

ВРАХУВАННЯ РЕЖИМІВ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВЕЛИКОЇ МІСТКОСТІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ОСЬОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ДОРОГУ

Кошарний О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, o.kosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5969-4858

Кошарний В.О., Національний транспортний університет, Київ, Україна, vakosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6203-2567

TAKING INTO ACCOUNT THE TRAFFIC MODES OF PASSENGER VEHICLES OF LARGE CAPACITY WHEN DETERMINING THE AXIAL LOADS ON THE ROAD

Kosharnyi O.M., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, o.kosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5969-4858

Kosharnyi V.O., National Transport University, Kyiv, Ukraine, vakosharnyi@gmail.com, orcid.org/0000-0001-6203-2567

Постановка проблеми. За останні роки з'явилося багато нових моделей пасажирських автотранспортних засобів великої місткості як вітчизняного так і закордонного виробництва.

Луцький тролейбус Богдан Т90117, Львівський тролейбус ЛАЗ Е301А1 Дніпропетровський тролейбус «Дніпро Т203», Київський тролейбус «Електрон Т19102», Польський тролейбус «Solaris Trollino 12», Чеський тролейбус Škoda 14Tr, які мають пасажиромісткість біля 180 чол.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Оцінюванням стійкості транспортного засобу займалися вчені як Сахно В.П., Мозговий В.В., Говорущенко Н.Я., Іванов В.Н. Єрохов В.І. Токарев А.А., Чуйко С.П. та ін.

В сучасних умовах вибір тролейбусів здійснюється в основному орієнтуючись на їх вартість, надійність, експлуатаційні витрати та ін. Але в процесі експлуатації виявляється, що автотранспорт має великі в порівнянні з конкурентами експлуатаційні навантаження на дорогу, хоча і відповідає вимогам технологічного процесу перевезень.

За таких умов, актуальним є питання аналізу та оцінки конструкції автотранспорту і експлуатаційних показників його використання.

Невирішені раніше частини загальної проблеми.

В боротьбі за збільшення пасажиромісткості конструктори транспортних засобів не завжди дотримуються норм максимальної ваги і навантаження колісних осей на дорогу. Як правило, така ситуація виникає коли проектується електробуси та тролейбуси з автономним ходом, у яких тягова акумуляторна батарея встановлюється на даху транспортного засобу.

В зв'язку з цим аналіз впливу розташування координати центру мас тролейбуса на перевантаження осей під час експлуатації і розробка пропозицій щодо оптимізації конструкції є **актуальним**.

Конструктори цих транспортних засобів не завжди дотримуються норм максимальної ваги і навантаження колісних осей на дорогу, а це, в свою чергу, веде до передчасного руйнування дорожньої одежі і як наслідок великих економічних витрат.

В той же час суттєвих змін у документах, які регламентують масу і осьові навантаження на дорогу пасажирських транспортних засобів не передбачається.

У зв'язку з цим, велике значення має поглиблений розгляд питання вибору оптимальної маси автомобіля при експлуатації з точки зору отримання найбільшої вигоди, з необхідними розрахунками, що дозволить використати теоретичну базу в широкому спектрі технічних параметрів автотранспорту і прогнозувати відповідні зміни ефективності їх роботи в умовах експлуатації.

Метою роботи є дослідження перевантаження дорожньої одежі під час експлуатації пасажирських транспортних засобів і розробка пропозицій щодо оптимізації їх конструкції.

Для досягнення цієї мети, були сформульовані наступні **задачі**:

1. Аналіз експлуатації пасажирських транспортних засобів з точки зору перевантаження дорожньої одежі.

2. Розробити пропозиції щодо оптимізації конструкції транспортного засобу.

Виклад основного матеріалу дослідження.

В Державних будівельних нормах України ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці і дороги населених пунктів» передбачається систематичний проїзд автомобілів з номінальним статичним навантаженням на вісь від 60 до 115кН в залежності від категорії дороги. Таке навантаження і є базою для визначення унормованого навантаження.[1].

Але нормоване навантаження визначається також виходячи з положення як про величину, так і часу дії сили на дорогу.

В зв'язку з цим динамічні навантаження які діють на дорогу більше 0,1 с., але не враховуються при проектуванні дорожньої одежі [1] можуть сильно впливати на її стан.

