

**ФОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ВІД АВТОМОБІЛЯ НА ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ
ЗА РІЗНОЇ ШВИДКОСТІ ДОЛАННЯ НЕРІВНОСТІ**

**FORMATION OF THE LOAD FROM THE VEHICLE ON THE ROAD SURFACE AT
DIFFERENT SPEED OF OVERCOMING THE ROUGHNESS**



Поляков Віктор Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри автомобілів, e-mail: poljakov_2006@ukr.net, тел.: +380673861468,

<https://orcid.org/0000-0001-7042-3066>



Білякович Микола Олексійович, Заслужений працівник народної освіти України, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: biliakovych.m@gmail.com, тел.: +380505027522,

<https://orcid.org/0009-0000-2760-0127>



Разбойніков Олександр Олександрович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри автомобілів, e-mail: razboyn1k@ukr.net, тел.: +380972214790,

<https://orcid.org/0000-0003-3024-0999>



Іванушко Олександр Миколайович, доктор філософії, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: olexandr.ivanushko@gmail.com, тел.: +380969298556,

<http://orcid.org/0000-0003-3759-5856>



Місько Євген Михайлович, кандидат технічних наук, Одеська державна академія будівництва та архітектури, доцент кафедри машинобудування, e-mail: misko@ogasa.org.ua, тел.: +380955040150,

<https://orcid.org/0000-0002-9020-5266>

Анотація. Для зменшення негативного впливу транспортного засобу на дорожнє полотно, його максимальне осьове навантаження обмежується на законодавчому рівні. Разом з тим, при русі автомобіля по нерівній дорозі, його динамічне навантаження на дорожнє покриття може як в рази перевищувати статичне, так і зменшуватись до нуля (відрив колеса від опорної поверхні). При цьому еластична шина деформується в різних напрямках, що супроводжується силами і моментами, які через обід, диск та маточину передаються на систему рульового керування автомобіля та його підвіску.

Зазначене може призвести не тільки до коливань підресореної та непідресорених мас автомобіля (вплив на плавність ходу, паливну економічність тощо) та зміни його напрямку руху (втрата стійкості та керованості) [1], а й до подальшого руйнування дорожнього одягу. Варто зауважити, що відхилення значень динамічного навантаження коліс автомобіля на дорожнє покриття від статичного в значній мірі залежить від швидкості долаття дорожньої нерівності. В статті наведено результати теоретичних досліджень руху середньостатистичного легкового автомобіля, що колесами лівого борту долає дорожню нерівність. Досліджувалось долаття дорожньої нерівності за різної швидкості, починаючи з 30 км/год і закінчуючи швидкістю 120 км/год. Визначено залежності зміни нормальних реакцій опорної поверхні на колеса автомобіля від пройденого шляху. Для розуміння формування навантаження від автомобіля на дорожнє покриття, проведено аналіз графічних залежностей, що описують робочі процеси підвісок його коліс, які долають дорожню нерівність. Отримані дані дозволяють проаналізувати та оцінити вплив робочих процесів підвіски коліс автомобіля та швидкості долаття дорожньої нерівності на формування навантаження, що діє на дорожнє покриття.

Ключові слова: швидкість руху, автомобіль, підвіска коліс автомобіля, пневматична шина, дорожня нерівність, дорожнє покриття.

Вступ. Загальні засади діяльності автомобільного транспорту і транспортних засобів представлені в Законі України «Про автомобільний транспорт» [2]. Загальні характеристика автомобільних доріг загального користування, права та обов'язки користувачів доріг, норми з будівництва, реконструкції щодо ремонту та утримання автомобільних доріг представлені в Законі України «Про Автомобільні дороги» [3]. Дані законодавчі акти формують основи концепції взаємодії між дорожнім покриттям (дорогою) і автотранспортними засобами перевізників (користувачів доріг).

Разом з тим, Постанова Кабінету Міністрів України «Про Правила дорожнього руху» [4], п. 22.5 встановлює допустимі параметри зовнішніх габаритів, фактичної маси і навантаження на вісь транспортних засобів. За погодженням з уповноваженими органами допускається проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами [5]. Так, максимальна фактична маса транспортного засобу, у виконанні трьохвісного автомобіля (тягач) з двовісним або трьохвісним напівприцепом (контейнеровоз), що здійснює перевезення одного або більше контейнерів чи змінних кузовів загальною максимальною довжиною 13,716 метра складає 44 і 24 т на дорогах державного і місцевого значення відповідно. При цьому, максимальне осьове навантаження (на одиночну вісь) не повинно перевищувати 11,5 і 7 т на дорогах державного і місцевого значення відповідно.

Для зменшення негативного впливу від руху транспортних засобів автомобільними дорогами України і контролю за дотриманням габаритно-вагових параметрів діє Постанова Кабінету Міністрів України «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг» [6]. Дана постанова обмежує вплив на дорожнє полотно шляхом виявлення і затримання транспортних засобів, які мають перевищення вагових параметрів, та погодження руху великовагових транспортних засобів окремими ділянками доріг і їх відновлення за рахунок збору плати за проїзд автомобільними дорогами загального користування великовагових та/або великогабаритних транспортних засобів.

Разом з тим, при русі автомобіля по нерівній дорозі, його динамічне навантаження на дорожнє покриття може як в рази перевищувати статичне, так і зменшуватись до нуля (відрив колеса від опорної поверхні). При цьому еластична шина деформується в різних напрямках, що супроводжується силами і моментами, які через обід, диск та маточину передаються на систему рульового керування автомобіля та його підвіску. Зазначене може призвести не тільки до коливань підресореної та непідресорених мас автомобіля (вплив на плавність ходу, паливну економічність тощо) та зміни його напрямку руху (втрата стійкості та керованості) [1], а й до подальшого руйнування дорожнього одягу.

