

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ СТІЙКОСТІ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ АВТОПОЇЗДІВ РІЗНИХ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ

Сахно В.П., доктор технічних наук
Поляков В.М., кандидат технічних наук
Глінчук В.М., кандидат технічних наук
Босенко В.М.

Постановка проблеми. Перевезення вантажів автомобільним транспортом є потужним сектором української економіки, що обслуговує практично усі галузі господарства, сприяє розвитку транспортно-економічних зв'язків і якості життя населення. Офіційна статистика вантажних перевезень автомобільним транспортом вказує на постійне зростання обсягів послуг, які надаються перевізниками.

За даними прес-центру Уряду України, а також виходячи із наведених статистичних даних, ситуація, що склалася в галузі, характеризується необхідністю проведення оновлення рухомого складу.

За відсутності власного виробництва автомобілів-тягачів, причепів і напівпричепів особливо великої місткості і поповнення парку таких автотранспортних засобів шляхом імпорту слід більш повно враховувати європейський досвід. Це, перш за все, застосування у міжнародних і міжміських перевезеннях автомобільних поїздів збільшеної довжини, завантажувального об'єму та вантажопідйомності, рис. 1 [1].

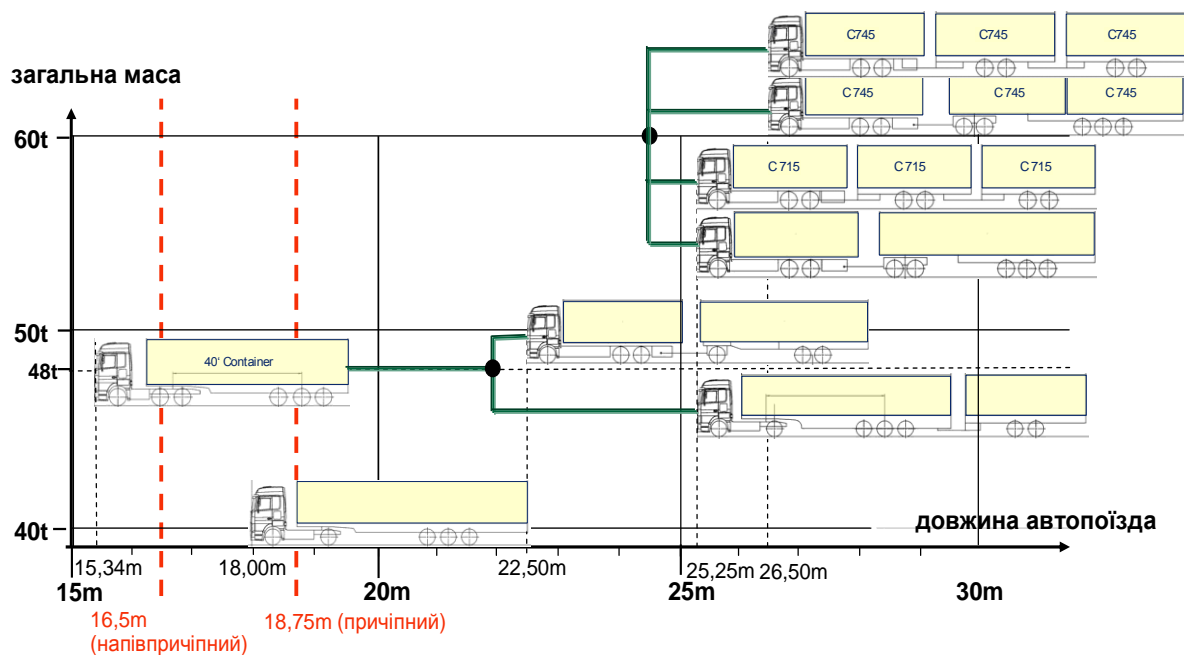


Рисунок 1. – Масові і компоновальні параметри сучасних автопоїздів

Запровадження триланкових автопоїздів дозволить підвищити вантажопідйомність і корисний об'єм автопоїзда на 40-60% у порівнянні з дволанковими автопоїздами, зменшити кількість поїздок і пробігу на 32%, а загальної витрати палива – на 15% [2].