Як уже було нами раніше показано [2], що особливо великі такі динамічні навантаження виникають в зоні зупинок та перед світлофорами.



Рисунок 1 – Луцький троллейбус Богдан Т90117
Figure 1 – Lutsk trolleybus Bohdan T90117



Рисунок 2 – Львівський троллейбус ЛАЗ Е301А1
Figure 2 – Lviv trolleybus LAZ E301A1

Це приводить до того, що на дорожньому полотні виникають колії в декілька сантиметрів. Дорожню одежу в такому стані треба уже капітально ремонтувати.

Найбільш складна динамічна картина навантажень спостерігається у двохсекційних транспортних засобах великої місткості, у яких статичне навантаження осей на дорогу за конструкцією уже виходить за припустимі межі.

В основі цих проектів математичних моделей покладені диференціальні рівняння плоского прямолінійного і криволінійного руху зчленованої машини.

Для вивчення динаміки навантажень на дорогу двохсекційних транспортних засобів нами розроблена математична модель і програма з вивчення динаміки навантаження.

Математична модель ґрунтується на диференціальному рівнянні плоского прямолінійного і криволінійного руху зчленованої машини.

Аналізуючи сучасні транспортні засоби, можна дійти висновку, що з врахуванням методики складання рівнянь рівноваги для визначення нормальних реакцій дороги, їх можна поділити на: статично визначені і статично невизначені.

Статично визначені системи притаманні двох та трьохвісним транспортним засобам, які мають залежні підвіски коліс. Для таких систем загальна методика визначення нормальних реакцій універсальна.

Щодо більш складних статично визначених та статично невизначених систем, то для кожної схеми конструкцій ходової частини треба складати свою систему рівнянь.

Загальна методика визначення нормальних реакцій дороги на колеса при наявності залежних підвісок ґрунтується на тому, що автотранспортний засіб: автомобіль, тягач, автопоїзд - умовно розчленується на статично визначені ланки по дві осі. Для них складаються відповідні системи рівнянь статички або динаміки за принципом д'Аламбера з двома невідомими нормальними реакціями.

Аналізуючи сучасні транспортні засоби, можна дійти висновку, що з врахуванням методики складання рівнянь рівноваги для визначення нормальних реакцій дороги, їх можна поділити на: статично визначені і статично невизначені.

За принципом д'Аламбера (усяке тіло залишається в стані покою або рівномірного руху, якщо сума усіх сил і моментів, що діють на це тіло дорівнює нулю) рівняння статички відносно точки O має такий загальний вигляд:

$$\begin{cases} \sum F_i = 0, \\ \sum M_i = 0. \end{cases} \quad (2.1)$$

Підставляючи вихідні параметри, одержимо:

$$\begin{cases} R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} - G_n = 0, \\ G_a \cdot b \cdot \cos \alpha - H_j \cdot (G_a \cdot \sin \alpha - P_j) + P_{zaka} \cdot H_{zaka} \cdot \cos \alpha_0 - R_{zm} \cdot (a + b) + \\ + M_{f1} + M_{f2} + M_{f3} = 0, \end{cases} \quad (2.2)$$

Де: P_j - сила інерції, b - відстань від поперечної осі передньої осі АТЗ до координати центру мас, м; G_a - вага АТЗ,.

Для вивчення динаміки навантажень на дорогу двохсекційних транспортних засобів розроблені математична модель і програма. математична модель ґрунтується на диференціальному рівнянні плоского прямолінійного і криволінійного рухів двохсекційної машини. висунуто гіпотезу, що найбільші динамічні навантаження, які довгоплинні ($i > 0,1$ с) і діють при екстремальних режимах руху.

За екстремальні режими руху прийняті: режими зрушення з місця, гальмування перед зупинкою або світлофором, повороти на малих радіусах з критичними швидкостями.

Статично визначені системи притаманні двох та трьохвісним транспортним засобам, які мають залежні підвіски коліс. Для таких систем загальна методика визначення нормальних реакцій універсальна.

Щодо більш складних статично визначених та статично невизначених систем, то для кожної схеми конструкцій ходової частини треба складати свою систему рівнянь.

Висунуто гіпотезу, що найбільші динамічні навантаження, які довгоплинні $t \geq 0,1c.$, діють при екстремальних режимах.

За екстремальні режими руху прийняті: режими зрушення з місця, гальмування перед зупинкою або світлофором, повороти на малих радіусах з критичними швидкостями.