Відхилення значень динамічного навантаження коліс автомобіля на дорожнє покриття від статичного залежить від геометричних параметрів дорожньої нерівності [7], робочих процесів підвіски автомобіля [8] та швидкості долаття дорожньої нерівності [9, 10]. Варто зазначити, що в роботі [9] досліджено вплив швидкості автомобіля на зміну сил, що діють в його ходовій частині при русі по нерівній дорозі, а в роботі [10] досліджувалась динаміка його руху по нерівній дорозі. Разом з тим

викликає інтерес у проведенні дослідження щодо впливу швидкості руху автомобіля на формування навантаження від його коліс на дорожнє покриття.

Мета роботи полягає у дослідженні впливу швидкості долаття дорожньої нерівності на формування навантаження від автомобіля на дорожнє покриття шляхом теоретичних досліджень його руху по нерівній дорозі з різними швидкостями. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні **завдання**:

- вибір математичної моделі для проведення теоретичних досліджень руху автомобіля по нерівній дорозі;
- вибір вихідних даних для математичного моделювання руху автомобіля по нерівній дорозі;
- визначення зміни нормальних реакцій опорної поверхні на колеса автомобіля від пройденого шляху на різних швидкостях руху автомобіля;
- аналіз впливу робочих процесів підвісок коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на формування навантаження на дорожнє покриття.

Об'єкт дослідження – вплив швидкості долаття дорожньої нерівності на формування навантаження від автомобіля на дорожнє покриття.

Основна частина дослідження. Для проведення теоретичних досліджень руху автомобіля по нерівній дорозі з різними швидкостями долаття дорожньої нерівності обрано математичну модель, запропоновану в роботі [1]. Зазначена математична модель дозволяє при визначенні нормальних реакцій R_n дорожнього полотна на колеса автомобіля врахувати їх кочення з відведенням, ковзанням, та відривом від опорної поверхні. В математичному описі роботи підвіски автомобіля враховано приведені до коліс сили від деформації пружного пристрою підвіски $F_{пр}$, буферу стискання $F_{б.ст}$, а також стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$. Враховано силу опору амортизатора на ході відбою та стискання, а також тертя, що діє в шарнірах підвіски автомобіля. При цьому може бути враховано конструктивне положення її пружного і демпферного пристроїв, а відповідно їх реальні (а не приведені) параметри (рис. 1). Це досягається врахуванням роботи напрямного пристрою підвіски, а саме його передаточних функцій по силі та переміщенню, які в свою чергу залежать від поточних геометричних параметрів напрямного пристрою підвіски автомобіля [1].

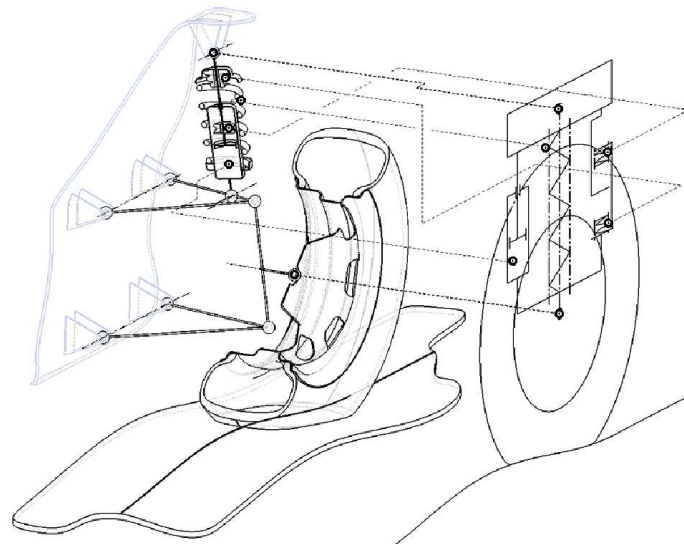


Рисунок 1 – Схема щодо приведення елементів підвіски до середньої площини його колеса [1]

Figure 1 – Scheme of how to bring the elements of the suspension to the middle plane of the wheel [1]

В якості дорожньої нерівності обрано одиничну нерівність гармонічного профілю. Такі нерівності можуть бути як з від'ємною висотою (вбоїни, гострі краї якої зглажені від впливу коліс автотранспортних засобів), так і з додатною (наприклад, виступи навколо люків (рис. 2)) [1]. В даних теоретичних дослідженнях при математичному моделюванні руху автомобіля по нерівній дорозі висота нерівності обмежена амплітудою косинусоїди 0,075 м, а довжина – її періодом 1,00 м.



Рисунок 2 – Дорожнє покриття з нерівністю гармонічного профілю [1]
Figure 2 - Road surface with harmonious profile irregularities [1]

Для вибору вихідних даних автомобіля, що рухається по нерівній дорозі, використано відомості з роботи [11], де наведено параметри середньостатистичного легкового автомобіля. Пружні характеристики підвісок та демпферів підвісок передніх і задніх коліс такого автомобіля наведено на рисунку 3.

Для досягнення поставленої в роботі мети моделювання руху автомобіля по нерівній дорозі передбачає різні швидкості долаття дорожньої нерівності, починаючи з 30 км/год і закінчуючи швидкістю в 120 км/год. На початку моделювання автомобіль рухається рівномірно прямолінійно, долаючи одиничну нерівність гармонічного профілю колесами лівого борту.

