

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРИВЕДЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ ДЛЯ  
ПРОЄКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

IMPROVEMENT OF THE METHOD OF REDUCING THE INTENSITY OF TRAFFIC FOR THE  
DESIGN OF ROAD CLOTHING



*Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури та геодезії, Київ, Україна, e-mail: gip65n@gmail.com., +380503524124, <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>*



*Райковський Віталій Францевич, кандидат технічних наук, завідувач сектору науково-технічного супроводу ДП "ДерждорНДІ" Київ, Україна, e-mail: [vintikntu@ukr.net](mailto:vintikntu@ukr.net), тел. +380982846899, <https://orcid.org/0000-0002-6391-7647>*

**Анотація:** В роботі розглянуто питання визначення руйнівного впливу сучасних транспортних засобів на дорожній одяг в залежності від величини загальної маси автотранспортного засобу. В основі розрахунків лежить методика приведення автотранспортного засобу до нормативного навантаження на вісь розрахункової осі групи  $A_2$  (115 кН) та  $A_3$  (100 кН).

**Ключові слова:** інтенсивність дорожнього руху, транспортний засіб, нормативне навантаження на вісь, допустима маса, сумарний коефіцієнт приведення до розрахункового автомобіля.

**Вступ.** На сьогодні існує потреба в приведенні чинних нормативних документів, що стосуються вимог до габаритно-вагових параметрів для вантажних автомобілів, параметрів фактичної маси та навантаження на вісь автомобіля, у відповідність вимогам Директиви Ради 96/53/ЄС від 25.07.1996р. «Про встановлення для певних наземних транспортних засобів, що рухаються в межах Співтовариства, максимально дозволених розмірів під час національних і міжнародних перевезень і максимально дозволеної ваги під час міжнародних перевезень», які забезпечують можливість застосування диференційованих норм до граничного навантаження на вісь в залежності до типу транспортного засобу. Чинні нормативні акти унеможливають застосування такого підходу. Тому існує необхідність у дослідженнях напружено-деформованого стану дорожньої конструкції під впливом транспортного навантаження; розробленні пропозицій щодо визначення потрібного модуля пружності та граничного навантаження на дорожній одяг при русі великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами загального користування державного та місцевого значення.

**Матеріали та методи.** Методологічною основою виступає науковий підхід до аналізу питань дослідження шляхом використання статистичного, формально-логічного, та комплексного методів дослідження. Джерелами дослідження є дані з пунктів автоматичного зважування транспортних засобів WIM та правил дорожнього руху пункт 22.5.

**Метою роботи** є удосконалення методики розрахунку нежорсткого/жорсткого дорожнього одягу з урахуванням руху вантажних транспортних засобів з підвищеним навантаженням на вісь в частині удосконалення методики приведення до сумарної інтенсивності руху стандартних осей.

**Виклад основного матеріалу.**

Згідно ДБН В.2.3-4:2015 конструкції дорожніх одягів необхідно розраховувати під навантаження на вісь 115 кН та 100 кН для доріг IV –V категорія та вулиць населених пунктів.

Дорожній одяг проектується з урахуванням надійності – ймовірності безвідмовної роботи протягом встановленого терміну експлуатації до капітального ремонту. Розрахунковий рівень надійності нежорстких дорожніх одягів при перспективному періоді не менше 15 років і для жорстких – не менше 25 років, приймається рівним 0,97 для Ia категорії та 0,95 – для I б і II категорій.

Щоб оцінити руйнівний вплив транспортних засобів на дорожній одяг в залежності від величини загальної маси автотранспортного засобу необхідно знати навантаження на вісь, тиск в колесі і його площу відбитку на поверхні покриття, відстані між відбитками в плані.

В основі розрахунків лежить відома методика приведення автотранспортного засобу до нормативного автомобіля групи А, наведена у ГБН В.2.3-37641918-559:2019, яке ввійшло в Довідник № 1 [1-3].

Для обґрунтування допустимої величини загальної маси розглянуто дані фактичних замірів транспортних засобів з пунктів автоматичного зважування в русі WIM, усі транспортні засоби були приведені до розрахункового автомобіля групи А<sub>2</sub> (115 кН) та А<sub>3</sub> (100 кН).

В результаті отримано, що сумарний коефіцієнт приведення до розрахункового автомобіля при відомій схемі транспортного засобу та загальній масі можна визначати за формулою[4]:

$$S_k = a_0 + a_1 \cdot Q^b \tag{1}$$

Необхідно відмітити, що підхід, прийнятий в нормативній літературі, можна використати лише для стандартних транспортних засобів, так як в більшості випадків коефіцієнт приведення  $S_k$  до нормативних транспортних засобів при номінальному завантаженні не перевищує 2-3, у виняткових випадках – до 5. У табл. 1 та на рис. 1 показано фактичні коефіцієнти приведення автомобілів і автопоїздів та теоретичні криві, які їм відповідають.

**Таблиця 1** – Коефіцієнти регресійних залежностей для розрахунку коефіцієнту приведення автопоїзда в залежності від його загальної маси

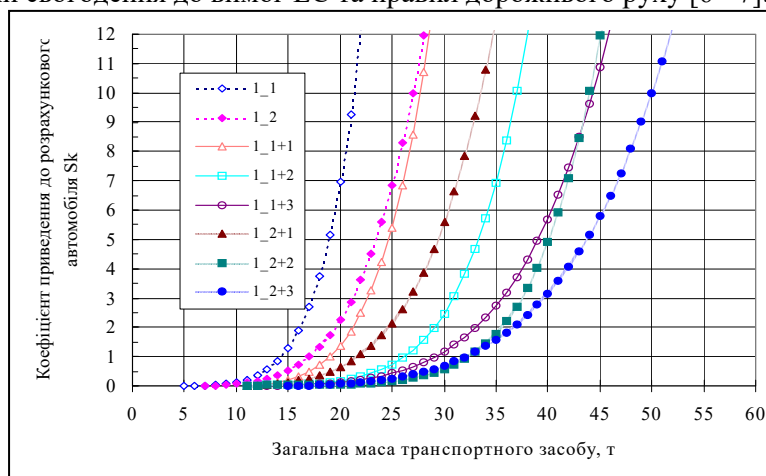
**Table 1** - Coefficients of regression dependencies for calculating the coefficient of train drive depending on its total weight

| Схема ТЗ    | 1 1   | 1 2       | 1 1+1     | 1 1+2     | 1 1+3     | 1 2+1     | 1 2+2     | 1 2+3      |             |
|-------------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| Коефіцієнти | $a_0$ | 0,002147  | -0,010921 | 0,052741  | 0,0144385 | -0,001086 | 0,026102  | 0,0208386  | -0,02249606 |
|             | $a_1$ | 1,682E-07 | 8,413E-07 | 2,231E-08 | 3,014E-10 | 8,8E-09   | 1,025E-07 | 3,2183E-12 | 1,78184E-08 |
|             | $b$   | 5,855     | 4,943     | 6         | 6,71      | 5,5       | 5,239     | 7,603      | 5,15        |