В екстремальних режимах прямолінійного руху на транспортний засіб діють такі зовнішні сили і моменти.

G_1, G_2 - вага передньої та задньої секції,

P_{fi} - сили опору коченню і-их осей,

P_{pi} - сили тяги і-их осей,

P_w - сила опору повітря,

P_{j1}, P_{j2} - сили інерції секції,

M_{fi} - моменти опору коченню коліс.

При криволінійному русі з'являються ще і відцентрова сила P_{vc} .

Розрахункова схема сил і моментів, які діють на транспортний засіб приведена на (рис.3).

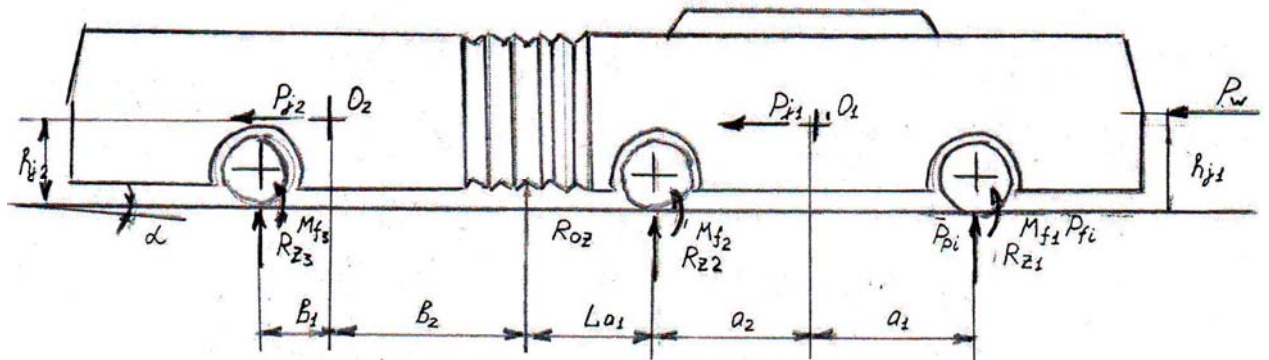


Рисунок 3 – Розрахункова схема сил і моментів, які діють на транспортний засіб
Figure 3 – Calculation scheme of forces and moments acting on the vehicle

Припускаємо, що центри мас тягача з пасажирями O_1 і причепа з пасажирями O_2 як зчленованої системи, мають деякі постійні координати a_1, a_2, b_1, b_2 і h_1, h_2 .

Враховуючи зовнішні сили і моменти, які діють на систему можна скласти рівняння рівноваги системи і визначити шукані нормальні реакції дороги на колеса осей у різних режимах руху.

Так, розглянемо режим руху - гальмування перед зупинкою з ковзанням коліс $S_b > 20\%$, коли коефіцієнт зчеплення має стійку величину у нормальних дорожніх умовах $\phi_{max} = 0,65 - 0,75$.

Робимо ще одне припущення, що гальмування проходить синхронно для всіх осей обох секцій, тобто вся система з'єднана жорстким шарніром рухається як одне ціле, в наслідок чого горизонтальна реакція у зчепі $R_{x0} = 0$ може розглядатися як внутрішня сила системи.

Вважаємо, що система складається з двох статично визначених ланок - тягача і причепа.

Для виведення рівняння нормальних реакцій дороги на колісні осі доцільно починати з найпростішої ланки системи, тобто причепа.

Якщо взяти суму моментів відносно центра мас O_2 (моменти беремо за часовою стрілкою), то будемо мати рівняння сумарної нормальної реакції дороги, яка діє на колеса задньої осі транспортного засобу при його рушанні з місця і при гальмуванні:

Рушання з місця:

$$R_{z3p} = G_2 \cos \alpha \cdot [b_1 + (\sin \alpha + (dV/dt)/g) \cdot h_1] / [(b_1 + b_2) - r \cdot f],$$

Гальмування:

$$R_{z3p} = G_2 \cos \alpha \cdot [b_1 - (\sin \alpha + (dV/dt)/g) \cdot h_1] / [(b_1 + b_2) - r \cdot f],$$