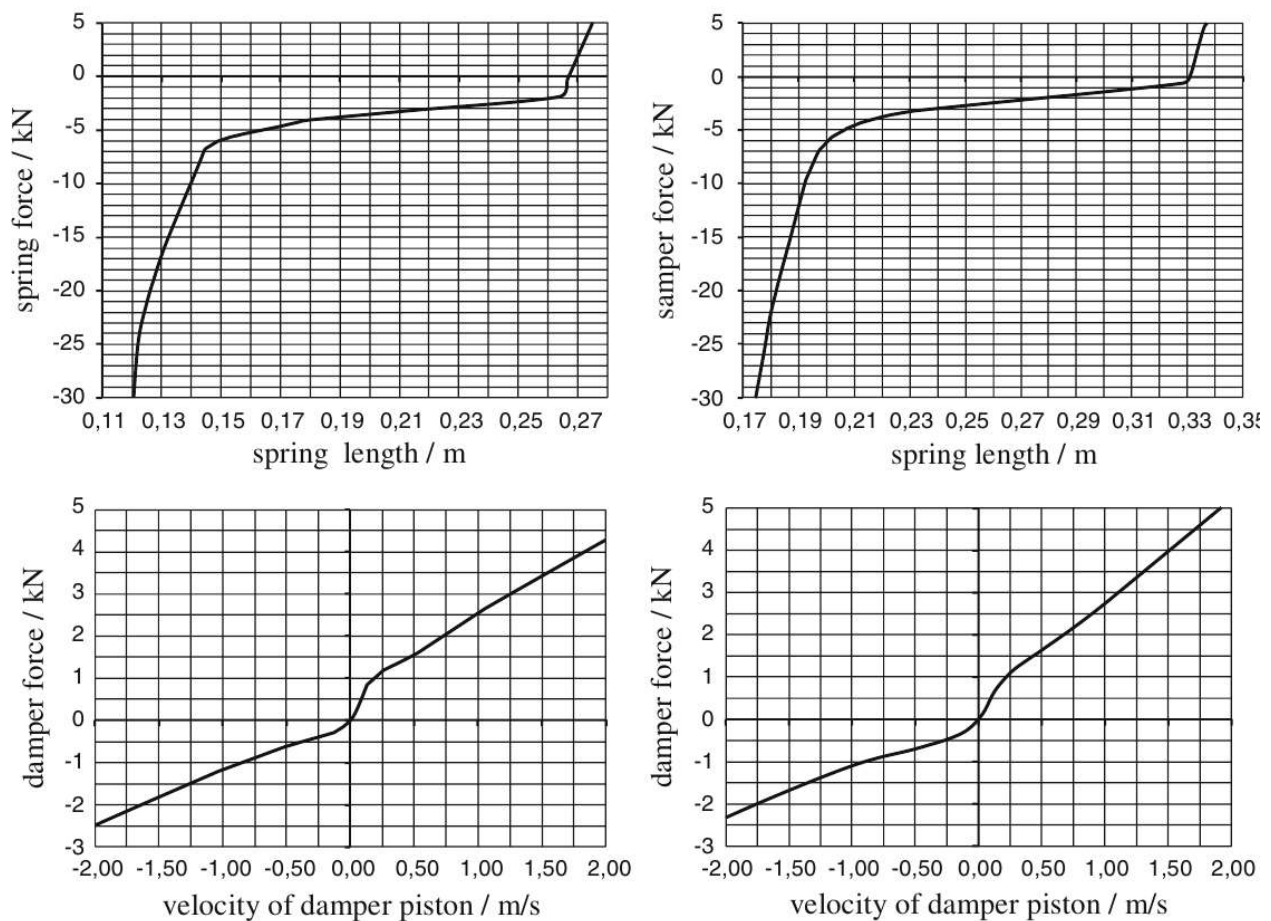


Рисунок 3 – Пружні характеристики підвісок та демпферів підвісок передніх коліс (ліворуч) і задніх (праворуч) середньостатистичного автомобіля середнього класу [11]
 Figure 3 – Characteristic curves for springs and dampers of the front wheel (left) and rear wheel suspension (right) of the average mid-range vehicle model [11]

За результатами розрахунків побудовані графічні залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (рис. 4, а), ходів його підвісок f та їх швидкостей f' (рис. 4, б), а також сумарних сил F_n , що діють в підвісці автомобіля, потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буферу стиснення $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою F_d підвіски переднього (рис. 4, в) та заднього (рис. 4, г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 30 км/год, від пройденого шляху S_a (рис. 4). Також отримано результати для долавання дорожньої нерівності на швидкості 60 км/год (рис. 5), 90 км/год (рис. 6) та 120 км/год (рис. 7).

Для зручності аналізу отриманих результатів на графічних залежностях (рис. 4 - 7) нанесено вертикальні прямі «н^п», «н^в» та «н^к», що відображають момент долавання колесом автомобіля початку нерівності (н^п), її вершини (н^в) та кінця (н^к). Нижній індекс «1» – долавання нерівності передніми колесами; «2» – задніми. На графічних залежностях також відображено області (сірого кольору) включення в роботу буферів стиснення підвісок (рис. 4, б - 7, б).

