

РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.454.22

С. В. ВОЙТКІВ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>ТзОВ «Науково-технічний центр «Автополіпром», вул. Зубрівська, 32/24, Львів, Україна, 79066, тел. +38 (067) 447 04 90, ел. пошта voytkivsv@ukr.net, ORCID – 0000-0002-7789-2081

## АНАЛІЗ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ СПАЛЬНИХ ВАГОНІВ

**Мета.** У роботі передбачено розроблення, аналіз і вибір компоновальних схем пасажирських вагонів за кількістю та розміщенням тамбурів і санітарних приміщень загального користування для створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів суттєво вищих рівнів комфортабельності й оцінку перспективності освоєння їх серійного виробництва з умови забезпечення максимальної вмістимості. **Методика.** Аналіз компоновальних схем та планувань наявних спальних купейних вагонів різних європейських виробників і компоновальних схем для створення перспективних вагонів цього типу за розмірними параметрами, кількістю й розміщенням тамбурів і санітарних приміщень загального користування проведено за визначеними критеріями й показниками ефективності запропонованих конструктивних рішень та комфортабельності вагонів. **Результати.** Розроблено компоновальні схеми для проєктування перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів, обладнаних двома або одним тамбуром і трьома-чотирма санітарними приміщеннями загального користування – туалетами, туалетами, суміщеними з душовими стояками або душовими кабінами, та окремими душовими кабінами. Запропоновано методику оцінки ефективності пропонувананих конструктивних рішень та комфортабельності перспективних спальних купейних вагонів за кількістю, призначенням і розміщенням санітарних приміщень різного призначення та зручністю користування ними пасажирями. На основі проведеного аналізу запропонованих компоновальних схем вибрано їх оптимальні варіанти, рекомендовані для створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів суттєво вищого рівня комфортабельності. **Наукова новизна.** Уперше проведено аналіз наявних та нових компоновальних схем пасажирських спальних купейних вагонів за кількістю й розміщенням тамбурів і за кількістю, типами й розміщенням санітарних приміщень загального користування на основі розробленої методики об'єктивної оцінки ефективності запропонованих компоновальних рішень, рівнів комфортабельності вагонів та зручності користування ними пасажирями. **Практична значимість.** Проведений аналіз дає можливість обгрунтованого вибору вже на стадії розроблення ескізних пропозицій оптимальних компоновальних схем для створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів різних класів підвищеної комфортабельності порівняно з вагонами-аналогами.

*Ключові слова:* спальний вагон; компоновальна схема; критерії комфортабельності вагонів; конкурентоспроможність спальних вагонів

### Вступ

Залізничний транспорт України, на долю якого припадає майже половина річного обсягу пасажирських перевезень усіма видами громадського транспорту, нині перебуває в доволі плачевному стані. Адже з 4 310 одиниць інвентарного парку пасажирських вагонів різних типів – купейних, плацкартних, загальних тощо, станом на 1 січня 2019 року придатними для перевезень пасажирів було лише 3 110 одиниць [5]. Отже, більше ніж четверта частина вагонів не могла бути задіяна для перевезень пасажирів. А говорити про рівень їх комфортабельності взагалі не доводиться, адже відсоток зносу парку пасажирських вагонів із показника у 86

% у 2016 році сягнув рівня 92,6 % у 2019 році. Немає ніяких сумнівів у тому, що парк пасажирських вагонів потребує негайного та якісного оновлення. Але заміна зношених вагонів усіх типів повинна базуватися на сьогоденних і постійно зростаючих вимогах до рівня комфортабельності перевезень пасажирів, пов'язаного, в першу чергу з комфортабельністю вагонів та зручністю користування ними.

Значну частину загального обсягу пасажирських перевезень залізничним транспортом виконують потяги, які обслуговують міжрегіональні маршрути, характерні великими відстанями та часом перебування в дорозі понад вісім годин. Такі потяги комплектують спальними купейними вагонами 1 й 2-го класів та плацка-

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ртними вагонами і дуже рідко спальними вагонами класу СВ. Отже, створення та освоєння виробництва нових купейних спальних вагонів суттєво вищого рівня комфортабельності порівняно з тими, які серійно виготовляє ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», є важливим і вкрай актуальним завданням вітчизняного вагонобудування та інших галузей промисловості. Однією з визначальних умов вирішення цього завдання є збереження або незначне підвищення вартості проїзду в перспективних купейних спальних вагонах за тотожної пасажиромістимості.

### Мета

У роботі передбачено розроблення та аналіз компоновальних схем пасажирських вагонів за кількістю й розміщенням тамбурів і кількістю, призначенням і розміщенням санітарних приміщень загального користування, вибір оптимальних схем для створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів різних рівнів комфортабельності й оцінку перспективності освоєння їх серійного виробництва з умови забезпечення максимальної містимості.