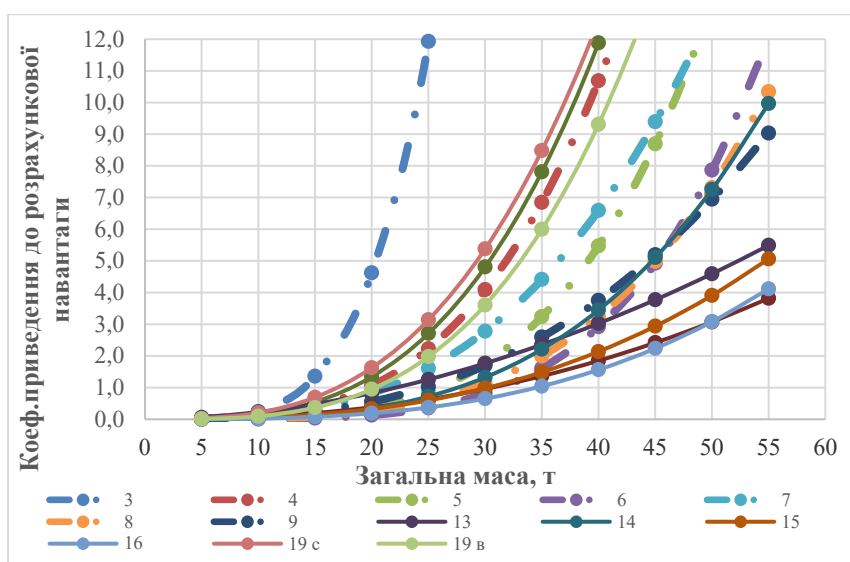
З рис. 1 видно, що, незалежно від типу ТЗ, після перевищення значення коефіцієнта приведення  $S_k > 5$  починається різке зростання руйнівного впливу. Кожен тип транспортного засобу має певні значення загальної маси при яких  $S_k = 5-10$ . Тому для кожного типу ТЗ необхідно встановити допустимі величини загальної маси за умови 2, 5 та 10-кратного перевищення нормативного навантаження (табл. 2).

Таким чином, знаючи загальну масу транспортного засобу за методикою ГБН В.2.3-37641918-559:2019 [5] оцінювали руйнівний вплив, який він завдає дорожньому покриттю, порівняно з навантаженням на вісь 100 кН або подібно та 115 кН.

А результатами аналізу даних з пунктів WIM на рис. 2 та 3 наведено уточнення коефіцієнта приведення до реалій сьогодення до вимог ЕС та правил дорожнього руху [6 - 7].



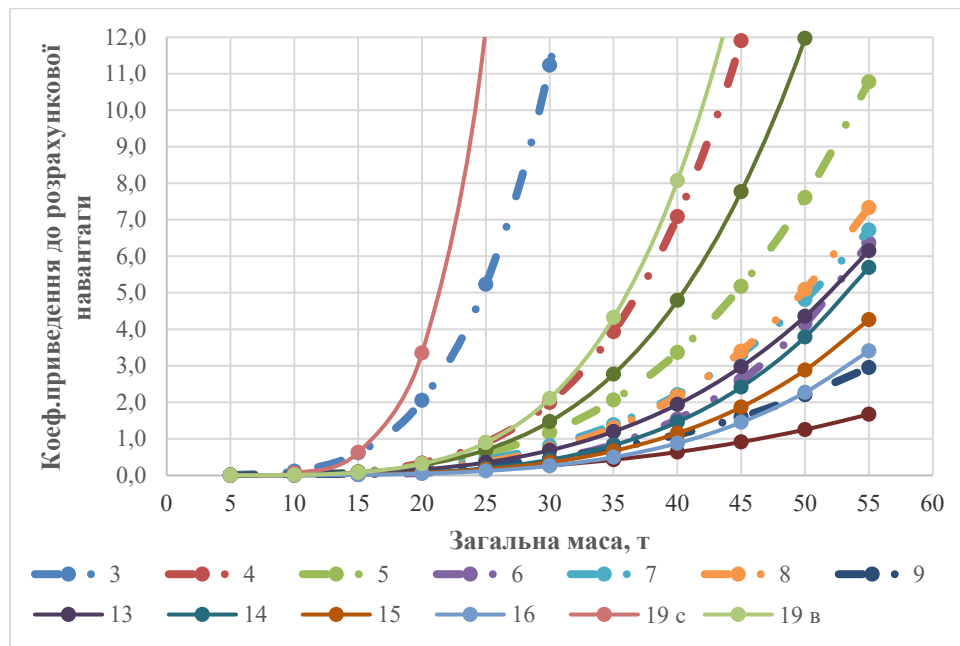
**Рисунок 1** – Встановлення коефіцієнту приведення в залежності від значення загальної маси ТЗ з умови руйнівного впливу на дорожній одяг  
**Figure 1** - Determination of the reduction factor depending on the value of the total mass of the vehicle under the condition of destructive impact on the road surface



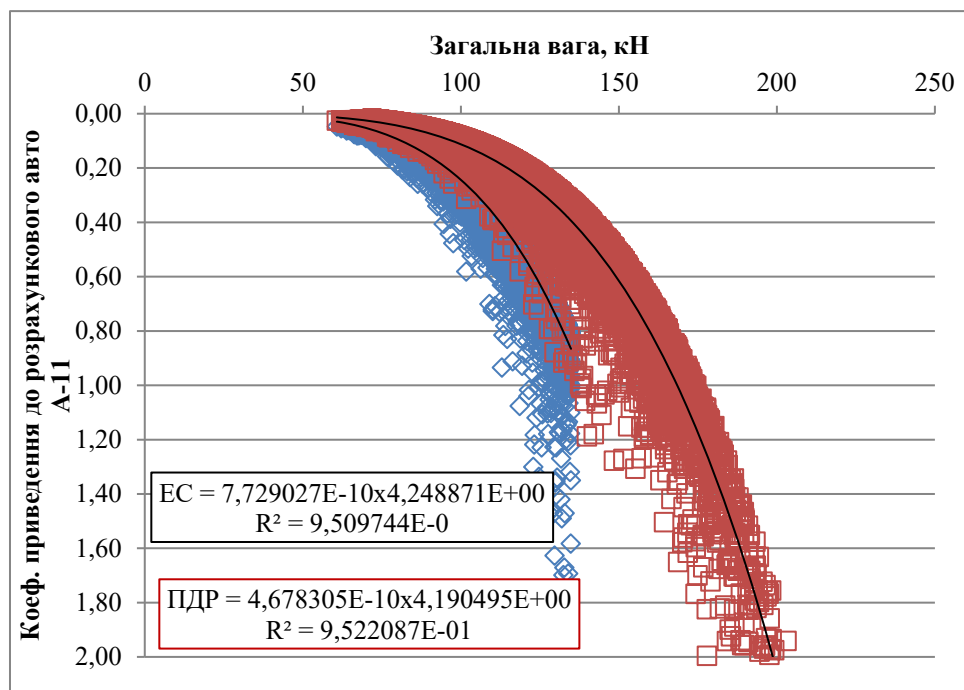
**Рисунок 2** – Встановлення коефіцієнту приведення в залежності від значення загальної маси ТЗ з умови руйнівного впливу на дорожній одяг згідно вимог ЕС  
**Figure 2** - Determination of the reduction factor depending on the value of the total mass of the vehicle under the condition of destructive impact on the road surface in accordance with EU requirements

Основні дані про навантаження, що передаються на дорожнє покриття автотранспортними засобами, наведені в [8-11]. При проектуванні нежорстких дорожніх одягів за розрахунків приймають нормовані навантаження згідно ДБН В.2.3-4:2015, що відповідають граничним навантаженням на вісь автомобілів.

Дані не можуть бути апроксимовані однією загальною залежністю для всіх колісних груп ТЗ, тому в подальшому виконана розбивка даних на окремі типи відповідно до схеми ТЗ та завантаженістю. Результати обробки даних наведені на рис. 4 – 18.



