

В. М. КОЛОДНЕНКО

старший викладач
Сумський національний аграрний університет
ORCID: 0000-0002-8450-6759

О. І. ДРАНИК

старший викладач
Сумський національний аграрний університет
ORCID: 0009-0000-5364-8183

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПО МОСТУ З УРАХУВАННЯМ ЗНАКІВ

В умовах сьогодення важливим є якісне та належне користування усіма наданими людині засобами праці, комфорту, користування тощо. В результаті повноцінного використання тих чи інших ресурсів є можливість задоволення потреб людини за, одночасного, раціонального користування наданими можливостями. Правилами дорожнього руху визначено безліч показників, норм та правил для належного користування дорогами, шляхопроводами, тунелями, польовими дорогами тощо. Так чи інакше, кожен із таких об'єктів є окремим видом в дослідженні правил дорожнього руху та користування дорожнім покриттям на ньому. Важливого значення на сьогодні набуває користування такими дорожніми частинами маршруту транспортного засобу, як мости. Під терміном, що наведений у Правилах дорожнього руху, міст розуміють як споруду, що призначена для руху транспортними засобами через річку, яр й інші переешкоди. При цьому, межами якої є початок та кінець пролітних споруд. Варто розуміти, що введення даного терміну зумовлено особливостями у певних режимах руху, зокрема зупинках та стоянках транспортних засобів на мостах та під ними. Згідно з класифікацією, подібних споруд існує кілька. Мостом є переправа через водну переешкоду чи нерівності ландшафту, тобто яри. А ось, для прикладу, шляхопроводом є переправа тоді, коли дві дороги перетинаються на різних рівнях, та при цьому є можливість із однієї дороги заїхати чи зїхати на іншу дорогу, чи перетин із залізницею на різних рівнях.

У даній статті представлено дослідження закономірностей руху вантажних транспортних засобів по мосту з урахуванням знаків. У зв'язку із цим до дослідження висунуто такі основні задачі:

- провести дослідження мосту міста з активним дорожнім рухом;
- показати наявність на мосту відповідних до поставленого завдання заборонних знаків;
- проаналізувати рух кількох вантажних транспортних засобів як з причепом, так і із напівприцепом та без них;
- аналітично розрахувати порушення або їх відсутність при користування мостом представленими транспортними засобами різних марок;
- дослідження провести загалом на вантажних автомобілях, задіяних на перевезенні зерна.

Результатом дослідження, проведеного в даній роботі, є отримана закономірність щодо можливих недовантажень транспортних засобів, задіяних на перевезенні зерна окремим об'єктами, указаними у їх маршрутах.

Ключові слова: транспортний засіб, зерно, вантаж, дорожні знаки, міст, порушення, перевантаження, автомобіль, причеп, покриття.

V. M. KOLODNENKO

Senior Lecturer
Sumy National Agrarian University
ORCID: 0000-0002-8450-6759

O. I. DRANIK

Senior Lecturer
Sumy National Agrarian University
ORCID: 0009-0000-5364-8183

STUDY OF PATTERNS OF MOVEMENT OF FREIGHT VEHICLES ON THE BRIDGE TAKING INTO ACCOUNT THE SIGNS

In today's conditions, high-quality and proper use of all means of work, comfort, use, etc. provided to a person is important. As a result of the full use of certain resources, it is possible to satisfy human needs for the simultaneous, rational use of the provided opportunities. Traffic rules define many indicators, norms and rules for the proper use of roads, overpasses, tunnels, field roads, etc. One way or another, each of these objects is a separate species in the study

of road traffic rules and the use of the road surface on it. The use of such road parts of the vehicle route as bridges is gaining importance today. Under the term given in the Road Traffic Rules, a bridge is understood as a structure designed for the movement of vehicles across a river, ravine and other obstacles. At the same time, the boundaries of which are the beginning and end of span structures. It should be understood that the introduction of this term is due to the peculiarities of certain traffic modes, in particular, stops and parking of vehicles on and under bridges. According to the classification, there are several such structures. A bridge is a crossing over a water obstacle or unevenness of the landscape, i.e. ravines. But, for example, an overpass is a crossing when two roads cross at different levels, and at the same time there is an opportunity to enter or exit from one road to another road, or a crossing with a railway at different levels.