Важливо знати також нормальне навантаження у шарнірній зчепці:

$$Rz_{2p} = [G_2 \cos \alpha [b_2 + \sin \alpha - (dV/dt)/g] - Rz_{3p} \cdot r \cdot f] / (b_1 + b_2),$$

$$Rz_{2z} = [G_2 \cos \alpha [b_2 + \sin \alpha + (dV/dt)/g] - Rz_{3p} \cdot r \cdot f] / (b_1 + b_2),$$

Аналізуючі схему сил та моментів, які діють на другу ланку системи, визначимо рівняння реакції дороги на колеса другої осі в різних режимах руху:

$$Rz_{2p} = [G_1 \cos \alpha [a_1 + r \cdot f] + (\sin \alpha + (dV/dt)/g) h_{j1} + Roz_p La_1,$$

$$Rz_{2z} = [G_1 \cos \alpha [a_1 + r \cdot f] + (\sin \alpha - (dV/dt)/g) h_{j1} + (Roz_p La_1 + l_1)] / l_1,$$

та першої осі:

$$Rz_1 = Ga - (Rz_2 + Rz_3),$$

Тепер розглянемо, як розподіляються навантаження осей між окремими колесами осі при русі транспортного засобу по криволінійній траєкторії радіуса R з певною швидкістю V .

Умовно вважаємо, що маса $m = Go_2/g$,

де: Go_2 - статичне навантаження на центральну вісь.

G_2 - динамічне навантаження при прямолінійному русі.

Взявши суму моментів відносно точки опори одержимо рівняння:

$$G_2 \cdot B/2 + P_{вц} \cdot h_{j1} = Rz_{к2} \cdot B,$$

і шукану реакцію на найбільш навантажене колесо:

$$Rz_{к2} = (G_2 \cdot B/2 + h_{j1} \cdot (Go_2/g) \cdot V^2/R) / B,$$

де: B - колія тролейбуса.

Розрахунки виконані на прикладі тролейбусів тролейбус Богдан Т90117 та ЛАЗ Е301А1 показують, що:

1. Двохсекційні пасажирські транспортні засоби експлуатуються з систематичним перевантаженням дорожньої одежі.

2. Представлена математична модель дає можливість деякою мірою оптимізувати конструкцію ходової частини транспортного засобу.

Результати статті можна використовувати при конструюванні і експлуатації тролейбусів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державні будівельні норми України ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці і дороги населених пунктів». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства. Київ. 2018р.

3. Кошарний О.М. Навантаження на дорогу від колісних осей двосекційних транспортних засобів // Автошляховик України. – 1998. N2. с.13.

3. Кошарний О.М. Методика визначення динамічного навантаження на дорогу від колісних осей тролейбусів і автобусів великої місткості // Автошляховик України. – 2000. N3. с.45.

РЕФЕРАТ

Кошарний О.М., Кошарний В.О., Врахування режимів руху пасажирських транспортних засобів великої місткості при визначенні осьових навантажень на дорогу / О.М. Кошарний, В.О. Кошарний // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий, науково-виробничий журнал. – К.: НТУ, 2023. – Вип. 3 (57).

В статті розглянутий вплив маси автопоїзда на деформацію дорожніх полотен нежорсткого типу.

Об'єкт дослідження – дорожні транспортні засоби, які знаходяться в експлуатації.

Метод дослідження – аналіз роботи пасажирських транспортних засобів на при різних режимах руху та їх вплив на дорожнє полотно.

Мета роботи - визначення заходів підвищення ефективності використання транспортних засобів та зниження їхнього впливу на дорожнє полотно при експлуатації.

При експлуатації пасажирських транспортних засобів актуальним є питання обґрунтування маси цих автопоїздів та їх вплив на дорожню одежу під час експлуатації. При здійсненні перевезень автопоїзда, вплив на дорожнє полотно здійснюють багато чинників, основними з яких є: маса автопоїзда, дорожні умови та режим руху.

Значну частину економічних витрат на транспортну інфраструктуру здійснюється на підтримку належного рівня якості дорожнього полотна, яке постійно деформується під впливом експлуатації автомобільних транспортних засобів.

Чим більше автомобіль чи автопоїзд тим сильніше його навантаження на дорожню одежу в ході експлуатації. Особливо це актуально для великогабаритних пасажирських транспортних засобів, які створюють динамічні навантаження на дорогу, особливо в зоні зупинок та перед світлофорами що приводить до швидкого зношення дорожнього полотна, що потребуватиме капітального ремонту в майбутньому.

