

О. О. Соларьов<sup>1</sup>  
В. О. Герасименко<sup>1</sup>  
О. В. Таценко<sup>1</sup>

## МЕТОДИКА РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОСІ ВАНТАЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет

*Переважає більшість автомобільних доріг в Україні побудована близько 50—60 років тому. Дороги мали розрахункову здатність максимального навантаження 5...6 тонн на вісь, а загальна вага транспортного засобу не повинна була перевищувати 24 тонни.*

*Розподіл навантаження між осями транспортного засобу має доволі важливе значення. Відповідно до чинного законодавства є відповідні норми навантаження на осі транспортних засобів. Насамперед нерівномірно навантажені осі машини призводять до механічних пошкоджень та зменшення ресурсу роботи автомобіля. По-друге, є негативний вплив на дорожнє покриття, особливо за достатньо високої температури навколишнього середовища та у місцях інтенсивного гальмування транспортних засобів.*

*Метою статті є дослідження наявних та розроблення нової методики визначення розподілу навантаження на осі двовісного транспортного засобу, який використовує причіп.*

*У статті проаналізовано фактори, які впливають на розподіл навантаження на осі вантажного автомобіля та розроблено методику, яка допоможе вирішити це питання. Для поліпшення процесу перевезення та рівномірного розподілу навантаження між осями транспортного засобу на багатьох фірмах використовуються різні програмне забезпечення, що дозволяє значно спростити вирішення цього питання.*

*Під час використання причепа на гаку транспортного засобу виникає сила, що впливає на розподіл навантаження на осі автомобіля та суттєво додатково навантажує задню вісь. Отримані в статті дані та дані з літературних джерел щодо розподілу навантаження на осі показують такий розподіл: 35% на передню вісь та 65% на задню вісь. Під час руху транспортного засобу з причепом в залежності від ваги причепа в динаміці вага може досягати розподілу між передньою та задньою віссю відповідно 20 та 80%. Запропонована методика дозволяє швидко визначити розподіл навантаження на осі транспортного засобу та вжити заходів для раціонального переозподілу.*

**Ключові слова:** транспортний засіб, розподіл навантаження, перевезення вантажу.

### Вступ

Розподіл навантаження на осі вантажного автомобіля має досить важливе значення, адже в першу чергу це безпека під час руху транспортного засобу та зменшення ризиків поломки автомобіля [2]. Але існують і інші фактори, на які негативно впливає неправильно розподілений вантаж у кузові, а саме: псування дорожнього покриття та унеможливлення проходження вантажних ваг. У цій роботі приділено значну увагу вивченню питання розподілу навантаження на осі вантажного транспортного засобу та знайдено шляхи їх вирішення.

В Україні існують відповідні дозволи з використання автомобільної техніки з певним навантаженням на вісь. З урахуванням вищезазначених факторів, Укравтодором і Державтоінспекцією встановлене навантаження таке: на всіх автомобільних дорогах затверджено максимальне навантаження на осі транспортного засобу: на одиночну вісь — понад 11 т, на здвоєні осі — понад 16 т, строєні осі — понад 22 т або фактичною масою понад 40 т (для контейнеровозів навантаження на одиночну вісь — понад 11 т, здвоєні осі — понад 18 т, строєні осі — понад 24 т або фактичною масою понад 44 т, а на встановлених Укравтодором і Державтоінспекцією для них маршрутах — понад 46 т) на всіх автомобільних дорогах (рис. 1).

Суттєве значення розподіл навантаження має і на повнопривідні транспортні засоби, адже



Рис. 1. Ваговий контроль транспортних засобів

рівномірний розподіл зчипної реакції між мостами транспортного засобу суттєво впливає на прохідність та керуваність транспортного засобу, особливо це має важливе значення в зимовий період часу [3].