This work presents a study of the patterns of movement of freight vehicles on the bridge, taking into account the signs. In this regard, the following main tasks were put forward for the study:

- conduct a study of the city bridge with active traffic;
- show the presence of prohibition signs on the bridge corresponding to the assigned task;
- analyze the movement of several cargo vehicles, both with and without a trailer, semi-trailer;
- analytically calculate violations or their absence when using the bridge by the presented vehicles of different brands;
- the research should be conducted in general on trucks used in the transportation of grain.

The result of the research carried out in this work is the obtained regularity regarding possible underloading of vehicles involved in the transportation of grain by individual objects specified in their routes.

Key words: vehicle, grain, cargo, road signs, bridge, violation, overload, car, trailer, coating.

Постановка проблеми

Важливого значення на сьогодні набуває користування такими дорожніми частинами маршруту транспортного засобу, як мости. Під терміном, що наведений у Правилах дорожнього руху, міст розуміють як споруду, що призначена для руху транспортними засобами через річку, яр й інші перешкоди. При цьому, межами якої є початок та кінець подібних споруд. Варто розуміти, що введення даного терміну зумовлено особливостями у певних режимах руху, зокрема зупинках та стоянках транспортних засобів на мостах та під ними. Згідно з класифікацією, подібних споруд існує кілька. Мостом є переправа через водну перешкоду чи нерівності ландшафту, тобто яри. А ось, для прикладу, шляхопроводом є переправа тоді, коли дві дороги перетинаються на різних рівнях, та при цьому є можливість із однієї дороги заїхати чи з'їхати на іншу дорогу, чи перетин із залізницею на різних рівнях.

Однак, актуальним питанням залишається дослідження закономірностей руху вантажного транспорту через мости в умовах обмежень, що накладаються з точки зору обмеження маси, що припадає на вісь транспортного засобу. Таким знаком забороняють рух транспортних засобів, в яких фактична маса, що припадає на будь-яку з осей, перевищує зазначену на знакові. Крім такої характерної особливості користування вантажним транспортним засобом на мосту, актуальним питанням є перевищення вантажопідйомності транспортного засобу, що прописано заводом-виробником автомобіля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Міська логістика вважається однією із найбільших проблем у вантажних перевезеннях, оскільки вона вимагає переміщення товарів у містах зі складною дорожньою мережею, а також серйозними пробками на дорогах та високою щільністю населення. Тим часом, нещодавній бум електронної комерції, прискорений пандемією, робить міську логістику проблемою, що швидко зростає [2]. Проблема міської логістики є проблемою, перш за все, вантажоперевезень. Розрізненість клієнтів у містах призводить до масових об'їздів вантажівок для збору, відправлення та доставки вантажів. Додаткові кілометри, викликані цими об'їздами, безсумнівно, сприяють збільшенню викидів та посиленню пробок.

Вантажні автомобілі, що перевищують встановлені законом обмеження на вісь та повну масу транспортного засобу, можуть завдати серйозної шкоди інфраструктурі та підвищити ризик дорожньо-транспортних пригод. Тому, важливим є забезпечення дотримання вантажних перевізників правил ваги. У статті [3] наведено всебічний огляд того, як технологія зважування в русі використовувалася для покращення регулювання ваги вантажних автомобілів у Китаї. Зокрема, для вантажних автомобілів, що користуються платними дорогами, запроваджується метод оплати за вагою.

Порівняно з традиційною структурою стягування плати за проїзд на основі класу транспортного засобу, метод оплати за вагою встановлює справедливую структуру плати, яка не дозволяє перевантаженим вантажівкам використовувати переваги неперевантажених вантажівок. Це також дає вантажним перевізникам можливість помірною навантаження за рахунок вищих ставок дорожніх зборів. Цей документ також пропонує механізм інтеграції плати за проїзд по вазі з ефективним контролем ваги для правил ваги вантажних автомобілів. Це заохочує перевантажені вантажівки використовувати платні дороги замість вразливих неплатних доріг і допомагає місцевим органам влади отримувати додаткові доходи, такі необхідні для будівництва та утримання автомагістралей, а також контролю за вагою вантажівок. Крім того, у цій статті вказуються технічні та управлінські проблеми, що впливають на використання такої системи [3].

У періоді експлуатації мостів основним змінним навантаженням, що вони несуть, є навантаження від транспортних засобів. Однак, для динамічних транспортних потоків через їх високий ступінь невизначеності

і випадковості важко отримати фактичні дані щодо транспортного потоку за допомогою ефективного і точного методу. Перевантаження вантажних транспортних засобів прискорюватиме пошкодження доріг, створюватиме небезпосередню конкуренцію на транспортному ринку і збільшуватиме ризики безпеки. Існує брак досліджень по збиранню даних про вагу вантажних транспортних на автомагістралях, і тому статтю [11] спрямовано на виявлення факторів, які впливають на перевантаження автомобільних вантажів, на основі даних з метою розробки стратегій щодо пом'якшення таких явищ.