При наявності у автопоїзда більше трьох ланок труднощі виникають у тому, що суттєво ускладнюється дослідження руху такого багатоланкового АТЗ з причини необхідності урахування впливу значної кількості факторів на характер руху усіх ланок. Взаємодія сусідніх ланок при русі автопоїзда розповсюджується в решті-решт на весь транспортний засіб і викликає певні відхилення складових автопоїзда (модулів) від заданого ведучою ланкою (тягачем) напрямку руху. Враховуючи те, що автопоїзд як АТЗ є засобом підвищеної небезпеки, при вирішенні проблем щодо можливості експлуатації три- та багатоланкових автопоїздів у числі перших слід робити кроки у напрямку

теоретичних досліджень маневреності та стійкості їх руху, результати яких будуть підґрунтям для відповіді на багато питань технічного, організаційного, юридичного характеру. Тому метою роботи є порівняльна оцінка показників стійкості прямолінійного руху автопоїздів різних компоновальних схем.

Основна частина. Відомо, що рух автомобіля (автопоїзда) по кривій характеризується перехідним процесом, що виникає в системі з появою на вході того чи іншого виду збурення. Поводження ДТЗ в перехідному режимі характеризує його стійкість [3]. Рух автопоїзда розглядається як складний, що складається з двох рухів: основного незбуреного, обумовленого формою траєкторії, і власного, що виникає при будь-якому збуренні основного руху, як випадковому, так і пов'язаному зі зміною форми траєкторії. Власний рух може бути стійким або нестійким, аперіодичним або коливальним і визначається дією збурюючих сил, конструктивними рішеннями й умовами експлуатації.

Вивчати власний рух найбільш зручно, коли основний рух у поперечному напрямку відсутній (тобто при прямолінійному русі або на коловому русі великого радіуса), тому що такий рух визначається внутрішніми властивостями системи, а не видом траєкторії. При цьому швидкості руху ДТЗ – найбільші.

При визначенні показників стійкості триланкових автопоїздів у стаціонарних режимах можна використовувати модель його плоскопаралельного руху. При цьому оціночними показниками стійкості руху будуть критична швидкість та швидкість появи коливальної нестійкості.

Як показано у роботі [4], узагальненою розрахунковою схемою для існуючих триланкових автопоїздів є схема автопоїзда на підкатному візку "Dolly", яка описана системою із семи диференціальних рівнянь. Змінними у цій системі є поздовжня, поперечна і кутова швидкість автомобіля-тягача, кути складання підкатного візка та напівпричепа і швидкості зміни цих кутів, а також курсовий кут і координати центра мас автомобіля-тягача.

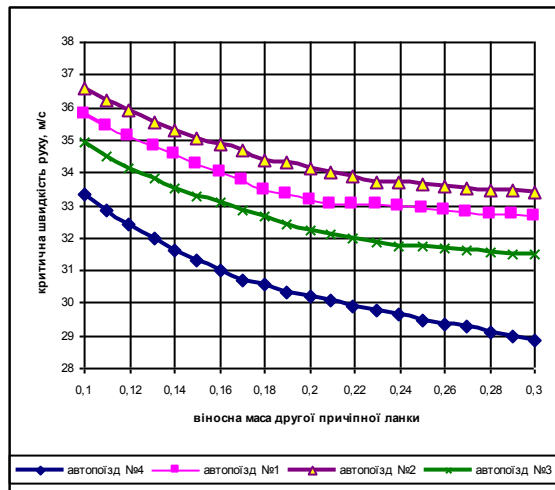
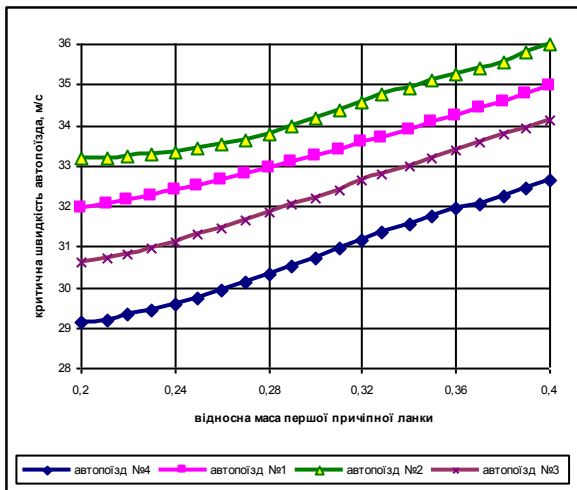
Отримана система рівнянь дозволяє досліджувати поведінку триланкових автопоїздів усіх компоновальних схем, що розглядаються, як у стаціонарних, так і нестаціонарних рухах, а також визначати критичну швидкість автопоїзда.