На сьогодні для поліпшення якості планування процесу завантаження та розподілу навантаження на осі транспортного на багатьох фірмах використовується відповідне програмне забезпечення рис. 2 «Goodloading» [4]. Goodloading — польська компанія-розробник програмного забезпечення для планування завантаження транспортних засобів. Але основною задачею цього програмного забезпечення є пошук та підбір оптимального транспортного засобу для перевезення певного вантажу з мінімізацією витрат.

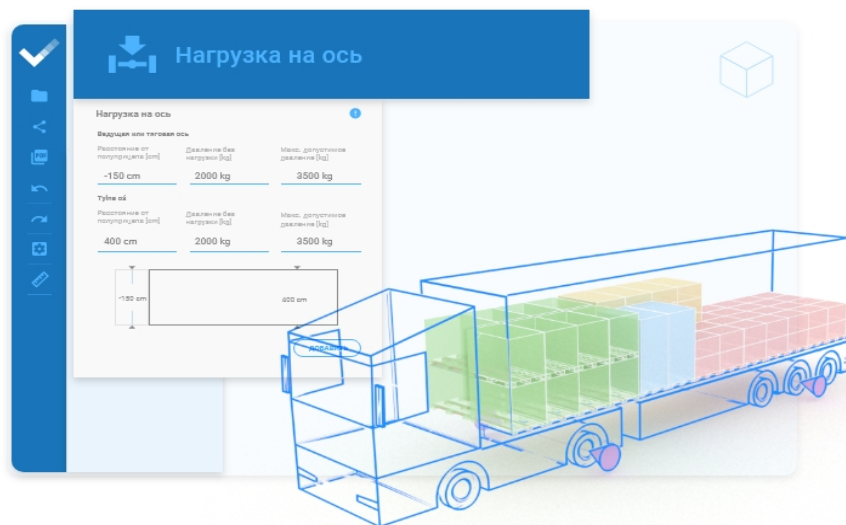


Рис. 2. Інтерфейс програми Goodloading

Метою статті є аналіз наявних та розробка власної методики, яка дозволить обчислити навантаження на осі та підібрати оптимальний варіант розміщення вантажу у кузові автомобіля.

### Результати досліджень

Розглянемо схему дії реакцій ґрунту на осі транспортного засобу від відповідних навантажень у стані статичної рівноваги рис. 3. Схема побудована для класичного транспортного засобу, який має дві осі та може бути як монопривідним, так і повнопривідним.

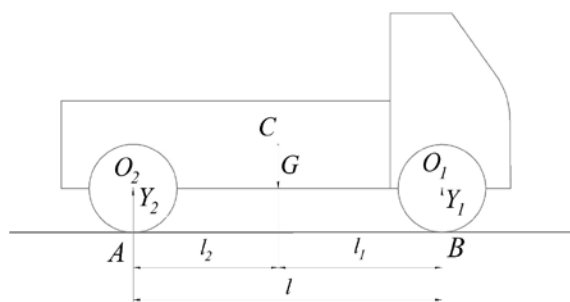


Рис. 3. Розподіл навантаження між осями вантажного автомобіля

Розглянемо це питання на прикладі класичного, вовісного вантажного автомобіля. Оскільки на схемі транспортний засіб знаходиться у стані статичної рівноваги зчипні реакції колеса на ґрунт не показані. В точках A і B виникають реакції ґрунту на колесо  $Y_1$  і  $Y_2$ . Точка C є центром мас в якій діє сила  $G$  — вертикальна сила ваги транспортного засобу.

З умови статичної рівноваги у стані нерухомості автомобіля знаходимо вертикальні статичні реакції на передню і задню осі транспортного засобу

$$Y_1 = G \frac{l_1}{l}; \quad Y_2 = G \frac{l_2}{l}. \quad (1)$$

У стані статичної рівноваги реакції основи на одне колесо будуть

$$Y_1 = G \frac{l_1}{2l} = m_T g \frac{l_1}{2l}; \quad (2)$$

$$Y_2 = G \frac{l_1}{2l} = m_T g \frac{l_1}{2l}. \quad (3)$$

де  $m_T$  — експлуатаційна маса транспортного засобу;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  — прискорення вільного падіння.