Формулювання мети дослідження

За напрям досліджень в даній роботі обрано дослідження закономірностей руху вантажних транспортних засобів, зерновозів, по мосту з обмеженням допустимої маси по осям.

В основу методології проведення дослідження покладено експеримент з руху вантажних транспортних засобів по мосту. В результаті, основним методом вважається експеримент, у ході якого виявляється порушення норми фактичної маси вантажного транспортного засобу з точки зору дії заборонного знаку.

Аналіз характерних особливостей руху вантажних транспортних засобів визначенням об'єктом має здійснюватися з огляду на характер руху транспорту. Об'єкт є сполучним, по якому здійснюється рух цивільного транспорту, службового транспорту, маршрутних транспортних засобів, комунального та сільськогосподарського транспорту.

Викладення основного матеріалу дослідження

Аналізуючи усі наявні знаки, якими відділено міст, аналізу підпадає заборонний знак «Рух пішоходів заборонено», що встановлений на одному із тротуарів у одному із напрямків руху. Основним із дорожніх знаків, на яких базувалося дане дослідження є заборонний знак «Рух транспортних засобів, навантаження на вісь яких перевищує 12 т, заборонено». Згідно з Правилами дорожнього руху, знаком забороняється рух транспортних засобів, в яких фактичне навантаження на будь-яку з осей складає значення, що є більшим 12 т. Як і прописано в Правилах дорожнього руху, дія знаку поширюється саме на ту дорогу (чи ділянку дороги), на початку яких встановлений цей знак. В даному випадку, обмеження стосуються лише дороги, що відноситься до мосту.

Робота транспортних составів на транспортуванні зерна пролягає за чітко вираженими маршрутами. Відповідним чином, рух транспортних засобів відбувається з необхідною документацією. Згідно з Наказом № 363 Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні, товарно-транспортна документація є комплектом юридичних документів, на підставі яких здійснюється облік, приймання, передавання, а також перевезення, здавання вантажів та взаємні розрахунки між учасниками у транспортному процесі.

У відповідності з примітками до характеристики знаку «Обмеження маси, що припадає на вісь транспортного засобу» Правил дорожнього руху, навантаження на вісь вантажного автомобіля розподіляється таким чином:

- у двовісних автомобілях – 1/3 на передню частину, а 2/3 на задню вісь;
- на тривісних автомобілях – по 1/3 для кожної з осей.

Таким чином, основою для аналізу руху вантажного транспорту по мосту вважаємо дію заборонного знаку «Обмеження маси, що припадає на вісь транспортного засобу» з приміткою щодо розважування по осям двовісного та тривісного транспортного засобу.

Базуючись на основному додатку, указаному в Правилах дорожнього руху до знаку «Обмеження маси, що припадає на вісь транспортного засобу», аналіз має містити в собі окремий розподіл маси по осям для двовісних транспортних засобів та окремо для тривісних транспортних засобів. Окремо слід провести аналіз руху автопоїздів, де розподіл по осям здійснюється рівномірно, тобто фактична сама усього автопоїзду рівномірно розподіляється на кожну із осей.

З іншого боку, беручи до уваги місткість кузова кожного з представлених вантажного транспортного засобу, є можливість аналізувати завантаження кожного із них різними культурами. Для прикладу, слід розглянути пшеницю та соняшник.

Додатковим параметром для аналізу може бути заявлена повна маса транспортного засобу заводом-виробником.

В результаті аналізу за даними кількох факторами є можливість робити висновки щодо порушення правил руху по мосту транспортним засобом або їх відсутності для нього.

Аналіз автопоїздів показує, що за однакового об'єму кузова 65 м³ перевезення повного об'єму вантажу не є припустимим. Технічними характеристиками напівпричепів указано вантажопідйомність – 32000 кг, а власну масу причепа – 7000 кг. Відповідно, фактична маса причепа маж складати 39000 кг.

Внаслідок цього, повне завантаження 65 м³ становитиме масу – 52000 кг. Аналогічними чином можна визначити, що 65 м³ соняшника за відносної густини 550 кг/м³ складатимуть 35750 кг.