Критерій – критична швидкість руху $v_{кр}$ має два підходи до своєї кількісної оцінки: перший зв'язаний з дослідженням характеристичних рівнянь (1-й метод Ляпунова) чи функції Ляпунова (2-й метод Ляпунова), другий – з виходом параметрів руху за припустиму область. Критерій $v_{кр}$ зв'язує конструктивні в експлуатаційні параметри АТЗ та його швидкість і дозволяє знайти її верхню межу, перевищення якої приводить до втрати стійкості руху.

Проведеними розрахунками за вихідними даними для автопоїздів, що наведені у роботі [4], встановлено, що критична швидкість триланкового автопоїзда на підкатному візку "Dolly" (автопоїзд №1) склала 37,95 м/с, триланкового автопоїзда типу „B-Double” (автопоїзд №2) - 40,66 м/с, сидельного причіпного автопоїзда (автопоїзд №3) – 30,12 м/с, триланкового автопоїзда з двома причепами (автопоїзд №4) - 28,44 м/с.

У роботах [5-7] показано, що на величину критичної швидкості руху автопоїзда суттєво впливають його конструктивні параметри. Тому в подальшому шляхом розв'язку лінеаризованої системи диференціальних рівнянь руху автопоїзда було проаналізовано вплив маси автомобіля-тягача і причіпних ланок, розташування точок зчіпок тягача з причіпною ланкою і причіпних ланок між собою, коефіцієнтів опору відведення коліс осей автопоїзда, довжини дишла причіпних ланок тощо на величину критичної швидкості руху автопоїзда.

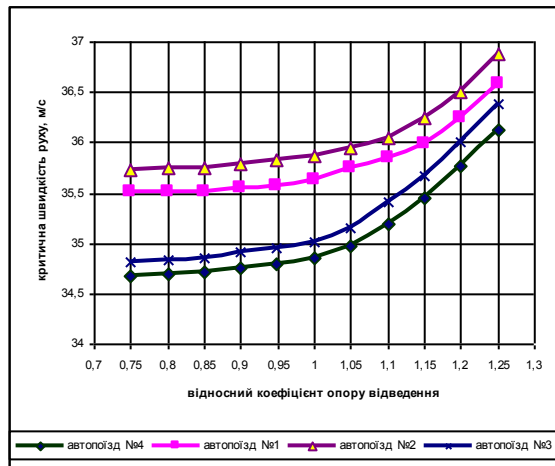
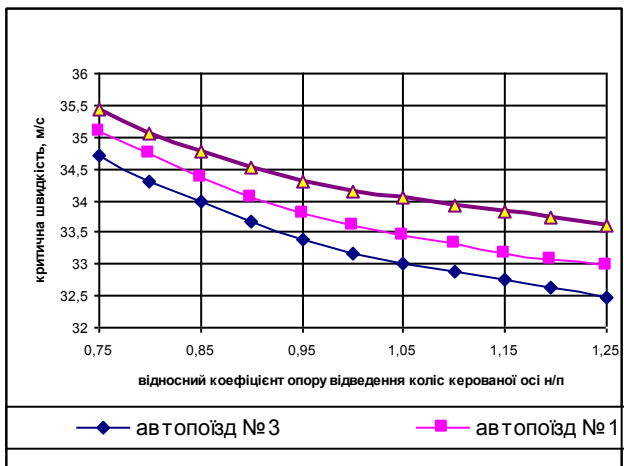
Зважаючи на різні значення конструктивних і масових параметрів автопоїздів, що розглядаються, розрахунки виконані у відносних параметрах.