Аналізуючи сучасні транспортні засоби, можна дійти висновку, що з врахуванням методики складання рівнянь рівноваги для визначення нормальних реакцій дороги, їх можна поділити на: статично визначені і статично невизначені.

Статично визначені системи притаманні двох та трьохвісним транспортним засобам, які мають залежні підвіски коліс. Для таких систем загальна методика визначення нормальних реакцій дороги на колеса при наявності залежних підвісок ґрунтується на тому, що автотранспортний засіб умовно розчленується на статично визначені ланки по дві осі. Для них складаються відповідні системи рівнянь статички або динаміки за принципом д'Аламбера з двома невідомими нормальними реакціями.

При розрахунках враховуються зовнішні сили і моменти, які діють на систему можна скласти рівняння рівноваги системи і визначити шукані нормальні реакції дороги на колеса осей у різних режимах руху на прикладі режимів роботи тролейбусів Богдан Т90117 та ЛАЗ Е301А1.

Галузь автомобілебудування постійно розвивається, весь час ведуться роботи над конструкцією автомобілів, які б дозволяли оптимізувати експлуатаційні характеристики вузлів, агрегатів та систем.

Для зниження спорядженої маси потрібно, перш за все, ретельно проаналізувати компонувальну схему і масові характеристики всіх вузлів і агрегатів, широко використовувати полегшені і високоміцні матеріали.

Результати статті можна використовувати при конструюванні і експлуатації автомобілів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СПОРЯДЖЕНА МАСА ТРОЛЕЙБУСА, ОПІР РУХУ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, НАВАНТАЖЕННЯ НА ОСЬ, РЕЖИМ РУХУ.

ABSTRACT

Kosharny O.M., Kosharny V.O. Taking into account the traffic modes of passenger vehicles of large capacity when determining the axial loads on the road. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific, scientific and industrial journal. – K.: NTU, 2023. – Issue 3 (57).

The article examines the influence of the mass of the road train on the deformation of non-rigid road surfaces.

The object of the research is road vehicles that are in operation.

The research method is an analysis of the operation of passenger vehicles in different driving modes and their impact on the road surface.

The purpose of the work is to determine measures to improve the efficiency of the use of vehicles and measure their impact on the road surface during operation.

When operating passenger vehicles, the question of justifying the mass of these road trains and their impact on road wear during operation is relevant. When transporting a road train, the road surface is affected by many factors, the main of which are: the mass of the road train, road conditions and traffic mode.

A significant part of economic costs for transport infrastructure is spent on maintaining the appropriate level of quality of the road surface, which is constantly deformed under the influence of the operation of motor vehicles.

The larger the car or road train, the stronger its load on road wear during operation. This is especially relevant for large-sized passenger vehicles that create dynamic loads on the road, especially in the stop zone

and in front of traffic lights, which leads to rapid wear of the road surface, which will require major repairs in the future.

Analyzing modern vehicles, we can come to the conclusion that, taking into account the method of drawing up equilibrium equations to determine the normal reactions of the road, they can be divided into: statically determined and statically indeterminate.

Statically determined systems are inherent in two- and three-axle vehicles that have dependent wheel suspensions. For such systems, the general method of determining the normal reactions of the road to the wheels in the presence of dependent suspensions is based on the fact that the motor vehicle is conventionally divided into statically determined links along two axes. For them, corresponding systems of statics or dynamics equations are formed according to the d'Alembert principle with two unknown normal reactions.

In the calculations, external forces and moments acting on the system are taken into account, it is possible to draw up the equilibrium equation of the system and determine the desired normal reactions of the road on the wheels of the axles in different modes of movement using the example of the modes of operation of the YMZ-T1 and DAK-217E trolleybuses.

The automotive industry is constantly developing, all the time work is being carried out on the design of cars, which would allow optimizing the operational characteristics of units, aggregates and systems.

To reduce the curb weight, it is necessary, first of all, to carefully analyze the layout scheme and mass characteristics of all units and aggregates, to widely use lightweight and high-strength materials.

The results of the article can be used in the design and operation of cars.

KEY WORDS: TROLLEY LOAD MASS, MOTION RESISTANCE, PERFORMANCE CHARACTERISTICS, ECONOMIC EFFECT, AXLE LOAD, MOTION MODE.

АВТОРИ:

AUTHORS:

РЕЦЕНЗЕНТИ:

REVIEWERS: