

УДК 621.113

**РОЗВИТОК СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПРИЧІПНИМИ ЛАНКАМИ
ТРИЛАНКОВИХ СІДЕЛЬНО-ПРИЧІПНИХ АВТОПОЇЗДІВ**

Енглезі О.А., к.т.н.

(Донецька академія автомобільного транспорту)

Розглянуто процес покращання маневреності триланкових автопоїздів за рахунок використання системи управління причіпними ланками. Запропоновані варіанти вирішення задачі управління причіпними ланками автопоїзда, що дозволяє забезпечити нормативні показники маневреності. Визначена критична швидкість руху автопоїзда з керованими причіпними ланками.

Постановка проблеми. В системотехніці лісового комплексу важливе місце займають проблеми транспортування деревини з місця вирощування до виробничих приміщень. Відбувається постійне нарощування обсягів

автомобільних перевезень, а також розгалуження транспортної мережі у сучасних умовах. Для транспортування деревини активно використовуються автопоїзди, що забезпечує стабільне зростання галузей деревообробної промисловості, збільшення кількості вантажних автомобілів з інтенсивною експлуатацією, що визиває зменшення терміну їх служби. Тому використання довгомірних триланкових автопоїздів, що дозволить зменшити кількість поїздок, загальний пробіг на 25-40%, витрати палива на 15-20%, заробітну платню водіям - актуальне. В Донбасі збільшення використання автопоїздів пов'язано, як зі збільшенням перевезень з Європи, так й з загальним кордоном з Росією та Митним союзом.

Головною проблемою використання автопоїздів є необхідність підвищеної маневреності, на яку впливає якість дорожнього покриття та необхідність проїзду через міста Донеччини. Також проблема маневреності важлива при транспортуванні лісовими дорогами, які дуже часто не відповідають вимогам, що ставляться при вирішенні транспортних задач. Складною задачею, що вимагає високої маневреності автопоїздів, є також доставка деревини в пункти реалізації, що розміщуються в місцях доступ до яких автопоїздами не передбачений при проектуванні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій свідчить, що проблема маневреності вирішувалась проведеними на сьогодні аналітичними і експериментальними дослідженнями триланкових автопоїздів різних компоновальних схем [1-4] показано, що жодна з них за умови загальної довжини автопоїзда понад 25 м і некерованих причіпних ланок не задовольняє вимогам Директиви ЄЕС. Забезпечити нормоване значення габаритної смуги руху (ГСР) можна при застосуванні керованих причіпних ланок. Зокрема, у роботі [5] показано, що у разі застосування керованих коліс напівпричепа з прямим керуючим зв'язком у приводі до них і керованими задніми колесами автомобіля-тягача триланковий сідельно-причіпний автопоїзд вписується у нормовану смугу руху на рівні 7,2 м. Разом з тим, дослідженнями кафедри «Автомобілі» НТУ (м. Київ) [6] встановлено, що цю задачу можна вирішити застосувавши тільки керовані колеса задньої осі напівпричепа за умови подвійного приводу керування до них.

Метою статті є поліпшення показників маневреності триланкових сідельно-причіпних автопоїздів з керованим напівприцепом

Матеріали і результати дослідження. Розроблені на сьогодні методики дослідження і аналізу факторів, що впливають на показники маневреності і стійкості руху триланкових сідельно-причіпних автопоїздів використовують у якості основних оціночних параметрів:

- зовнішній і внутрішній габаритні радіуси повороту при усталеному коловому русі автопоїзда, ГСР і зміщення траєкторії причіпних ланок щодо траєкторії тягача і попередньої причіпної ланки на неусталених поворотах;

- критична швидкість прямолінійного руху, бічне прискорення, кутова швидкість рискання при виконанні маневрів «переставка», «поворот» та «ривок рульового колеса».

В роботі [7] розглянута кінематика повороту триланкового сидельно-причіпного автопоїзда. Показано, що на усталеному повороті ГСР триланкового автопоїзда загальною довжиною понад 25 м з некерованими причіпними ланками складає 8,90 м, а з усіма керованими ланками за прямого приводу управління на їх задні осі – 7,22 м. Разом з тим, забезпечити нормовані показники маневреності триланкового автопоїзда можна при застосуванні подвійного приводу управління на передню або задню вісь напівпричепа. Для такого приводу управління визначити передаточні числа аналітичним шляхом не представляється можливим. Це можна зробити шляхом експериментальних досліджень, зокрема на фізичній моделі автопоїзда. Випробуваннями на моделі визначені оптимальні передаточні відношення для автопоїздів із системами подвійного, прямого та зворотного керувань візком напівпричепа і прямим керуванням причепом з рознесеними осями. Розроблені номограми, які дозволяють за заданими геометричними параметрами автопоїздів різних компоновальних схем і систем керувань одержати кількісні показники їх маневреності, тобто максимальні величини зсувів траєкторій руху напівпричепа і причепа щодо траєкторії тягача на вході і на виході з повороту. Вони дозволяють вирішувати і зворотну задачу – за наперед заданим дорожнім умовам одержати представлення про необхідний тип приводу управління і його передаточних відношень. Зокрема передаточні відношення подвійного приводу керування передньою (задньою) віссю напівпричепа знаходяться в межах $U_{min} = 0,75$, $U_{max} = 1,20$, за яких автопоїзд вписується у нормовану ГСР.