З іншого боку за повного завантаження кузова причепа фактична маса причепа автопоїзда становитиме:

$$M_{\text{прич факт}} = M_3 \cdot V + M_{\text{прич}}, \quad (1)$$

де M_3 – маса зерна на 1 м³, пшениця, за вологості до 15%, – 750–800 кг/м³, соняшник – 550 кг/м³;

V – об'єм кузова;

$M_{\text{прич}}$ – власна маса причепа/авто.

Тоді, повна маса причепів пшениці та соняшника становитиме відповідно:

$$M_{\text{прич факт пшен}} = 800 \cdot 65 + 7000 = 59000 \text{ кг}$$

$$M_{\text{прич факт соняшн}} = 550 \cdot 65 + 7000 = 42750 \text{ кг}$$

Очевидно, що експлуатація автопоїзда є допустимою лише за дотримання вимог заводу-виробника транспортного засобу. Результаті, визначено, що експлуатація показаних составів є можливою лише за неповного їх завантаження, що складає 39000 кг повної маси для причепа.

Додавши масу тягача, в даному випадку, – Daf XF 105 (власна маса 7200 кг), Renault MAGNUM 480 (власна маса 7700 кг) та Volvo FH 440 (власна маса 7300 кг), отримаємо повну масу автопоїзда:

$$M_{\text{повн автоп}} = M_{\text{тяг}} + M_{\text{прич факт}},$$

$$M_{\text{повн автоп Daf XF 105}} = 7200 + 39000 = 46200 \text{ кг} \quad (2)$$

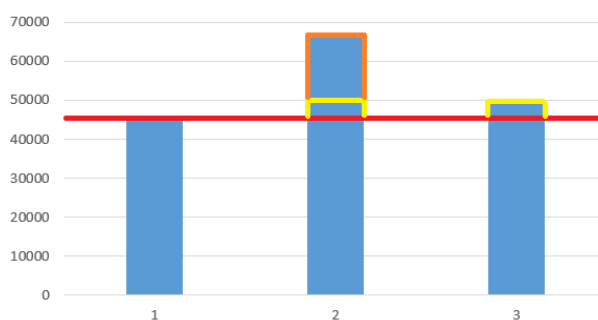


Рис. 1. Графік перевищення допустимої маси автопоїздом А.
1 – допустима фактична маса; 2 – маса з пшеницею; 3 – маса з соняшником

За розподілу маси по осям на автопоїзд у складі двовісного тягача та тривісного напівпричепа повна маса не повинна перевищувати 60000 кг у відповідності до дії заборонного знаку.

Аналізуючи автопоїзд, – КАМАЗ 45143-62 з причепом Нефаз 8560-02, фактична маса якого має складати, згідно з технічними характеристиками, 34150 кг (19150 кг – автомобіль та 15000 кг – причеп), можна зробити висновок, що за дотримання належної вантажопідйомності його експлуатація є можливою на маршрутах, що пролягають через досліджуваний об'єкт. Адже, розподіл маси по п'яти осям автопоїзда становить 6380 кг в середньому на кожну з осей, що є допустимим при дії заборонного знаку. Однак, за повного завантаження кузовів автомобіля та причепа, що складає 40 м³ з урахуванням надставних бортів, маси автомобіля та причепа складатимуть:

$$M_{\text{авто факт пшен}} = 800 \cdot 20 + 9500 = 25500 \text{ кг}$$

$$M_{\text{авто факт соняшн}} = 550 \cdot 20 + 9500 = 20500 \text{ кг}$$

$$M_{\text{прич факт пшен}} = 800 \cdot 20 + 5000 = 21000 \text{ кг}$$

$$M_{\text{прич факт соняшн}} = 550 \cdot 20 + 5000 = 16000 \text{ кг}$$

Відповідно, повна маса автопоїзда складатиме:
для пшениці:

$$M_{\text{повн автоп камаз}} = 25500 + 20500 = 46000 \text{ кг}$$

для соняшнику:

$$M_{\text{повн автоп камаз}} = 20500 + 16000 = 36500 \text{ кг}$$

Аналізуючи отримані дані, можна вважати, що навіть за повного завантаження кузовів автомобіля та причепа, рух автопоїзда за маршрутами, прокладеними через досліджуваний об'єкт, є допустимими з огляду на розподіл по осям, що складає 9200 кг на кожну з осей за максимального завантаження пшеницею.