**Рисунок 3** – Встановлення коефіцієнту приведення в залежності від значення загальної маси ТЗ з умови руйнівного впливу на дорожній одяг згідно правил дорожнього руху  
**Figure 3** - Determination of the reduction factor depending on the value of the total mass of the vehicle under the condition of destructive impact on the road surface in accordance with traffic rules



**Рисунок 4** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 3 (1+1)  
**Figure 4** - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 3 (1+1)

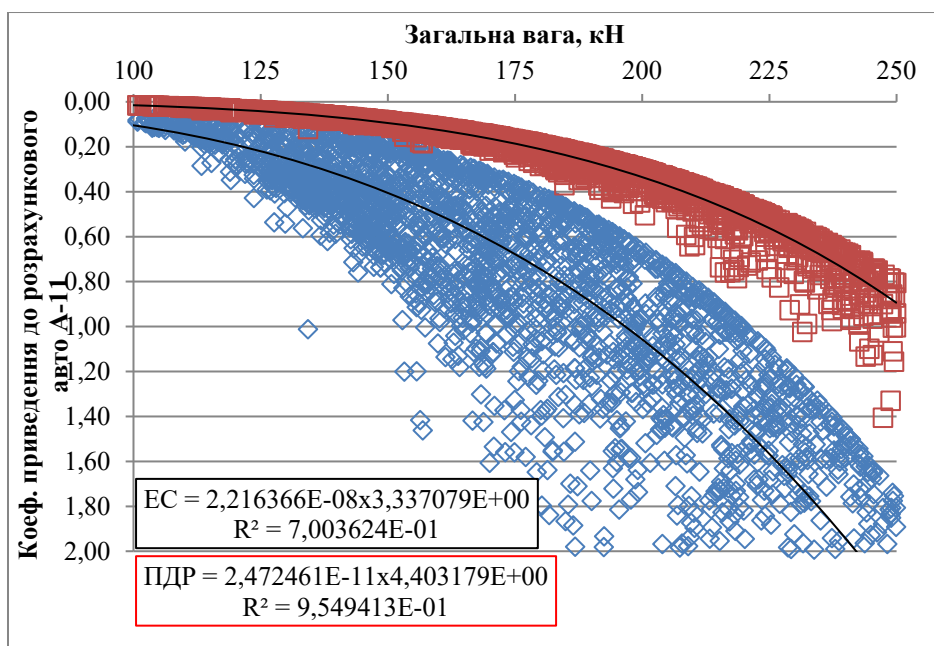


Рисунок 5 – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 4 (1+2)

Figure 5 - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 4 (1+2)

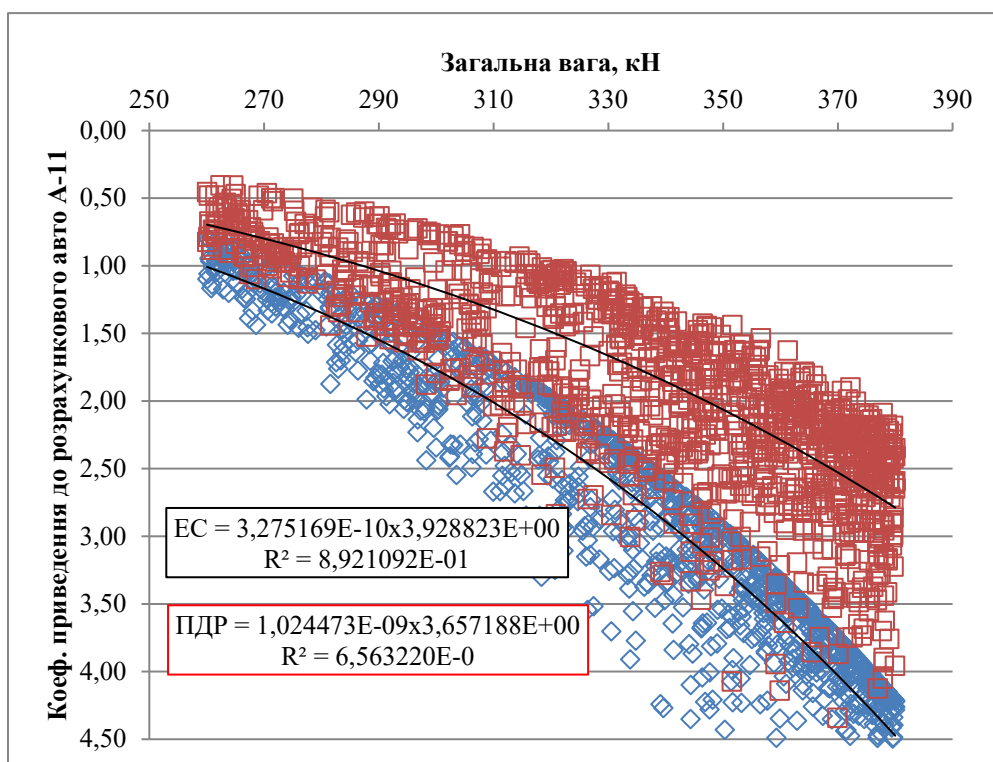
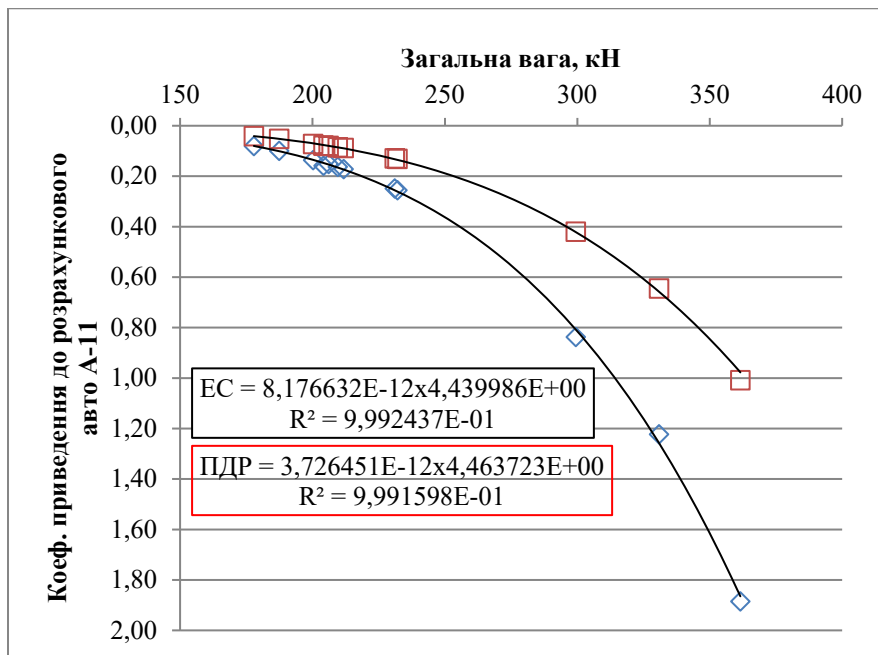


