

Сахно¹ В.П., Кузнєцов² Р.М., Стельмашук² В.В., Козачук² Л.С.,
¹ Національний транспортний університет,
² Луцький національний технічний університет

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СТІЙКОСТІ АВТОПОЇЗДА КАТЕГОРІЇ М1 У ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ РУХУ

Встановлено, що бічні прискорення, що діють у центрі мас тягового автомобіля і причепа при виконанні маневрів „ривок рульового колеса” і „переставка” за швидкості автопоїзда 5 м/с майже однакові, тобто про стійкість автопоїзда при виконанні цих маневрів слід судити по величині бічних прискорень, що діють у центрі мас будь-якої ланки автопоїзда.

Ключові слова: автопоїзд, стійкість, режим, рух, тягово-зчіпний пристрій, навантаження, швидкість

Вступ. Безпечний рух автомобіля багато в чому визначається його динамічними властивостями і, значною мірою, стійкістю і керованістю транспортного засобу. В даний час завдання визначення умов стійкості одиночних автомобілів достатньо вивчене, проте, як показує практика, визначення характеру поведінки автопоїздів донині не втратило свою актуальність. Успіх у вирішенні подібних завдань залежить від того, наскільки вдало вибрана математична модель і її істотні параметри, які описують поведінку динамічної системи, у нашому випадку автопоїзда.

Питання стійкості і керованості автомобілів і автопоїздів через їхню практичну важливість вивчалися багатьма дослідниками. До цього часу розроблена теорія стійкості руху двохвісних автомобілів. Так як результати досліджень стійкості і керованості двохвісних автомобілів не можна механічно поширювати на багатівісні автомобілі й автопоїзди, то при їхньому створенні приходиться керуватися в основному практичним досвідом, а теорію робочого процесу розробляти на результатах досліджень дослідного зразка [1]. Такий експеримент потребує великих витрат коштів і часу. Є ряд досліджень [1-8], спрямованих на розробку теоретичних проблем проектування і створення загальної теорії автомобілів і автопоїздів, розкриваючих сутність фізичних явищ, що супроводжують втрати стійкості і керованості, результати яких дозволяють закладати задані властивості вже на стадії проектування.

Установлено [1], що практично всі параметри автомобіля і причіпних ланок впливають на керованість і стійкість руху автопоїзда. Цей вплив пов'язаний з геометричними параметрами й положенням центру мас автомобіля, характеристиками шин [2,3,6,8], числом осей і розміщенням їх по базі [2], прийнятою схемою системи управління автопоїзда [1].

У відповідності зі структурою системи взаємозв'язку загальних конструктивних рішень з експлуатаційними властивостями й зовнішніми умовами руху при дослідженні керованості й стійкості руху автопоїзда повинна вирішуватися задача визначення числа осей і місця їх розташування.

При дослідженні стійкості автомобілів і автопоїздів основними режимами руху були: прямолінійний; круговий; вхід в поворот, а також об'їзд несподіваної перешкоди по траєкторії близькій до синусоїдальної.

У якості основного оціночного параметра, що характеризує стійкість руху автомобіля, вибирається значення граничної швидкості, з якою автомобіль може рухатися в заданих умовах. В значно меншій мірі досліджені питання керованості і стійкості криволінійного руху автопоїздів.

Одиночний автомобіль, кваліфіковано керований у нормальних, неаварійних обставинах, здійснює цілком визначені, передбачені і контрольованими водієм, рухи. Автопоїзду навіть при самому кваліфікованому керуванні властива деяка нестійкість його руху, що характеризується наявністю горизонтальних коливань (вилянь) причіпної ланки при виконанні ним різних маневрів. **Метою роботи** є дослідження стійкості автопоїзда категорії М1 при виконанні ним різних маневрів.

Результати досліджень. У роботі [9] отримана система рівнянь, що описує рух автопоїзда категорії М1. За допомогою отриманої системи рівнянь проаналізована стійкість прямолінійного

руху автопоїзда. Ця ж система рівнянь була використана при дослідженні стійкості руху автопоїзда при виконанні ним різних маневрів.

На рис. 1 наведені результати розрахунку параметрів руху автопоїзда при виконанні маневру ISO за різних швидкостей руху автопоїзда і за різного навантаження на тягово-зчіпний пристрій.

