни вихідної потужності дорівнюють нулю. Якщо значення ω_1 сильно відрізняється від ω_2 , контролер буде задавати більше значення кроку $\Delta\omega$ для прискорення досягнення максимальної потужності. Аналогічно, якщо поточна швидкість генератора є

близькою до ω_2 , то контролер повинен задавати менше значення кроку $\Delta\omega$, щоб уникнути коливань і забезпечити стабільність системи [10].

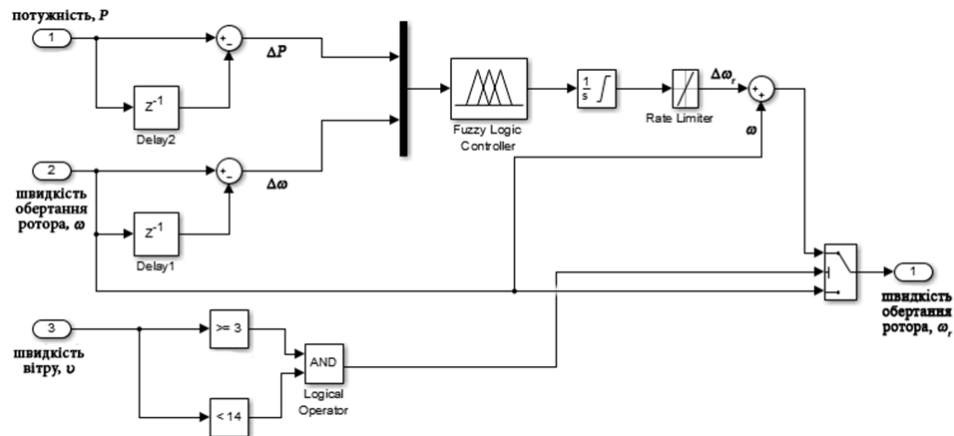


Рис. 3. Блок зміни швидкості обертання ротора БЕУ

Вхідні величини – зміна потужності ΔP і зміна швидкості обертання генератора $\Delta\omega$, а також вихідна величина зміни швидкості обертання ротору $\Delta\omega_r$ описуються функціями належності, які показані на рис.4. Правила для вхідних і вихідних змінних наведені у табл.3.

Таблиця 3

Правила для алгоритму регулювання швидкості обертання ротора $\Delta\omega_r$

$\Delta P \backslash \Delta\omega$	P	ZE	N
PVB	PVB	PVB	NVB
PB	PB	PVB	NB
PM	PM	PB	NM
PS	PS	PM	NS
ZE	ZE	ZE	ZE
NS	NS	NM	PS
NM	NM	NB	PM
NB	NB	NVB	PB
NVB	NVB	NVB	PVB

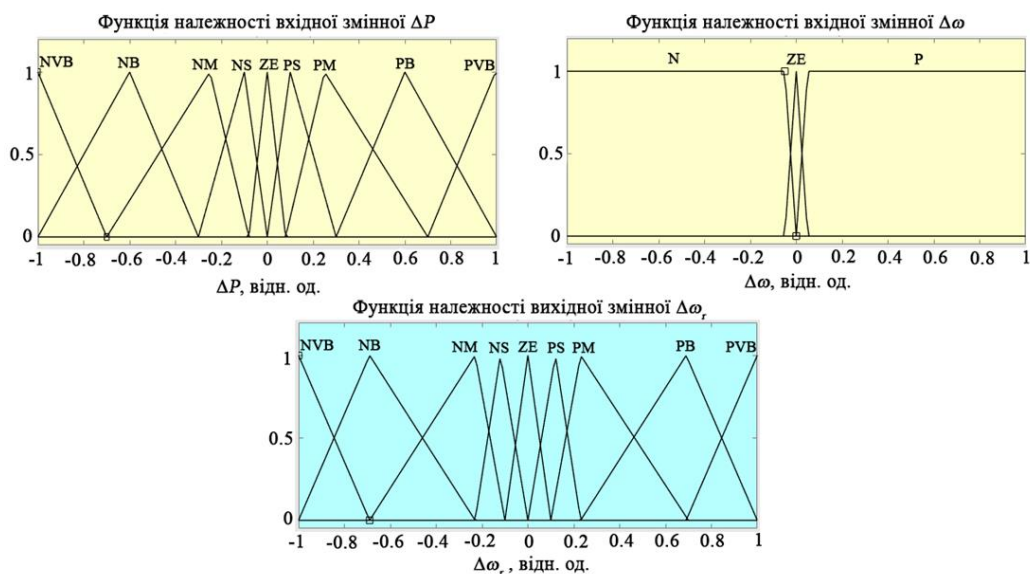


Рис. 4. Функції належності нечіткого регулятора швидкості обертання ротора БЕУ

Позначення на рис.4 і у табл.3 мають наступний зміст: NVB – від’ємне дуже велике; NB – від’ємне велике; NM – від’ємне середнє; NS – від’ємне мале; N – від’ємне; ZE – нульове; P – додатне; PS – додатне мале; PM – додатне середнє; PB – додатне велике; PVB – додатне дуже велике [10].

При роботі ВЕУ у режимі обмеження потужності в системі керування аеродинамічною системою ВЕУ задіяна тільки підсистема зміни кута повороту лопаті. Стратегія керування у цьому режимі – обмеження потужності її номінальним значенням шляхом підтримання сталої швидкості обертання ротора. На рис.5 представлені головні характеристики роботи ВЕУ при синусоїдальному законі зміни швидкості вітру (зміщення 16 м/с, амплітуда 1 м/с, частота $2\pi/60$ рад/с). Після встановлення режиму (починаючи з $t \approx 8$ с), вироблена потужність при задіяному алгоритмі Ларсена демонструє більші і стабільні ($\sim 1,5$ МВт) значення у порівнянні з алгоритмами Мамдані і Сугено, для яких починаючи з моменту часу $t \approx 37$ с спостерігається помітне “провисання” потужності. Зміна кута повороту лопаті для алгоритму Ларсена є більш плавною у порівнянні з алгоритмами Мамдані та Сугено, де спостерігаються декілька зламів.

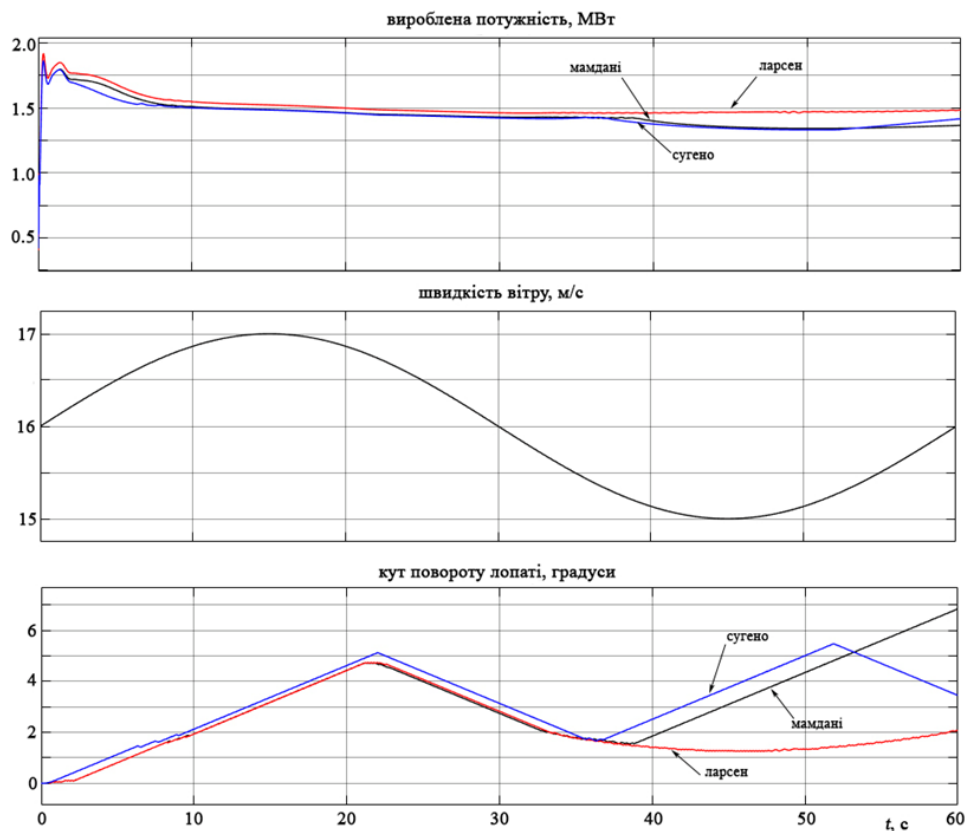


Рис. 5. Режим обмеження потужності ВЕУ при синусоїдальній моделі вітру для різних алгоритмів дефазифікації

У режимі змінної потужності в системі керування аеродинамічною системою ВЕУ задіяна тільки підсистема зміни передавального відношення редуктора-мультиплікатора, кут повороту лопаті лишається рівним нулю. Стратегія керування у цьому режимі – вироблення максимально можливої потужності для даної швидкості вітру. На рис.6 представлені головні характеристики роботи ВЕУ при синусоїдальному законі зміни швидкості вітру (зміщення 12 м/с, амплітуда 1 м/с, частота $2\pi/60$ рад/с). Графіки потужності також мають приблизно синусоїдальний характер. При цьому найбільша амплітуда коливань потужності спостерігається коли задіяний алгоритм Ларсена, найменша – для алгоритму Мамдані. Якщо розглядати амплітуду зміни швидкості обертання ротора ВЕУ, то найбільша величина спостерігається для алгоритму Мамдані ($\sim 0,28$ відн.од.), найменша – для алгоритму Ларсена ($\sim 0,07$ відн.од.).

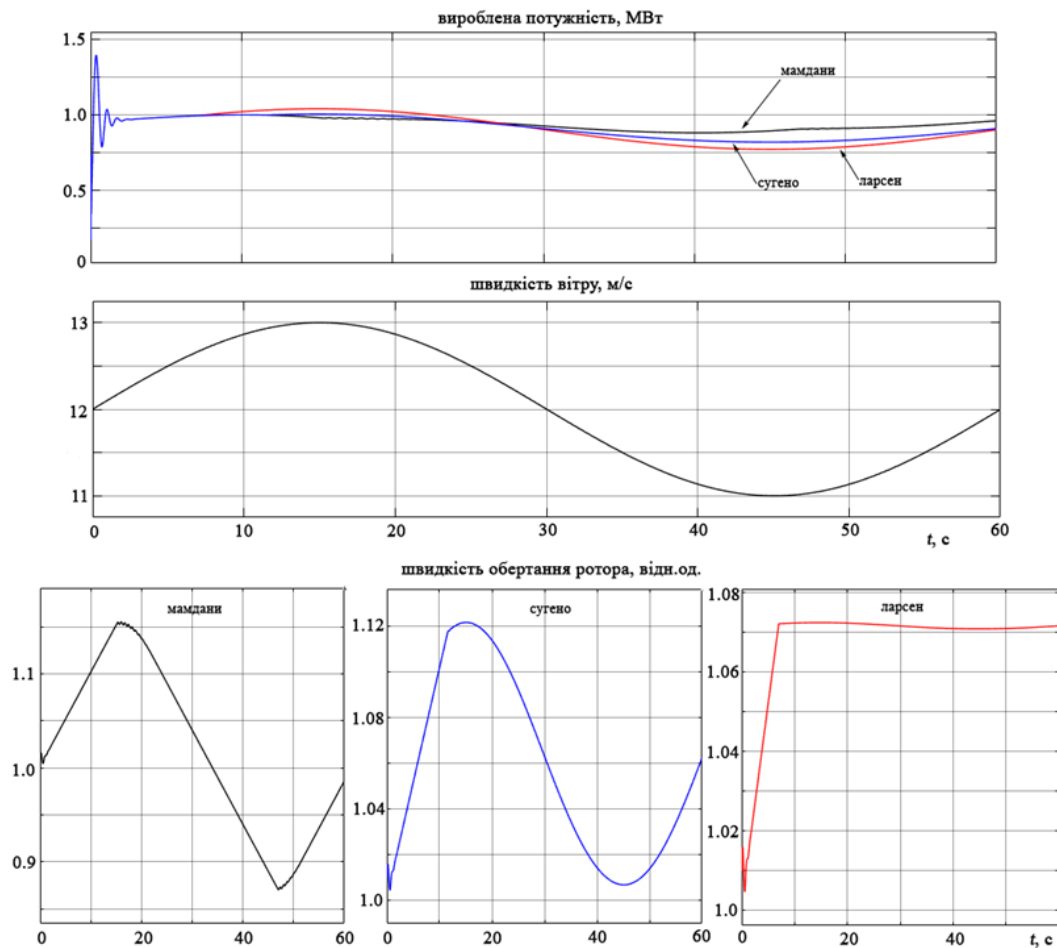


Рис. 6. Режим змінної потужності БЕУ при синусоїдальній моделі вітру для різних алгоритмів дефазифікації

Висновки

Аналіз результатів проведеного дослідження підтверджує принципову можливість і перспективність використання алгоритмів нечіткої логіки у системах керування БЕУ, зокрема у підсистемах зміни кута повороту лопаті і передавального числа редуктора-мультиплікатора.

Проведено порівняння результатів роботи нечіткої системи регулювання потужності БЕУ для алгоритмів дефазифікації Ларсена, Мамдані і Сугено. Проаналізовано особливості роботи кожного із задіяних алгоритмів. Для режиму обмеження потужності більшу ефективність показав алгоритм Ларсена. Для режиму змінної потужності найбільш ефективним виявився алгоритм Мамдані.

Розглянуті способи керування потужністю БЕУ на основі алгоритмів нечіткої логіки можна застосовувати до різних конструкцій вітроустановок, що дозволяє сконцентруватися на дослідженні способів керування і застосовувати отриманий досвід для усього різноманіття вітроенергетичних установок.

Список використаних джерел

1. Karimi-Davijani H. Fuzzy Logic Control of Doubly Fed Induction Generator Wind Turbine/ H. Karimi-Davijani, A. Sheikholeslami, H. Livani and M. KarimiDavijani// World Applied Sciences Journal. – 2009. – №6(4). – p. 499–508.
2. Hussein F. Soliman Fuzzy Algorithm for Supervisory Voltage/Frequency Control of a Self Excited Induction Generator/ Hussein F. Soliman, Abdel-Fattah Attia, S. M. Mokhytar, M. A. L. Badr// Acta Polytechnica. – 2006. – V. 46, №6. – p.36–48.

3. Bimal K. Bose. Fuzzy Logic Based Intelligent Control of a Variable Speed Cage Machine Wind Generation System/ Bimal K. Bose, Marcelo G. Simoes // United States Environmental Protection Agency, National Risk Management Research Laboratory, EPA/600/SR – 97/010, March 1997. – p.6.
4. Vinod Kumar. Fuzzy logic based light load efficiency improvement of matrix converter based wind generation system/ Vinod Kumar, R. Joshi // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – 2007. – p.79 – 89.
5. Неисчерпаемая энергия. Кн.1. Ветроэнергетика/ В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2004. – 519 с.
6. Lamchich M. Matlab Simulink as Simulation Tool for Wind Generation Systems Based on Doubly Fed Induction Machines / M. Lamchich, N. Lachguer. – 2012.
7. Суббота А.М. Система управления ветроэнергетической установкой / А.М. Суббота, И.Ю. Дыбская, А.В. Заболотный // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2009. - №3(37). – С.61-67.
8. Jianzhong Z. Pitch Angle Control for Variable Speed Wind Turbines/ Jianzhong Zhang, Ming Cheng, Zhe Chen, Xiaofan Fu: DRPT2008, 6–9 April, 2008.
9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. –СПб.:БХВ – Петербург, 2005. – 736 с.
10. Adzic E. Maximum Power Search in Wind Turbine Based on Fuzzy Logic Control/ E. Adzic, Z. Ivanovic, M. Adzic, V. Katic //Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 6, No. 1. – 2009. – p.131– 149.

