

*Сахно В.П., д.т.н., проф.; Поляков В.М., к.т.н., проф.;
Тімков О.М., к.т.н., доц.; Шарай С.М., к.т.н., доц.; Ковальчук Г.О., к.т.н., доц.*

ГІБРИДНІ БАГАТОЛАНКОВІ АВТОПОЇЗДИ

Деякі країни Європи змінили вимоги до довжини і повної маси автопоїздів збільшивши їх до 25,25 м і 60 т. Розвитком у використанні багатоланкових автопоїздів є компоновальна схема типу "B-triple". Для таких автопоїздів доцільним є застосування гібридної силової установки, що включатиме двигун внутрішнього згоряння автомобільного тягача і електродвигуни, розташовані у колесах осей напівпричепів.

Постановка проблеми. В умовах глобалізації світової економіки транспорт поряд з фінансовою сферою є важливим важелем інтеграційних процесів. У даний час у світі сформувався три центри економічного розвитку: Західна Європа, Східна Азія та Північна Америка.

Для підвищення торгівельних зв'язків міжнародні організації і зацікавлені європейські та азіатські країни розпочали формування системи міжнародних транспортних коридорів. На другій загальноєвропейській конференції по транспорту, яка проходила у Греції (березень 1994р.), були визначені 9 загальноєвропейських транспортних коридорів, інфраструктури яких вирішено модернізувати і привести у відповідність поточним та майбутнім потребам Європи в перевезеннях. Основні вантажопотоки експортно-імпортних і транзитних перевезень концентруються по осях Захід–Схід та Північ–Південь.

З метою підвищення ефективності автоперевезень, скорочення витрати палива і токсичності відпрацьованих газів на одиницю вантажу, що перевозиться, з 1998г. скандинавські країни Швеція і Фінляндія змінили вимоги до довжини і повної маси автопоїздів до 25,25 м і 60 т, зберігши при цьому вимоги Директиви ЄС №97/27 до осьових навантажень. Дозволена експлуатація 3 компоновальних схем автопоїздів. Перша: автопоїзд сформований з тривісного тягача + 5-вісного причепа, виконаного на базі серійного 3-вісного напівпричепа на двохвісному підкатному візку. Друга – сидельно-причіпний автопоїзд (СПА), де до серійного напівпричепа причіплюється 2-вісний причіп, зазвичай з центрально розташованими осями. Третя – автопоїзд типу "B-Double", рис. 1, у складі якого два напівпричепа і який можна перетворити у перші дві схеми. При цьому зберігається модульність конструкції рухомого складу [1].

Подальшим розвитком у використанні багатоланкових автопоїздів є компоновальна схема типу "B-triple" (потрійний) [2]. Ця схема (рис. 2) утворюється за рахунок додавання напівпричепа до автопоїзда "B-double". За допомогою "модулів" – напівпричепів, що мають стандартні розміри, компоновальна схема може бути перетворена в "B-double" або інші багатоваріантні схеми, що затверджені нормативними документами.

Схема "B-triple" має габаритну довжину не менш ніж 35 метрів і дозволена повну масу до 82,5 т. В деяких районах Австралії дозволено використання автопоїздів "B-triple" габаритною довжиною до 36,5 м. Використання цих автопоїздів потребує спеціального дозволу від служб транспорту.

Починаючи з 2006 року, уряд Австралії намагається провести національну реформу для автопоїздів типу "B-triple", задля вирішення проблеми дорожнього руху з метою "Підвищення безпеки та ефективності вантажних перевезень". Міністри транспорту зобов'язали Національну Транспортну комісію (NTC) виявити потенційні мережі для використання автопоїздів "B-triple".

У своєму звіті NTC на основі аналізу конструкції автопоїзда, вимог світових стандартів безпеки відмічає, що безпека дорожнього руху не погіршується. Автопоїзд має достатню стійкість до перекидання, прискорення та сповільнення на існуючих дорогах відповідають нормам [3,4].



Рис. 1 – Схема автопоїзда типу " B-Double"

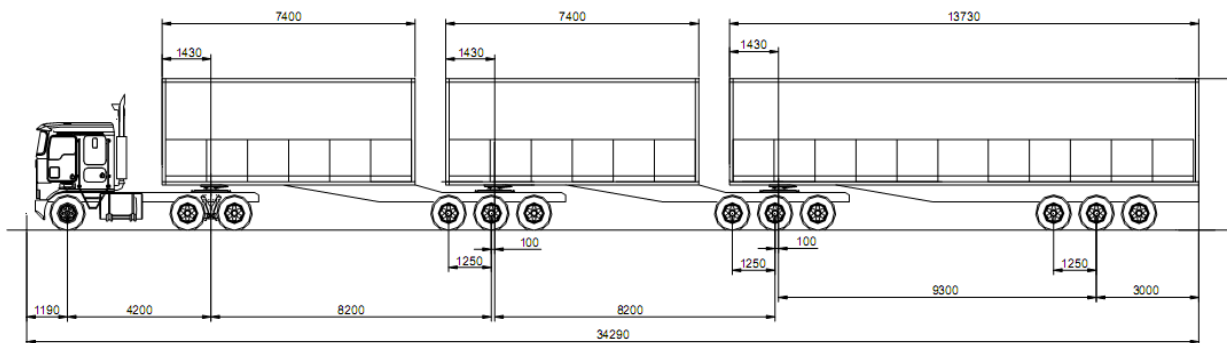


Рис. 2 – Схема автопоїзду типу "B-triple".