Як слідує з наведених рисунків, урахування навантаження на тягово-зчіпний пристрій суттєво впливає на стійкість руху автопоїзда при виконанні цього маневру. Уже за швидкості 15 м/с і навантаженні на тягово-зчіпний пристрій в межах 1000 Н спостерігаються значні коливання причепа, які посилюються з підвищенням швидкості руху. Так, якщо за швидкості 20 м/с автопоїзд за навантаження на тягово-зчіпний пристрій в межах 500 Н залишається стійким, то при збільшенні навантаження до 1000 Н ця швидкість зменшується до 10 м/с.

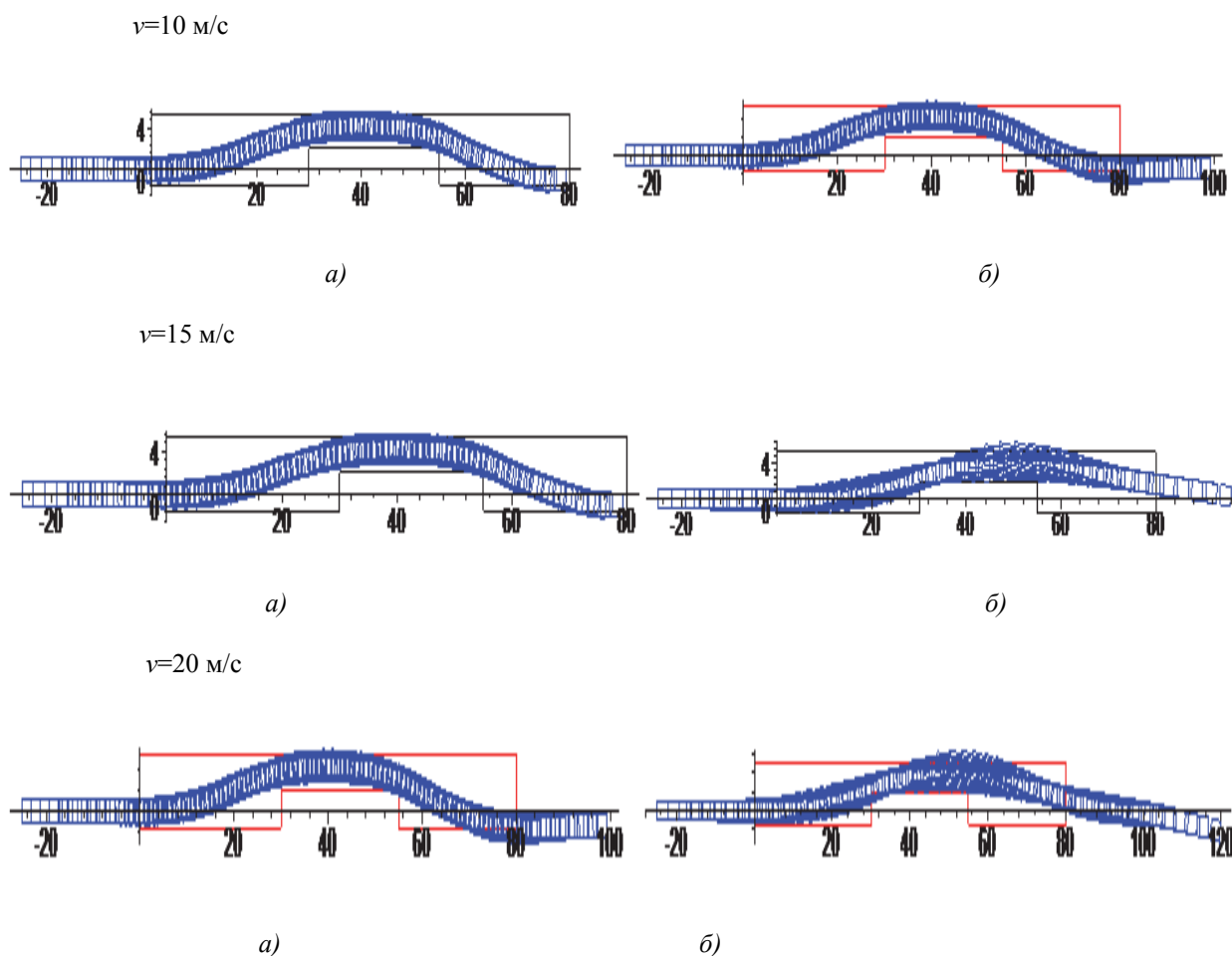


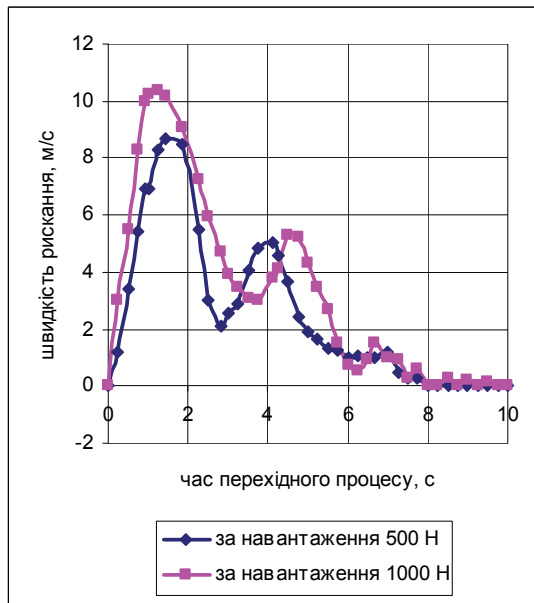
Рисунок 1– До визначення стійкості руху автопоїзда при виконанні маневру ISO:

(а) – за навантаження на тягово-зчіпний пристрій в межах 500 Н,

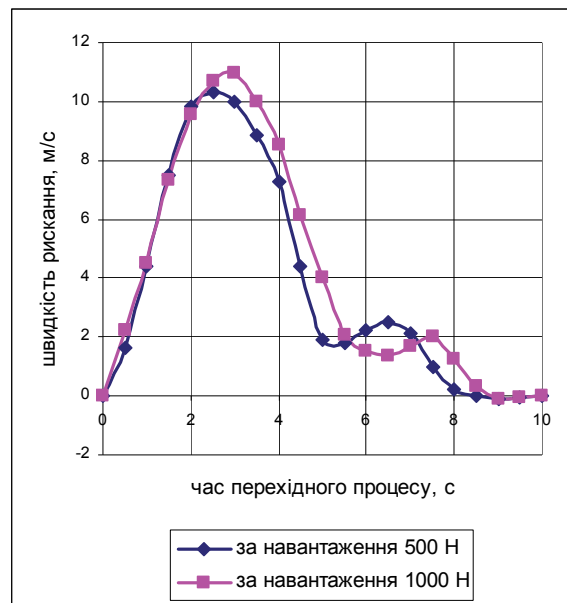
(б) – за навантаження 1000 Н

Окрім маневру ISO розглядалися також і маневри „ривок рульового колеса” і „переставка”. На рис. 2 наведені результати розрахунку швидкості ривання ланок автопоїзда за швидкості 10 м/с. Характерним є те, що при виконанні маневру „ривок рульового колеса” найбільша швидкість ривання притаманна тяговому автомобілю, а при виконанні маневру „переставка” – причепу, тобто обмежуючим фактором при виконанні цих маневрів є як тяговий автомобіль, так і причіп.

На рис. 3 наведені результати розрахунку бічних прискорень, що діють у центрі мас тягового автомобіля і причепа при виконанні тих же маневрів за швидкості автопоїзда 10 м/с. Цікавим є те, що прискорення, що діють у центрі мас тягового автомобіля і причепа за одного і того ж навантаження на тягово-зчіпний пристрій, майже однакові як при виконанні маневру „переставка”, так і при виконанні маневру „ривок рульового колеса”, тобто про стійкість автопоїзда при виконанні цих маневрів слід судити по величині бічних прискорень, що діють у центрі мас будь-якої ланки автопоїзда.