ЕЛЕКТРОНІКА І ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

УДК 378.14+621.31

О.Н. ВОЙЦЕХОВСЬКИЙ

Херсонський національний технічний університет

Н.Л. ДОН, С.О. САВЧЕНКО

Херсонський політехнічний коледж

Одеського національного політехнічного університету

**МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА
В СЕРЕДОВИЩІ MULTISIM**

Проаналізовано моделі режимів роботи трансформатора. Запропоновано методику використання комп'ютерних моделей у середовищі Multisim при вивченні режимів роботи трансформатора на лабораторному практикумі з електричних машин у вищих навчальних закладах. Пропонується методичне забезпечення до віртуальної лабораторної роботи.

Ключові слова: режими роботи трансформатора, Multisim, лабораторний практикум.

А.Н. ВОЙЦЕХОВСКИЙ

Херсонский национальный технический университет

Н.Л. ДОН, С.А. САВЧЕНКО

Херсонский политехнический колледж

Одесского национального политехнического университета

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА
В СРЕДЕ MULTISIM**

Проанализированы модели режимов работы трансформатора. Предложена методика использования компьютерных моделей в среде Multisim при изучении режимов работы трансформатора в лабораторном практикуме по электрическим машинам в высших учебных заведениях. Предлагается методическое обеспечение к виртуальной лабораторной работе.

Ключевые слова: режимы работы трансформатора, Multisim, лабораторный практикум.

A.N. VOYTSEKHOVSKIY

Kherson National Technical University

N.L. DON, S.A. SAVCHENKO

Kherson Polytechnic College of

Odessa National Polytechnic University

**THE DESIGN OF MODES OF OPERATIONS OF TRANSFORMER
IN ENVIRONMENT OF MULTISIM**

The model of the modes of operations of the transformer is analyzed. Methods of computer models using in the environment of Multisim of the studying of the modes of transformer operations at the laboratory practical work from electric machines are offered in higher educational establishments. The methodical providing is offered to virtual laboratory work.

Keywords: modes of operations of transformer, Multisim, laboratory practical work.

Постановка проблеми

Розробка електротехнічного пристрою супроводжується фізичним чи то математичним моделюванням. Фізичне моделювання завжди супроводжується значними матеріальними витратами через виготовлення макетів та їх апробацію. Нерідко фізичне моделювання просто неможливо провести через надвичайну складність пристрою. В цьому випадку застосовується математичне моделювання з використанням засобів та методів обчислювальної техніки, особливо якщо модель дозволяє усунути проблеми, що виникають при проведенні вимірювань на реальних об'єктах.

Необхідність модельних уявлень полягає в тому, що жоден процес не може бути описаний з урахуванням усіх умов та обставин, що супроводжують це явище. Звичайно, вивчення різних моделей трифазних трансформаторів у ВНЗ обмежується лише лекційними викладами і рідко виноситься до

лабораторного практикуму. Цей матеріал важко засвоюється студентами, оскільки в підручниках йому виділений порівняно малий об'єм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Використання інформаційних технологій в освітньому процесі вищого навчального закладу, зокрема при проведенні лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини» із застосуванням віртуальної комп'ютерної лабораторії дозволяє покращити якість вивчення принципів роботи та особливостей електричних машин та електромагнітних пристроїв [1].

У віртуальних комп'ютерних лабораторіях активно застосовується обчислювальний експеримент, для проведення якого можна ефективно використовувати програмний продукт National Instruments – Multisim (Electronic Workbench), в ньому досить зручно моделювати роботу як силового обладнання, ліній електропередач в номінальних та аварійних режимах, так і самі пристрої електромеханіки [2].

Програмний пакет Multisim дозволяє моделювати електричні схеми пристроїв та візуально представляти результати у вигляді осцилограмм, графіків характеристик, показів віртуальних вимірювальних приладів, що сприяє кращому розумінню принципів функціонування реальних схем контролю та керування технологічними процесами виробництва [3].

Формулювання мети дослідження

Слід зазначити, що у більшості технічних вишів на лабораторному практикумі з електричних машин способи ввімкнення трифазних трансформаторів “у натурному виконанні” не вивчаються як через низку причин матеріального характеру, так і внаслідок складності реалізації відповідного лабораторного обладнання. Саме тому в курсі електричних машин з метою усунення вище зазначеного недоліку пропонується методична розробка лабораторної роботи “Дослідження способів ввімкнення трифазних трансформаторів” та відповідне віртуальне лабораторне обладнання.

Викладення основного матеріалу дослідження

Трансформатором називається статичний індуктивний перетворювач, що має дві або більше індуктивно зв'язаних взаємо нерухомих обмоток і призначений для перетворення за допомогою магнітного поля однієї (первинної) системи змінного струму в іншу (вторинну), що має інші характеристики, зокрема, напругу та струм [4,5]. Трансформатори виготовляються за технічними умовами або згідно вимог стандартів і призначені виробником для виконання певних функцій по перетворенню електричної енергії. При номінальних параметрах трансформатор може як завгодно довго працювати, не перегріваючись вище від допустимих норм. В паспорті трансформатора вказують наступні номінальні величини:

- номінальна первинна лінійна напруга U_{1H} ;
- номінальна вторинна лінійна напруга U_{2H} на розімкненій вторинній обмотці при живленні первинної обмотки напругою U_{1H} , номінальної частоти;
- номінальний лінійний струм I_{1H} первинної обмотки;
- номінальну потужність S_H ;
- номінальний лінійний струм вторинної обмотки I_{2H} ;
- схема і група сполучень обмоток;
- напруга короткого замикання.

Мета лабораторної роботи - вивчення особливостей роботи трифазних трансформаторів при з'єднанні обмоток зіркою, трикутником і зигзагом.

Перед початком моделювання в середовищі Multisim студент повинен самостійно опрацювати лекційний матеріал з теми роботи, вивчити основні теоретичні положення та методику розрахунку, виконати розрахунок параметрів установки для моделювання схеми пристрою, розглянути інструкції до роботи в середовищі Multisim [3].

За бажанням викладач може надати вже готову схему для дослідження трансформатора або запропонувати студентам в рамках підготовки до лабораторної роботи самостійно створити файл з досліджуваною моделлю трансформатора.

Модель трифазного трансформатора при ввімкненні зіркою чи трикутником наведена на рис.1.

Модель містить:

- генератор напруги (U_A, U_B, U_C);
- досліджуваний трифазний трансформатор, що фактично складається із трьох однофазних трансформаторів T_1, T_2, T_3 , вторинні обмотки якого можна з'єднувати зіркою чи трикутником перемиканням S_1, S_2, S_3 ;
- вольтметри U_{21}, U_{22}, U_{PE3} для визначення напруги на першій, другій частинах вторинного кола та результуючої напруги;
- осцилограф – для визначення зсуву фаз між напругою генератора і U_{PE3} .

- опори навантаження R_H , що комутують за допомогою перемикачів S_4, S_5, S_6 в зірку чи трикутник (бажано встановити навантаження симетричним, тобто в кожній фазі опори R_H покласти однаковими);
- вольтметри U_2 і U_{bc} для визначення фазної та лінійної напруги на вторинній обмотці трансформатора;
- амперметри I_1, I_2 і I_L відповідно для визначення фазного струму первинної обмотки, вторинної обмотки та лінійного струму;
- осцилограф для визначення кута зсуву фаз між напругою та струмом.

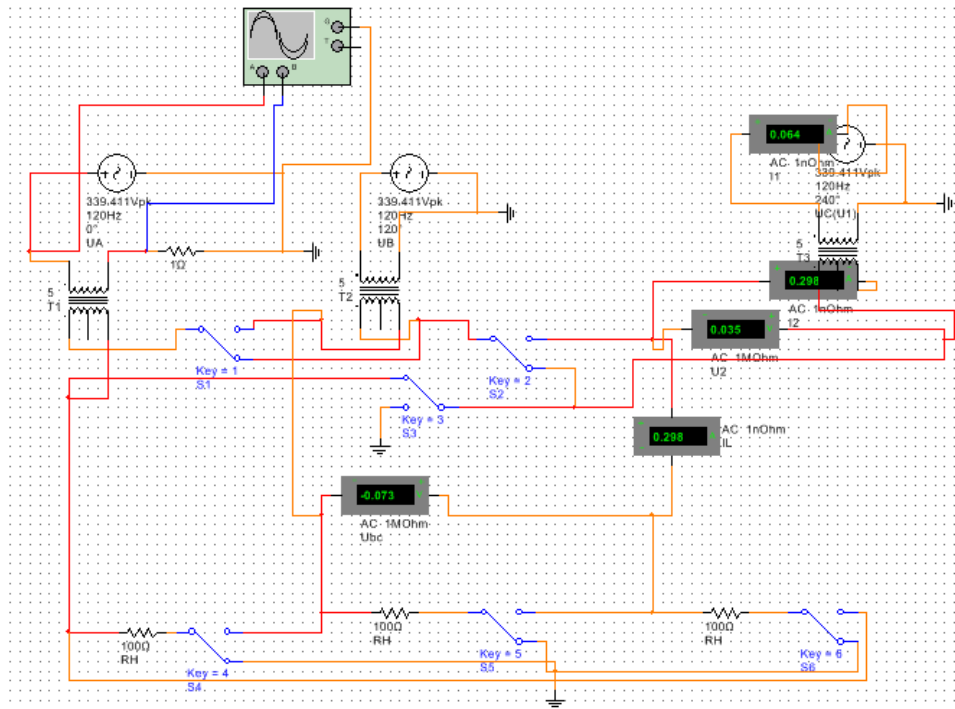


Рис. 1. Модель трифазного трансформатора при ввімкненні зіркою чи трикутником

Після складання схеми необхідно задати напругу генераторів $U_A=U_B=U_C=U_1$, для чого слід послідовно відкрити діалогове вікно кожного джерела напруги (рис.2) і внести відповідні корективи.

Аналогічно задаються параметри моделі трансформатора через панель Transformer Properties. Натискання EDIT відкриває панель Sheet1 (рис. 3) з основними характеристиками трансформатора: N – коефіцієнт трансформації; R_1, R_2 – опори обмоток; L_E – індуктивність розсіяння ($L_E = 0,1$ Гн); L_M – індуктивність намагнічування ($L_M = 5$ Гн).

Під час моделювання роботи схеми слід наголосити, що навіть у віртуальному лабораторному практикумі слід зважати на перехідні процеси і дочекатись усталеного режиму роботи трансформатора.

Студенту слід запропонувати з'єднати вторинні обмотки трансформатора зіркою за допомогою перемикачів S_1, S_2 і S_3 , з використанням клавіш 1, 2 і 3. Спосіб з'єднання навантаження (зірка чи трикутник) має відповідати з'єднанню вторинних обмоток. Комутація навантаження виконується перемикачами S_4, S_5 і S_6 .

За стандартною методикою [2,3] слід визначити кут зсуву фази (ϕ_1) між векторами напруги та струму в одній фазі A (зі використанням осцилограм). Для цього слід підвищити чутливість осцилографа за каналом B , підвести візирні лінії (рис.4) і визначити інтервал часу $T_2 - T_1$.

Аналогічну послідовність дій слід виконати при дослідженні роботи трифазного трансформатора із з'єднанням вторинних обмоток трикутником за допомогою перемикачів S_1, S_2 і S_3 , із використанням клавіш 1, 2 і 3. При цьому слід зазначити, що спосіб з'єднання навантаження (зірка чи трикутник) має відповідати способу з'єднання вторинних обмоток. Комутація навантаження виконується перемикачами S_4, S_5 і S_6 .

Всі описані вище розрахунки та побудови виконуються і для з'єднання трикутником.

Модель трифазного трансформатора при ввімкненні обмоток зигзагом наведена на рис.5.

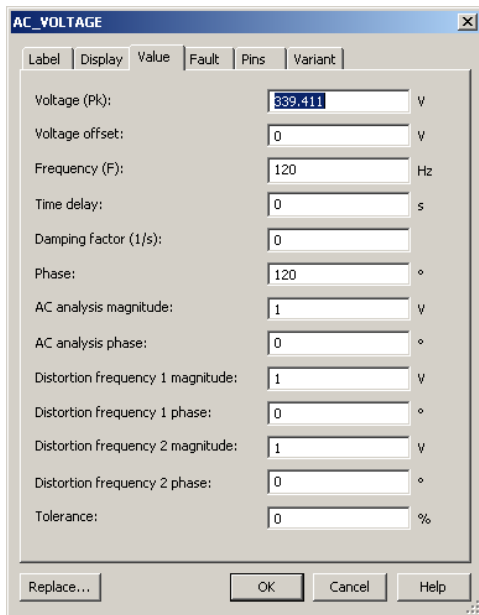


Рис. 2. Діалогове вікно джерела напруги

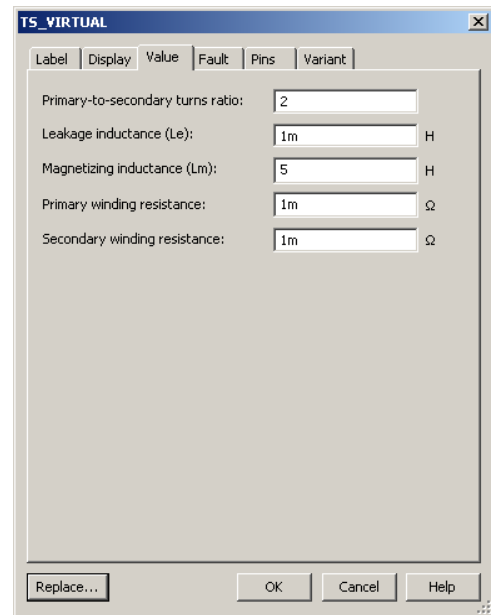


Рис. 3. Панель Sheet1 моделі трансформатора

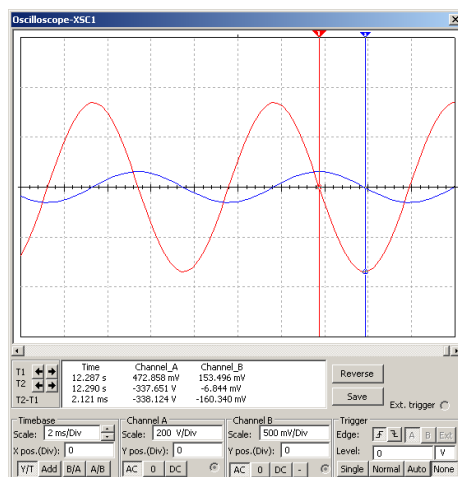


Рис. 4. Осцилограма для визначення фазового зсуву в моделі схеми з'єднання зіркою

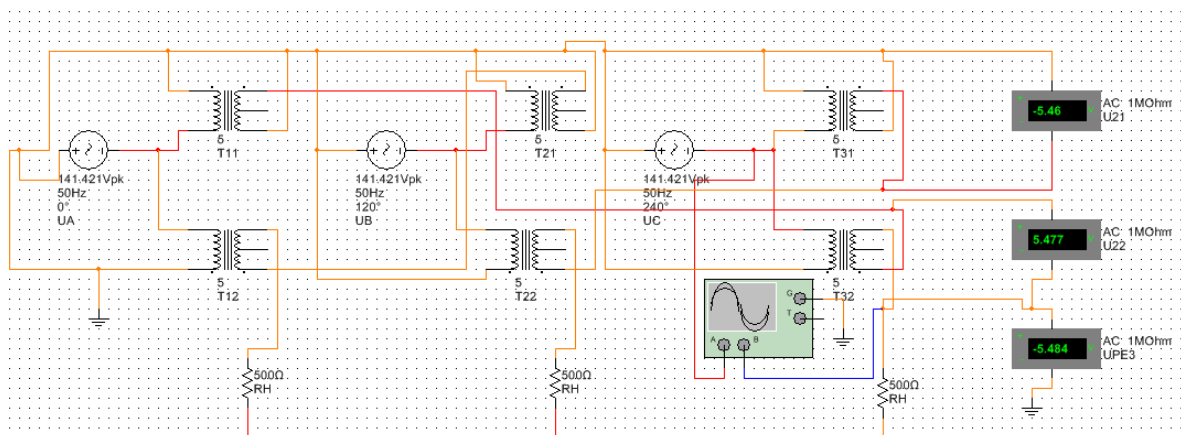


Рис. 5. Модель трифазного трансформатора при ввімкненні зигзагом

Модель містить:

- генератори напруги (U_A , U_B , U_C);
- дві частини обмотки вторинного кола трансформатора в кожній фазі (фаза а – T_{11} , T_{12} ; фаза b – T_{21} , T_{22} ; фаза c – T_{31} , T_{32});
- вольтметри U_{21} , U_{22} U_{PE3} для визначення напруги на першій, другій частинах вторинного кола та результуючої напруги;
- осцилограф – для визначення зсуву фаз між напругою генератора і U_{PE3} .