Страхова статистика дорожньо-транспортних пригод (рис. 3) свідчить про те, що перевезення вантажів на "B-Double" є в чотири рази безпечніше, ніж сидільними автопоїздами, – в першу чергу тому, що потрібно менше вантажних автомобілів, і вони експлуатуються по дорогах водіями з більш високою підготовкою. Ще більш безпечним є застосування автопоїздів " B-triple", що призведе до подальшого зниження дорожнього травматизму.

Ще більшого рівня безпеки можливо досягти, використовуючи при перевезеннях спеціальні дороги.

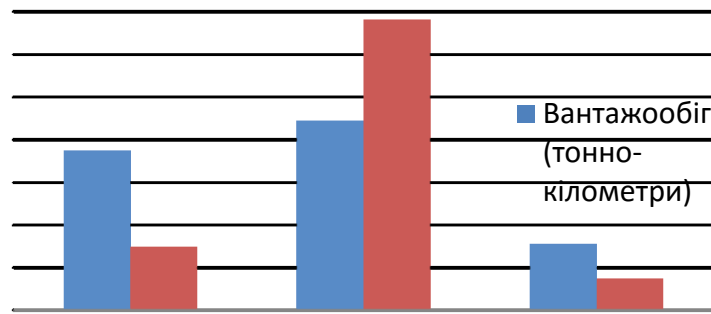
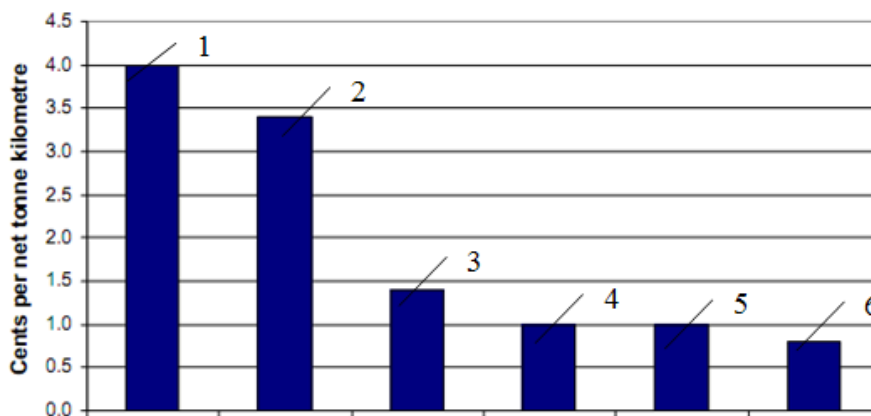


Рис. 3 – Страхова статистика при перевезеннях вантажів

Про переваги автопоїздів В-Triple перед автопоїздами В-Double свідчать такі факти:

- можливість додатково до автопоїзда додати 12/14 палет, що значно покращує продуктивність, дозволяє додатково перевезти від 35% до 20% кубічних метрів вантажу, в залежності від його маси;
- два "В-Triple" можуть виконати роботу трьох "В-Double" або п'яти сідельних автопоїздів;
- перевізник може утримувати меншу кількість вантажних автомобілів та водіїв;
- менша кількість вантажівок означає менші витрати пального та менші викиди відпрацьованих газів;
- потенційно зменшують черги на вантажних терміналах;
- швидка реакція на об'єми перевезень;
- використовує існуючі "В-Double" причепи та напівпричепи (менші витрати на впровадження);
- модульний принцип комплектування "В-Triple" дозволяє з окремих модулів комплектувати і інші транспортні одиниці.

При цьому дорожні збори на один нетто тонно-кілометр автопоїзда "В-Triple" нижчі, ніж у причіпних та сідельних автопоїздів (рис.4).



- 1) 3-х вісний вантажний автомобіль повною масою більш 18.5 т; 2) вантажний автопоїзд повною масою 42,5 т; 3) 6-и вісний зчленований АТЗ; 4) 9-ти вісний В-Double; 5) подвійний автопоїзд; 6) потрійний автопоїзд

Рис. 4 – Вартість використання доріг на один нетто тонно кілометр

Результати досліджень. З урахуванням допустимого навантаження на одинарну, подвійні і потрійні осі максимальна маса автопоїзда В-Triple може складати до 100 т. У цьому випадку застосування серійних тривісних автомобілів-тягачів стає неможливим, бо їх

зчіпна маса $G_{зч}$ менша допустимої $[G_{зч}]$ (25% від повної маси автопоїзда, $[G_{зч}] = 25$ т). Тому для таких автопоїздів доцільним є застосування гібридної силової установки, що включатиме двигун внутрішнього згоряння автомобіля-тягача і два електродвигуни, розташовані і колесах середніх осей першого і другого напівпричепів.