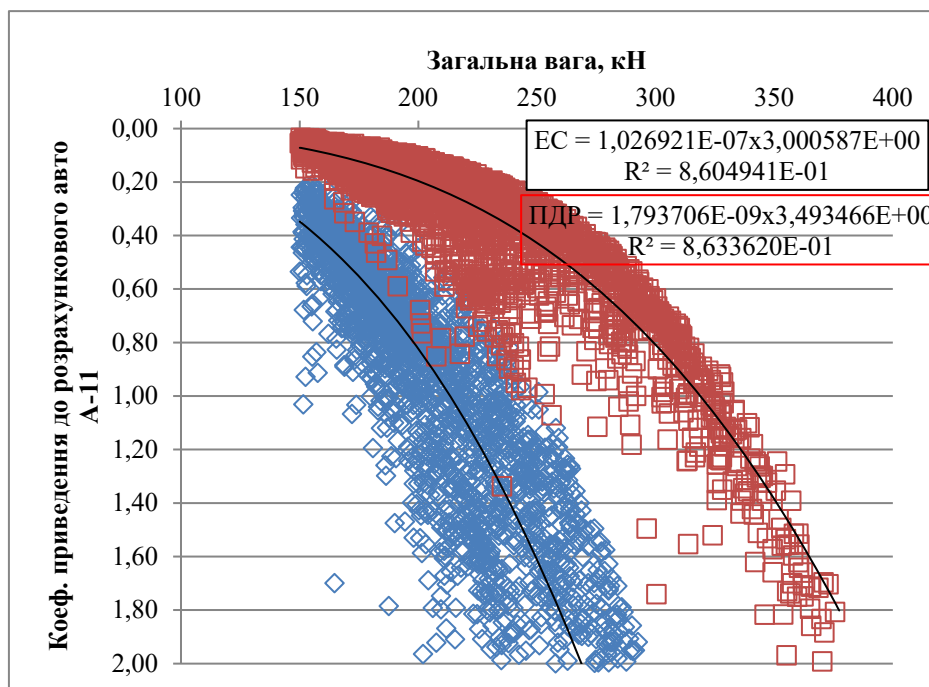
Рисунок 6 – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 5 (2+2)

Figure 6 - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 5 (2+2)



**Рисунок 7**– Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 6 (2+3)

**Figure 7** - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 6 (2+3)



**Рисунок 8** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 7 (1+1\_1+1)

**Figure 8** - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 7 (1+1\_1+1)

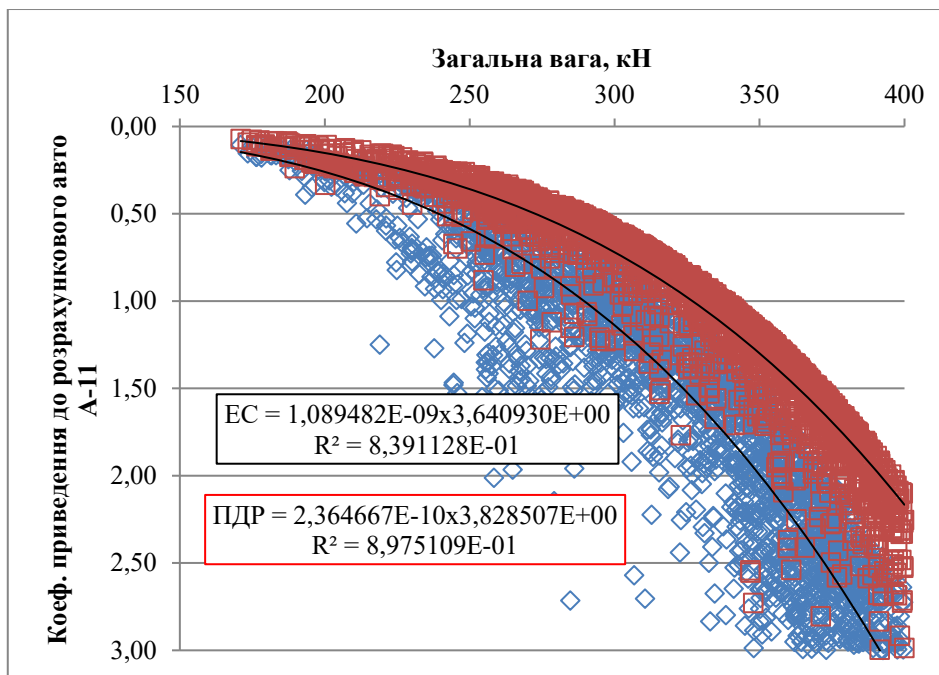


Рисунок 9 – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 8 (1+2\_1+1)

Figure 9 - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 8 (1+2\_1+1)