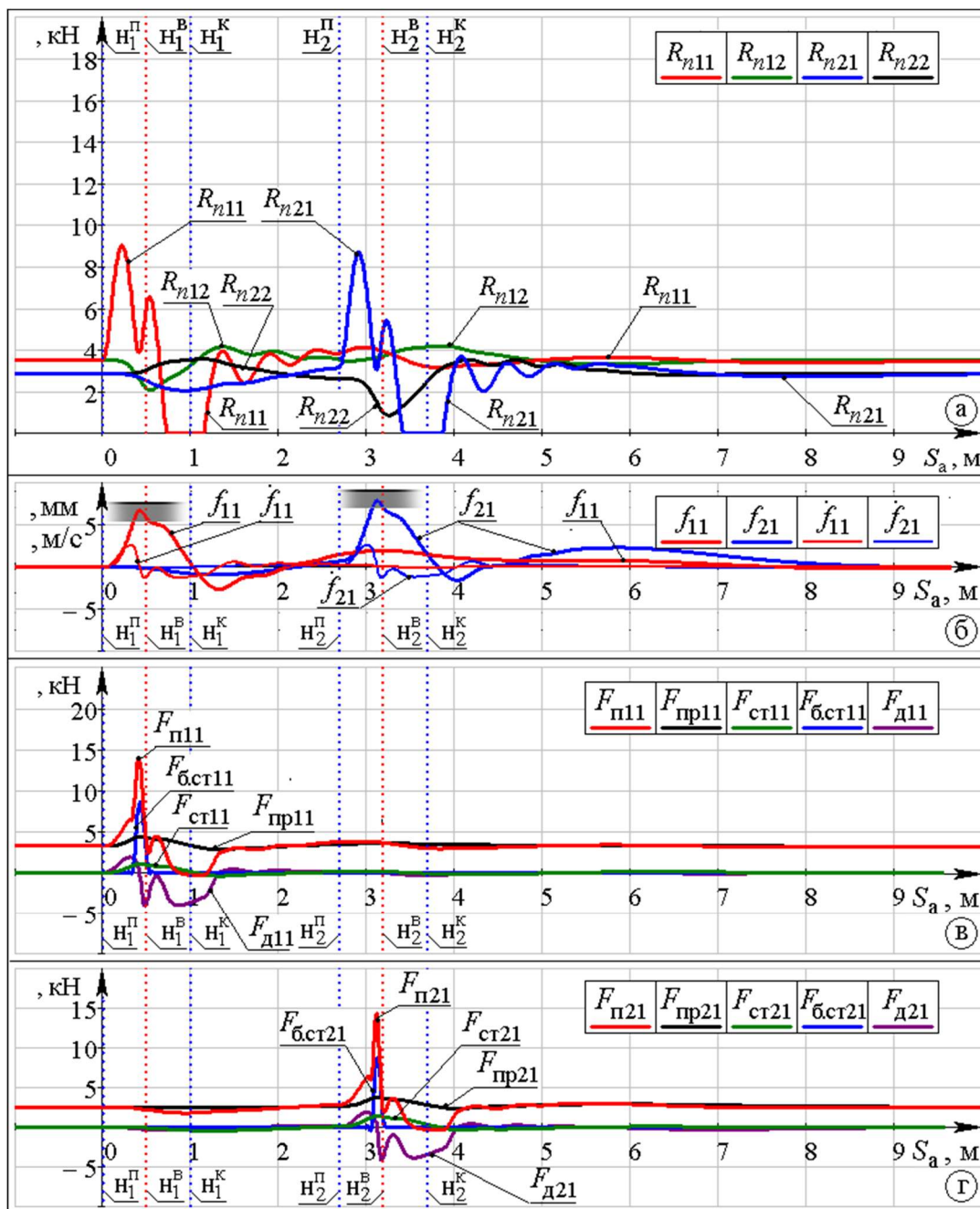


Рисунок 4 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей f' (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля F_n , потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буфера стискання $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_{д}$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 30 км/год, від пройденого шляху S_a

Figure 4 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (а), moves of its suspensions f and their speeds f' (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car F_n , potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_{д}$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 30 km/h from the distance traveled S_a