а)

б)

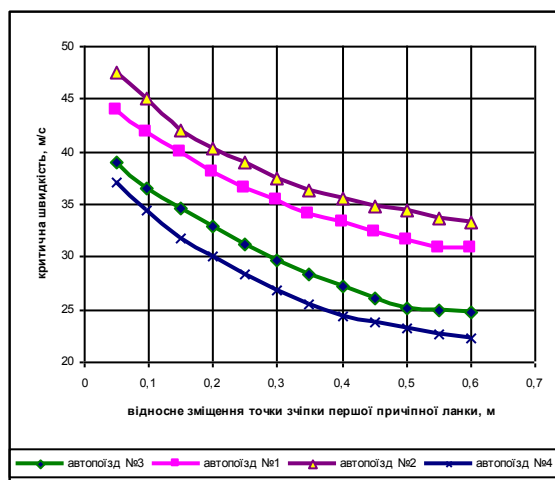
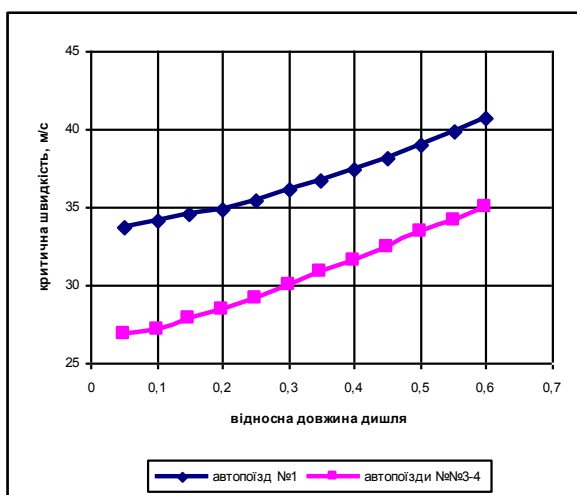
Рисунок 2. – Залежність критичної швидкості руху автопоїзда від відносної маси першої (а) і другої причіпної ланки (б)



а)

б)

Рисунок 3. – Залежність критичної швидкості руху автопоїзда від відносного коефіцієнта



опору відведення коліс керованої (а) і некерованих коліс (б) напівпричепа

Рисунок 4. – Залежність критичної швидкості руху автопоїзда від відносної довжини дишла причепа (а) і відносного зміщення точки зчїпки першої причіпної ланки (б)

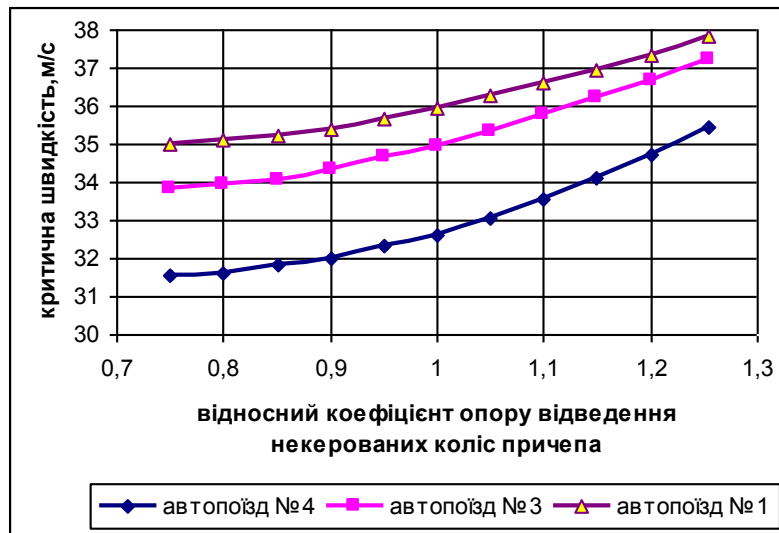


Рисунок 5. – Залежність критичної швидкості руху автопоїзда від відносного коефіцієнта опору відведення некерованих коліс причепа