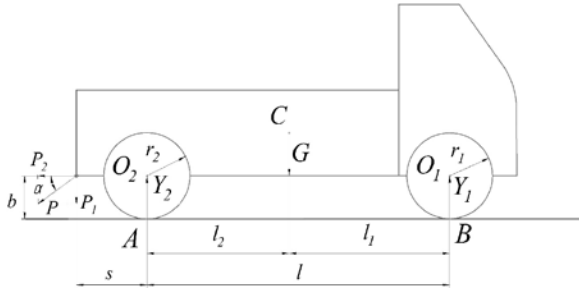


Рис. 4. Розподіл навантаження між осями вантажного автомобіля під час використання причепа

Під час використання автомобіля з причепом на гаку причіпного пристрою виникає сила  $G_K$ , яка впливає на розподіл навантаження між осями автомобіля та значно підвищує навантаження задньої осі.

Контактні напруження між ґрунтом і шиною переднього колеса, коли  $G_K = Y_1$  (рис. 4)

$$\sigma_1 = \sigma_{ш1} = \frac{Y_1}{2B r \sin \beta_1}. \quad (4)$$

Отримана величина контактного напруження між ґрунтом і шиною збігається з вимірними значеннями.

Напруження під шинами задніх коліс ( $\beta$ )

$$\sigma_2 = \sigma_{ш2} = \frac{Y_2}{2B r \sin \beta_2}, \quad (5)$$

де  $\sin \beta = \frac{a}{r}$ .

З розрахунку видно, що контактні напруження у стані статичної рівноваги під передніми колесами більші ніж під задніми колесами за відсутнього вантажу у кузові. Це пояснюється тим, що без завантаженого кузова передня частина має більшу вагу та зазвичай меншу пляму контакту колеса з поверхнею ґрунту, оскільки найчастіше в класичній схемі вантажного двовісного автомобіля задня вісь має здвоєні (спарені) колеса.

Визначимо напруження в ґрунті з урахуванням тягового опору, який представлений рівнодієюною  $P$  під кутом  $\alpha$  до поверхні ґрунту. Нормальні реакції на одне колесо у цьому випадку такі:

$$Y_1 = \frac{G l_1 - P_{кр} (\text{tg } \alpha + b)}{2l}; \quad (6)$$

$$Y_2 = \frac{G l_2 + P_{кр} [(s+l) \text{tg } \alpha + b]}{2l}. \quad (7)$$

Відповідні знайденим реакціям напруження в ґрунті такі:

$$\sigma_1 = \frac{Y_1}{2B_1 r_1 \sin \beta_1}; \quad (8)$$

$$\sigma_2 = \frac{Y_2}{2B_2 r_2 \sin \beta_2}. \quad (9)$$

Таким чином, використовуючи формули (6)—(9) та маючи показники сили на гаку причіпного пристрою, для вантажного транспортного засобу з причепом можна визначати показники напружень та реакцій, які виникають під колесами.

### Висновок

У статті розглянуті причини неправильного навантаження осей автомобіля та спосіб теоретичного визначення навантаження на осі двовісного транспортного засобу.

Нерівномірно навантажені осі спричиняють погіршення керованості транспортного засобу. Надмірне перевантаження однієї з осей може призвести до пошкоджень рами та ходової частини автомобіля, що викличе додаткові економічні витрати.

Як показують отримані за допомогою спеціалізованого обладнання дані та дані з літературних

джерел розподіл навантаження на осі двовісного вантажного транспортного засобу становить 35 % на передню вісь та 65 % на задню вісь. Під час руху вантажного двовісного транспортного засобу з причепом в залежності від ваги причепа в динаміці вага може навіть досягати розподілу між передньою та задньою віссю відповідно 20 та 80 %.

Отримані результати будуть корисними насамперед для автомобілебудівних компаній та підприємств автомобільного транспорту.