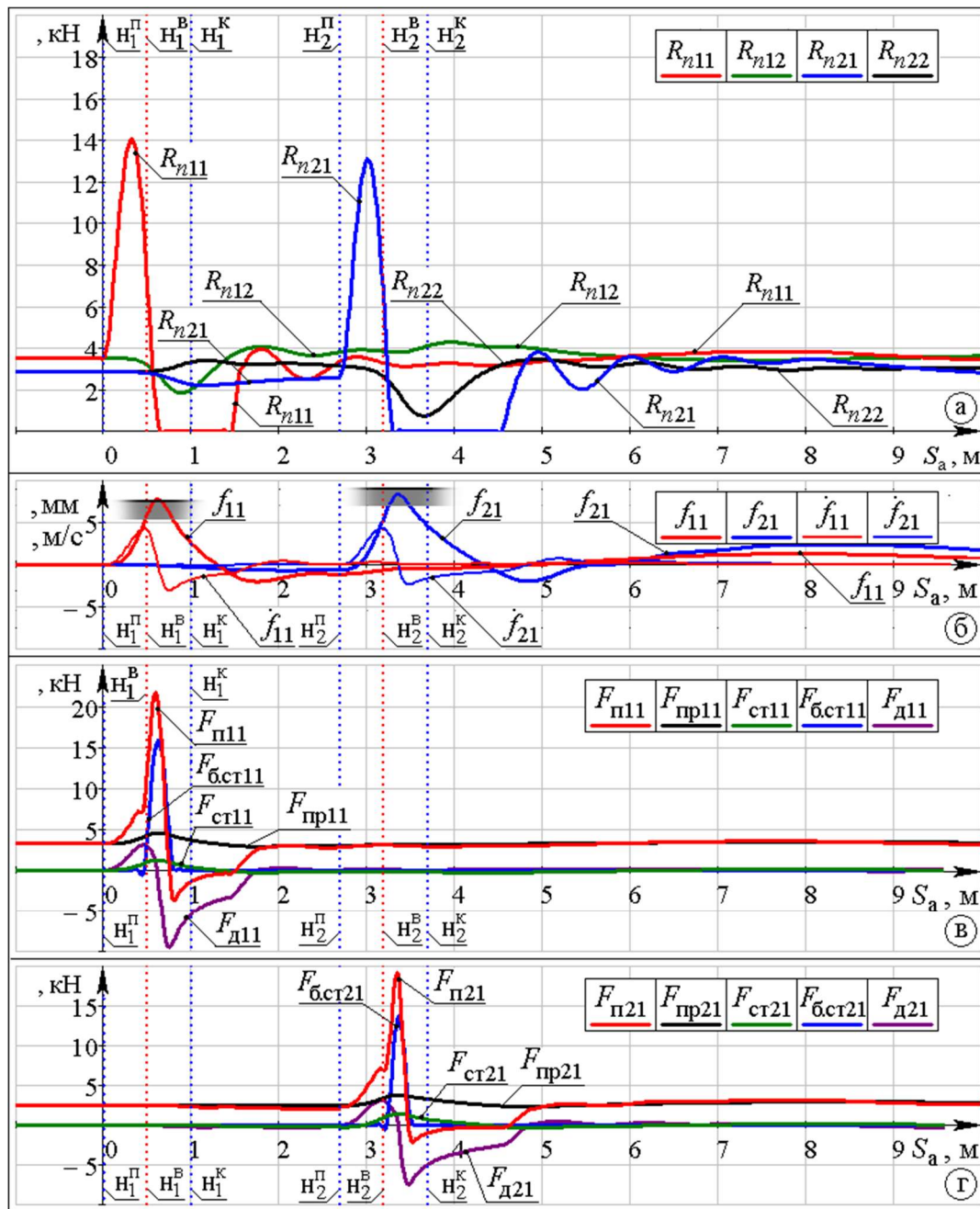


Рисунок 5 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей f' (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля F_n , потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буферу стиснення $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_{д}$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 60 км/год, від пройденого шляху S_a

Figure 5 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (а), moves of its suspensions f and their speeds f' (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car F_n , potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_{д}$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 60 km/h from the distance traveled S_a

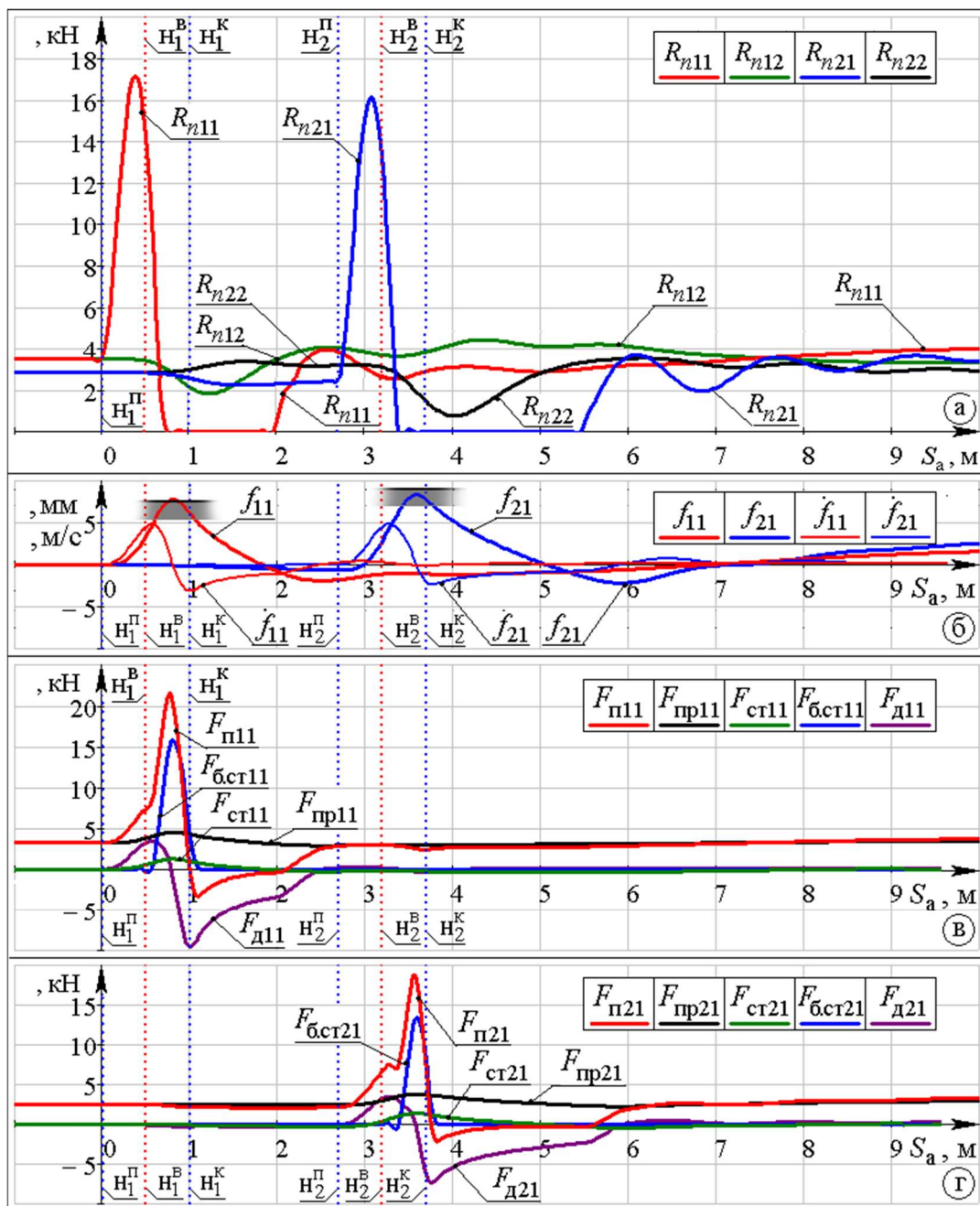


Рисунок 6 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей f' (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля F_n , потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буфера стиснення $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_{д}$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 90 км/год, від пройденого шляху S_a

Figure 6 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (a), moves of its suspensions f and their speeds f' (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car F_n , potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_{д}$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 90 km/h from the distance traveled S_a