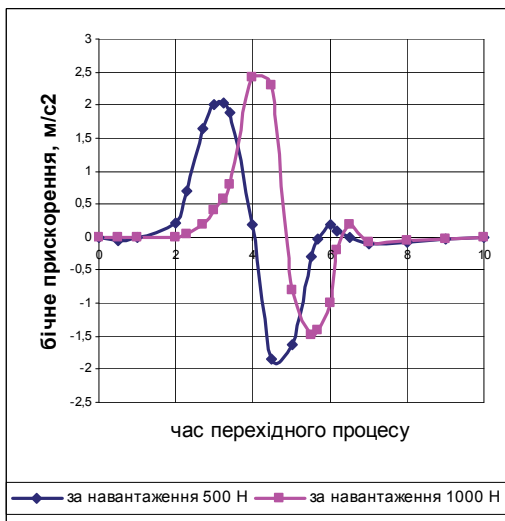


а)

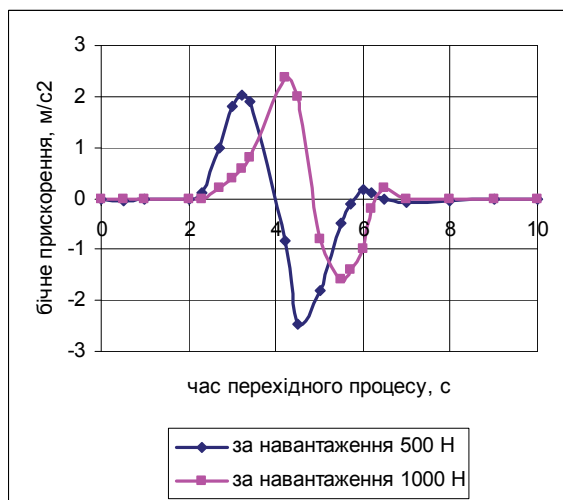


б)

Рисунок 2 – Швидкість рискання причепа у часі перехідного процесу під час виконання маневру: (а)- „ривок рульового колеса”; (б) - „переставка”



а)



б)

Рисунок 3 – Бічне прискорення причепа у часі перехідного процесу при виконанні маневру: (а)- „ривок рульового колеса”; (б) - „переставка”

При цьому для обох маневрів залишається спільним збільшення прискорення ланок автопоїзда (на 17,6% при виконанні маневру «ривок рульового колеса і на 20,5% - при виконанні маневру «переставка») при збільшенні навантаження на тягово-зчіпний пристрій від 500 н до 1000 Н. При збільшенні швидкості виконання маневру різниця у максимальних прискореннях, що діють на окремі ланки автопоїзда, збільшується як при урахуванні крену, так і за його відсутності.

Порівняння розрахункових схем автопоїзда за різного навантаження на тягово-зчіпний пристрій і різного значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа при обїзді перешкоди можна виконати за допомогою коефіцієнта посилення бічного прискорення напівпричепа, рис. 4.