### СПИСОК ВИРОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] М. М. Пономарьов, «Ваговий контроль на автошляхах України,» Асоціації «Аграрних перевізників України», 2016. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу:

<http://artimmer.com/ua/publicacii/%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9-%D0%BB%D1%96%D0%BA%D0%B1%D0%B5%D0%B7/268-vagovij-kontrol%60-na-avtoshlyaxah-ukra%D1%97ni> .

[2] Л. О. Рижих, С. Й. Ломака, Д. М. Леонтьев, О. М. Красюк, і А. А. Чебан, «Моделювання динамічної зміни тиску на виході з РГС на основі його статичної характеристики при зміні вертикальних навантажень на осях транспортного засобу,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 2, с. 89-92, 2010.

[3] М. М. Потапов, «Підвищення ефективності функціонування елементів шасі повнопривідних колісних засобів транспорту.» дис. канд. техн. наук, 05.22.20, Харків, 2021, 235 с.

[4] Goodloading, *Optimal planning of cargo space*, 2022. [Electronic resource]. Available: <http://www.goodloading.com/> .

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 31.10.2022

**Соларьов Олександр Олександрович** — канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних технологій, e-mail: [lmcsan@i.ua](mailto:lmcsan@i.ua) ;

**Герасименко Владислав Олександрович** — канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри вищої математики, e-mail: [vladzaoch@ukr.net](mailto:vladzaoch@ukr.net) ;

**Татенко Олександр Володимирович** — старший викладач кафедри агроінженірингу, e-mail: [alextatsenko@ukr.net](mailto:alextatsenko@ukr.net) .

**O. O. Solariov<sup>1</sup>**  
**V. O. Herasymenko<sup>1</sup>**  
**O. V. Tatsenko<sup>1</sup>**

## Load Distribution Method on the Axle of a Truck Vehicle

<sup>1</sup>Sumy National Agrarian University

*The vast majority of highways today was built about 50—60 years ago and had a design maximum load capacity of 5...6 tons per axle, and the total weight of the vehicle should not exceed 24 tons.*

*Thus, the distribution of the load between the axles of the vehicle is quite important. In accordance with the norms of the current legislation, there are appropriate norms for the load on the axles of vehicles. First of all, unevenly loaded car axles lead to mechanical damage and a decrease in the car's service life. Secondly, there is a negative impact on the road surface, especially when the ambient temperature is high enough and in places where vehicles brake intensively. In this article, we analyzed the factors that affect the load distribution on the axles of a truck and developed a methodology that will help solve this issue. To improve the process of transportation and equal distribution of the load between the axles of the vehicle on the axle, many companies use different software, which greatly simplifies the solution to this issue.*

*The purpose of the article is to analyze the existing methods of influencing the load distribution on the axles of a two-axle vehicle that uses a trailer.*

*When using a trailer, a force occurs on the hook of the vehicle, which in turn affects the distribution of the load on the axles of the car and significantly adds additional load to the rear axle. The data obtained in the article and data from the analysis of the literature on the distribution of the load on the axles show the following distribution: 35% on the front axle and 65% on the rear axle. During the movement of a vehicle with a trailer, depending on the weight of the trailer in dynamics, the weight can reach a distribution between the front and rear axles of 20 and 80%, respectively. The method developed and presented in the article allows you to quickly determine the distribution of the load on the axles of the vehicle and take measures for rational redistribution.*

**Keywords:** vehicle, driver, load distribution, cargo transportation.

**Solariov Oleksandr O.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Transport Technologies, e-mail: [lmcsan@i.ua](mailto:lmcsan@i.ua) ;

**Herasymenko Vladyslav O.** — Cand. Sc. (Phys.-Math.), Associate Professor of the Chair of Higher Mathematics, e-mail: [vladzaoch@ukr.net](mailto:vladzaoch@ukr.net) ;

**Tatsenko Oleksandr V.** — Senior Lecturer of the Chair of Agricultural Engineering, e-mail: [alextatsenko@ukr.net](mailto:alextatsenko@ukr.net)