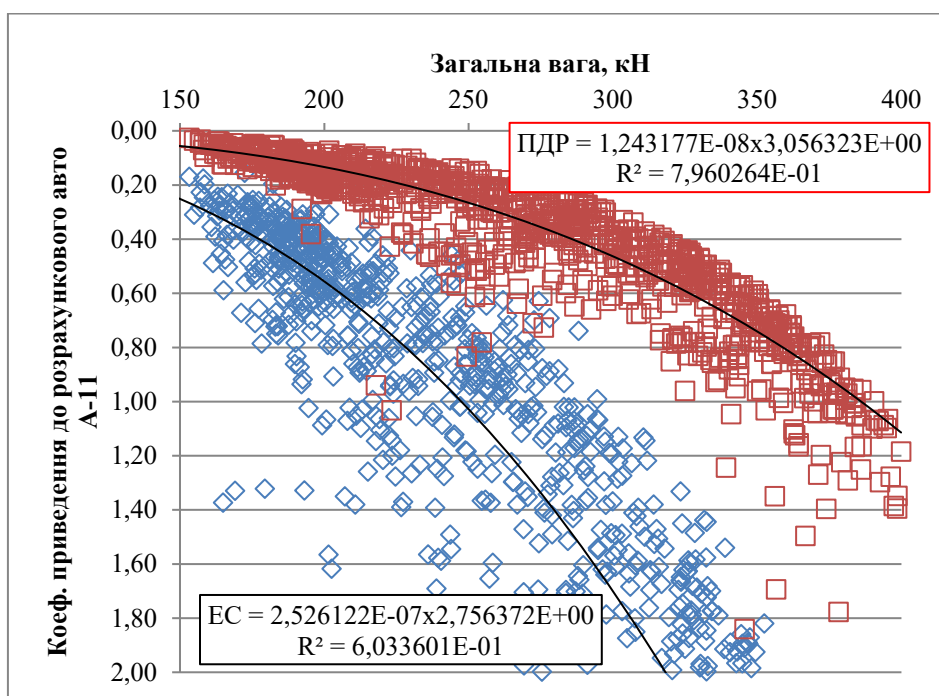
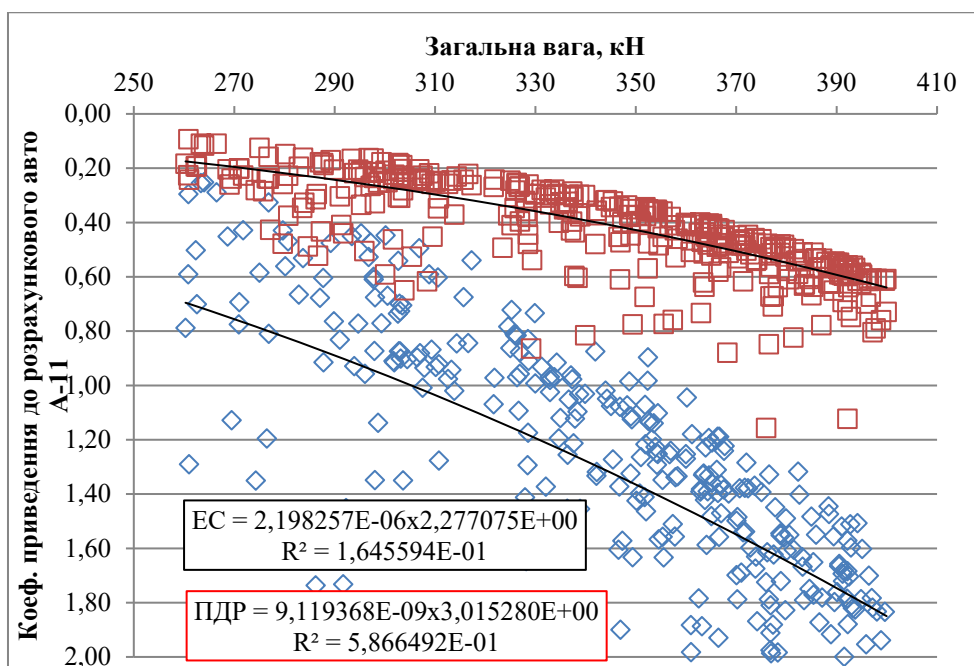
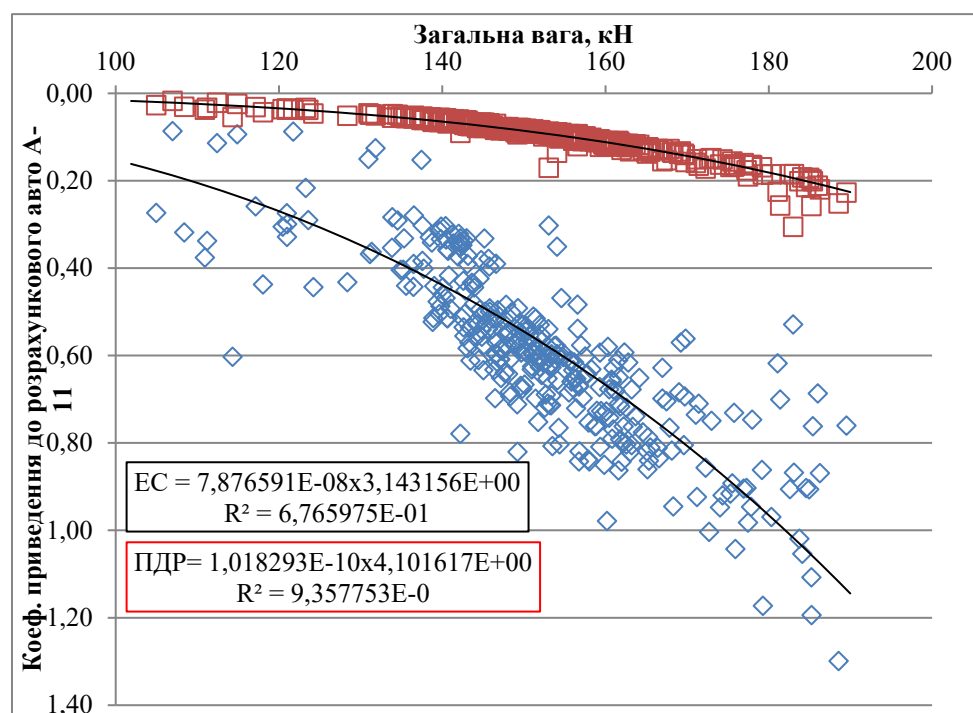


Рисунок 10 – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 9 (1+1\_1+2)

Figure 10 - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 9 (1+1\_1+2)



**Рисунок 11** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 10 (1+2\_1+2)  
**Figure 11** - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 10 (1+2\_1+2)



**Рисунок 12** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 11 (1+1\_1)  
**Figure 12** - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 11 (1+1\_1)

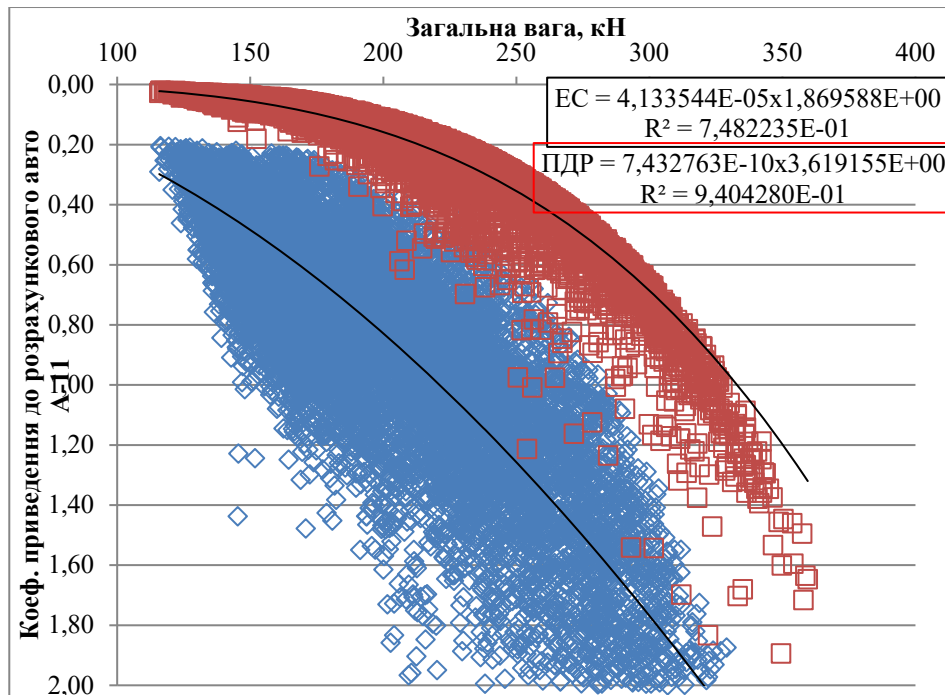


Рисунок 13 – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 12 (1+1\_2)

Figure 13 - Dependence of the change in the drive coefficients on the total weight of the vehicle for the design scheme 12 (1+1\_2)