Визначимо потужність електродвигунів, виходячи з необхідності виконання таких режимів руху.

1) Рушання з місця. У цьому режимі необхідно подолати опір коченню коліс автопоїзда і силу інерції автопоїзда, яка враховується як додатковий опір коченню [5].

Тоді

$$P_f = G_{ан} \times g \times f = 100000 \times 9,8 \times 0,05 = 49000 \text{ Н},$$

де $G_{ан}$ – повна маса автопоїзда, $G_{ан} = 100000$ кг;

g – прискорення вільного падіння;

f – коефіцієнт опору дороги при русанні автопоїзда, $f = 0,05$ [5].

Сила інерції автопоїзда

$$P_j = \delta \times G_{ан} \times j = 4,5 \times 100000 \times 0,3 = 135000 \text{ Н},$$

де δ – коефіцієнт, що враховує приріст сил інерції поступальних мас автопоїзда за рахунок обертових мас, $\delta = 4,5$ [фар];

j – прискорення при русанні автопоїзда, $j = 0,3 \text{ м/с}^2$ [6].

Таким чином, сила опору руху при русанні автопоїзда складе

$$P_{он} = P_f + P_j = 184000 \text{ Н}.$$

Сила тяги, що можлива до реалізації на ведучих колесах автомобіля-тягача:

$$P_{pm} = G_{2m} g \varphi = 18000 \times 9,8 \times 0,6 = 105840 \text{ Н}.$$

Сила тяги, що можлива до реалізації на двох осях напівпричепів:

$$P_{pn} = 2G_{nm} g \varphi = 16000 \times 9,8 \times 0,6 = 94080 \text{ Н}.$$

Сумарна тягова сила, що можлива до реалізації на колесах автопоїзда, що забезпечить рушання автопоїзда.

$$P_{p\Sigma} = (P_{pm} + P_{pn}) > P_{он}.$$

Потужність, необхідна для русання автопоїзда за швидкості $v = 1 \dots 2$ м/с складе

$$N = \frac{P_{он} \times V}{1000 \times \eta} = 204,4 \dots 408,8 \text{ кВт}.$$

Потужність, необхідна для розганяння автопоїзда з прискоренням $1,0 \text{ м/с}^2$ за швидкості 2 м/с (швидкість на розгонній передачі в коробці передач), складе

$$N_j = \frac{P_f + P_j}{1000 \times \eta} \times V = 452,5 \text{ Н}.$$

Потужність, необхідна для руху автопоїзда з максимальною швидкістю руху 25 м/с, складе

$$N_v = \frac{G_a \times g \times f \times V_{\max} + k_{\text{п}} \times F \times V_{\max}^3}{1000 \times \eta} = 422.2 \text{ кВт.}$$

Потужність, необхідна для руху автопоїзда при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт за швидкості 1,0 м/с, складе

$$N_p = \frac{P_f \times V}{1000 \times \eta} = 16,3 \text{ кВт.}$$

Наведені розрахунки дозволяють зробити наступні висновки:

– необхідна потужність двигуна внутрішнього згоряння автомобіля-тягача повинна бути не меншою 422,2 кВт для забезпечення руху автопоїзда з максимальною швидкістю. Цієї потужності достатньо для рухання автопоїзда з місця. Таку потужність може забезпечити двигун Volvo D16C610;

– у процесі розганяння автопоїзда потужності двигуна внутрішнього згоряння недостатньо. Цю потужність необхідно доповнити потужністю двох електродвигунів по 15 кВт кожний;

– потужності електродвигунів достатньо для руху на майданчику при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт;

– потужність електродвигунів може бути використана у приводі управління керованими колесами осей напівпричепів.

Список літературних джерел

1. 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.

2. Press release from the office of the Secretary of Transportation [http://www.trm.dk/sw43883.asp?path= http://www.trm.dk/sw43883.asp?path](http://www.trm.dk/sw43883.asp?path=http://www.trm.dk/sw43883.asp?path)

3. BBC Worldwide Limited, Jeremy Clarkson's Motorworld, Australian episode. Електронний ресурс – http://en.wikipedia.org/wiki/BBC_Worldwide.

4. <http://www.ntc.gov.au/filemedia/bulletins/btriples.pdf>

5. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда /Я.Х.Закин – М.:Транспорт, 1967. – 225 с.

6.Фаробин Я.Е. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок /Я.Е.Фаробин, В.С.Щупляков. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок. – М.: Транспорт. 1983. – 200 с.

Сахно Володимир Прохорович – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м.Київ.

Поляков Віктор Михайлович – к.т.н., професор, професор кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м.Київ.

Тімков Олексій Миколайович – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м.Київ.

Шарай Світлана Михайлівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м.Київ.

Ковальчук Григорій Олексійович – к.т.н., доцент кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м.Київ.