Для відносного параметра «маса автомобіля-тягача, напівпричепа, причепа» це відношення маси будь-якої ланки до повної маси автопоїзда; для відносного параметра «коефіцієнт опору відведення» це відношення дійсного значення цього коефіцієнта до номінального, визначеного за рекомендаціями заводу-виготівника щодо внутрішнього тиску повітря в шинах; для відносного параметра «довжина дишла причепа» це відношення довжини дишла до загальної довжини причепа; для параметра «відносне зміщення точки зчипки причіпної ланки» це відношення відстані між центром мас і точкою зчипки до бази ланки.

На рис. 2-5 наведені результати розрахунків критичної швидкості руху автопоїзда в залежності від його конструктивних параметрів.

Аналіз наведених залежностей показує, що за показниками стійкості у стаціонарних режимах руху перевагу слід віддати автопоїзду типу „B-Double”.

Аналіз наведених залежностей показує, що за показниками стійкості у стаціонарних режимах руху перевагу слід віддати автопоїзду типу „B-Double”.

На підвищенні поперечної горизонтальної стійкості автопоїзда позитивно позначається збільшення маси першої причіпної ланки по відношенню до другої; зменшення коефіцієнта опору відведення коліс керованих осей автомобіля-тягача і напівпричепа (зменшення тиску повітря в шинах передньої керованої осі автомобіля-тягача і напівпричепа) і збільшення коефіцієнта опору відведення коліс задніх осей автомобіля-тягача і напівпричепа, а також осей причепа (збільшення тиску повітря в шинах цих осей); зсув точки зчипки напівпричепа до передньої осі, зсув точки зчипки підкатного візка з автомобілем-тягачем вперед до центра мас тягача, зміщення центра мас підкатного візка і напівпричепа до точок з'єднання підкатного візка з автомобілем-тягачем та напівпричепа з підкатним візком тощо.

Висновки. Проведеними дослідженнями стійкості прямолінійного руху триланкових автопоїздів різних компоновальних схем доведено, що за критичною швидкістю і швидкістю появи коливальної нестійкості перевагу слід віддати автопоїзду типу „B-Double”. Зважаючи на складність конструкції тягово-зчипного пристрою такого автопоїзда і відсутність досвіду його експлуатації при створенні триланкових автопоїздів в Україні можна прийняти схему на підкатному візку “Dolly”, яка незначно поступається першій схемі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Поляков В.М. Основні напрямки теоретичних досліджень багатоланкових автопоїздів для вантажних перевезень /В.М.Поляков //Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ПНЦ ТАУ. – 2005. Випуск 8. С.157-158.

2. Шкварко К.В. Довгомірні трьохланкові автопоїзди – новий етап розвитку автомобільних перевезень в Україні на шляху до Європи / К.В.Шкварко //Системні методи керування, технологія та

організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Науковий журнал. Вип. 17. – К.: НТУ, ТАУ, 2003. – с.146-152.

3. Трехзвенные автопоезда /Я.Е.Фаробин, А.М.Якобашвили, А.М.Иванов и др. Под общ. ред. Я.Е.Фаробина – Машиностроение, 1993. – 224 с.: ил.

4. Сахно В.П. Математична модель триланкового автопоїзда в поздовжній вертикальній і поперечній площинах /В.П.Сахно, В.М.Поляков, В.М.Глінчук //Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. Науковий журнал. – 2012. – Вип. 3. – С.73-84.