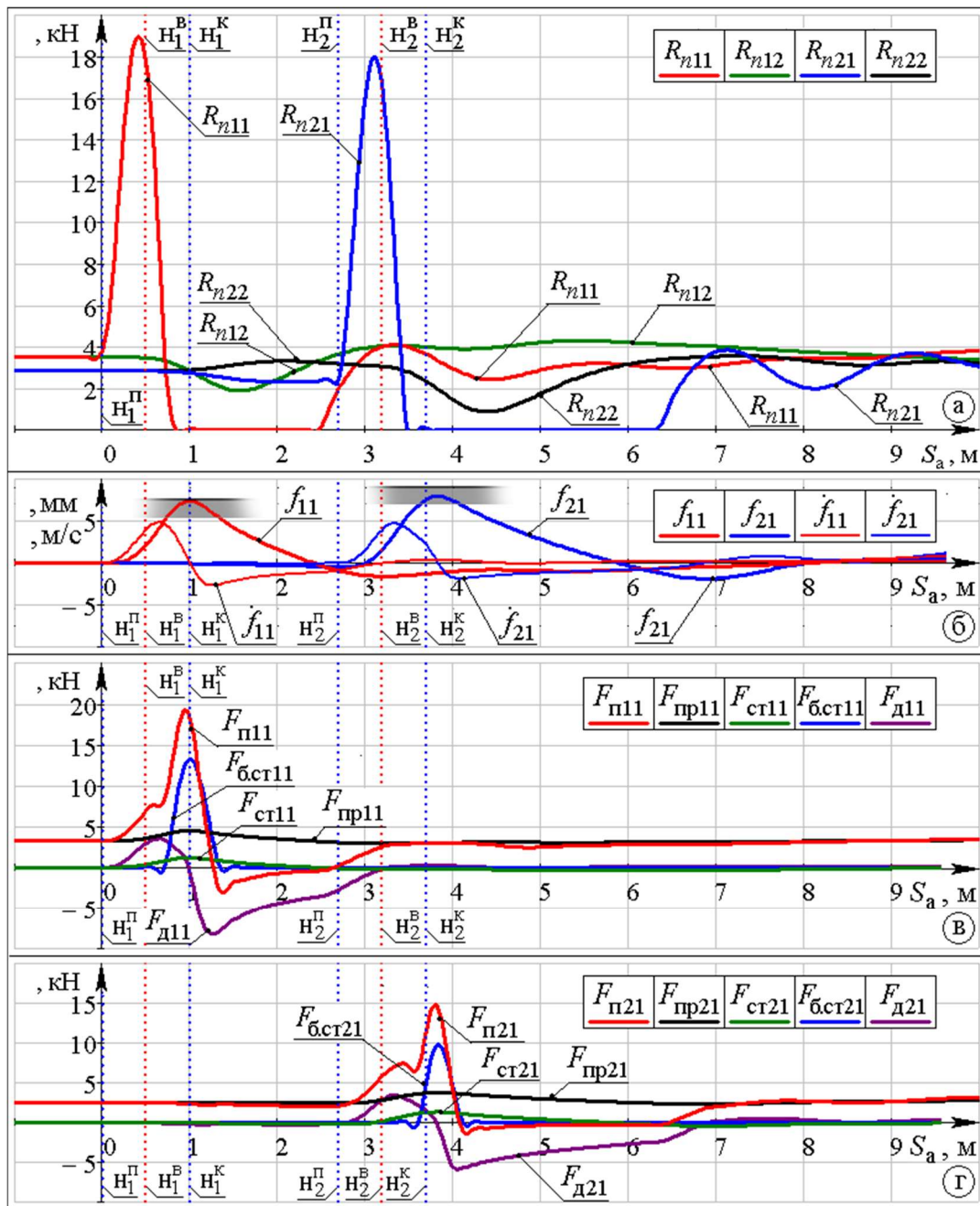


Рисунок 7 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей f' (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля F_n , потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буфера стискування $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_{д}$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 120 км/год, від пройденого шляху S_a

Figure 7 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (а), moves of its suspensions f and their speeds f' (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car F_n , potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_{д}$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 120 km/h from the distance traveled S_a

Аналіз отриманих результатів за рисунками 4, а - 7, а свідчить, що до наїзду на дорожню нерівність нормальні реакції опорної поверхні постійні. В момент долання переднім лівим колесом автомобіля додатного кута атаки нерівності (між вертикаллю « n^a » та « n^b ») відбувається стрімке зростання нормальної реакції R_{n11} опорної поверхні. Так, для швидкості 30 км/год нормальна реакція опорної поверхні R_{n11} збільшується з 3,2 кН до 9 кН, для швидкості 60 км/год – до 14 кН, для швидкості 90 км/год – до 17,2 кН, для швидкості 120 км/год – до 19 кН. В момент долання заднім лівим колесом автомобіля додатного кута атаки нерівності (між вертикаллю « n^a_2 » та « n^b_2 ») також відбувається стрімке зростання нормальної реакції R_{n21} опорної поверхні на нього. Так, для швидкості 30 км/год нормальна реакція опорної поверхні R_{n21} збільшується з 2,9 кН до 8,7 кН, для швидкості 60 км/год – до 13,1 кН, для швидкості 90 км/год – до 16,1 кН, для швидкості 120 км/год – до 18 кН. При цьому, після збільшення нормальних реакцій на колеса, що долають дорожню нерівність, відбувалось зменшення реакцій на колеса правого борту R_{n12} та R_{n22} . Це пояснюється зміною кутової орієнтації несучої системи автомобіля та робочими процесами в його підвісі [1].

Після долання вершини нерівності як переднім так і заднім колесами (вертикалі « n^b ») нормальна реакція дороги на них зменшується до нуля (відрив колеса від опорної поверхні). Після долання колесами лівого борту кінця нерівності (вертикалі « n^b ») відбувається повторне стрімке зростання нормальних реакцій R_{n11} та R_{n21} опорної поверхні на них (рис. 4, а - 7, а). Так, для переднього лівого колеса нормальна реакція R_{n11} зростає з 0 кН майже до 4 кН, для заднього R_{n21} – до 3,7 кН. Після чого поступово стабілізуються в області статичних значень.