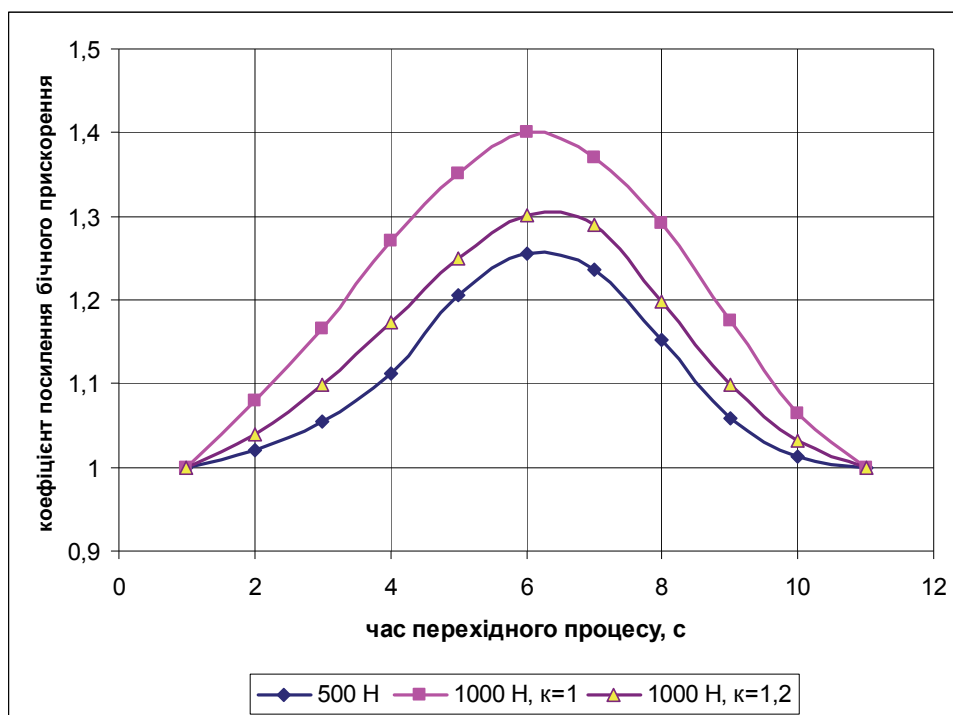


Рисунок 4 – Коефіцієнт посилення бічного прискорення напівпричепа у часі перехідного процесу за швидкості автопоїзда 10 м/с

Як слідує з наведеного графіка, коефіцієнт посилення бічного прискорення залежить від навантаження на тягово-зчіпний пристрій і відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа. Максимальне значення цього коефіцієнта за навантаження на тягово-зчіпний пристрій в межах 1000 Н і значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа $k=1,0$ майже на 10,3% перевищує його значення за навантаження 500 Н, тобто збільшення навантаження на тягово-зчіпний пристрій призводить до зменшення швидкості виконання будь-яких маневрів автопоїзда. Проте при збільшенні значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа до $k=1,2$ коефіцієнт посилення бічного прискорення збільшується тільки на 3,7%, тобто збільшенням коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа (наприклад, за рахунок збільшення тиску повітря в шинах його коліс) можна суттєво поліпшити показники стійкості руху автопоїзда.

Висновки. Встановлено, що бічні прискорення, що діють у центрі мас тягового автомобіля і причепа при виконанні маневрів „ривок рульового колеса” і „переставка” за швидкості автопоїзда 5 м/с майже однакові, тобто про стійкість автопоїзда при виконанні цих маневрів слід судити по величині бічних прискорень, що діють у центрі мас будь-якої ланки автопоїзда. Коефіцієнт посилення бічного прискорення залежить від навантаження на тягово-зчіпний пристрій і відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа. Максимальне значення цього коефіцієнта за навантаження на тягово-зчіпний пристрій в межах 1000 Н і значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа $k=1,0$ майже на 10,3% перевищує його значення за навантаження 500 Н, тобто збільшення навантаження на тягово-зчіпний пристрій призводить до зменшення швидкості виконання будь-яких маневрів автопоїзда. Проте при збільшенні значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа до $k=1,2$ коефіцієнт посилення бічного прискорення збільшується тільки на 3,7%, тобто збільшенням коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа (наприклад, за рахунок збільшення тиску повітря в шинах його коліс) можна суттєво поліпшити показники стійкості руху автопоїзда.

1. Антонов Д.А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей /Д.А.Антонов. М.: Машиностроение, 1978. - 216с.
2. Аксенов П.В. Многоосные автомобили /П.В. Аксенов. М.: Машиностроение, 1989. -279с.
3. Антонов Д.А. Расчет устойчивости движения многоосных автомобилей Д.А.Антонов. - М.: Машиностроение, 1984. - 164 с.
4. Власко Ю.М., Хачатуров А.А. Исследование управляемости автопоезда /Ю.М.Власко, А.А. Хачатуров.– М.: Транспорт, 1970. - 57 с.
5. Управляемость и устойчивость автомобиля /Сб.статей. Пер. с англ. – М.: Машгиз, 1963.-276 с.

6. Добрин А.С. Устойчивость и управляемость автомобиля при неустановившемся движении / А.С. Добрин. - М., 1968. - 18 с.
7. Хачатуров А.А. Динамика системы "Дорога - шина - автомобиль - водитель" /А.А.Хачатуров - М.: Машиностроение, 1976. - 530 с.
8. Рокар И. Неустойчивость в механике /И. Рокар. – М.: изд-во иностр. лит., 1959. - 317 с.
9. Козачук Л.С. До визначення стійкості руху автопоїзда категорії М1/Л.С.Козачук //Вісник Житомирського державного технологічного університету. - № – 2014. -С. 87-94.