### Методика

Аналіз компоновальних схем та планування наявних спальних купейних вагонів різних європейських виробників і компоновальних схем перспективних вагонів цього типу проведено на основі розмірних параметрів їх кузовів і пасажирських приміщень, технічних параметрів службових приміщень провідників, розмірних параметрів, кількості й розміщення тамбурів та санітарних приміщень загального користування з урахуванням їх призначення.

Нові компоновальні схеми перспективних спальних вагонів розроблено відповідно до прийнятої концепції, яка передбачає:

- збільшення ширини кузовів вагонів до допустимої за габаритами 1–Т або 1–ВМ;
- застосування не тільки двох тамбурів, а й одного тамбура, розміщеного в одному з кінців вагонів або у середній частині їх кузовів;
- обладнання вагонів більшою кількістю санітарних приміщень загального користування різного призначення – туалетами, туалетами,

суміщеними з душовим стояком або душовою кабіною, окремими душовими кабінами.

Для об'єктивної оцінки ефективності конструктивних рішень та комфортабельності вагонів за відповідними критеріями вибрано характерні показники та запропоновано математичні вирази для їх обчислення.

Більшість сучасних магістральних пасажирських спальних купейних вагонів локомотивної тяги спроектовані за стандартною компоновальною схемою, яка передбачає два тамбури та два туалетні приміщення загального користування, розміщені в обох кінцях їх кузовів. Крім того, спальні вагони, за вимогами нормативних документів, повинні бути обладнані службовим і технічним приміщеннями та купе відпочинку провідників. Проте рівні комфортабельності навіть таких спальних вагонів одного класу можуть суттєво різнитися, адже їх пасажирські та службові приміщення можуть мати різні розмірні параметри.

Проблеми підвищення комфортабельності сучасних і перспективних пасажирських вагонів розглядають у багатьох дослідженнях. Загальний аналіз світових тенденцій розвитку пасажирського вагонобудування, наведений у роботі [15], визначає підвищення комфортабельності вагонів упровадженням нових систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, інформаційних табло, застосуванням нових матеріалів, вакуумних туалетів тощо. Типаж пасажирських вагонів, запропонований у роботі [3], передбачає підвищення комфортабельності перевезень пасажирів застосуванням купе різної містимості та комплектацій. Напрямки зменшення рівнів внутрішнього шуму в пасажирських вагонах та зовнішнього шуму, створюваного ними під час руху, розглянуті в роботі [22]. Можливості зниження рівнів внутрішнього шуму шляхом використання нетрадиційного дизайну та відповідних матеріалів показані в роботі [18]. У роботах [7, 16, 17, 19] досліджений рівень температур у пасажирських приміщеннях вагонів залежно від параметрів систем природної вентиляції й систем кондиціонування повітря та від температури повітря зовнішнього середовища. Окреслені шляхи забезпечення у вагонах діапазону температур, комфортабельних для пасажирів. Вплив на комфортабельність перевезень пасажирів залізни-

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

чним транспортом таких параметрів, як вентиляція та температура повітря у вагонах, рівень освітленості в купе і пасажирських, службових та санітарних приміщеннях, фотостимуляція, перепади тиску, тривалість подорожі тощо розглянуто в роботі [20].

Необхідність підвищення рівнів комфортності пасажирських спальних вагонів з огляду на поліпшення умов праці провідників обґрунтована роботами [1, 6, 8, 12, 13].

Аналіз конструкцій сучасних пасажирських спальних купейних вагонів 1 та 2-го класів показує, що за кількістю тамбурів і розміщенням туалетних приміщень загального користування

вони спроектовані за трьома основними компоновальними схемами:

– із двома тамбурами й двома туалетними приміщеннями, розміщеними біля робочого й неробочого тамбурів, тобто у двох кінцях кузова вагона (рис. 1, *а*);

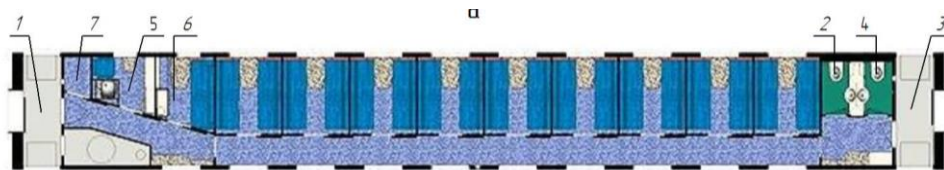
– із двома тамбурами й двома туалетними приміщеннями, розміщеними суміжно біля неробочого тамбура, тобто в одному кінці кузова вагона (рис. 1, *б*);

– з одним тамбуром, розміщеним в одному з кінців кузова вагона, і двома туалетними приміщеннями, розміщеними суміжно в протилежному кінці кузова вагона (рис. 1, *в*).