5. Сахно В.П. Маневреність та безпека руху триланкових автопоїздів різних компоновальних схем / В.П.Сахно, П.О.Гуменюк, Р.М.Марчук, В.П.Онищук, В.М.Придюк //Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти» (м. Донецьк, 17-18 листопада 2011 року): Збірник наукових праць/Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Донецька академія автомобільного транспорту. – Донецьк : ЛАНДОН-ХХІ, 2011. – с.216-220.

РЕФЕРАТ

Сахно В.П., Поляков В.М., Глінчук В.М., Босенко В.М. Порівняльна оцінка показників стійкості прямолінійного руху автопоїздів різних компоновальних схем. /Володимир Прохорович Сахно, Віктор Михайлович Поляков, Валерій Миколайович Глінчук, Володимир Миколайович Босенко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ–2012. – Вип. 10.

У статті розглянуті питання стійкості прямолінійного руху триланкових автопоїздів різних компоновальних схем, зокрема автопоїзда на підкатному візку “Dolly”, автопоїзда типу „B-Double”, сідельно-причіпного автопоїзда і причіпного автопоїзда з двома причепами з наближеними осями.

Об’єкт дослідження – стійкість прямолінійного руху триланкових автопоїздів.

Мета досліджень – порівняльна оцінка показників стійкості прямолінійного руху автопоїздів різних компоновальних схем.

Метод досліджень – аналітичний.

Доведено, що при визначенні показників стійкості триланкових автопоїздів у стаціонарних режимах можна використовувати модель його плоскопаралельного руху. При цьому оціночними показниками стійкості руху будуть критична швидкість та швидкість появи коливальної нестійкості. Встановлено, що узагальненою розрахунковою схемою для існуючих триланкових автопоїздів є схема автопоїзда на підкатному візку “Dolly”, яка описана системою із семи диференціальних рівнянь. Змінними у цій системі є поздовжня, поперечна і кутова швидкість автомобіля-тягача, кути складання підкатного візка та напівпричепа і швидкості зміни цих кутів, а також курсовий кут і координати центра мас автомобіля-тягача.

Визначена критична швидкість триланкових автопоїздів різних компоновальних схем та проаналізовані фактори, що впливають на її чисельне значення. Показано, що за показниками стійкості у стаціонарних режимах руху перевагу слід віддати автопоїзду типу „B-Double”.

Зважаючи на складність конструкції тягово-зчіпного пристрою такого автопоїзда і відсутність досвіду його експлуатації, при створенні триланкових автопоїздів в Україні можна прийняти схему на підкатному візку “Dolly”, яка незначно поступається першій схемі.

Результати статті можуть бути використані при комплектації триланкових автопоїздів та їх дослідній експлуатації в Україні.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНИЙ ПОЇЗД, ПІДКАТНИЙ ВІЗОК, ПРИЧІП, НАПІВПРИЧІП, СТІЙКІСТЬ, СТАЦІОНАРНИЙ РУХ, КРИТИЧНА ШВИДКІСТЬ.

ABSTRACT

Sakhno V.P., Polyakov V.M., Glinchuk V.M., Bosenko V.M. The Comparative estimation of indexes of stability of rectilinear motion of lorry convoys of different layout charts. /Volodimir Sakhno, Victor Poljakov, Valery Glinchuk, Vladimir Bosenko // Management of projects, systems analysis and logistics. - K.: NTU-2012. - Vol. 10.

The questions of stability of rectilinear motion of three-unit lorry convoys of different layout charts are considered in the article, in particular lorry convoy on the light cart of “Dolly”, lorry convoy of type of „B-Double”, saddle-towed lorry convoy and towed lorry convoy with two trailers with connivent axes.

A research object is stability of rectilinear motion of three-unit lorry convoys.

A purpose of researches is a comparative estimation of indexes of stability of rectilinear motion of lorry convoys of different layout charts.

Method of researches – analytical.