REFERENCES

1. Antonov D.A. *Teoriya ustoychivosti dvizheniya mnogoosnykh avtomobiley* [The theory of motion stability of multiaxial vehicles]. Moscow. Mashinostroenie, 1978. 216p.
2. Aksenov P.V. *Mногоосные автомобили* [Multiaxial Vehicles]. Moscow. Mashinostroenie, 1989. 279p.
3. Antonov D.A. *Raschet ustoychivosti dvizheniya mnogoosnykh avtomobiley* [Calculation of motion stability of multiaxial vehicles]. Moscow. Mashinostroenie, 1984. 164p.
4. Vlasko Yu.M., Khachaturov A.A. *Issledovanie upravlyaemosti avtopoezda* [Research of controllability of lorry convoy]. Moscow. Transport, 1970. 57p.
5. Dobrin A.S. *Stability and control of the car at the transient motion*. Moscow. 1968. 18p.
6. *Vehicle handling and stability*. Moscow. Mashgiz, 1963. 276p.
7. Hachaturov A.A. *Dynamics of the system "Road - Tire - Vehicle - Driver"*. Moscow. Mashinostroenie, 1976. 530p.
8. Rokar I. *Instability in mechanics*. Moscow. 1959. 317p.
9. Kozachuk L.S. Do vyznachennia stiikosti rukhu avtopoizda katehorii M1 [Model of definition of motion stability of vehicle-trailer combination of M1 category]. *Visnyk of Zhytomyr State Technological University*. 2014. pp. 87-94.

Сахно В.П., Кузнецов Р.М., Стельмашук В.В., Козачук Л.С. К определению показателей стойкости автопоезда категории М1 в переходящих режимах движения.

Установлено, что боковые ускорения, которые действуют в центре масс тягового автомобиля и прицепа при выполнении маневров „рывок рулевого колеса” и „переставка” при скорости автопоезда 5 м/с почти одинаковые, то есть об устойчивости автопоезда при выполнении этих маневров следует судить по величине боковых ускорений, которые действуют в центре масс любого звена автопоезда.

Ключевые слова: автопоезд, устойчивость, режим, движение, тягово-сцепное устройство, нагрузка, скорость.

V. Sakhno, R. Kuznietsov, V. Stelmashchuk, L. Kozachuk. To defining stability indicators for lorry convoy of M1 category in transient modes of its motion.

It is set that lateral accelerations which operate in a center the masses of hauling car and trailer at implementation of manoeuvres „jerk of steering wheel” and „reconstruct” at speed of lorry convoy 5 m/s almost identical, that about stability of lorry convoy at implementation of these manoeuvres it is necessary to judge on the size of lateral accelerations which operate in a center the masses of any link of lorry convoy.

Keywords: lorry convoy, stability, mode, motion, hauling-coupling device, loading, speed.

АВТОРИ:

САХНО Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Автомобілі», Національний транспортний університет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

КУЗНЕЦОВ Руслан Михайлович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології» Луцький НТУ, e-mail: knit@lntu.edu.ua

СТЕЛЬМАЩУК Валерій Віталійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології» Луцький НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

КОЗАЧУК Любомир Святославович, аспірант кафедри «Автомобілі і транспортні технології» Луцький НТУ, e-mail: lubaxxa@yandex.ru

АВТОРЫ:

САХНО Владимир Прохорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобили», Национальный транспортный университет, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

КУЗНЕЦОВ Руслан Михайлович, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: knit@lntu.edu.ua

СТЕЛЬМАЩУК Валерий Витальевич, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

КОЗАЧУК Любомир Святославович, аспирант кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: lubaxxa@yandex.ru

AUTHORS:

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Science in Technology, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Ruslan KUZNIETSOV, PhD., Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: knit@lntu.edu.ua

Valeriy STELMASHCHUK, PhD., Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: cdp@lntu.edu.ua

Liubomir KOZACHUK, Postgraduate Student of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: lubaxxa@yandex.ru

РЕЦЕНЗЕНТ:

МАТЕЙЧИК В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, м. Київ, Україна.

РЕЦЕНЗЕНТ:

МАТЕЙЧИК В.П., доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, декан автомеханического факультета, г. Киев, Украина.

REVIEWER:

V. MATEICHYK, Doctor of Science in Technology, Professor, National Transport University, Dean of Automobile Mechanic Faculty, Kiev, Ukraine.

Стаття надійшла в редакцію 28.08.2014р.