Аналіз графіків (рис. 4, б - 7, б) та (рис. 4, в - 7, в) свідчить, що до наїзду автомобіля на дорожню нерівність (вертикаль « n^a ») кінематичні та силові параметри підвісок автомобіля постійні і дорівнюють своїм статичним значенням. Після наїзду лівим переднім колесом автомобіля на дорожню збурення (вертикаль « n^a ») відбувається зміна параметрів всіх (!) підвісок коліс автомобіля. При чому сумарні сили підвіски переднього лівого колеса F_{n11} інтенсивно зростають (пояснюється зростанням потенційних сил від деформації пружного елемента підвіски $F_{пр11}$, його буфера стискання $F_{б,ст11}$ та стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст11}$, а також сил опору демпферного пристрою F_d), що залежать відповідно від ходу підвіски f_{11} та зміни його (ходу) швидкості f'_{11} (рис. 4, б - 7, б). Подібні процеси характерні і для підвіски заднього лівого колеса (рис. 4, б - 7, б) та (рис. 4, г - 7, г).

Варто зазначити, що в момент досягнення максимального значення нормальної реакції опорної поверхні на колесо автомобіля, що долає дорожню нерівність (рис. 4, а - 7, а), сума сил в його підвісі не відповідає своїм максимальним значенням. Так, при максимальному значенні нормальної реакції на переднє ліве колесо автомобіля R_{n11} , що долає дорожню нерівність на швидкості 30 км/год, сума сил в його підвісі F_{n11} становить 5,3 кН, на швидкості 60 км/год – 6 кН, 90 км/год – 6 кН, на швидкості 120 км/год – 5,7 кН. В цей момент (для швидкості 120 км/год) сума сил в його підвісі F_{n11} становить 5,7 кН, з яких 3,4 кН зусилля від пружного пристрою підвіски $F_{пр11}$, а 2,2 кН – опір амортизатора $F_{д11}$. Максимальні значення сумарних сил в підвісі колеса, що долає дорожню нерівність, досягається вже підчас його відриву від опорної поверхні. Так, на швидкості 30 км/год сума сил в підвісі переднього лівого колеса F_{n11} досягає 13,9 кН, на швидкості 60 км/год – 21,7 кН, 90 км/год – 21,6 кН, на швидкості 120 км/год – 19,1 кН. В цей момент більшу частину складає зусилля від деформації буфера обмеження ходу стискання підвіски $F_{б,ст} = 13$ кН (для швидкості 120 км/год). Подібні процеси відбуваються також в підвісі заднього лівого колеса, що долає дорожню нерівність.

Висновки. Проведено теоретичні дослідження руху автомобіля по нерівній дорозі. Обрана математична модель дозволяє врахувати особливості робочих процесів підвіски автомобіля та процесів, що відбуваються в контакті його шин з дорожнім покриттям. В якості вихідних даних обрано параметри середньостатистичного легкового автомобіля. Визначено, що зі збільшенням швидкості долання дорожньої нерівності динамічне навантаження автомобіля на дорожнє покриття зростає. Так, максимальне значення нормальної реакції опорної поверхні на шину автомобіля, що долає дорожню нерівність на швидкості 30 км/год становить 9 кН, а на швидкості 120 км/год досягає 19 кН, що на 111% більше. В цей момент сума сил в його підвісі становить 5,7 кН, з яких 3,4 кН зусилля від пружного пристрою підвіски, а 2,2 кН – опір амортизатора. Максимальне значення сумарних сил в

підвісці цього колеса досягається підчас його відриву від опорної поверхні і досягає 19,3 кН, з яких 13 кН створює буфер обмеження ходу стискання підвіски. Тож пружні та демпферні пристрої підвіски автомобіля впливають на характер формування навантаження автомобіля на дорогу, але не є основною причиною максимальної реакції, що діє в контакті шини з дорогою.

Подальша робота буде присвячена визначенню конструктивних особливостей автомобіля, що впливають на максимальні значення динамічних реакцій в контакті шини з нерівною дорогою.

Перелік посилань

1. Разбойніков О. О. Поліпшення курсової стійкості легкового автомобіля при русі по нерівній дорозі : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02 / Разбойніков Олександр Олександрович. – Київ : НТУ, 2021. – 214 с.
2. Закон України «Про автомобільний транспорт» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 22, ст.105) – Редакція від 23.03.2023 – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>
3. Закон України «Про автомобільні дороги» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 51, ст.556) – Редакція від 19.12.2021 – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text>
4. Постанова КМУ від 10 жовтня 2001 р. № 1306 «Про Правила дорожнього руху» – Редакція від 14.12.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text>
5. Постанова КМУ від 18 січня 2001 р. № 30 «Про проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами» – Редакція від 05.04.2017 р. – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/30-2001-п#Text>
6. Постанова КМУ від 27 червня 2007 р. № 879 «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг» – Редакція від 16.02.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/879-2007-%D0%BF#Text>
7. Поляков В. М. Визначення рівнодіючої сил взаємодії автомобільного колеса з нерівною поверхнею дороги / В. М. Поляков, О. О. Разбойніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» – 2017. – Вип. 1(37). – С. 329-338.
8. Поляков В. М. Визначення параметрів роботи підвіски автомобіля при його русі по нерівній опорній поверхні / В. М. Поляков, О. О. Разбойніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». – 2017. – Вип. 3(39). – С. 117-126.
9. Разбойніков О. О. Вплив швидкості автомобіля на зміну сил, що діють в ходовій частині при русі по нерівній дорозі / О. О. Разбойніков. Rzeszow : Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukaszewicza, Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy, Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Seria : Transport. – 2017. – №10. – Р. 87-94.
10. Поляков В. М., Філіпова Г. А., Разбойніков О. О. Теоретичне дослідження динаміки руху автомобіля по нерівній дорозі / В. М. Поляков, Г. А. Філіпова, О. О. Разбойніков // матеріали VII міжнарод. наук.-прак. конф. «Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» (14-16 черв. 2022 року). – Луцьк : ЛНТУ – 2022. – С. 90-93.
11. Dieter Schramm, Manfred Hiller, Roberto Bardini (2014). *Vehicle Dynamics : Modeling and Simulation*. Heidelberg : Springer, 405 p.