It is well-proven that at determination of indexes of stability of three-unit lorry convoys in the stationary modes it is possible to utilize the model of his flat motion. Thus the evaluation indexes of stability of motion will be stalling speed and speed of appearance of swaying instability. It is set that the generalized calculation chart for existent three-unit lorry convoys is a chart of lorry convoy on the light cart of “Dolly”, which is described the system from seven differential equalizations. Variables in this system is longitudinal, transversal and angular speed of car-tractor, corners of stowage of light cart and semitrailer and speed of change of these corners, and also course corner and co-ordinates of centre-of-mass car-tractor.

Stalling speed of three-unit lorry convoys of different layout charts is certain and factors, influencing on its numeral value, are analysed. It is rotined that on the indexes of stability in the stationary modes of motion it is necessary to give advantage the lorry convoy of type of „B-Double”.

Because of complication of construction of hauling-coupling device of such lorry convoy and absence of experience of his exploitation, at creation of three-unit lorry convoys in Ukraine it is possible to accept a chart on the light cart of “Dolly”, which insignificantly yields to the first chart.

Can be drawn on the results of the article during acquisition of three-unit lorry convoys and their installation and check-out phase in Ukraine.

KEYWORDS: MOTOR-CAR TRAIN, LIGHT CART “DOLLY”, TRAILER, SEMITRAILER, STABILITY, STATIONARY MOTION, STALLING SPEED

РЕФЕРАТ

Сахно В.П., Поляков В.М., Глинчук В.М., Босенко В.М. Сравнительная оценка показателей устойчивости прямолинейного движения автопоездов разных компоновочных схем. /Владимир Прохорович Сахно, Виктор Михайлович Поляков, Валерий Николаевич Глинчук, Владимир Николаевич Босенко // Управление проектами, системный анализ и логистика. – К.: НТУ–2012. – Вып. 10.

В статье рассмотрены вопросы устойчивости прямолинейного движения трехзвенных автопоездов разных компоновочных схем, в частности автопоезда на подкатной тележке “Dolly”, автопоезда типа „B-Double”, седельно-прицепного автопоезда и прицепного автопоезда с двумя прицепами со сближенными осями.

Объект исследования – устойчивость прямолинейного движения трехзвенных автопоездов.

Цель исследований – сравнительная оценка показателей устойчивости прямолинейного движения автопоездов разных компоновочных схем.

Метод исследований – аналитический.

Доказано, что при определении показателей устойчивости трехзвенных автопоездов в стационарных режимах можно использовать модель его плоскопараллельного движения. При этом оценочными показателями устойчивости движения будут критическая скорость и скорость появления колебательной неустойчивости. Установлено, что обобщенной расчетной схемой для существующих трехзвенных автопоездов является схема автопоезда на подкатной тележке “Dolly”, которая описана системой из семи дифференциальных уравнений. Переменными в этой системе является продольная, поперечная и угловая скорость автомобиля-тягача, углы складывания подкатной тележки и полуприцепа и скорости изменения этих углов, а также курсовой угол и координаты центра масс автомобиля-тягача.

Определена критическая скорость трехзвенных автопоездов разных компоновочных схем и проанализированы факторы, влияющие на ее численное значение. Показано, что по показателям устойчивости в стационарных режимах движения преимущество следует отдать автопоезду типа „B-Double”.

Ввиду сложности конструкции тягово-сцепного устройства такого автопоезда и отсутствия опыта его эксплуатации, при создании трехзвенных автопоездов в Украине можно принять схему на подкатной тележке “Dolly”, которая незначительно уступает первой схеме.

Результаты статьи могут быть использованы при комплектации трехзвенных автопоездов и их опытной эксплуатации в Украине.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬНЫЙ ПОЕЗД, ПОДКАТНАЯ ТЕЛЕЖКА, ПРИЦЕП, ПОЛУПРИЦЕП, УСТОЙЧИВОСТЬ, СТАЦИОНАРНОЕ ДВИЖЕНИЕ, КРИТИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