Розроблені фізична модель автопоїзда і система управління дозволили визначити кінематичні параметри - зсув траєкторії ведених ланок, габаритну смугу руху (ГСР) і передаточні відношення приводу. Програма випробувань моделі включала чотири етапи. На першому етапі визначалися відхилення траєкторії візка напівпричепа і причепа щодо траєкторії тягача при коловому русі автопоїзда, його поворотах на 90° і 180° . Другий етап містив у собі визначення координат перехідної траєкторії тягача і характерних точок напівпричепа і причепа. На третьому – визначалися відхилення траєкторії причіпної ланки відносно тягової на несталих поворотах для автопоїздів із системою подвійного керування задньою віссю напівпричепа. На четвертому етапі здійснювалися повороти автопоїзда на 90° з затримками у часі спрацьовування електромеханізму керування візком напівпричепа. У якості параметра, що визначав закон повороту керованих коліс напівпричепа, використовувався кут повороту керованих коліс тягача.

Головний результат дослідження – схема приводу керування помітно впливає на величину зовнішнього та внутрішнього відхилень траєкторії напівпричепа щодо тягача – на передню чи задню вісь (колеса), чи обидві осі візка напівпричепа. Для автопоїзда з системою подвійного керування на задню вісь візка зсув траєкторії напівпричепа щодо тягача завжди менший, ніж у автопоїзда з передньою керованою віссю, і для бази напівпричепа 8,0 м за передаточних відношень першої ступені 1,15 і другої ступені 1,20 максимальні

зовнішнє і внутрішнє відхилення складають 7,6 см, що дозволяє автопоїзду ввійти у нормовану ГСР.

Розроблена математична модель дозволяє визначати критичні швидкості автопоїзда в різних режимах. Стійкість сталого руху автопоїзда визначалася за першим наближенням відповідно до теореми Ляпунова. Встановлено, що для автопоїзда з керованим причепом перші додатні значення коренів характеристичного рівняння мали місце за швидкості 34,6 м/с, а для автопоїзда з керованим напівпричепом – за швидкості 48,9 м/с. Проте при значно меншій швидкості руху ($V=30,2$ м/с і $V=39,7$ м/с) відповідно для цих автопоїздів у додатну напівплощину переходить пара комплексно-спряжених коренів, що означає появу коливальної нестійкості при русі зі швидкостями більше критичних. Поява такого роду нестійкості пов'язана з коливаннями причепа, які призводять до втрати стійкості усієї системи, тобто втрати стійкості руху триланкового автопоїзда. Із цього слідує, що за величиною критичної швидкості прямолінійного руху перевагу слід віддати триланковому автопоїзду з керованим напівпричепом.

Для аналізу колового руху, «переставка», «повороту» можна використовувати метод фазових портретів. За допомогою цього методу встановлено, що при коловому русі автопоїзда за швидкості 5 м/с і куті повороту керованих коліс автомобіля-тягача $\theta = 0,6$ рад, куті повороту керованої осі напівпричепа $\theta_{41} = 0,185$ рад автопоїзд вписується у нормовану смугу руху і режим його руху є стійким. Виконані розрахунки поперечної швидкості і поперечного прискорення центрів мас ланок автопоїзда при об'їзді ним перешкоди, з яких слідує, що за швидкості 10 м/с вони для обох автопоїздів майже однакові. Проте при збільшенні швидкості руху до 15 м/с різко збільшуються прискорення причепа до $4,69$ м/с² і $4,93$ м/с² відповідно для автопоїзда з керованим напівпричепом і автопоїзда з керованим причепом (прискорення автомобіля-тягача і напівпричепа не перевищують $4,25$ м/с², тобто рух цих ланок автопоїзда є стійким), що свідчить про порушення стійкості автопоїзда.

Реальні експериментальні дослідження були проведені на триланковому сидельно-причіпному автопоїзді, який складався із сидельного двовісного серійного автомобіля тягача *Scania*, напівпричепа *Krone* і причепа Ставропольського заводу автомобільних причепів СЗАП–8352-030-01, обладнаних необхідною контрольно-вимірною апаратурою.