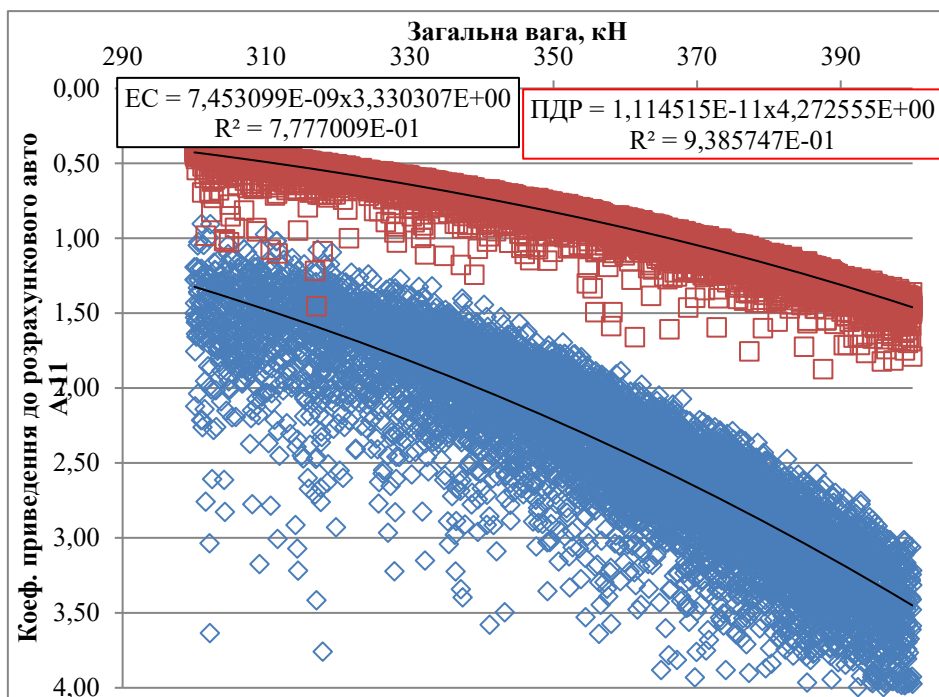
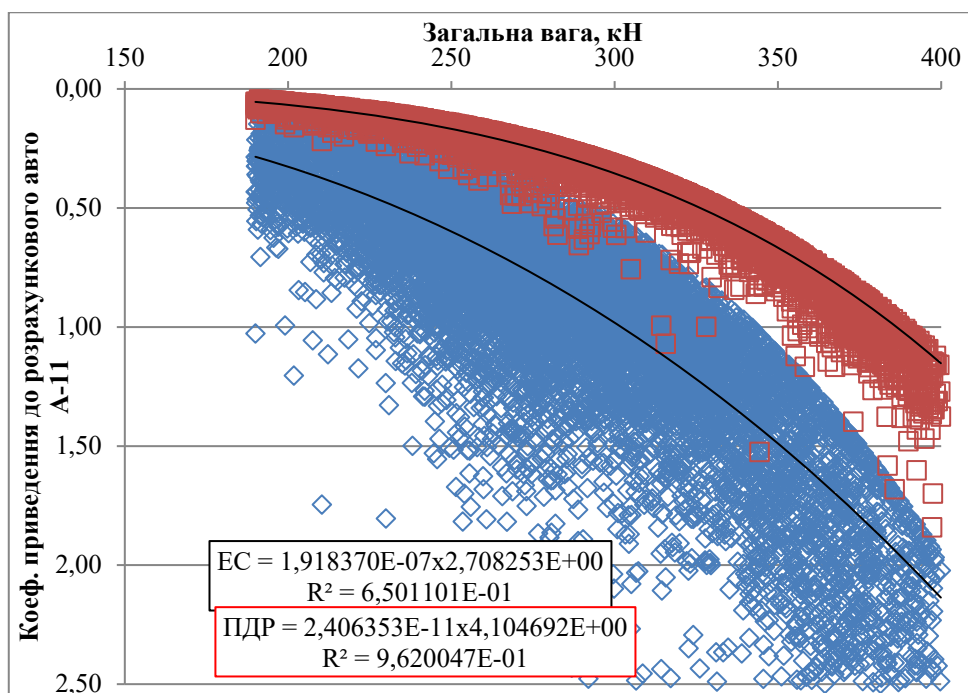
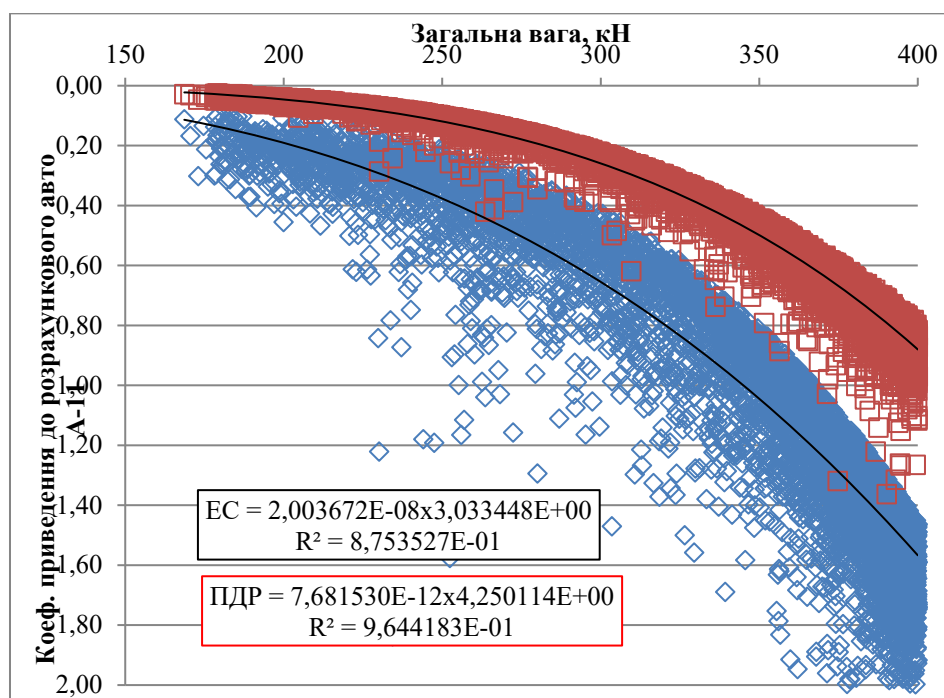


Рисунок 14 – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 13 (1+1\_3)

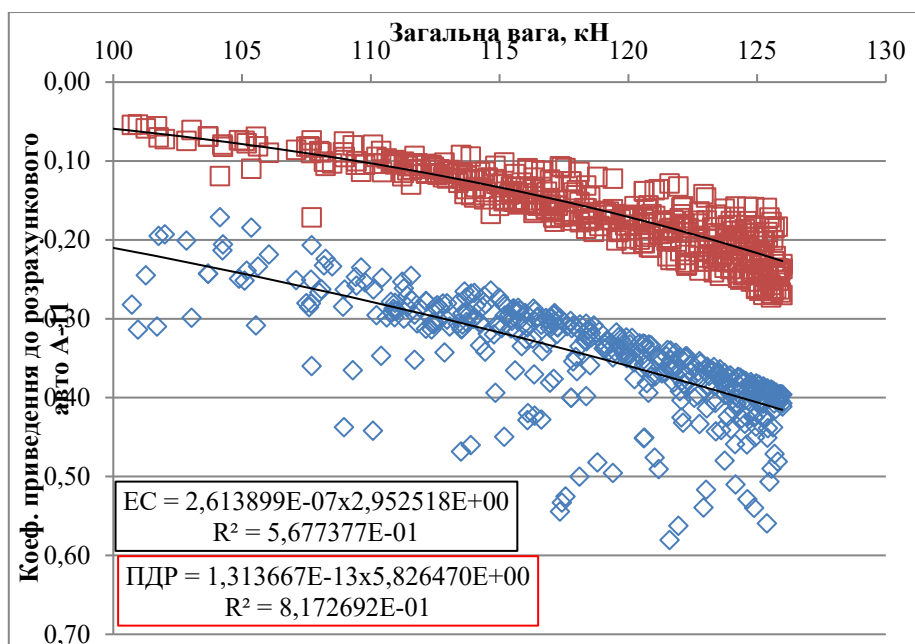
Figure 14 - Dependence of the change in the drive coefficients on the total weight of the vehicle for the design scheme 13 (1+1\_3)