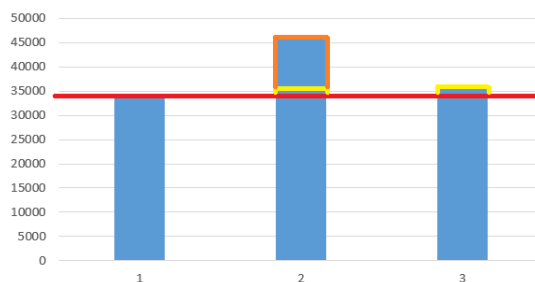


Рис. 2. Графік перевищення допустимої маси автопоїздом В.
1 – допустима фактична маса; 2 – маса з пшеницею; 3 – маса з соняшником

Автопоїзд, IVECO Stralis 500 з напівпричепом Van Hool NV, має заявлену фактичну масу, що становить 61000 кг. Це пояснюється масою тягача, що складає 9000 кг та фактичною масою напівпричепа, що складає 12000 кг власної маси та 40000 кг вантажопідйомності. Без додаткових математичних розрахунків стає зрозумілим, що маса автопоїзда не є допустимою для експлуатації по маршрутах, прокладених через досліджуваний об'єкт. З огляду на розважування по осям, за повної маси 61000 кг при дії заборонного знаку експлуатація не є можливою через перевищення маси по осям.

Отримуючи такий результат, виникає закономірність «недовантаження» транспортного засобу через обмеження, накладені заборонними знаками, що діють на проміжках маршруту, прокладеного замовником.

Розрахунок повної маси автопоїзда, показано нижче:

$$M_{\text{прич факт пшен}} = 800 \cdot 75 + 12000 = 72000 \text{ кг}$$

$$M_{\text{прич факт соняшн}} = 550 \cdot 75 + 12000 = 53250 \text{ кг}$$

$$M_{\text{повн автоп IVECO}} = 9000 + 72000 = 81000 \text{ кг}$$

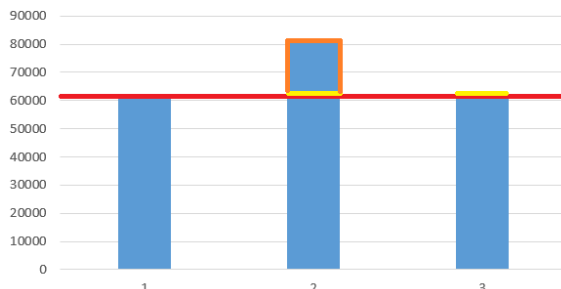


Рис. 3. Графік перевищення допустимої маси автопоїздом Є.
1 – допустима фактична маса; 2 – маса з пшеницею; 3 – маса з соняшником

Отримані дані можуть свідчити про фактичне не лише перевантаження транспортного засобу у разі повного заповнення об'єму кузова напівпричепа, а і про порушення дії заборонного знаку на 35%, що складає 16200 кг на кожну з осей при обмеженні знаку в 12000 кг на вісь.

Проаналізовані автопоїзди, графіки перевищення допустимої маси яких можуть бути частково використовуваними на досліджуваному об'єкті дороги. Аналізуючи кожен із них слід сказати, що найбільш безпечним з точки зору користування на мостах є автопоїзд у складі автомобіля КАМАЗ 45143-62 з причепом Нефаз 8560-02. Порівняно менше прогнозування повної маси автопоїзду заводом-виробником відіграє важливе значення з точки зору запасу по допустимій масі автопоїзду при проектуванні окремих ділянок доріг. Крім того, порівняно менший об'єм кузовів автомобіля та причепа надмірно не обтяжують його додатковою масою у разі повного завантаження, за виключенням завантаження такими культурами, як пшениця ($750\text{--}800 \text{ кг/м}^3$), кукурудза (760 кг/м^3), соя (720 кг/м^3).

Автопоїзд, – Daf XF 105 з напівпричепом Schmitz S-01, показав значно більші показники щодо максимальної маси автопоїзду, прописані заводом-виробником, а також показники повного завантаження кузова напівпричепа зерновими культурами. В результаті визначено, що експлуатація такого автопоїзду на досліджуваній ділянці руху є припустимою за повної відповідності нормам, прописаним заводом-виробником та при максимальному завантаженні соняшником.