Як і в попередньому етапі, викладач може запропонувати студенту самому змодельовати режим роботи трансформатора, або може надати вже готову схему для дослідження.

Студент згідно до варіанту має встановити параметри генераторів (U_1 , f) і трансформаторів (R_1 , R_2 , N), опір навантаження $R_H=500$ Ом (за вказівкою викладача).

Після ввімкнення схеми слід визначити покази вольтметрів U_{21} , U_{22} та U_{PE3} . За стандартною методикою слід визначити фазовий зсув (φ) між вектором напруги первинної обмотки та результуючим вектором напруги на вторинній обмотці за осцилограмою (рис.6), що дозволить побудувати векторну діаграму для даного типу з'єднання. До речі, визначений зсув фаз (φ) між вектором первинної обмотки та результуючим вектором напруги має співпасти з кутом, отриманим в результаті побудови за експериментальними значеннями напруги: U_{21} , U_{22} і U_{PE3} .

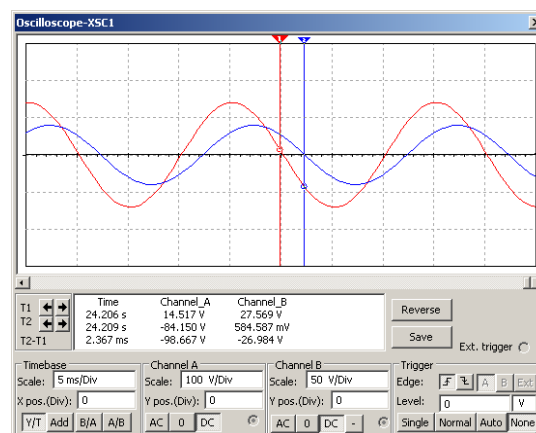


Рис. 6. Осцилограма для визначення фазового зсуву в моделі схеми з'єднання загзагом

Обов'язково слід запропонувати студентам визначити та пояснити виникнення похибки за результатами побудови.

В рамках лабораторної роботи студент сам має впевнитись у достовірності отриманих результатів шляхом перевірки співвідношень поміж фазними та лінійними струмами та напругами. Лише після цього з використанням досліджуваної схеми та показів вимірювальних приладів можна запропонувати студенту побудувати векторну діаграму та безпосередньо визначити групу з'єднання трифазного трансформатора.

Таким чином, програмний пакет Multisim дозволяє моделювати електричні схеми пристроїв та візуально представляти результати у вигляді осцилограмм, графіків характеристик, показів віртуальних вимірювальних приладів, що сприяє кращому розумінню принципів функціонування реальних схем контролю та керування технологічними процесами виробництва.

Висновки

Досконале вивчення способів ввімкнення трифазних трансформаторів дозволить давати більш наочне та глибоке пояснення основним поняттям електромеханіки.

Використання у викладанні дисципліни «Електричні машини» подібних моделей є важливим елементом освітнього процесу при поясненні понятійного апарату та схем реалізації, які не завжди можливо досліджувати за допомогою прямого лабораторного експерименту. Лабораторний практикум можна виконувати як в комп'ютерних класах навчального закладу, так і вдома на персональному комп'ютері, що є особливо актуальним під час дистанційного навчання.

Вважаємо, що запропонована методична розробка лабораторної роботи може бути використана при підготовці та проведенні лабораторного практикуму з електричних машин у технічному вищому навчальному закладі.

Список використаної літератури

1. Дон Н.Л. Використання інформаційних технологій в організації навчального процесу з дисципліни «Електричні машини» / Н.Л. Дон // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2015. – №1(52). – С.141-145.
2. Семёнов А.С. Исследование режимов работы однофазного трансформатора путем математического моделирования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 5-3. – С. 391-395.
3. Хернтер М.Е. Электронное моделирование в Multisim / М.Е. Хернтер. – М.: ДМК, 2010. – 488с.
4. Загірняк М. В. Електричні машини: підручник / М.В.Загірняк, Б.І.Невзлін. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – Київ: Знання, 2009. – 399 с.
5. Онушко В. В. Електричні машини: навч. посібник / В. В. Онушко, О. В. Шефер. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – 487 с.

УДК 621.382.2/3

В.С. ДМИТРИЄВ

Запорізька державна інженерна академія

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ОМІЧНИХ КОНТАКТІВ ДО ТОНКОПЛІВКОВОГО НВЧ ПРИЛАДУ НА n-GaAs

При виготовленні напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем на арсеніді галію однією з найважливіших технологічних операцій є формування омичних контактів (ОК). Зниження опору ОК дозволяє зменшити опір пасивних областей і таким чином домогтися зниження коефіцієнта шуму в МІС НВЧ підсилювачів. Особливо ретельно необхідно відпрацювати технологію створення омичних контактів. Наразі найбільш поширені технології виготовлення гетеропереходів метал-арсенід галію на основі золота, однак, перехід до металізації на основі срібла, якому властиві більша порівняно з золотом тепло- та електропровідність та відносно невеликий коефіцієнт дифузії в арсенід галію, має підвищити технічні характеристики виробів. Одним з основних чинників впливу на якість омичних контактів є відпал тонкоплівкових структур. У роботі встановлено, що час та температура відпалу контактної структури істотно впливають на параметри омичного контакту. Омичні контакти Ag-Ge-In/n-n⁺GaAs, отримані при температурі відпалу 893 К та часі відпалу 60 с, мають значення питомого перехідного опору $\rho_k = (5 \dots 7) \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$.

Ключові слова: НВЧ підсилювач, омичний контакт, срібло, арсенід галію, питомий перехідний опір, температура відпалу

В.С. ДМИТРИЕВ

Запорожская государственная инженерная академия

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА КАЧЕСТВО ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ К ТОНКОПЛЕНОЧНОМУ СВЧ ПРИБОРУ НА n-GaAs

При изготовлении полупроводниковых приборов и интегральных микросхем на арсениде галлия одной из важнейших технологических операций является формирование омических контактов (ОК). Снижение сопротивления ОК позволяет уменьшить сопротивление пассивных областей и таким образом добиться снижения коэффициента шума в МИС СВЧ усилителей. Особенно тщательно необходимо отработать технологию создания омических контактов. Ныне наиболее распространены технологии изготовления гетеропереходов металл-арсенид галлия на основе золота, однако, переход к металлизации на основе серебра, которому свойственны большая, по сравнению с золотом, тепло- и электропроводность и относительно небольшой коэффициент диффузии в арсенид галлия, должен повысить технические характеристики изделий. Одним из основных факторов влияния на качество омических контактов является отжиг тонкопленочных структур. В работе установлено, что время и температура отжига контактной структуры существенно влияют на параметры омического контакта. Омические контакты Ag-Ge-In/n-n⁺GaAs, полученные при температуре отжига 893 К и времени отжига 60 с, имеют значения удельного переходного сопротивления $\rho_k = (5 \dots 7) \cdot 10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$.

Ключевые слова: СВЧ усилитель, омический контакт, серебро, арсенид галлия, удельное переходное сопротивление, температура отжига

V.S. DMITRIEV

Zaporizhia State Engineering Academy

THE RESEARCH OF THE MAIN INFLUENCE FACTORS ON THE QUALITY OF OHMIC CONTACTS TO A THIN-FILM MICROWAVE n-GaAs-BASED DEVICE

During the semiconductor devices and integrated microcircuits manufacturing on gallium arsenide, one of the most important technological operations is the ohmic contacts (OC) formation. The OC resistance decreasing makes it possible to reduce the passive regions resistance and, thus, to reduce the noise factor in the MIC microwave amplifiers. Especially it is necessary to work out the ohmic contacts manufacture technology. Nowadays, the technology of manufacturing metal-gallium arsenide-based heterojunctions, which based on gold, is one of the most used. However, using the silver-based metallization, which is characterized by a large thermal and electrical conductivity, compared to gold, and a relatively small diffusion coefficient for gallium arsenide must increase devices technical characteristics. One of the main factors affecting the quality of ohmic contacts is thin-film structures annealing. It is established that the annealing time and temperature of the contact structure have significant affect on the ohmic contact parameters. The Ag-Ge-In/n-n⁺GaAs ohmic contacts,

gotten at an annealing temperature of 893 K and an annealing time of 60 s, have values for the specific resistance $\rho_k = (5 \dots 7) \cdot 10^{-5} \text{ Ohm} \cdot \text{cm}^2$.

Keywords: microwave amplifier, ohmic contact, silver, gallium arsenide, specific transition resistance, annealing temperature

Постановка проблеми

Вимоги, які пред'являються до пристроїв НВЧ діапазону, диктують необхідність глибокого дослідження впливу різних чинників на основні параметри та характеристики приладів [1-5]. Відомі [5] цифрові елементи на діодах Ганна, два стійких стани в яких обумовлені присутністю або відсутністю генерації. Однак, завдяки присутності реактивностей в ланцюгах, створити на їх основі економічні і мініатюрні ІС не вдається. Більш перспективним є використання в ІС МЕР-приладів (приладів з міждолинним електронним переносом) з керуючими електродами - бар'єрами Шотткі (БШ). У трьохелектродних МЕР-приладах досить добре вивчені [1-5] процеси зародження, стабілізації та захоплення доменів, досліджені різні математичні моделі та запропоновані програми розрахунку деяких параметрів.

Наразі спостерігається підвищена зацікавленість дослідників [3,4] у створенні НВЧ елементів до пристроїв на n-GaAs, зокрема до виготовлення тонкоплівкових НВЧ підсилювачів на МЕР-приладах типу транзистору біжної хвилі, які мають високу швидкодію, широкі функціональні можливості завдяки порівняно простому переналаштуванню режимів їх роботи.

Одним з актуальних завдань при розробці багатоелектродних МЕР-приладів залишається розробка найбільш ефективних технологічних режимів виготовлення гетероструктур метал-арсенід галію. При виготовленні напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем на арсеніді галію однією з найважливіших технологічних операцій є формування омичних контактів (ОК) [3-6]. Зниження опору ОК дозволяє зменшити опір пасивних областей і таким чином домогтися зниження коефіцієнта шуму [3] в МІС НВЧ підсилювачів, зниження прямих втрат у МІС НВЧ перемикачів та фазообертачів. Особливо ретельно необхідно відпрацювати технологію створення омичних контактів. Агломерація, що змінює морфологію та електричні характеристики плівок, сегрегація металу у міжконтактну область, недостатньо низький контактний опір, низька відтворюваність параметрів – це одні з головних проблем формування омичних контактів до GaAs. Одним з найбільш ефективних засобів управління структурою межі розділу є відпал тонкоплівкових структур. Саме тому дослідження впливу режимів термообробки на електрофізичні параметри гетеропереходів метал-GaAs варто виділити у самостійну наукову проблему, вирішення якої може привести до суттєвого уточнення уявлень про процеси у гетеропереходах метал-GaAs та дозволить покращити технічні характеристики та параметри НВЧ приладів з бар'єрами Шотткі на GaAs.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для формування омичних контактів до GaAs n-типу у виробництві традиційно використовують сплави на основі таких металів, як золото, платина або паладій, наприклад, Au-Ge-Ni, Pd-Ge-Mo-Cu, Au-Pt-Ti [7], питомий перехідний опір яких є досить низьким ($10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$). Проте собівартість цих виробів є достатньо коштовною, зважаючи на вартість дорогоцінних металів. Широке застосування срібла стримується його великим природним дефіцитом. Сплави на основі срібла відповідають вимогам до матеріалу контакту: значна тепло- та електропровідність, невеликий коефіцієнт дифузії, збереження типу провідності GaAs, невелика температура плавлення, добра змочуваність поверхні GaAs, механічна міцність контакту.

Відомі [8-11] різні способи формування омичних контактів на основі срібла до GaAs. У [8] запропоновано способи виготовлення омичних контактів Au:Ge/Ni, Ag/In/Ge, In/Au:Ge GaAs, у складі яких 90% Au або 90% Ag, 5% Ge, 5% In або 5% Ni за вагою. Недолік – при температурі 640 °C починається мікросегрегація та виникнення явища агломерації при подальшому зростанні температури. У [9] описаний спосіб отримання омичних контактів до GaAs n-типу провідності зі сплаву Ag-Ge-In, в якому в якості контактного матеріалу використовують сплав срібло-германій-індій, що містить за вагою 75% Ag, 20% Ge, 5% In. Після напilenня контакти відпалюють в вакуумній трубчастій печі при температурі 923 K протягом 10 хвилин. Питомий перехідний опір $\rho_k = (1,5 \dots 2) \cdot 10^{-2} \dots (8 \dots 9) \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$. Недоліками даного способу є низька термостабільність електричних параметрів контакту, а також недостатньо низький контактний опір. У [10] запропоновано спосіб отримання омичних контактів до GaAs n-типу провідності зі сплаву Ag-Ge-In (75% Ag, 20% Ge, 5% In за вагою відповідно). Напилюють сплав при температурі підкладки 473 K, відпалюють у вакуумі при 873 K протягом 1 хвилини. Питомий перехідний опір складає $\rho_k = 7 \cdot 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$. Недоліки: недостатньо низький питомий контактний опір та порушення морфології поверхні плівки. У [11] спосіб формування багатошарового омичного контакту до напівпровідникових з'єднань GaAs включає послідовне нанесення на поверхню напівпровідника плівок нікелю, металу, вибраного з групи Au, Pd, Pt або Ag, та плівки германію з подальшим відпалом в атмосфері азоту і водню при температурах 673...1023 K протягом часу від декількох секунд до декількох

хвилин. Цей спосіб не дозволяє запобігти ерозії поверхні контакту і неконтрольованому протравленню межі розділу метал-напівпровідник при відпалі контакту.

На підставі вищевикладеного видно, що основні недоліки відомих способів створення срібломістких омичних контактів до арсеніду галію - це недостатньо низький контактний опір, низька термостабільність електричних параметрів контактів, неможливість запобігти ерозії поверхні контакту і неконтрольоване протравлення межі розділу метал-напівпровідник при відпалі контакту. Реальні характеристики і параметри омичних контактів на основі срібла до арсеніду галію залежать від технології їх виготовлення і потребують розробки нових способів створення контактів з поліпшеними параметрами.

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи було дослідження впливу температурних режимів формування омичних контактів Ag-Ge-In/p-n⁺GaAs на величину питомого перехідного опору.

Викладення основного матеріалу дослідження

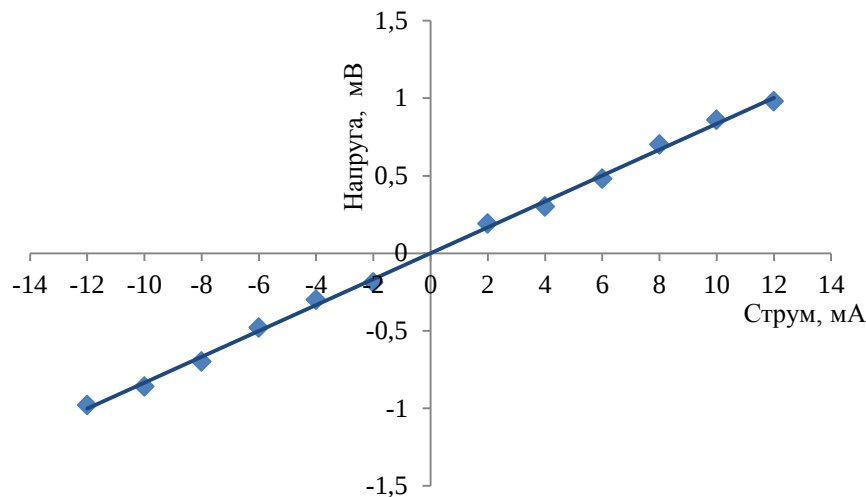
Для дослідження використовувався p-n⁺GaAs(111)В епітаксійний монокристалічний, товщина епітаксійного шару $d_{\text{еш}}=2$ мкм, концентрація донорів в епітаксійному шарі складала $N_D=2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, концентрація донорів у підкладці $n_{\text{підкл}}=10^{18} \text{ см}^{-3}$, рухливість носіїв $\mu > 5000 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Контакти виготовляли методом вакуумного випаровування. Високий вакуум в процесі термічного випаровування дозволяє отримати металеві плівки без забруднення та дозволяє у широких межах регулювати швидкість випаровування та температуру підкладки. Товщина плівки отриманого контакту складала 0,5 мкм. Вимірювання опору контакту проводилося компенсаційним методом [12], розрахунок питомого перехідного опору омичного контакту проводився за методом еквівалентних схем [12].