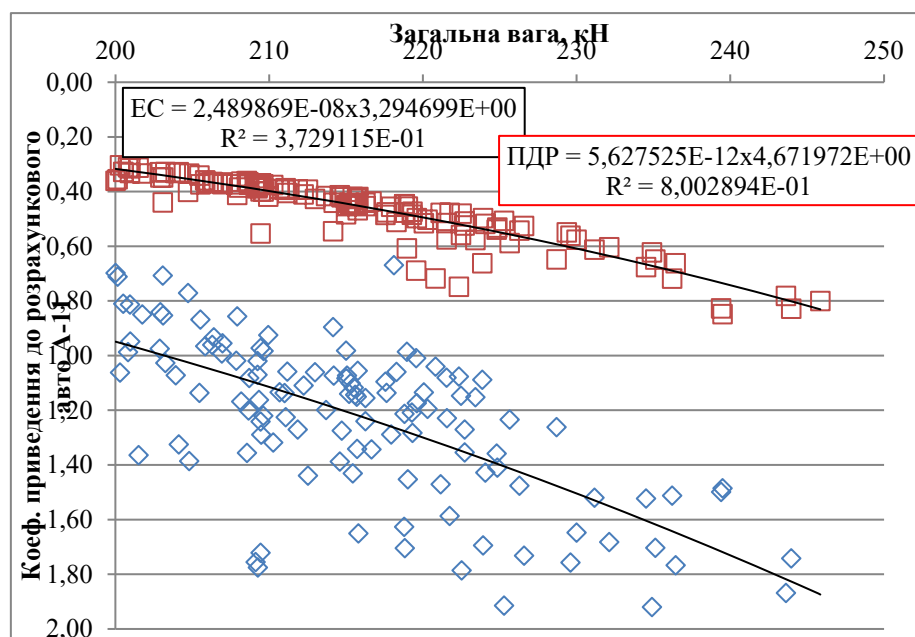
**Рисунок 15** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 14 (1+2\_2)  
**Figure 15** - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 14 (1+2\_2)



**Рисунок 16** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 15 (1+2\_3)  
**Figure 16** - Dependence of the change in the coefficients of reduction on the total weight of the vehicle for the design scheme 15 (1+2\_3)



**Рисунок 17** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 19с (1+1) (автобуси до 30 місць)  
**Figure 17** - Dependence of the change in the drive coefficients on the total weight of the vehicle for the design scheme 19с (1+1) (buses up to 30 seats)



**Рисунок 18** – Залежність зміни коефіцієнтів приведення від загальної маси ТЗ для розрахункової схеми 19в (1+1 та 1+2) (автобуси понад 30 місць)  
**Figure 18** - Dependence of the change in the drive coefficients on the total weight of the vehicle for the design scheme 19с (1+1 and 1+2) (buses over 30 seats)

Отримані залежності добре корелюють з теоретичним аналізом наведеним в попередніх дослідженнях таблиці 2 для ТЗ, що рухаються з обмеженнями, визначеними п. 22.5 ПДР.

**Таблиця 2** – Коефіцієнти приведення інтенсивності руху ТЗ до розрахункової навантаги  
**Table 2** - Coefficients for reducing the intensity of vehicle traffic to the design load

| Ч.ч. | Тип транспортного засобу |  | Коефіцієнти приведення до розрахункової навантаги, кН |                      |
|------|--------------------------|--|---|----------------------|
|      | Графічне зображення      | Опис   | A <sub>2</sub> (115)                                  | A <sub>3</sub> (100) |
| 1    | 2                        | 3  | 4   | 5                    |
| 1    |                          | Легковий автомобіль, мінівен   | -   | -                    |
| 2    |                          | Легковий автомобіль, мінівен з причепом  | -   | -                    |
| 3    |                          | Двовісний вантажний автомобіль   | 0,532   | 0,984                |
| 4    |                          | Тривісний вантажний автомобіль   | 0,391   | 0,817                |
| 5    |                          | Чотиривісний вантажний автомобіль  | 2,344   | 4,993                |
| 6    |                          | Вантажний автомобіль, що має 5 або більше осей   | 0,365   | 0,685                |
| 7    |                          | Автопоїзд із чотирма осями (двовісний вантажний автомобіль із двовісним причепом)      | 0,603   | 1,115                |
| 8    |                          | Автопоїзд із п'ятьма осями (тривісний вантажний автомобіль із двовісним причепом)      | 0,716   | 1,440                |
| 9    |                          | Автопоїзд із п'ятьма осями (двовісний вантажний автомобіль із тривісним причепом)      | 0,686   | 1,294                |
| 10   |                          | Автопоїзд із шістьма осями (тривісний вантажний автомобіль із тривісним причепом)      | 0,543   | 1,118                |
| 11   |                          | Автопоїзд із трьома осями (двовісний тягач із одновісним напівпричепом)                | 0,128   | 0,237                |
| 12   |                          | Автопоїзд із чотирма осями (двовісний тягач із двовісним напівпричепом)                | 0,383   | 0,767                |
| 13   |                          | Автопоїзд із п'ятьма осями (двовісний тягач із тривісним напівпричепом)                | 1,092   | 1,994                |
| 14   |                          | Автопоїзд із п'ятьма осями (тривісний тягач із двовісним напівпричепом)                | 0,549   | 1,151                |
| 15   |                          | Автопоїзд із шістьма осями (тривісний вантажний автомобіль із тривісним напівпричепом) | 0,634   | 1,120                |
| 16   |                          | Автопоїзд, що має більш ніж шість осей   | -   | -                    |
| 17   |                          | Сільськогосподарська техніка   | -   | -                    |
| 18.1 |                          | Автобус (до 30 пасажирів)  | 0,187   | 0,347                |
| 18.2 |                          | Автобус (понад 30 пасажирів)   | 0,543   | 1,130                |
| 19   |                          | Некласифікований транспортний засіб  | 0   | 0                    |

**Примітка 1.** В таблиці наведені значення коефіцієнтів приведення за даними зважування (WIM) для транспортних засобів колісної схеми, що рухаються з дотриманням вагових норм встановлених правилами дорожнього руху пункт 22.5.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень фахівцями ДП «ДерждорНДІ» та НТУ вперше за останні 15 років виконано аналіз параметрів сучасних транспортних засобів (навантажень на осі, визначення фактично маси ТЗ коефіцієнт приведення до розрахункової осі) та їх впливу на конструкції дорожнього одягу. В ході роботи встановлені залежності зміни коефіцієнту приведення до розрахункової осі та впливу досліджених транспортних засобів на напружено-деформований стан конструкції дорожнього одягу, зокрема:

- встановлено коефіцієнти приведення до розрахункового навантаження типу A<sub>2</sub>(115 кН) та A<sub>3</sub>(100 кН) з різним навантаженням від ТЗ що рухаються автомобільними дорогами України;
- внесене зміну в формулу визначення розрахункової кількості прикладень розрахункової навантаги за строк експлуатування;
- виконано порівняння з вимогами Директиви ЄС та встановлено залежності порівняння з даними правил дорожнього руху пункт 22.5;

– на основі проведеного аналізу рекомендовано внести зміни в діючі правила дорожнього руху в пункті 22.5 та прийняти за основу допустимі параметри навантаження для схем транспортних засобів, які наведені у директиві ЄС № 96/53/ЄС від 25 липня 1996 року [7].

Потребує подальшого удосконалення процедури отримання та оброблення даних з пунктів WIM, так як існуючі результати потребують фільтрування для отримання коректних результатів. Оскільки за даними аналізу тільки 1/3 даних є валідними.

Система WIM служить для селекції великовагових транспортних засобів для наступного зважування на стаціонарних вагах.