Аналіз показав, що використання таких транспортних засобів може бути допустимим лише у разі недовантаження його навіть до допустимої для нього маси, що є прописаною заводом-виробником. Отримані результати підкреслюють закономірність недовантаження транспортного засобу через перевищення ним допустимого осьового навантаження. Навіть при використанні стандартних норм для даного автопоїзда відбувається перевищення на 200 кг допустимого осьового навантаження на кожну з осей автопоїзда. Якщо говорити про максимальне завантаження кузова напівпричепа зерном, то при завантаженні пшеницею відбувається перевищення заявленої заводом-виробником допустимої загальної маси автопоїзда на 20000 кг, а порушення допустимого осьового навантаження, що обмежується заборонним знаком «Рух транспортних засобів, навантаження на вісь яких перевищує 12 т, заборонено» складає показник на 35% більший допустимого, що складає 16200 кг, тобто перевищення навантаження кожної з осей на 4200 кг. Враховуючи імовірність одночасного перебування кількох завантажених автопоїздів на мосту така ситуація є небезпечною.

Висновки

Експеримент дослідження полягав у визначенні можливих порушень перевищення заданого заборонним знаком на в'їзді з обох боків мосту осьового навантаження у вигляді 12000 кг на кожну з осей вантажного транспортного засобу. В результаті отриманих даних виявлено, що лише окрема частина автомобілів рухалася без порушення норм, за умови їх недовантаження. Така частка склала показник в 30% вантажних транспортних засобів.

Отримана закономірність дає чіткі факти для уточнення маси автомобіля при його русі навіть за неповного його завантаження зерном. В результаті представленого дослідження доведено, що лише неухильне дотримання діючих Правил дорожнього руху дає можливість зменшення негативного впливу від експлуатації техніки як на здоров'я людини, так і на навколишнє середовище.

Таким чином, рух вантажних транспортних засобів є допустимим не лише у варіанті їх повної відповідності фактичній масі, прописаній заводом, а і нормам, указаним на дорожніх знаках.

Список використаної літератури

1. Shahmardan, A., & Sajadieh, M.S. (2020). Truck scheduling in a multi-door cross-docking center with partial unloading – Reinforcement learning-based simulated annealing approaches. *Comput. Ind. Eng.*, 139, 106134. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106134>
2. Qu, X., Zeng, Z., Wang, K., & Wang, S. (2022). Replacing urban trucks via ground–air cooperation. *Communications in Transportation Research*. <https://doi.org/10.1016/j.commtr.2022.100080>
3. Hang, W., Yuanchang, X., Jiang, C., Mao, H., & He, J. (2013). Practice of Using Weigh-in-Motion Technology for Truck Weight Regulation in China. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.09.013>
4. Hang, W., & Li, X. (2010). Application of system dynamics for evaluating truck weight regulations. *Transport Policy*, 17, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.01.007>
5. Feknsa, N.T., Venkataraman, N., Shankar, V., & Ghebrab, T. (2022). Unobserved Heterogeneity in Ramp Crashes Due to Alignment, Interchange Geometry and Truck Volume: Insights from a Random Parameter Model. *Analytic Methods in Accident Research*. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2022.100254>
6. Le, T., & Porter, R.J. (2012). Safety Evaluation of Geometric Design Criteria for Spacing of Entrance–Exit Ramp Sequence and Use of Auxiliary Lanes. *Transportation Research Record*, 2309, 12 – 20. <https://doi.org/10.3141/2309-0>
7. Bosso, M., Vasconcelos, K.L., Ho, L.L., & Bernucci, L.L. (2020). Use of regression trees to predict overweight trucks from historical weigh-in-motion data. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7, 843–859. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.07.004>
8. Rys et al., 2015. D. Rys, J. Judycki, P. Jaskula. Analysis of effect of overloaded vehicles on fatigue life of flexible pavements based on weigh in motion (WIM) data. *International Journal of Pavement Engineering* (2015). <https://doi.org/10.1080/10298436.2015.1019493>
9. Aggarwal and Parameswaran, 2010. V. Aggarwal, L. Parameswaran Evaluation of the effects of heavy vehicles on bridges fatigue. 7th International Symposium of Heavy Vehicles Weights and Dimensions, Delft, 2002 (2002)
10. B. Jacob, D. Labry. Effect of overweight trucks on fatigue damage of a bridge. M. Vasant (Ed.), *Advances in Structural Engineering*, Springer, Berlin (2010), pp. 2483–2491
11. Chen, Y., Kai, W., Zhang, Y., Luo, R., Yu, S., Shi, Q., & Hu, W. (2020). INVESTIGATING FACTORS AFFECTING ROAD FREIGHT OVERLOADING THROUGH THE INTEGRATED USE OF BLR AND CART: A CASE STUDY IN CHINA. *Transport*. <https://doi.org/10.3846/transport.2020.12635>