Співставлення даних аналітичних і експериментальних досліджень маневреності автопоїзда показало на їх задовільну збіжність, як при застосуванні кінематичної моделі, так і моделі, що враховує бічне відведення шин та сили і моменти, що діють на автопоїзд при повороті. Так, максимальні відхилення у визначенні ГСР при русі по колу, повороті на 90° , 180° склали 8,32% при застосуванні кінематичної моделі і 4,75% – для моделі, що враховує бічне відведення шин та сили і моменти.

За основними оціночними показниками керованості та стійкості руху випробуваний автопоїзд відповідає діючим нормативним документам. Виключення складають показники перерегулювання кутової швидкості повороту причепа при маневрах «переставка» і «ривок рульового колеса», що приводить до великих пікових значень бічного прискорення і кутової швидкості повороту і схильності до передчасного перекидання чи заносу.

Висновки.

Розроблена фізична модель автопоїзда із можливістю використання різних систем керування напівпричепом, за допомогою якої встановлено, що нормоване значення ГСР триланкового сидельно-причіпного автопоїзда може бути забезпечене подвійним приводом керування на задню вісь напівпричепа. Встановлені передаточні відношення ступенів подвійного приводу керування на задню вісь напівпричепа, за яких автопоїзд вписується у нормовану ГСР.

Нормовані показники маневреності триланкового сидельно-причіпного автопоїзда можна забезпечити за окремих керованих коліс (осей) усіх ланок автопоїзда за прямого та зворотного приводу управління або тільки передньою, або тільки задньою керованою віссю за подвійного приводу управління за передаточних відношень в межах $U_{min} = 0,75$ та $U_{max} = 1,20$.

Запропонована математична модель автопоїзда з подвійним приводом управління на передню вісь напівпричепа (з системою управління кутами складання ланок автопоїзда). Встановлено, що за показниками маневреності триланковий сидельно-причіпний автопоїзд з керованою віссю напівпричепа і некерованим причепом задовольняє вимогам Директиви 2002/7/ЄС ($R_{32} = 12,35\text{м}$, $R_{62} = 5,3\text{ м}$), у той час як автопоїзд з некерованим напівпричепом і керованим причепом цим вимогам не задовольняє.

Список літератури

1. Вороніна І.Ф. До визначення показників маневреності триланкового автопоїзда / Вороніна І.Ф. // Вісник Національного транспортного університету. – К., 2004. – Вип. 9. – С. 165-170.
2. Сахно В.П. До визначення показників маневреності трьохланкових автопоїздів / В.П. Сахно, І.Ф. Вороніна, В.В. Стельмашук // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В.Даля. – Луганськ, 2003. – №11 (57). – С. 213-218.
4. Сахно В.П. До визначення габаритної смуги руху трьохланкових автопоїздів / Сахно В.П., Вороніна І.Ф., Угляниця С.С., Стельмашук В.В. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В.Даля. – Луганськ, 2004. – №7 (77) (Частина 1). – С. 30-36.
5. Сахно В.П. Маневреність триланкових автопоїздів / Сахно В.П., Вороніна І.Ф., Угляниця С.С., Стельмашук В.В. // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ЦНЦ ТАУ. – Київ, 2004. – №7. – С. 118-124.

6. Шкварко К.В. Довгомірні трьохланкові автопоїзди – новий етап розвитку автомобільних перевезень в Україні на шляху до Європи / Шкварко К.В. // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. – К.: НТУ, 2003. – Вип.15. – С. 46-49.
7. Лотиш В.В. Дослідження маневреності триланкових сідельно-причіпних автопоїздів / В.В. Лотиш, О.А. Енглезі, І.С. Мурований // Луцький державний технічний університет: Наукові нотатки. – Луцьк, 2007. – С. 265-267.
8. Енглезі О.А. Дослідження кінематики повороту автопоїзда на фізичній моделі / Енглезі О.А. // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип. 5. – К.: НТУ, 2008. – С. 105-110.

Аннотація

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИЦЕПНЫМИ ЗВЕНЬЯМИ ТРЕХЗВЕННЫХ СЕДЕЛЬНО-ПРИЦЕПНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

Энглези О.А.

Рассмотрен процесс улучшения маневренности трехзвенных автопоездов за счет использования системы управления прицепными звеньями. Предложены варианты решения задачи управления прицепными звеньями автопоезда, что позволило обеспечить нормативные показатели маневренности. Определена критическая скорость движения автопоезда с управляемыми прицепными звеньями.

Abstract

THE DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM BY THE TOWED LINKS OF THE THREE-LINK LORRY CONVOYS

Englezy O.

The process of improvement of maneuverability of three-link lorry convoys is considered at the expense of use of control system by the towed links. The variants of decision of task of management the towed links of lorry convoy are offered, that allows to provide the normative indexes of maneuverability. The critical speed of movement of lorry convoy is determined with the controlled towed links.