Науково необґрунтовані прийняті значення максимально дозволених загальних мас ТЗ у діючих правилах дорожнього руху призвели до зменшення значень  $K_{прив}$  до розрахункового автомобіля А2 (115 Н) в 2 – 3 рази в порівнянні з раніше отриманими даними аналізу з стаціонарних пунктів вагового контролю [12] та в порівнянні з даними ЄС (таблиця 3). Таким чином збільшення значення нормативної загальної маси транспортного засобу в ПДР призводить до штучного зменшення розрахункової сумарної інтенсивності транспортних засобів за строк експлуатації дорожнього одягу та зменшення товщини конструкції дорожнього одягу. В результаті чого держава отримує значні збитки із-за та некоректного (хибного) проектування, що призводить до передчасного руйнування дорожнього покриття та необхідності виконувати позаплановий ремонт. Виходячи з вище сказаного необхідно при зміні правил дорожнього одягу в пункті 22.5 використовувати глибокі наукові дослідження з даного питання.

**Таблиця 3 – Підсумкова коефіцієнтів приведення до розрахункової вісі**  
**Table 3 - Summary of the coefficients of reduction to the calculated axis**

| Колісна сема | Схематичне зображення | Серед. зваж ЄС | Серед. зваж ПДР | Коеф ЄС/100 | Коеф ЄС/ПДР |
|--------------|-----------------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|
| 3            |                       | 0,727          | 0,532           | 2,000       | 1,081       |
| 4            |                       | 0,988          | 0,391           | 1,887       | 0,901       |
| 5            |                       | 3,347          | 2,344           | 6,074       | 3,165       |
| 6            |                       | 0,391          | 0,365           | 2,000       | 1,025       |
| 7            |                       | 1,615          | 0,603           | 3,258       | 1,761       |
| 8            |                       | 2,058          | 1,440           | 3,145       | 1,581       |
| 9            |                       | 1,743          | 0,686           | 3,374       | 1,753       |
| 11           |                       | 1,444          | 0,543           | 3,262       | 1,573       |
| 12           |                       | 0,701          | 0,128           | 3,000       | 1,622       |
| 13           |                       | 0,958          | 0,383           | 3,679       | 1,870       |
| 14           |                       | 2,640          | 1,092           | 3,000       | 1,637       |
| 15           |                       | 1,121          | 0,549           | 2,395       | 1,689       |
| 16           |                       | 1,186          | 0,634           | 2,887       | 1,457       |
| 19 с         |                       | 0,368          | 0,187           | 2,000       | 1,081       |
| 19 в         |                       | 1,308          | 0,543           | 1,887       | 0,901       |

**Перелік посилань**

1. Довідник № 1 Розрахункових характеристик ґрунтів, матеріалів основи дорожнього одягу і дорожнього покриття та навантаги від транспортних засобів.
2. Закон України «Про автомобільні дороги» від 08.09.2005 р. №2862-IV.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
4. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу: дис....доктора техн. наук / І.П. Гамеляк. К: Національний транспортний університет, 2005. 525 с.
5. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.
6. Постанова КМУ від 27.10.2023 р. № 1128 “Про внесення змін до Правил дорожнього руху”.
7. Директива Ради 96/53/ЄС від 25 липня 1996 року Про встановлення для деяких дорожніх транспортних засобів, що перебувають в обігу в межах Співтовариства, максимальних дозволених

розмірів для внутрішнього та міжнародного дорожнього руху та максимальної дозволеної маси для міжнародного дорожнього руху

8. Huang Y.H. Computation of equivalent single-wheel loads using layered theory. - Highway Research Record, 1969, № 291, p. 144-155.

9. Gerrard C.M., Harrison W.J. A theoretical comparison of the effects of dual-tandem and dual-wheel assemblies on pavements. Proc. 5th Conference of the Australian Road Research Board, vol. 5, Part 4, Paper 645, 1970, p. 112-137.

10. Ioannides AM ; Khazanovich, L. (1993) Load Equivalency Concepts: A Mechanistic Reappraisal. Transportation Research Record, 1388; 42 Rigid and Flexible Pavement Design and Rehabilitation, pp. 42-51.

11. The AASHO Road Test. Report 5. Pavements research. Spec. Report 61 E, Publ. 954. - Washington, 1962. 351 p.

12. Гамеляк, І. П. Експериментальне визначення навантаження на вісь транспортних засобів [Текст] / І. П. Гамеляк, В. Ф. Райковський // Автошляховик України. – 2014. – № 3. – С. 25-30.

#### IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR REDUCING TRAFFIC INTENSITY FOR PAVEMENT DESIGN

**Gameliak Igor P.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of System Design of Transport Infrastructure Objects, Kyiv, Ukraine, e-mail: gip65n@gmail.com., +380503524124, <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>

**Vitalii Raikovskiy F.**, PhD in Technical Sciences, Head of Scientific and Technical Support Sector, "DerzhdorNDI" SE, Kyiv, Ukraine, e-mail: vintikntu@ukr.net, tel. +380982846899, <https://orcid.org/0000-0002-6391-7647>

**Summary.** The paper considers the issue of determining the destructive impact of modern vehicles on the road surface depending on the value of the total mass of the vehicle. The calculations are based on the methodology of bringing the vehicle to the standard load on the axis of the design axis of the A2 (115 kN) and A3 (100 kN) groups.

**Keywords:** traffic intensity, vehicle, standard axle load, permissible mass, total coefficient of reduction to the design vehicle.

#### References

1. Dovidnyk № 1 Rozrakhunkovykh kharakterystyk gruntiv, materialiv osnovy dorozhnoho odiahu i dorozhnoho pokryvu ta navantahy vid transportnykh zasobiv.

2. Zakon Ukrainy «Pro avtomobilni dorohy» vid 08.09.2005 r. №2862-IV.

3. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo.

4. Gameliak I.P. Osnovy zabezpechennia nadiinosti konstrukttsii dorozhnoho odiahu: dys....doktora tekhn. nauk / I.P. Hameliak. K: Natsionalnyi transportnyi universytet, 2005. – 525 s.

5. HBN V.2.3-37641918-559:2019 Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah nezhorstkyi. Proektuvannia.

6. Postanova KМУ vid 27.10.2023 r. № 1128 “Pro vnesennia zmin do Pravyl dorozhnoho rukhu”.

7. Dyrektyva Rady 96/53/IeS vid 25 lypnia 1996 roku Pro vstanovlennia dlia deiakykh dorozhnykh transportnykh zasobiv, shcho перебувають в обігу в межах Співтовариства, максимальних дозволених розмірів для внутрішнього та міжнародного дорожнього руху та максимальної дозволеної маси для міжнародного дорожнього руху.

8. Huang Y.H. Computation of equivalent single-wheel loads using layered theory. - Highway Research Record, 1969, № 291, r. 144-155.

9. Gerrard C.M., Harrison W.J. A theoretical comparison of the effects of dual-tandem and dual-wheel assemblies on pavements. - Proc. 5th Conference of the Australian Road Research Board, vol. 5, Part 4, Paper 645, 1970, p. 112-137.

10. Ioannides AM ; Khazanovich, L. (1993) Load Equivalency Concepts: A Mechanistic Reappraisal. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD, 1388; 42 Rigid and Flexible Pavement Design and Rehabilitation, pp. 42-51.

11. The AASHO Road Test. Report 5. Pavements research. Spec. Report 61 E, Publ. 954. - Washington, 1962. - 351 p.

12. Gameliak, I. P. Eksperymentalne vyznachennia navantazhennia na vis transportnykh zasobiv [Tekst] / I. P. Gameliak, V. F. Raikovskiy // Avtoshliakhovyk Ukrainy. – 2014. – № 3. – С. 25-30.