FORMATION OF THE LOAD FROM THE VEHICLE ON THE ROAD SURFACE AT DIFFERENT SPEED OF OVERCOMING THE ROUGHNESS

Poliakov Victor M., Candidate of Technical Sciences, associate professor, National Transport University, professor of Department of Automobiles, e-mail: poljakov_2006@ukr.net, tel.: +380673861468, <https://orcid.org/0000-0001-7042-3066>

Biliakovych Mykola O., Honored Worker of Public Education of Ukraine, Candidate of Technical Science, National Transport University, Professor of the Department of the engineering of transport construction machines, e-mail: biliakovych.m@gmail.com, tel.: +380505027522, <https://orcid.org/0009-0000-2760-0127>

Razboinikov Oleksandr O., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Assistant Lecturer of Department of Automobiles, e-mail: razboyn1k@ukr.net, tel.: +380972214790, <https://orcid.org/0000-0003-3024-0999>

Ivanushko Oleksandr M., Philosophy of Doctor, National Transport University, Associate Professor of the Department of motor vehicle maintenance and service, e-mail: oleksandr.ivanushko@gmail.com, tel.: +380969298556, <https://orcid.org/0000-0003-3759-5856>

Misko Yevgen M., Candidate of Technical Science, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, e-mail: misko@ogasa.org.ua, tel.: +380955040150, <https://orcid.org/0000-0002-9020-5266>

Abstract. To reduce the negative impact of the vehicle on the road surface, its maximum axle load is limited to the legal level. At the same time, when the car is moving on an uneven road, its dynamic load on the road surface can both exceed the static load by several times and decrease to zero (the separation of the wheel from the supporting surface). At the same time, the elastic tire is deformed in different directions, which is accompanied by forces and moments that are transmitted to the car's steering system and its suspension through the rim, disc and hub. This can lead not only to fluctuations in the sprung and unsprung mass of the car (affecting the smoothness of the ride, fuel economy, etc.) and changing its direction of movement (loss of stability and controllability) [1], but also to further destruction of the road surface. It is worth noting that the deviation of the values of the dynamic load of car wheels on the road surface from the static one largely depends on the speed of overcoming road irregularities. The article presents the results of theoretical studies of the motion of an average passenger car that overcomes road irregularities with its left-hand wheels. Different speeds for overcoming road irregularities were studied, starting with 30 km/h and ending with a speed of 120 km/h. The dependence of the change in the normal reactions of the support surface on the wheels of the car from the traveled distance was determined. In order to understand the formation of the load from the car on the road surface, an analysis of graphical dependencies describing the working processes of the suspensions of its wheels, which overcome road unevenness, was carried out. The obtained data allow us to analyze and evaluate the influence of the working processes of the suspension of the wheels of the car and the speed of overcoming road irregularities on the formation of the load acting on the road surface.

Keywords: speed of movement, car, car suspension, pneumatic tire, road unevenness, road surface.

References

1. Razboinikov, O. O. (2021) Polipshennia kursovoї stiikosti lehkovoho avtomobilia pry rusi po nerivnii dorozii [Improvement of course stability of the car moving on uneven road]. *Candidate's thesis*. Kyiv: NTU [in Ukrainian].

2. Закон України «Про автомобільний транспорт» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 22, ст.105) – Редакція від 23.03.2023 – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>

3. Закон України «Про автомобільні дороги» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 51, ст.556) – Редакція від 19.12.2021 – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text>

4. Постанова КМУ від 10 жовтня 2001 р. № 1306 «Про Правила дорожнього руху» – Редакція від 14.12.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text>

5. Постанова КМУ від 18 січня 2001 р. № 30 «Про проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами» – Редакція від 05.04.2017 р. – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/30-2001-п#Text>

6. Постанова КМУ від 27 червня 2007 р. № 879 «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг» – Редакція від 16.02.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/879-2007-%D0%BF#Text>

7. Polyakov, V. M, & Razboynikov, A. A. (2017) Vyznachennia rivnodiichoio syl vzaiemodii avtomobilnoho koleasa z nerivnoiu poverkhneiu dorohy [Definition of interaction force between the car wheel and uneven road surface] *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriiia «Tekhnichni nauky» – Herald of National Transport University. Series «Engineering», Issue 1(37), 329-338 [in Ukrainian].*

8. Polyakov, V. M, & Razboynikov, A. A. (2017) Vyznachennia parametriv roboty pidvisky avtomobilia pry yoho rusi po nerivnii opornii poverkhni [Determining conditions of the car suspension system while driving on uneven supporting surface] *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriiia «Tekhnichni nauky» – Herald of National Transport University. Series «Engineering», Issue 3(39), 117-126 [in Ukrainian].*

9. Razboynikov, A. A. (2017) Vplyv shvydkosti avtomobilia na zminu syl, shcho diiut v khodovii chastyini pry rusi po nerivnii dorozii [Impact of vehicle speed on change of forces acting in running gear while driving on uneven road] *Rzeszow : Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukasiewicza, Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy, Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Seria : Transport, 10, 87-94 [in Ukrainian].*

10. Poliakov V. M., Filipova H. A., Razboynikov O. O. (2022) Teoretychne doslidzhennya dynamiky rukhu avtomobilya po nerivniy dorozii [A theoretical study of the dynamics of car movement on an uneven road] *Materials VII International. science-practice conf. «Scientific and applied aspects of the automobile and transport and road industries. (p.p. 90-93). Lutsk: LNTU [in Ukrainian].*

11. Dieter Schramm, Manfred Hiller, Roberto Bardini (2014). *Vehicle Dynamics : Modeling and Simulation*. Heidelberg : Springer, 405 p. [in English].

Надійшла до редакції 25.05.2023.