Обробка поверхні напівпровідника для усунення різних дефектів, видалення чужорідних домішок, отримання мінімального мікрорельєфу призводить до непланарності межі розділу метал-напівпровідник. Хімічну обробку пластин GaAs проводили у сірчанокислому травнику $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ (3:1:1) з подальшою витримкою впродовж $(1 \dots 1,3) \cdot 10^3$ секунд у діоксидантній кислоті, промивали у гарячій, холодній дистильованій та деіонізованій воді та у метиловому спирті. Далі проводили попередній температурний відпал підкладки при температурі 873 К впродовж 60 секунд у вакуумі. Підчас термічного відпалу відбуваються випаровування фізично, хімічно адсорбованих газів з поверхні, газів та легуючих домішок з приповерхневого шару, а також фазові перетворення в твердій фазі та термохімічні реакції [10]. Напилення контактного матеріалу Ag-Ge-In (75% Ag, 20% Ge, 5% In за вагою відповідно) проводилося на попередньо підігріту до 453 К підкладку.

Вибір оптимальних значень температурної обробки контактів до GaAs з $N_D=2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ визначався необхідністю створити шар з підвищеною концентрацією електронів за рахунок легування германієм. Режим відпалу контакту повинен забезпечити мінімальний питомий перехідний опір контакту та неглибоке залягання межі розділу метал-напівпровідник.

Таблиця 1

Вплив температури та часу відпалу на питомий перехідний опір контактів ρ_k		
Температура відпалу контакту, К	Час відпалу, С	Питомий перехідний опір контактів ρ_k , Ом·см ²
693	60	$(7 \dots 9) \cdot 10^{-2}$
	180	$(1 \dots 2) \cdot 10^{-1}$
	300	$(7 \dots 9) \cdot 10^{-1}$
743	60	$(6 \dots 7) \cdot 10^{-2}$
	180	$(6 \dots 9) \cdot 10^{-2}$
	300	$(3 \dots 5) \cdot 10^{-2}$
793	60	$(6 \dots 8) \cdot 10^{-3}$
	180	$(2 \dots 4) \cdot 10^{-2}$
	300	$(4 \dots 6) \cdot 10^{-2}$
843	60	$(6 \dots 9) \cdot 10^{-4}$
	180	$(1 \dots 2) \cdot 10^{-2}$
	300	$2 \cdot 10^{-2} \dots 9 \cdot 10^{-3}$
893	60	$(5 \dots 7) \cdot 10^{-5}$
	180	$(6 \dots 8) \cdot 10^{-3}$
	300	$1,7 \cdot 10^{-2} \dots 7 \cdot 10^{-3}$
943	60	$(3 \dots 5) \cdot 10^{-4}$
	180	$(1 \dots 3) \cdot 10^{-2}$
	300	$(1 \dots 2) \cdot 10^{-2}$



**Рис. 1. Вольт-амперна характеристика омичного контакту
Ag-Ge-In/n-n⁺GaAs, T_{відп}=893 К, τ_{відп}=60 с**

Величина загального опору контактів R_к визначалась з виразу [12]:

$$R_k = \frac{\rho_{np} a}{b} \left[\frac{\text{cth } aK}{aK} \right],$$

де а - ширина контакту (а=0,15 см), b - довжина контакту (b=0,5 см), ρ_{np} - поверхневий опір напівпровідника (ρ_{np}=2·10⁻³ Ом·см).

Питомий перехідний опір контакту ρ_к знаходили за формулою [12]:

$$\rho_k = \frac{R_k b}{K \text{cth } aK}$$

Значення К, що відповідають значенням R_к, отримані за допомогою програми Wise Calculator з графічного розв'язку рівняння y₁=сKa, y₂=cth Ka, де с=R_к·b/(ρ_{np}·а).

У [10,11,13] стверджують, що термообробка впродовж визначеного часу забезпечує дифузію компонентів в області контакту, змінює склад перехідного шару за глибиною в повній відповідності до діаграми стану [14,15]. Для визначення впливу температурних режимів формування омичних контактів Ag-Ge-In/n-n⁺GaAs на величину питомого перехідного опору напилені контакти відпалювали при температурах 693...943 К впродовж 60...300 с. Вольт-амперна характеристика досліджуваних омичних контактів лінійна (рис. 1). Дослідження показали, що час та температура відпалу контактної структури Ag-Ge-In/n-n⁺GaAs істотно впливають на якість омичного контакту (табл.1). Кращі результати ρ_к=(5...7)·10⁻⁵ Ом·см² отримані при температурі відпалу 893 К та часі відпалу 60 с.

Висновки

Встановлено, що час та температура відпалу контактної структури істотно впливають на якість омичного контакту.

Омичні контакти Ag-Ge-In/n-n⁺GaAs отримані при температурі відпалу 893 К та часі відпалу 60 с мають значення питомого перехідного опору не вище ρ_к=(5...7)·10⁻⁵ Ом·см².

Список використаної літератури

1. Дин Р. Новый тип СВЧ-транзистора – усилитель бегущей волны на n-GaAs / Р. Дин, Р. Матарезе. // ТИИЭР– 1972. – Т. 60. №12. – С. 23–43.
2. Kumabe K. GaAs travelling-wave amplifier / K. Kumabe, H. Kanbe. // Int. J. Electronics. – 1985. – Vol. 58. №4. – P. 587–611.
3. Малолушящие арсенид-галлиевые усилители при воздействии электромагнитных помех повышенных интенсивностей [Электронный ресурс] / [С. В. Платонов, Н. В. Пермяков, Б. И. Селезнев и др.]. // Вестник Новгородского государственного университета. – 2012. – №67. – С. 29–32. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.novsu.ru/file/1010219>.

4. Дмитрієв В. С. Технологические особенности изготовления усилителя бегущей волны / В. С. Дмитрієв, Є. Я. Швець // Сборник материалов 10-й международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ - 2014» / В. С. Дмитрієв, Є. Я. Швець. – Севастополь: СевНТУ, 2014. – С. 158. – (ISBN 978-617-612-072).
5. Sze S. M. Physics of Semiconductor Devices, 3rd Edition / S. M. Sze, K. K. Ng. – Hoboken: A John Wiley & Sons, Inc., 2007. – 815 p.
6. Дмитрієв В.С. Багатокомпонентні омичні контакти до GaAs. [Електронний ресурс]/ В.С.Дмитрієв // Наукові праці Вінницького національного технічного університету, Вінниця: ВНТУ. – 2017. - № 3, С. 1-6. [S.l.], п. 3, ост. 2017. ISSN 2307-5376. Режим доступу до ресурсу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/517>.
7. Милнс А. Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник / А. Милнс, Д. Фойхт – М.: Мир, – 1975. – 432 с.
8. Christou A. Solid phase formation in Au: Ge/Ni, Ag/In/Ge, In/Au: Ge GaAs ohmic contact systems / A. Christou. // Solid-State Electronics. – 1979. – Vol. 22, №2. – P. 141–149.
9. Изготовление омических контактов к GaAs n-типа проводимости из сплавов Ag-Sn и Ag-Ge-In. / [О. Д. Баранцева, В. Б. Бердацев, Т. В. Критская и др.]. // Электронная техника. Серия 1: Электроника СВЧ. – 1975. – №12. – С. 98–104.
10. Спосіб виготовлення омичного контакту до GaAs: пат. 84122 Україна: МПК Н 01 L 21/28 (2006.01). №u201304691; заявл. 15.04.13; опубл. 10.10.13, Бюл. №19. 5 с.
11. Каргин Н. И. Формирование омических контактов в транзисторе с высокой подвижностью электронов с метаморфным гетеропереходом на основе арсенида галлия / Н. И. Каргин, А. Л. Кузнецов, Л. А. Сейдман, Н. А. Чашкин, С. А. Шостаченко // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы. – 2014. - Выпуск 1 (232). - С. 75-84.
12. Нисков В. Я. Измерение переходного сопротивления омических контактов к тонким слоям полупроводников / В. Я. Нисков. // Приборы и техника эксперимента – 1971. – №1. – С. 235–237.
13. Венгер Е. Ф. Межфазные взаимодействия и механизмы деградации в структурах металл-InP и металл-GaAs / [Е. Ф. Венгер, Р. В. Конакова, Г. С. Коротченко и др.] ; под общ. ред.: Р. В. Конаковой // АН Республики Молдова, Ин-т прикладной физики . – Киев : НАН Украины, 1999 . – 233 с.
14. Мильвидский М. Г. Физико-химические основы получения разлагающихся полупроводниковых соединений / М. Г. Мильвидский, О. В. Пелевин, Б. А. Сахаров. – М.: Металлургия, 1974. – 392 с.
15. Panish M. B. Ternary Condensed Phase Systems of Gallium and Arsenic with Group IB Elements [Електронний ресурс] / М. В. Panish. // Journal of The Electrochemical Society. – 1967. – Vol. 114, № 5. – С. 516–521. – Режим доступу до ресурсу: <http://jes.ecsdl.org/content/114/5/516.full.pdf>.

УДК 378.14

Н.Л. ДОН, С.О. САВЧЕНКО

Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету

О.Н. ВОЙЦЕХОВСЬКИЙ

Херсонський національний технічний університет

ДО ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З ЕЛЕКТРОНІКИ

Розглянуто можливості віртуального лабораторного практикуму на базі середовища Multisim при вивченні курсу електроніки. Проаналізовано методичні аспекти впровадження віртуальних лабораторних робіт в навчальному процесі.

Ключові слова: інформаційні технології, лабораторний практикум, Multisim, електроніка.

Н.Л. ДОН, С.А. САВЧЕНКО

Херсонский политехнический колледж Одесского национального политехнического университета

А.Н. ВОЙЦЕХОВСКИЙ

Херсонский национальный технический университет

К ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ

Рассмотрены возможности виртуального лабораторного практикума на базе среды Multisim при изучении курса электроники. Проанализированы методические аспекты внедрения виртуальных лабораторных работ в учебный процесс.

Ключевые слова: информационные технологии, лабораторный практикум, Multisim, электроника.

N.L. DON, S.A. SAVCHENKO

Kherson Polytechnic College of Odessa National Polytechnic University

A.N. VOYTSEKHOVSKIY

Kherson National Technical University

TO QUESTION OF INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN LABORATORY PRACTICAL WORK FROM ELECTRONICS

Possibilities of virtual laboratory practical work are considered on the base of environment of Multisim at the studying of course of electronics. The methodical aspects of introduction of virtual laboratory works are analyzed in an educational process.

Keywords: information technologies, laboratory practical work, Multisim, electronics.

Постановка проблеми

Соціальні та економічні умови сьогодення висувають достатньо жорсткі вимоги до якості випускників технічних вишів, незалежно від рівня акредитації останніх. Роботодавцям потрібна особистість, яка характеризується не репродуктивним, а творчим мисленням, ініціативна та самостійна щодо прийняття професійних рішень. Переважаючим напрямком інформатизації інженерно-технічної освіти є використання нових комп'ютерних технологій у формуванні важливих фахових компетенцій, що визначає необхідність впровадження сучасних інформаційних технологій в навчання інженерів.

В умовах інтенсивної комп'ютеризації вищої освіти розроблені та широко впроваджуються інформаційні технології з метою підвищення рівня викладання природничих та технічних дисциплін – електронні підручники, анімації, мультимедіа, моделі тощо. Стрімкий розвиток інтерактивних віртуальних лабораторій суттєво розширив можливості вивчення природничих та технічних дисциплін. Саме тому актуальним є питання впровадження віртуального лабораторного практикуму в освітній процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасному періоду розвитку суспільства притаманне безупинне зростання впливу інформатизації освітнього процесу. Проблемам інформатизації вищої освіти присвячені численні дослідження (А.І.Башмаков, Р.С.Гуревич, М.М. Козяр, А.Ю.Уваров, А.І.Уман, Л.С.Шевченко та інші). Проблеми формування та застосування у професійній підготовці фахівців інформаційно-освітніх середовищ досліджували А.А.Андрєєв, В.Ю.Биков, Ю.О.Жук та інші. В своїх наукових працях науковці зазначають, що використання в освітньому процесі ІКТ дозволяє представити для вивчення теоретичний

матеріал, організувати апробацію, тренування і самостійну творчу роботу, допомагає студентам і викладачеві оцінити рівень знань з певної теми, а також містить необхідну довідкову інформацію [1].

Сьогодні особливо активно змінюється роль комп'ютера в освіті – він перетворився в засіб підвищення ефективності проведення не лише лекційних занять, а й практичних чи семінарських. На думку більшості експертів, всюди в групах, що навчаються з використанням комп'ютерних технологій, спостерігається підвищення успішності та якості знань [2].

Важливу роль в засвоєнні технічних наук відіграє лабораторний практикум, мета якого – експериментальна перевірка теоретичних положень, формування практичних вмінь та навичок роботи з реальними об'єктами та обладнанням, вироблення навичок експериментальних досліджень та обробки отриманих результатів.

Незважаючи на велику кількість різнопланових і масштабних досліджень, що стосуються інформатизації освіти та використання інформаційно-комунікаційних технологій навчання, зокрема інформаційних освітніх середовищ, у них не знайшли ґрунтовного вивчення питання розробки і застосування віртуального лабораторного практикуму при вивченні конкретних дисциплін професійної підготовки фахівців у вищій школі.

Формулювання мети дослідження

Мета роботи полягає в дослідженні аспектів ефективного використання сучасних комп'ютерних середовищ, зокрема віртуальних лабораторій, при вивченні електроніки студентами технічних ВНЗ.

Викладення основного матеріалу дослідження

Лабораторний практикум з електроніки передбачає ознайомлення студентів з реальними елементами електронних кіл, із сучасними вимірювальними приладами, отримання навичок складання схем та проведення вимірювань з урахуванням електробезпеки – з практичної точки зору це оптимальний варіант засвоєння даної дисципліни. Але досвід показує, що збирання електричних схем та підключення вимірювальних приладів може займати до третини часу всього лабораторного заняття.

На практиці викладач змушений зважати на передбачувані труднощі, як от:

- постановка лабораторних робіт вимагає застосування вартісного обладнання (бажано сучасного) та великої кількості сучасних вимірювальних приладів;
- результати дослідження завжди залежать від якості ненадійних контактних з'єднань, надійності роботи вимірювальних приладів, вірогідності обриву з'єднань тощо;
- має місце небезпека перевантаження та виходу з ладу як джерел живлення, так і вимірювальних приладів;
- неможливість реалізації на стендах аварійних режимів.

Використання віртуальних лабораторних робіт дозволяє уникнути подібних ситуацій.

Віртуальна лабораторія фактично є комплексом програм чи програмно-апаратних засобів у поєднанні з набором документації з їх використання, що дозволяє проводити експеримент частково чи повністю на математичній моделі.

Із найбільш поширених віртуальних лабораторій можна виокремити наступні типи програмного забезпечення:

- інтерактивні демонстрації – переважно демонстраційні програми не містять достатню кількість інтерактивності, але задовільно демонструють проведення експерименту і тому досить часто застосовуються при створенні електронних посібників в якості засобу покращення сприйняття навчального контенту;
- універсальні комп'ютерні лабораторії – призначені для використання в освітньому процесі і за своїми властивостями наближені до програм, що використовуються в реальних наукових дослідженнях.

Віртуальні лабораторні роботи на базі універсальних пакетів програм можуть застосовуватися в різних предметних областях:

- система LabVIEW фірми National Instruments містить досить різноманітні бібліотеки елементів, призначених для розробки віртуальних інтерфейсів фізичних приладів та лабораторних установок;
- на базі спеціалізованих предметно-орієнтованих пакетів програм з обмеженими областями застосування (наприклад, система Multisim фірми National Instruments створена для моделювання електронних схем; система ChemOffice фірми CambridgeSoft призначена для моделювання хімічних процесів тощо).

Наразі поширеними є комп'ютерне моделювання та аналіз схем електронних пристроїв з використанням програм Electronics Workbench, DesignLab, APlac, P-Spice, Micro-Logic, LabVIEW, NI Multisim, Proteus тощо.

Серед зазначених комп'ютерних лабораторій на етапі початкового засвоєння студентами моделювання електронних пристроїв найбільш придатною для проведення лабораторного практикуму з електроніки є програмний пакет Multisim найбільш популярний у світі пакет в своєму класі програмних

продуктів, призначений для схематичного представлення і моделювання аналогових, цифрових і аналого-цифрових кіл. Він має ряд переваг, у порівнянні з аналогічними програмними продуктами і широкий вибір можливостей. [3].

Як показав досвід використання програм Electronics Workbench і Multisim, їх можна використовувати і без додаткової програмної оболонки. Зазначені програми можна використовувати в лабораторному практикумі в якості потужних універсальних інструментів для проведення досліджень та експериментів. При цьому система є більш гнучкою, не вимагається залучення додаткових спеціалістів до розробки та використання комплексу в освітньому процесі.

Компоненти - це основа будь-якої схеми, це все елементи, з яких вона складається. Multisim оперує з двома категоріями компонентів: реальними і віртуальними. Необхідно ясно розуміти різницю між ними, щоб повною мірою скористатися їх перевагами. У реальних компонентів, на відміну від віртуальних є певне, незмінне значення і відповідне позначення на друкованій платі. Віртуальні компоненти потрібні тільки для емуляції, користувач може призначити їм довільні параметри. У Multisim є й інша класифікація компонентів: аналогові, цифрові, змішані, анімовані, інтерактивні, цифрові з мультимедією, електромеханічні і радіочастотні. Підтримується стандартний набір компонентів: резистори, конденсатори, індуктивності, керовані лінійні і нелінійні джерела, лінії затримки без втрат і з втратами, діоди, тиристори, транзистори, операційні підсилювачі, цифрові інтегральні схеми та ін., а також світлодіоди, цифрові індикатори, резистивні матриці, плавкі запобіжники, лампи розжарювання і ключі. Підтримується механізм створення макромоделей.

Бібліотеки Multisim містять понад 16000 електронних компонент, які супроводжуються аналітичними моделями, придатними для швидкого моделювання. Програма дозволяє редагувати та створювати нові компоненти, при цьому у відкритому доступі в мережі Інтернет існують бібліотеки вже створених компонент для моделювання [3].

Схема зображується в графічному вигляді звичайним чином. З меню вибирають бібліотеку компонентів, склад якої зображується на робочому екрані. Рухом миші символи компонентів переносять на схеми і виконують електричні з'єднання. На відміну від DesignLab і Micro-Cap досить вказати початковий і кінцевий вивід з'єднання, як воно буде прокладено автоматично.

В програмі Multisim передбачено комплект контрольно-вимірювальних приладів, зовні та за характеристиками наближеними до їхніх промислових аналогів. Зокрема: мультиметри (для вимірювання постійної і змінної напруги і струму, опору, результати вимірювань виводяться у відносних одиницях і децибелах); багатоканальні осцилографи (регулюється підсилення каналів, частота розгортки, зсув зображення по координатах X, Y, є відкритий і закритий входи, передбачено введення сигналів синхронізації); вимірювачі частотних характеристик (Bode Plotter); генератор цифрових сигналів (Word Generator); цифровий логічний аналізатор і логічний перетворювач.

На рис.1-3 наведено приклади створення та дослідження електронних схем за допомогою Multisim в лабораторному практикумі з електроніки, зокрема зображення лицьової панелі осцилографа.

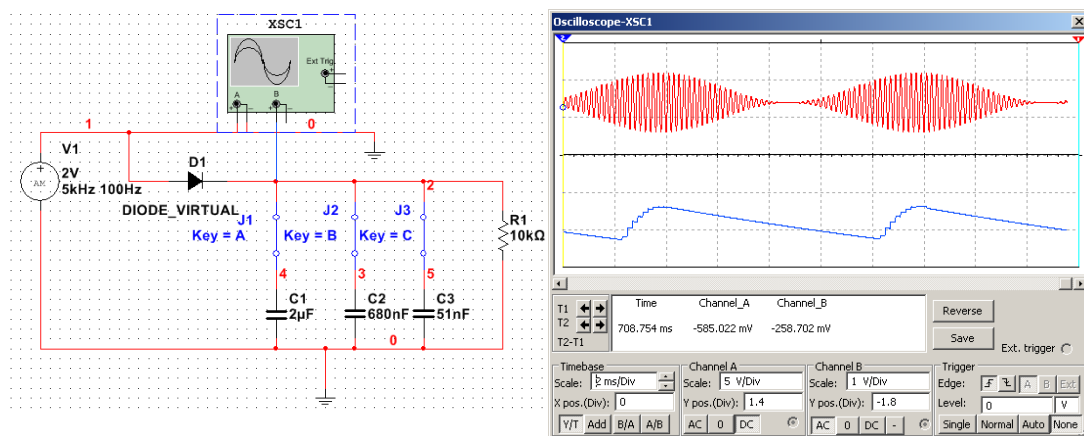


Рис. 1. Схемна реалізація амплітудного модулятора в Multisim

Передбачено можливість зміни параметрів компонентів простим натисканням клавіш. Так, у схемі де є потенціометр, його опір можна зменшити натисканням клавіші R, або збільшити натисканням Shift+R. Є кнопкові перемикачі, керовані з клавіатури. При цьому параметри можна змінювати, не перериваючи моделювання, як у реальному експерименті.

Подвійне натискування на піктограму вибраного приладу робить його активним і викликає повне зображення його лицьової панелі. При розгортанні зображення лицьової панелі приладу на весь екран за допомогою двох електронних курсорів проводять точні виміри характеристик.

Різні електричні кола можна забарвлювати в різні кольори для поліпшення сприйняття схеми. При цьому часові діаграми на екрані двопроменевого осцилографа і багатоканального логічного аналізатора фарбуються в ті ж кольори.

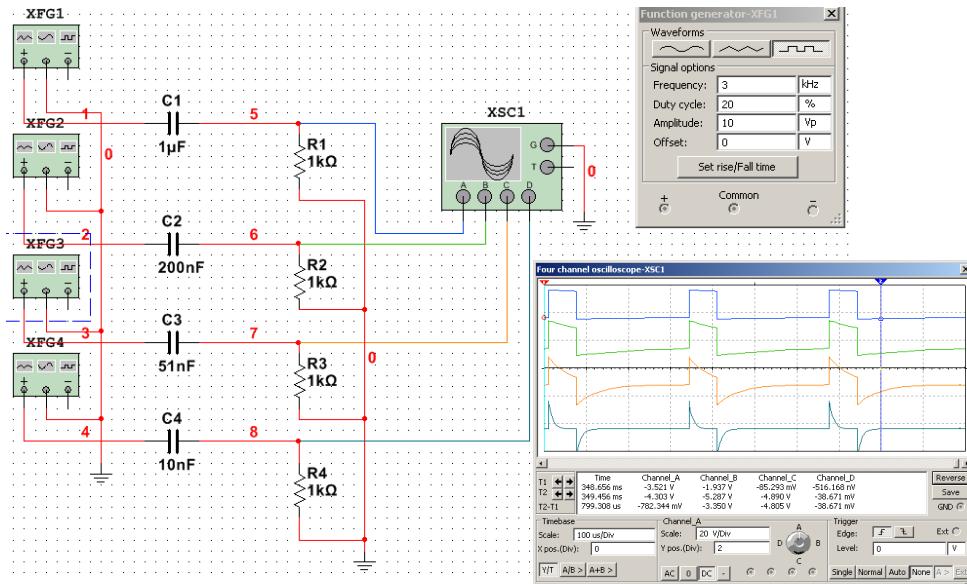


Рис. 2. Приклад дослідження електронних схем за допомогою Multisim

Програма повністю підтримує текстовий формат програми моделювання SPICE, причому при завантаженні текстового файлу у форматі SPICE на екрані буде сформована принципова схема з підключеними вимірювальними приладами. Передбачено вивід списку з'єднань у форматі програми OrCAD PCB (у файлах з розширенням імені .NET) для розробки друкованих плат. Слід також наголосити на беззаперечній перевазі програми Multisim – вона дозволяє представити 3D-модель зібраної схеми на макетній платі. На периферійні пристрої можна вивести принципову схему, її текстовий опис, перелік компонентів, параметри математичних моделей компонентів, описи макромоделей, параметри завдання на моделювання, перелік вимірювальних інструментів. Для вимірювальних інструментів відтворюється лицьова панель із зображенням характеристик і положенням органів керування, а для осцилографа зображуються також епюри напруги необмеженої довжини.

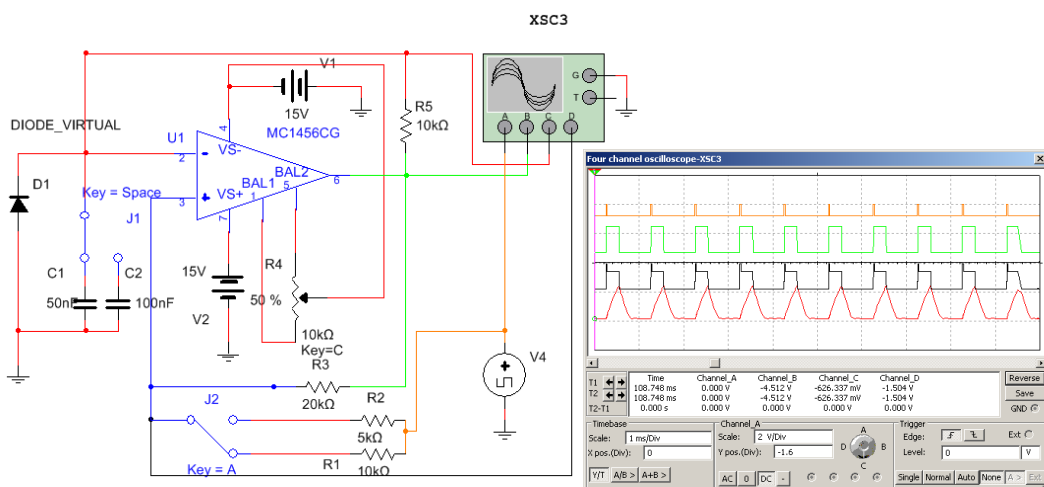


Рис. 3. Приклад використання віртуальних компонент та ключів у Multisim

Таким чином, програмний пакет Multisim дозволяє моделювати електричні схеми пристроїв та візуально представляти результати у вигляді осцилограм, графіків характеристик, показів віртуальних

вимірювальних приладів, що сприяє кращому розумінню принципів функціонування реальних схем контролю та керування технологічними процесами виробництва.

Експерименти на моделях розширюють і доповнюють реальні фізичні експерименти, оскільки дозволяють досліджувати аварійні режими, які просто неприпустимо виконувати під час натурних випробувань пристроїв; дозволяють прискорити чи уповільнити проходження електромагнітних процесів в електричних пристроях, що допомагає засвоїти їх суть.

На базі програмного комплексу Multisim на кафедрі енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету та на цикловій комісії електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Херсонського політехнічного коледжу Одеського національного політехнічного університету розроблено та впроваджено в освітній процес лабораторний практикум з електроніки. Практикум містить опис лабораторних робіт, зокрема мету роботи, теоретичні відомості, завдання та вказівки до їх виконання, креслення схем для дослідження, шаблони звітів з роботи, запитання до самоперевірки.

Перед початком моделювання в середовищі Multisim студент повинен самостійно опрацювати лекційний матеріал з теми роботи, вивчити основні теоретичні положення та методику розрахунку, виконати розрахунок параметрів установки для моделювання схеми пристрою, інструкції до роботи в середовищі Multisim.

Досвід використання програми в лабораторному практикумі з низки електротехнічних дисциплін («Теоретичні основи електротехніки», «Основи промислової електроніки, мікропроцесорної техніки та автоматики», «Промислова електроніка та мікросхемотехніка», «Електроніка і електронні засоби управління» тощо) показує, що для проведення лабораторних робіт достатньо двох годин попереднього ознайомлення з програмою.

Як показав досвід, віртуальна лабораторія Multisim може бути успішно використана і при використанні методичних рекомендацій до виконання лабораторних робіт, розроблених для стендів УІЛС. Методика проведення лабораторних робіт на базі УІЛС повністю відповідає можливостям віртуальної лабораторії Multisim, навіть більше – можливості Multisim з точки зору вимірювальних приладів та елементної бази на порядок вищі. При цьому програма може бути тренажером для засвоєння принципів роботи з реальними вимірювальними приладами і схемами.

Лабораторний практикум можна виконувати як в комп'ютерних класах навчального закладу, так і вдома на персональному комп'ютері, що є особливо актуальним під час дистанційного навчання.

Віртуальні лабораторні роботи з використанням Multisim допомагають не лише закріпити теоретичний матеріал, але і наочно продемонструвати роботу тих чи інших законів та процесів у реальних проектах. Після закінчення роботи з віртуальним комплексом формується звіт, при захисті якого студент демонструє розуміння матеріалу та вміння пояснити отримані результати.

Висновки

Отже, застосування віртуального лабораторного практикуму в освітньому процесі з одного боку дозволяє досліднику проводити експерименти з обладнанням і матеріалом, якого немає в реальній лабораторії вищого навчального закладу – при цьому вирішується проблема заміни відсутнього в навчальному закладі сучасного дорогого обладнання, так необхідного для якісної підготовки інженера; отримати практичні навички проведення експериментів, ознайомитися з комп'ютерною моделлю об'єкта дослідження без будь-яких непередбачуваних наслідків. З іншого боку, приєднання наявного лабораторного обладнання та приладів до комп'ютера в рамках віртуальної лабораторії дозволить підняти традиційний лабораторний практикум на принципово новий рівень.

Впровадження віртуального лабораторного практикуму в освітній процес є обов'язковим елементом сучасної лабораторії електроніки. Але інтерактивні форми занять з електроніки повинні поєднувати як реальні експерименти на сучасному обладнанні, так і віртуальні лабораторні роботи в оптимальному співвідношенні, що дозволить розвивати методику вивчення електроніки в технічному ВНЗ з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки. Такі лабораторні роботи дозволять значно підвищити ефективність освітнього процесу і дозволить сформувати та удосконалити фахові компетенції майбутнього інженера.

Список використаної літератури

1. Дон Н.Л. Проблеми і перспективи комп'ютеризації при підготовці кваліфікованих спеціалістів зі спеціальності "Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії" / Н.Л. Дон // Збірник наукових праць. Випуск 67. – Херсон: ХДУ, 2015. – С. 465-467.
2. Дон Н.Л. Використання інформаційних технологій в організації навчального процесу з дисципліни «Електричні машини» / Н.Л. Дон // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2015. – №1(52). – С.141-145.
3. Хернтер М.Е. Электронное моделирование в Multisim / М.Е. Хернтер. – М.: ДМК, 2010. – 488 с.

УДК 621.313:621.9

С.Р.СЄЛІВЕРСТОВА

Херсонська державна морська академія

О.М. ФРОЛОВ

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м.Миколаїв

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ВИСОКОТОЧНИМИ ШВИДКІСНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

У роботі розглянуто використання 4-х фазного безконтактного двигуна постійного струму, розробленого для приводу технологічного електроустаткування з виробництва підкладок для компонентів електронної техніки. У оглядовій частині проаналізовані різні типи двигунів. Наведені їх переваги та недоліки для використання у складі електроприводу обладнання для різання кремнієвих пластин. На базі аналізу сучасних електричних двигунів і огляду існуючих технологічних особливостей процесу різання кремнієвих пластин запропоновано конструкцію та відображено принцип дії 4-х фазного безконтактного двигуна постійного струму. Наведена схема керування розробленого двигуна постійного струму. Дана розробка дає можливість регулювання швидкості обертання та моменту на валу з високою точністю, їх відновлення та підтримку за час одного оберту двигуна при різкій зміні навантаження. Таким чином, застосування даного електрообладнання підвищить надійність системи, якість технологічного процесу з одночасним зниженням його собівартості.

Ключові слова: 4-х фазний безконтактний двигун постійного струму, електропривод, технологічне електрообладнання.

С.Р.СЕЛИВЕРСТОВА

Херсонская государственная морская академия

А.Н.ФРОЛОВ

Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, г.Николаев

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ВЫСОКОТОЧНЫМИ СКОРОСТНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В работе рассмотрено использование 4-х фазного бесконтактного двигателя постоянного тока, разработанного для привода технологического электрооборудования по производству подложек для компонентов электронной техники. В обзорной части проанализированы различные типы двигателей. Приведенные их преимущества и недостатки для использования в составе электропривода оборудования для резки кремниевых пластин. На основе анализа современных электрических двигателей и обзора существующих технологических особенностей процесса резки кремниевых пластин, предложена конструкция и отражен принцип действия 4-х фазного бесконтактного двигателя постоянного тока. Приведена схема управления разработанного двигателя постоянного тока. Данная разработка дает возможность регулирования скорости вращения и момента на валу с высокой точностью, их восстановления и поддержание в течении одного оборота двигателя при резком изменении нагрузки. Таким образом, применение данного электрооборудования повысит надежность системы, качество технологического процесса с одновременным снижением его себестоимости.

Ключевые слова: 4-х фазный бесконтактный двигатель постоянного тока, электропривод, технологическое электрооборудование.

S.R. SELIVERSTOVA

Kherson State Maritime Academy

A.N. FROLOV

National University of Shipbuilding, adm. Makarova, Nikolaev

ROLLING OF THE ELECTRIC DRIVER OF THE TECHNOLOGICAL EQUIPMENT WITH- PRECISION SPEED PARAMETERS

The article describes the use of 4-phase contactless DC motor designed for an electric drive of technological equipment for the production of electronic equipment components' mounts. The different types of motors have been analyzed in the review. Their advantages and disadvantages for the use in electric equipment for cutting silicon wafers have been given. Based on the analysis and review of modern electric motors and existing technological features of cutting silicon wafers the design and the operating principle of the 4-phase contactless DC motor have been proposed. The control circuit of the designed DC motor has been showed. This design enables adjusting the high-precision torque and rotational speed, their restoration and support during

one engine rotation at the sharp load change. Thus the use of this electric equipment enhances reliability of the system and quality of the technological process and at the same time reduces its cost.

Keywords: 4-phase contactless DC motor, electric drive, technological electrical equipment.

Постановка проблеми

У сучасній техніці з електроприводами все більше уваги приділяється електроприводам з більшим діапазоном швидкості обертання та з високою стабільністю цієї швидкості. Наряду з цим, електродвигуни повинні бути довговічними, надійними, мати порівняно малу собівартість виробництва.

Для устаткування різки кремнієвих пластин на кристали в виробництві електронної техніки використовують декілька методів: різка алмазними різцями, різка лазерним променем, різка алмазними дисками. Всі ці методи мають як переваги, так і недоліки. Крім того на різку подають пластини різних типів приладів (діодів, транзисторів, інтегральних мікросхем), які виготовляються з різною товщиною та діаметром, з різним типом підкладки, які мають різні механічні характеристики. Це вимагає змінювати режими різання, тобто регулювати швидкості двигунів впродовж однієї робочої зміни. Додатковою перевагою є менший знос інструменту та деталей станка, що зазнають тертя. Все це приводить до зменшення собівартості виготовлюваної продукції.

В цьому випадку для того, щоб отримати необхідну якість поверхні та зменшення зносу інструмента та обладнання, необхідна висока стабільність швидкості обертання валу двигуна [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Промисловість випускає велику кількість різних видів і типів електродвигунів. Також відомо безліч способів регулювання швидкості обертання валу двигунів [2].

Найбільше поширення одержали асинхронні електродвигуни змінного струму, тому що собівартість їхнього виробництва (особливо двигунів з короткозамкненим ротором) одна з найнижчих. Однак, застосовувані способи регулювання швидкості у своїй більшості дозволяють регулювати швидкість обертання східчасто, у той час як у сучасній техніці та пристроях автоматики необхідне регулювання швидкості навіть у частки відсотка. Асинхронні двигуни з фазним ротором мають більшу собівартість, ніж з короткозамкненим ротором, і менш надійні через застосування механічного контакту із щітками для передачі струму в ротор. Через цей механічний контакт і його стирання згодом асинхронні двигуни з фазним ротором мають нижчу надійність [3].

Синхронні двигуни змінного струму дозволяють підтримувати швидкість обертання навіть при різкій зміні навантаження, але не дозволяють змінювати або задавати швидкість, якщо того вимагає технологічний процес. Крім того синхронні двигуни також мають тертьові частини - механічний контакт для передачі струму ротору. Через більш складну конструкцію синхронні двигуни мають одну із найбільших собівартостей виробництва.

Колекторні електродвигуни постійного струму задовольняють багатьом вимогам, які поставлені в даній роботі. По-перше, вони можуть працювати в широкому діапазоні швидкості обертання двигуна. По-друге, вони дозволяють використовувати схеми з плавним регулюванням швидкості. Крім того, мають не таку велику собівартість виробництва. Однак, через наявність щітково-колекторного контакту надійність таких двигунів досить мала. Також через можливість появи іскріння, такі двигуни створюють радіоперешкоди й можуть давати коловий вогонь по колектору, що може стати причиною пожежі.

Для побудови електропривода з високою стабільністю швидкості обертання найбільше підходять безколекторні (безконтактні) двигуни постійного струму. Вони мають електронну комутацію струмів у фазах замість щітково-колекторного вузла, а швидкість обертання двигуна визначається величиною струму в котушках фаз. Спочатку такі двигуни застосовувалися в пристроях запису та відтворення інформації, у тому числі у відеотехніці, у звукотехніці, в обчислювальній техніці. Вони могли бути двох- або трифазними. Останнім часом такі двигуни знаходять все більше застосування й у пристроях автоматики та промислового устаткуванні [4]. Тому розробка безколекторних двигунів і систем керування двигунами має важливе значення для багатьох галузей виробництва.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є розробка електропривода для устаткування різки кремнієвих пластин на кристали, у якому можна задати будь-яку швидкість обертання, та у якому при зміні навантаження задана швидкість та момент на валу підтримується з високою точністю і відновлюється за час одного оберту двигуна.

Викладення основного матеріалу дослідження

У системах автоматики, керування, регулювання та контролю широко застосовуються керовані електродвигуни невеликої потужності. До цих машин пред'являється ряд вимог, обумовлений специфікою їхньої роботи: часті пуски, реверси, постійно змінюється частота обертання, широкий діапазон регулювання частоти обертання, мала потужність керування, мала інерційність. Існують виконавчі двигуни асинхронні та постійного струму.

Зростання кількості нових розробок безконтактних двигунів постійного струму, показує, що типова напруга живлення складає 12В та 24В, діапазон потужностей складає стандартний ряд: 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25; 40 Вт. Разом з тим, нижня межа ряду потужностей була визначена вимогами споживачів, а верхня межа була лімітована можливостями транзисторів за напругою пробою, споживаною потужністю та максимальними струмами. На теперішній час розроблено ряд транзисторів зі збільшеною потужністю та напругою пробою. Тому цей ряд може бути доповнений напругами живлення 36(40)В та 50(60)В, а також максимальними потужностями 60 Вт та 100Вт. Статистичні дані по швидкості обертання складали 2000 об/хв., 3000 об/хв., 5000 об/хв., 8000 об/хв., 12000 об/хв.

Особливості технологічного процесу. Для різки напівпровідникових пластин на кристали в електронному виробництві використовують декілька методів [5]: різка алмазними різцями (скрайберами); різка лазерним променем; різка алмазними дисками.

Всі ці методи мають як переваги, так й недоліки. Існують два способи різання напівпровідникових пластин на кристали. Перший спосіб використовують для різання пластин з різним розміром кристалів. В ньому використовують один диск, а столик з пластиною робить зворотньо-поступові рухи по кількості стовбців кристалів на пластині, а після повороту на 90° ще по кількості стовбців в перпендикулярному напрямку. Другий спосіб використовують, якщо треба проводити різку багатой кількості однакових пластин з однаковим розміром кристалів. При цьому способом виготовляють набір алмазних дисків з загальною товщиною до 150 мм. Між дисками ставлять спеціальні кільця з товщиною, яка потрібна для отримання необхідних розмірів кристалів [5,6].

З метою зменшення кількості бракованих кристалів необхідно визначати режими різки пластин на кристали, в тому числі швидкість обертання дисків, та швидкість руху робочого столика. Ці швидкості повинні бути стабілізованими, тому що навіть при незначному відхиленні швидкостей від номінальних різання приводить до появи тріщин та сколів на пластинах.

Таким чином, головна умова отримання високої якості проведення процесу - це отримання високого ступеню стабілізації частоти обертання двигунів наряду з зменшенням собівартості, отриманням довговічності та високої надійності.

Пластили з кристалами в процесі виробництва проходять значну кількість термічних операцій при високих температурах (більш 1150°C), що викликає вигинання пластин. При заданій глибині прорізання канавок в пластинах по діаметру пластини момент опору та навантаження змінюються [5]. Це викликає зміну частоти обертання двигуна, тому що використовуються двигуни з невеликою потужністю [4]. Стабілізований по швидкості двигун повинен мати три складові частини: сам двигун з силовими обмотками, датчик швидкості та датчик положення ротора. Недоліки виконавчих двигунів постійного струму пов'язані із застосуванням колектора та наявністю ковзного контакту. У вибухонебезпечних умовах вони вимагають особливої герметизації, а для придушення радіоперешкод - додаткового фільтра.

З метою уникнення цих перешкод розроблена структурна схема системи керування 4-х фазним безколекторним двигуном постійного струму, блок схема якої наведена на рис. 1.

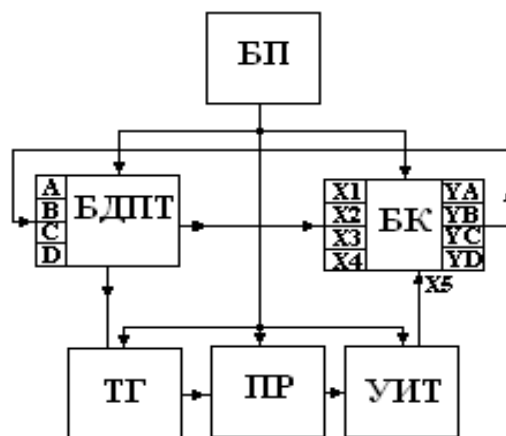


Рис. 1. Структурна схема системи керування 4-х фазним безколекторним двигуном постійного струму: БП - блок живлення; БДПТ- безколекторний двигун постійного струму; БК - блок комутаторів; ТГ- тахогенератор; ПР - перетворювач частота-напруга; УИТ - кероване джерело струму

Відповідно до структурної схеми система керування безколекторним чотирифазним двигуном (БДПТ) включає блок комутаторів (БК), що по сигналах (X1, X2, X3, X4) датчика положення ротора

(ДПР), який перебуває в самому двигуні, по черзі зі своїх виводів (YA, YB, YC, YD) перемикає струм у фазах (A, B, 3, D) безконтактного двигуна.

Схема керування чотирифазним безколекторним двигуном живиться від блоку живлення БП. Блок живлення виробляє напругу постійного струму одночасно для живлення обмоток електродвигуна та для живлення всіх блоків схеми керування. Якщо напруга на обмотках двигуна більше (15-24)В, то блок живлення повинен видавати дві постійних напруги: підвищену напругу на обмотки двигуна; більш низьку напругу для схеми керування та живлення датчиків Холла.

Два датчики Холла розташовуються під ротором так, щоб їх осі відносно один одного були зрушені на 90° , тобто на $1/4$ частину повного оберту. При обертанні ротора датчики Холла попадають під дію магнітного поля ротора то з південною полярністю S, то з північною полярністю N, і тому на двох виходах кожного датчика відбувається зміна полярності сигналу. Наприклад, при дії полярності S на першому виході датчика буде $(+\Delta V)$, а на другому $(-\Delta V)$, і при дії полярності N на першому виході з'явиться $(-\Delta V)$, а на другому $(+\Delta V)$. Через розташування датчиків зі зрушенням осей, на другому датчику Холла полярність сигналу повторює полярність сигналів з першого датчика, але зі зсувом на $1/4$ оберту. В зв'язку з тим, що кожний датчик Холла має два виходи, на входи блоку комутаторів (X1, X2, X3, X4) приходять 4 сигнали від датчиків Холла.

Сигнали, що прийшли від датчиків Холла, у блоці комутаторів (БК) підсилюються та обробляються так, щоб на бази вихідних потужних транзисторів видавався по черзі сигнал у базу тільки одного із чотирьох транзисторів, з'єднаних з виходами схеми (YA, YB, YC, YD). У результаті даний транзистор відкривається і, тим самим, відкриває шлях для проходження струму від джерела живлення через обмотки й далі через відкритий транзистор.

Найбільш важливим вузлом схеми керування є блок комутаторів, тому що саме він перемикає в котушках фаз струм, вироблений джерелом струму.

Якщо в схемі не передбачені автоматичне підстроювання або стабілізація струму, то шлях струму через відкритий транзистор проходить на шину «землі», з'єднаної з негативним виводом джерела живлення обмоток електродвигуна. А якщо передбачається автоматична стабілізація частоти, то шлях струму через відкритий транзистор лежить до керованого джерела струму (УИТ).

При сильному збільшенні навантаження та зменшенні швидкості обертання струм, посланий у фази (у котушки фаз), повинен збільшитися до необхідного рівня. Із цією метою застосовується тахогенератор (ТГ), що визначає швидкість обертання ротора двигуна, а також перетворювач «частота – напруга» (ПР) зі схемою порівняння. Вироблена перетворювачем напруга подається на вхід керування керованого джерела струму (УИТ).

Будова чотирифазного безконтактного двигуна постійного струму та принцип його дії. Незважаючи на різноманітність форми та розмірів безколекторних двигунів постійного струму, основні елементи та принцип роботи двигунів у них однаковий.

Будову безколекторного (безконтактного) чотирифазного двигуна постійного струму показано на рис. 2.

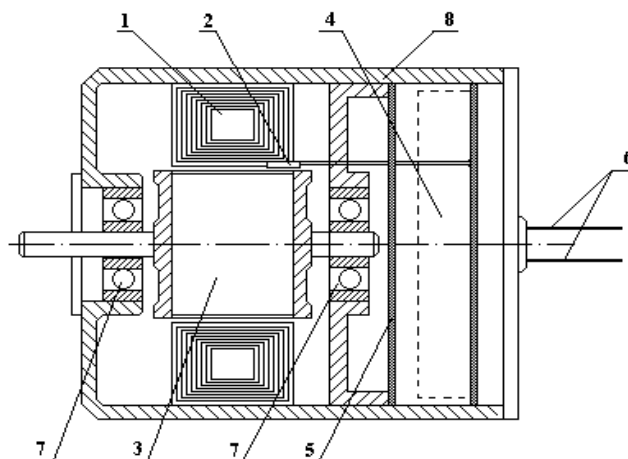


Рис. 2. Конструкція безконтактного двигуна постійного струму

У спеціальних пазах полюсних наконечників 1 сердечників статора (рис.2) розташовують датчики Холла 2. Постійний магніт 3 не має центрального отвору для посадки на вал, він вставляється в спеціальну тонкостінну гільзу та закривається фланцями з обох півосей, що приварюються. Така конструкція ротора дозволяє уникнути виконання центрального отвору в постійному магніті, тому що це

часто є причиною появи браку - тріщин і відколів на постійному магніті.

Схема керування із блоком комутаторів виконується на платах і розташовується в об'ємі 4. Схеми керування звичайно відділені від механічної частини двигуна перегородкою 5 і закриті металевим ковпаком - екраном. Приведені елементи містяться в корпусі 8.

Стабілізований по швидкості двигун повинен мати три складові частини: сам двигун з силовими обмотками, датчик швидкості та датчик положення ротора [2].

Для керування таким двигуном застосовують датчики Холла та комутатор із чотирма потужними вихідними транзисторами, які по черзі перемикають електричний струм в обмотках (рис. 3,4).

Чотири обмотки (фази) двигуна розташовуються на явно виражених полюсах сердечника якоря. Датчики Холла встановлюються в пазах полюсних наконечників двох суміжних полюсів. Потужні вихідні транзистори комутатора працюють у ключовому (релейному) режимі. Сигнали на відкривання потрібного транзистора надходять від датчиків Холла, а живлення датчиків Холла здійснюється від джерела живлення з постійною напругою V_{cc2} .

Кожна обмотка (фаза) виконана із двох котушок, розташованих на полюсах сердечника статора та з'єднаних послідовно.

Якщо на якусь з обмоток (фаз) статора проходить струм від початку (Н1-Н4) до кінця обмотки (К1-К4), то полюси сердечника статора здобувають полярність, відповідно S і N (рис. 3).

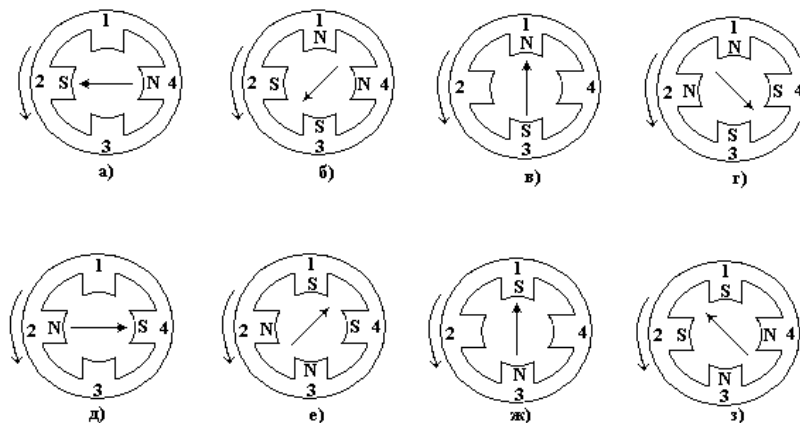


Рис. 3. Зміна магнітного поля статора в чотирифазному (чотириполюсному) безколекторному двигуні постійного струму

При положенні ротора, показаному на рис. 4, у зоні магнітного полюса перебуває датчик Холла DX1.

Датчик DX1 виробляє сигнали, по яких транзистор VT(B) переходить у відкритий стан. Тому в обмотці статора W_2 (фаза B) з'явиться струм i_2 , що протікає від Н2 до К2. При цьому полюси статора 2 і 4 здобувають полярність S і N, як показано на рис. 3а. У результаті взаємодії магнітного поля статора, що наводиться струмом, який протікає, і магнітного поля ротора, який наводиться постійним магнітом, з'являється електромагнітний момент M , що обертає ротор.

Після повороту ротора щодо осі полюсів статора 1-3 на деякий кут α проти годинникової стрілки в зоні магнітного полюса ротора S, виявиться датчик Холла DX2. По його сигналах у відкритий стан перемикається транзистор VT(3) і в обмотці W_3 (фаза 3) з'явиться струм i_3 , а полюси 3 і 1 здобувають полярність S і N. При цьому магнітний потік статора буде створюватися спільною дією МДС обмоток W_2 і W_3 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 2-4 на кут 45° , як показано на рис. 3б.

Ротор, продовжуючи обертання, займає положення по осі полюсів статора 2-4. При цьому датчик Холла DX1 попадає в міжполюсний простір ротора, а датчик Холла DX2 залишається ще в зоні дії магнітного поля полюса S ротора. У результаті транзистор VT(B) закривається і струм через нього вже не протікає, а транзистор VT(C) залишається відкритим і магнітним потоком, створюваний МРС обмотки фази C, повертається щодо осі полюсів 2-4 ще на 45° , як показано на ри. 3в.

Після того, як весь обертового ротора перетне весь полюсів статора 2-4, датчики Холла DX1 і DX2 виявляться в зоні дії магнітного поля полюса S ротора, що приводить до перемикання у відкритий стан транзистора VT(D). У результаті в обмотці W_4 (фаза D) з'явиться струм i_4 , а полюси 2 і 4 здобувають полярність N і S. При цьому магнітний потік статора буде створюватися спільною дією МРС обмоток W_3 і W_4 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 1-3 на кут 45° , як показано на рис. 3г.

Ротор, продовжуючи обертання, займає положення по осі полюсів статора 3-1. При цьому датчик Холла DX2 попадає в міжполюсний простір ротора, а датчик Холла DX1 буде в зоні дії магнітного поля

полюса S ротора. У результаті транзистор VT(C) закривається і струм через нього вже не протікає, а транзистор VT(D) залишається відкритим і магнітним потоком, створюваний MPC обмотки фази D, повертається щодо осі полюсів 3-1 ще на 45° , як показано на рис. 3д.

Схема керування безколекторним (безконтактним) чотирифазним двигуном постійного струму наведена на рис.4.

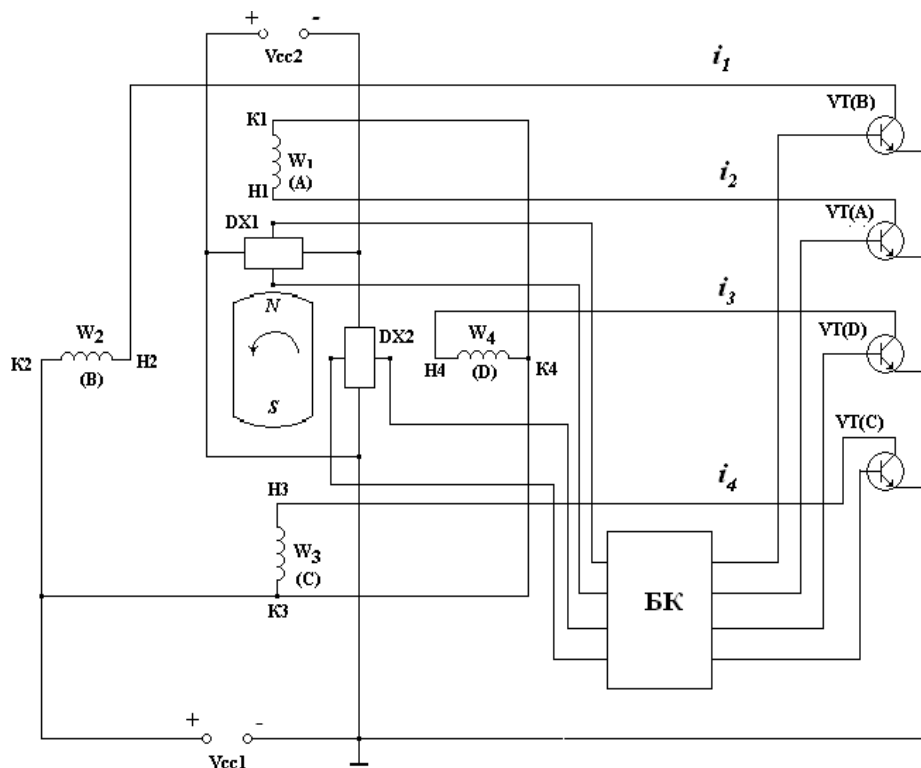


Рис. 4. Схема керування безколекторним (безконтактним) чотирифазним двигуном постійного струму

Після повороту ротора щодо осі полюсів статора 3-1 на деякий кут α проти годинникової стрілки в зоні магнітного полюса ротора S, виявиться датчик Холла DX2. По його сигналах у відкритий стан перемикається транзистор VT(A) і в обмотці W_1 (фаза A) з'явиться струм i_1 , а полюси 4 і 2 здобувають полярність S і N. При цьому магнітний потік статора буде створюватися спільною дією MPC обмоток W_4 і W_1 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 4-2 на кут 45° , як показано на рис. 3е.

Ротор, продовжуючи обертання, займає положення по осі полюсів статора 4-2. При цьому датчик Холла DX1 попадає в міжполюсний простір ротора, а датчик Холла DX2 залишається ще в зоні дії магнітного поля полюса S ротора. У результаті транзистор VT(D) закривається й струм через нього вже не протікає, а транзистор VT(A) залишається відкритим і магнітним потоком, створюваний MPC обмотки фази A, повертається щодо осі полюсів 4-2 ще на 45° , як показано на рис. 3ж.

Після того, як вісь обертального ротора перетне вісь полюсів статора 4-2, датчики Холла DX1 і DX2 виявляться в зоні дії магнітного поля полюса S ротора, що приводить до перемикання у відкритий стан транзистора VT(B). У результаті в обмотці W_2 (фаза B) з'явиться струм i_2 , а полюси 2 і 4 здобувають полярність S і N. При цьому магнітний потік статора буде створюватися спільною дією MPC обмоток W_1 і W_2 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 1-3 на кут 45° , як показано на рис. 3з. На цьому один оберт ротора закінчується і для наступного оберту обертання двигуна процес перемикання транзисторів та зміни магнітного поля повторюється спочатку.

Зміна напрямку обертання (реверс) двигуна здійснюється зміною полярності напруги живлення датчиків Холла Vcc2. Змінювати полярність напруги на вході двигуна Vcc1 або полярність напруги живлення блоку комутаторів неприпустимо, тому що транзистори обраного типу провідності не зможуть працювати.

Коефіцієнт корисної дії такого двигуна в порівнянні з колекторними двигунами постійного струму вище, що пояснюється відсутністю щітково-колекторного вузла. Тому спостерігається менше електричних втрат у щітковому контакті, а також менше механічних втрат на подолання сили тертя в колекторі.

Висновки

1. На базі аналізу сучасних електричних двигунів і огляду існуючих технологічних особливостей процесу різання кремнієвих пластин, запропоновано конструкцію та відображено принципи дії безконтактного двигуна постійного струму.

2. Розроблено схему керування 4-х фазного безконтактного двигуна постійного струму.

3. Встановлено, що застосування чотирьох фаз дозволяє спростити систему комутації і керування двигуном, тому що в цьому випадку можна використовувати як аналогові, так і досить прості логічні схеми.

4. Показано, що дана розробка дає можливість регулювання швидкості обертання та моменту на валу з високою точністю, їх відновлення та підтримку в плінні одного оберту двигуна при різкій зміні навантаження.

Список використаної літератури

1. Запорожский В.П. Обработка полупроводниковых материалов / Запорожский В.П., Лапшинов Б.А. – М: Высшая школа, 1988.
2. Данилина Т.И. Процессы микро- и нанотехнологии / Данилина Т.И., Смирнова К.И., Илюшина В.А., Величко А.А. – Томск, 2005. -316 с.
3. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: навч.посібник / [Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепкіков В.Б. та ін.]; за ред. Поповича М.Г., Лозинського О.Ю.– К, 2005. – 680 с.
4. Кацман М.М. Электричні машини / Кацман М.М. – М.: Вища школа 1990. – 394 с.
5. 3. Теория автоматизированного электропривода : [уч.пособие для вузов]. / М.Г. Чиликин, В.И.Ключев, А.С Сандлер. – М.; Энергия, 2009. – 616 с.
6. 4. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : [учебник для вузов]. / Михайлов О.П. – М.: Машиностроение, 1990. – 304 с.
7. Цитыркина С.А. Технологии резки стержней монокристаллов кремния/ Цитыркина С.А., Зуйков И.Ф., Чумакова И.В. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики - № 6, том 1., 2010. – с.25-26.
8. Семенов Ю.Г. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники. [уч.пособие для вузов]. / Семенов Ю.Г. - М. : Высшая школа, 1990. – 354с.
9. Никифорова-Денисова С.Н. Технология.полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники. [уч.пособие для вузов]. / Никифорова-Денисова С.Н. - М. : Высшая школа, 1990. – 298с.
10. Селіверстова С.Р. Система керування 4-фазним безконтактним двигуном постійного струму [Текст] / СеліверстоваС.Р., Фролов О.М. // VII Міжнародна науково-практична конференція “Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування”, 22-23 вересня 2016 г. – Херсон : ХДМА - с.83-85.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Асаулюк Тетяна Сергіївна	к.т.н., м.н.с. науково-дослідного сектору Херсонського національного технічного університету E-mail: tatisevna@gmail.com
Бабіч Світлана Степанівна	к.т.н., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: babich_vi@ukr.net
Базик Віталій Петрович	аспірант кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: adamsitsb@gmail.com
Бардачов Юрій Миколайович	д.т.н., професор, ректор Херсонського національного технічного університету E-mail: kntu@kntu.net.ua
Безпальченко Віолета Михайлівна	к.х.н., доцент кафедри хімії і екології Херсонського національного технічного університету E-mail: maleevkherson@mail.ru
Богданова Ольга Федорівна	к.т.н., професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: bogdanova.olga.f@gmail.com
Бойко Галина Анатоліївна	к.т.н., докторант кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: galina_boyko_86@ukr.net
Бурак Валентина Геннадіївна	к.т.н., доцент, завідувач кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрного університету E-mail: burak_v@ro.ru
Валько Микола Іванович	д.т.н., професор кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: valko.mukola@kntu.net.ua
Валько Павло Миколайович	к.т.н., ст. викладач кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: valko.pavlo@kntu.net.ua
Венгер Олена Олексіївна	к.т.н., доцент кафедри хімії і екології Херсонського національного технічного університету E-mail: ximiecollogy@kntu.net.ua
Вікулін Іван Михайлович	д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри фізики Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова E-mail: physonat@gmail.com
Войцеховський Олександр Никифорович	ст. викладач кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету E-mail: laurvignon@yahoo.fr
Гевко Роман Богданович	д.т.н., професор, завідувач кафедри менеджменту біоресурсів і природокористування Тернопільського національного економічного університету E-mail: r_hevko@ukr.net
Горященко Сергій Леонідович	к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету E-mail: GSL7@ukr.net
Дмитрієв Вадим Сергійович	завідувач навчально-науковою лабораторією кафедри мікроелектронних інформаційних систем Запорізької державної інженерної академії E-mail: dems562@gmail.com

Добіжа Наталія Володимирівна	к.т.н., доцент, директор Вінницького коледжу економіки та підприємництва Тернопільського національного економічного університету E-mail: r_hevko@ukr.net
Домбровська Олена Петрівна	к.т.н., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: alen4ik77.d@gmail.com
Домбровський Андрій Геннадійович	к.т.н., доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: tka4@mail.ua
Дон Наталія Леонідівна	к.ф.-м.н., доцент, викладач Херсонського політехнічного коледжу Одеського національного політехнічного університету E-mail: donnatalia79@gmail.com
Єдинович Михайло Борисович	к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики Херсонського національного технічного університету E-mail: edenkuz@gmail.com
Ємельянова Тетяна Анатоліївна	ст. викладач кафедри фізики та загально інженерних дисциплін Херсонського державного аграрного університету E-mail: e.tatyana.2014@ukr.net
Заморська Ірина Леонідівна	к.с.н., доцент кафедри технології зберігання і переробки плодів та овочів Уманського національного університету садівництва E-mail: zil197608@gmail.com
Ільющенков Ілля Вадимович	студент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: XT-2014@ukr.net
Іщенко Даніїл Русланович	студент кафедри хімії і екології Херсонського національного технічного університету E-mail: ximiecolology@kntu.net.ua
Клендій Олександра Миколаївна	к.т.н., доцент кафедри загальноінженерної підготовки Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут» E-mail: klendii_o@ukr.net
Клендій Володимир Миколайович	к.т.н., асистент кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя E-mail: vova221@ukr.net
Ковалевський Костянтин Андрійович	к.т.н., професор кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: Food_technology@kntu.net.ua
Короленко Віра Опанасівна	к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: korolenko.vira@kntu.net.ua
Кругла Наталія Анатоліївна	к.і.н., доцент, декан факультету кібернетики та системної інженерії Херсонського національного технічного університету E-mail: natali270869@ukr.net
Кузнєцов Сергій Іванович	к.т.н., доцент кафедри хімії та екології Херсонського національного технічного університету E-mail: ksieko@rambler.ru
Кузьміна Тетяна Олегівна	д.т.н., професор кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: Food_technology@kntu.net.ua
Кутасов Андрій Володимирович	аспірант кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: kutasov_a@rambler.ru
Лещенко Олександр Валерійович	м.н.с., аспірант кафедри транспортних технологій Херсонської державної морської академії E-mail: oo.sapronov@gmail.com

Литвиненко Віктор Миколайович	к.т.н., доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій електроніки та інженерії Херсонського національного технічного університету. E-mail: hersonlvn@gmail.com
Малєєв Володимир Олексійович	к.с.н., доцент кафедри хімії і екології Херсонського національного технічного університету E-mail: maleevkherson@mail.ru
Мамай Ольга Іванівна	к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: Food_technology@kntu.net.ua
Міщенко Ганна Володимирівна	д.т.н., професор, завідувач кафедри хімії і екології Херсонського національного технічного університету E-mail: ximiecolgy@kntu.net.ua
Міщенко Олена Володимирівна	к.т.н., доцент кафедри хімії і екології Херсонського національного технічного університету E-mail: ximiecolgy@kntu.net.ua
Погрішук Борис Васильович	д.е.н., професор, директор Вінницького навчально-наукового інституту економіки Тернопільського національного економічного університету E-mail: r_hevko@ukr.net
Розов Юрій Георгійович	д.т.н., професор кафедри транспортних систем і технічного сервісу Херсонського національного технічного університету E-mail: rozovu@mail.ru
Савченко Сергій Олександрович	викладач Херсонського політехнічного коледжу Одеського національного політехнічного університету E-mail: ckeper@gmail.com
Салєба Людмила Владимировна	к.т.н., доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету E-mail: saleba@inbox.ru
Сапронов Олександр Олександрович	докторант кафедри транспортних технологій Херсонської державної морської академії E-mail: oo.sapronov@gmail.com
Сарібєкова Юлія Георгіївна	д.т.н., професор, п.н.с. НДС Херсонського національного технічного університету E-mail: ysaribyekova@gmail.com
Семенченко Оксана Олександрівна	к.т.н., доцент кафедри хімії і екології Херсонського національного технічного університету E-mail: maleevkherson@mail.ru
Семешко Ольга Яківна	к.т.н., науковий співробітник науково-дослідного сектора Херсонського національного технічного університету E-mail: solgaya@gmail.com
Сєліверстова Світлана Ростиславівна	к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматики Херсонської державної морської академії E-mail: ussr28031972@gmail.com
Скалозубова Наталія Сергіївна	к.т.н., м.н.с. відділу хімії проблемної лабораторії Херсонського національного технічного університету E-mail: solgaya@gmail.com
Скропишева Олена Віталіївна	к.т.н., доцент кафедри хімічних технологій, експертизи та безпеки харчової продукції Херсонського національного технічного університету E-mail: Skropysheva.Olena@kntu.net.ua
Степанчиков Дмитро Михайлович	к.ф.-м.н., доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету E-mail: dmitro_step75@ukr.net
Стоянова Ольга Вікторівна	к.т.н., доцент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E-mail: stoyanova.olga@kntu.net.ua

Тернова Тетяна Іванівна	к.т.н., докторант кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: tti.kherson@gmail.com
Тіхосова Ганна Анатоліївна	д.т.н., професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету E-mail: tihosova@gmail.com
Толмачов Володимир Сергійович	к.т.н., ст. викладач кафедри професійної освіти та комп'ютерних технологій Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка E-mail: 9779905@gmail.com
Фролов Олександр Миколайович	к.т.н., доцент кафедри автоматики та електроустаткування Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова E-mail: ussr28031972@gmail.com
Чутро Олександр Федорович	к.т.н., доцент Херсонського державного аграрного університету
Шанін Олександр Дмитрович	ст. викладач кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E- mail: Food_technology@kntu.net.ua
Яковенко Тетяна Олександрівна	асистент кафедри харчових технологій Херсонського національного технічного університету E- mail: food_technology@kntu.net.ua

ПРАВИЛА ПРИЙОМУ СТАТЕЙ

ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У НАУКОВИЙ ФАХОВИЙ ЖУРНАЛ «ВІСНИК ХЕРСОНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»

«Вісник Херсонського національного технічного університету» є періодичним науковим журналом, призначеним для опублікування наукових робіт з метою висвітлення нових наукових і практичних результатів, що не публікувалися раніше у відкритій пресі.

Журнал приймає до розгляду статті за наступними науковими напрямками:

1. **Фундаментальні науки.**
2. **Інженерні науки.**
3. **Технологія легкої і харчової промисловості.**
4. **Інформаційні технології.**
5. **Математичне моделювання фізичних і технологічних процесів та технічних систем.**
6. **Прикладна геометрія і комп'ютерні технології.**
7. **Електроніка та електротехніка.**
8. **Економічні науки.**
9. **Проблеми вищої школи.**

Науковий журнал «Вісник ХНТУ» включено згідно з договором № 639-10/2013 у Російський індекс наукового цитування (Российский индекс научного цитирования, РИНЦ).

До журналу приймаються оригінальні статті, що не публікувалися в інших виданнях. **Обсяг рукопису** – від 5 до 10 повних сторінок. Статті публікуються українською, російською та англійською мовами.

Обов'язкові елементи статті:

- індекс УДК у верхньому лівому кутку листа (*Times New Roman, 12 nm*);
- ініціали, по-батькові та прізвище автора великими літерами у верхньому правому кутку сторінки (*Times New Roman, 12 nm*), із зазначенням місця роботи повністю справа (*Times New Roman, 8 nm*);
- назва статті великими літерами, по центру (*Times New Roman, 12 nm, жирний*); назва статті подається без використання вузькоспеціалізованих скорочень, крапка в кінці назви не ставиться;
- основний текст статті (*Times New Roman, 10 nm*).

Основний текст статті відповідно до вимог ВАК України (Постанова Президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7-05/1) повинен мати такі **виділені** елементи:

- **постановка проблеми;**
- **аналіз останніх досліджень і публікацій;**
- **формулювання мети дослідження;**
- **викладення основного матеріалу дослідження;**
- **висновки;**
- **список використаної літератури.**

Список використаних джерел має містити не більше 15 літературних посилань і оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Обов'язково додаються анотації **українською, російською та англійською мовами** (*Times New Roman, 10 nm, курсив*) (текст ідентичний, середній обсяг – 500 друкованих знаків), де вказується назва статті, повне ім'я та прізвище автора, характеристика основної проблеми, мети, узагальнених результатів, та ключові слова.

Статті подаються у вигляді файлу формату *doc* для *Word for Windows* у незаархівованому вигляді на CD-диску. Шрифт *Times New Roman*, розмір – 10, інтервал – одинарний, поля: зліва – 25 мм; справа – 25 мм; зверху – 25 мм; знизу – 25 мм, відступ першої строчки – 127 мм, сторінки не пронумеровані. Таблиці слід виконувати в Excel чи Word, рисунки потрібно подавати у чорно-білому варіанті, вони мають бути згруповані. Для набору формул використовувати лише редактор формул Microsoft Equation 3.0.

Шрифт у заголовках, текстах, рисунках повинен співпадати. Ілюстрації, діаграми, схеми, таблиці та формули оформлюються відповідно до Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника (Постанова Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567).

Статті, які не відповідають наведеним вимогам, до друку не приймаються.

До статті **обов'язково** додаються:

- **електронні копії** статті, анотацій та авторської довідки на CD-диску та на e-mail: vestnikntu@gmail.com, (назва файлу повинна відповідати прізвищу першого автора);
- **рукопис статті**, із підписами усіх вказаних авторів;
- **експертний висновок** щодо відсутності відомостей, заборонених для відкритого опублікування;
- **рецензія** доктора наук з рекомендацією до друку (*якщо серед авторів немає доктора наук за відповідним напрямом*);
- **заява авторів** на опублікування статті;
- **авторська довідка** (відомості про автора), прізвище, ім'я, по батькові (повністю); вчене звання, науковий ступінь; посада, місце роботи, контактні адреси і телефони, e-mail; назва статті; тематична рубрика.

Телефон редколегії (0552) 326907

Оплата в розмірі 35 грн за сторінку здійснюється за наступними реквізитами:

Банк ХОД ВАТ «Райффайзен Банк Аваль», м. Херсон

р/р 26002219875

МФО 380805

ЄДРПОУ 36838410

Одержувач: ТОВ «Академія інтелектуальних технологій»

Призначення платежу: За оформлення статті... (вказуються П.І.Б. авторів) у журналі «Вісник ХНТУ», без ПДВ.

Приклад оформлення рукопису для представлення в редакцію подано у додатку 1.

Додаток 1

**ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ РУКОПISУ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ У
РЕДАКЦІЮ (ПОДАНО ФРАГМЕНТ СТАТТІ)**

УДК 667.021.1

В.С. КОРОЛЕНКО, І.Ф. БОНДАРЬ
Херсонський національний технічний університет
С.О. ІВАНОВА
Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
ДЕФОРМУЮЧОГО ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ГІДРОПРЕСУВАННІ ТРУБЧАТИХ
ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

У даній роботі розглянута кінцево-елементна модель процесу гідроекструзії трубчастих заготовок у середовищі високих гідростатичних тисків, необхідних для підвищення пластичності сталі 30ХН2МФА при холодному формоутворенні виробів. Результати моделювання показали можливість реалізувати процес при дії значного гідростатичного тиску (750 МПа) на вільну поверхню заготовки. При меншому тиску відбувається характерне руйнування ще на початкових етапах деформування на зовнішній поверхні заготовки. Натурні експерименти підтвердили адекватність комп'ютерного моделювання та ефективність запропонованого методу виготовлення високоточних довгомірних трубчастих виробів.

Ключові слова: гідропресування, гідроекструзія, деформування, матриця, моделювання, міцність, надійність, руйнування.

В.С. КОРОЛЕНКО, І.Ф. БОНДАРЬ
Херсонский национальный технический университет
С.А. ИВАНОВА
Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ДЕФОРМИРУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ПРИ ГИДРОПРЕССОВАНИЯ ТРУБЧАТЫЕ
ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

В данной работе рассмотрена конечно-элементная модель процесса гидроэкструзии трубчатых заготовок в среде высоких гидростатических давлений, необходимых для повышения пластичности стали 30ХН2МФА при холодном формообразовании изделий. Результаты моделирования показали возможность реализовать процесс при действии значительного гидростатического давления (750 МПа) на свободную поверхность заготовки. При меньшем давлении происходит характерное разрушение еще на начальных этапах деформирования на внешней поверхности заготовки. Натурные эксперименты подтвердили адекватность компьютерного моделирования и эффективность предложенного метода изготовления высокоточных длинномерных трубчатых изделий.

Ключевые слова: гидропрессования, гидроэкструзии, деформирования, матрица, моделирование, прочность, надежность, разрушения.

V.S. KOROLENKO, I. F. BONDAR
Kherson National Technical University
S.O. IVANOVA
Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Kharkiv

**THE RESEARCH OF DEFLECTED MODE OF THE DEFORMING TOOL DURING THE
HYDRAULIC FORGING OF TUBULAR BLANKS BY THE METHOD OF FINITE ELEMENTS**

In this work, the finite element model of the hydrostatic extrusion process of tubular blanks in the medium of high hydrostatic pressure that are necessary for increase ductility of steel 30HN2MFA during the cold forming products, was considered. The modelling results showed the possibility to realize a process with effect of considerable hydrostatic pressure (750 MPa) on the free surface of blank. There is characteristic destruction still on the initial stages of deformation on the external surface at less pressure.

The full-scale experiments confirmed the adequacy of computer simulation and the efficiency of introduced method of manufacturing exacting long-measuring tubular products.

Keywords: hydraulic forging, hydrostatic extrusion, deformation, mould, modelling, strength, reliability, destruction.

Постановка проблеми

Товстостінні трубчасті вироби з прецизійними елементами внутрішнього профілю (6 ... 8 квалітет, при шорсткості 0.16 ... 0.64 мм) досить широко застосовуються в машинобудуванні, приладобудуванні та виробках спеціального призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ефективність дії рідини під високим тиском на пластичність при механічних випробуваннях зразків і в процесах прямого видавлювання показана в роботах [1-3].

У зв'язку з цим, був запропонований перспективний метод отримання високоточних довгомірних трубчастих виробів з підвищеними експлуатаційними властивостями методом гідропресування на гладкій оправці [4, 5].

Формулювання мети дослідження

Метою роботи було вивчення можливості отримання довгомірних трубчастих заготовок методами холодного пластичного деформування.

Викладення основного матеріалу дослідження

Розрахунок матриці проводили в умовах, наближених до реальних, при максимальних значеннях зусилля видавлювання P (630 кН) і гідростатичного тиску q (750 МПа), яке впливає на матрицю. Вихідні дані для розрахунку матриці наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Задані вихідні дані для розрахунку матриці

№ з/п	Матеріал матриці	Модуль пружності, ГПа	Межа міцності, МПа	Твердість, HRC ₉
1	P18	228	2250	66
2	...	...	...	...

$$\varphi = N_k \frac{\cos(2 \cdot l \cdot \omega)}{\sqrt{j \cdot Q \cdot \alpha_i}}, \quad (1)$$

де φ – ... ;
 ...
 α_i – .

Висновки

1. За результатами чисельного експерименту були визначені необхідні параметри гідропресування, остаточна геометрична форма деформованої заготовки та її ПДВ.

2. Проведене моделювання показало, що даний процес можливо реалізувати із значним гідростатичним тиском на вільній поверхні заготовки (750 МПа), тоді як при меншому тиску відбувається характерне руйнування ще на початкових етапах деформування на зовнішній поверхні заготовки.

.....

Список використаної літератури

- Акофф Р. Л. Идеализированное проектирование : как предотвратить завтрашний кризис сегодня. Создание будущего организации / Акофф Р. Л., Магидсон Д., Эддисон Г. Д. ; пер. с англ. Ф. П. Тарасенко. – Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2007. – XLIII, 265 с.
- Петров П. П. Активність молодих зірок сонячної маси : дис.... доктора фіз., -мат. наук : 01.03.02 / Петров Петро Петрович. – К., 2005. – 276 с.
- Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В. И. ; заявитель и патентообладатель Воронеж, науч. – исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 ; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.).

**Рукописи для розгляду редколегією журналу приймаються (для попередньої експертизи)
у навчально-науковий відділ Херсонського національного технічного університету
за адресою:
м. Херсон, Бериславське шосе, 24, каб. 413. Тел. (0552) 32-69-07.
E-mail: vestnikkntu@gmail.com**

Редакційна колегія журналу «Вісник ХНТУ»

ВІСНИК

Херсонського національного технічного університету

Відповідальний за випуск	Резнік В.О., начальник редакційно-видавничого відділу
Технічний редактор	Шмулевич С.Є.
Макетування	Власенко А.Л.
Типографські роботи	Нерода В. М.

Свідоцтво про державну реєстрацію засобу масової інформації –
серія КВ № 17371-6141 от 17.12.2010

Підписано до друку 07.05.2018 р. Формат 60x84 /16 Папір
ксерокс. Ум. друк. аркушів 19,63 . Замовлення № 13026.
Тираж 100 прим.

Матеріали друкуються в авторській редакції.
Відповідальність за достовірність даних, зазначених у статтях,
несуть їх автори.

Надруковано у видавництві
Херсонського національного технічного університету

© Херсонський національний технічний університет 2018