*а – а*



*б – б*



*в – в*



Рис. 1. Основні компоновальні схеми пасажирських спальних купейних вагонів за кількістю та розміщенням тамбурів і санітарних приміщень:

- а* – моделі 61–779 [11] із двома тамбурами й двома рознесеними туалетними приміщеннями;
- б* – моделі 61–4447 [9] із двома тамбурами й двома суміжними туалетними приміщеннями;
- в* – фірми «Stadler rail AG» [21] з одним тамбуром і двома суміжними санітарними приміщеннями;
- 1 – робочий тамбур; 2 і 4 – туалетні приміщення; 3 – неробочий тамбур;
- 5 – службове приміщення провідників; 6 – купе відпочинку провідників;
- 7 – допоміжне приміщення; 8 – санітарне приміщення: вакуумний туалет із душовою кабінною

Fig. 1. The main layout of passenger sleeping compartment cars by the number and location of enclosed platforms and sanitary facilities:

- a* – models 61–779 [11] with two enclosed platforms and two spaced sanitary facilities;
- b* – models 61–4447 [9] with two enclosed platforms and two adjacent sanitary facilities;
- c* – Stadler rail AG [21] with one enclosed platform and two adjacent sanitary facilities;
- 1 – working enclosed platform; 2 and 4 – lavatory rooms; 3 – non-working enclosed platform;
- 5 – service room of conductors; 6 – rest compartment of conductors;
- 7 – auxiliary room; 8 – bathroom: vacuum toilet with shower

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Аналіз основних технічних вимог до тамбурів, службових приміщень провідників та санітарних приміщень загального користування пасажирських спальних вагонів, наведених у табл. 1, показує, що для розроблення нових

Таблиця 1

**Основні вимоги до спальних вагонів**

Table 1

**Basic requirements for sleeping cars**

Найменування параметра	ДСТУ 4049 [4]	СП 2.5.1198 [14]
Розмірні параметри тамбурів – ширина/ довжина, м, не менше:	1,0/ 2,7	
Ширина дверей, м, не менше:		
– вхідних бокових	0,78	
– вхідних торцевих	0,7	
– внутрішніх проходів	0,7	0,68
Ширина проходу по пасажирському приміщенню, м, не менше:	0,75	0,68
Вимоги до туалетного приміщення:		
– кількість, од., не менше	–	2
– площа, м <sup>2</sup> , не менше	–	1,2
– ширина, м, не менше	–	0,9
– ширина дверей, м, не менше	–	0,49
Площа службового приміщення провідників, м <sup>2</sup> , не менше	2,6	

компонувальних схем можуть бути взяті такі вихідні параметри, не менше: ширина тамбурів – 1,0 м, ширина внутрішніх дверей – 0,7 м, ширина поздовжніх проходів по пасажирських приміщеннях – 0,75 м, площа туалетного приміщення – 1,2 м<sup>2</sup>, службового приміщення провідників – 2,6 м<sup>2</sup>.

Розроблення компоновальних схем перспективних купейних спальних вагонів підвищеної комфортабельності базується на таких варіантах кількості та розміщення тамбурів:

- із двома тамбурами – одним робочим та одним запасним, розміщеними в кінцях вагона;
- з одним робочим тамбуром, розміщеним в одному з кінців кузова вагона;
- з одним робочим тамбуром, розміщеним у середній частині кузова вагона.

Можливість застосування лише одного робочого тамбура (без запасного) ґрунтується на наявних вагонах з одним тамбуром (рис. 1, в) та на рекомендаціях документа [10].

Крім того, однією з умов розроблення нових компоновальних схем перспективних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності є застосування трьох або й більше санітарних приміщень, у т. ч. туалетних приміщень, обладнаних душовими стояками або суміщених із душовими кабінами, та окремих душових кабін.

За основу для розроблення компоновальних схем перспективних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності взято габаритні розміри кузова, аналогічні кузовам вагонів швидкісних потягів локомотивної тяги постійного формування виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», довжиною 26,1 і шириною 3,4 м.

У загальному випадку кузови пасажирських спальних купейних вагонів складаються з трьох основних (базових) модулів (рис. 2):

- модуля службових приміщень провідників, до складу якого входять робочий тамбур, туалетне приміщення загального користування, службове купе, купе відпочинку провідників, технічний блок та коридор;
- модуля пасажирського приміщення, у якому розміщуються пасажирські купе, а також коридор (поздовжній прохід по пасажирському приміщенню);
- модуля санітарних приміщень загального користування, до якого входить коридор, туалетне приміщення та неробочий тамбур.

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

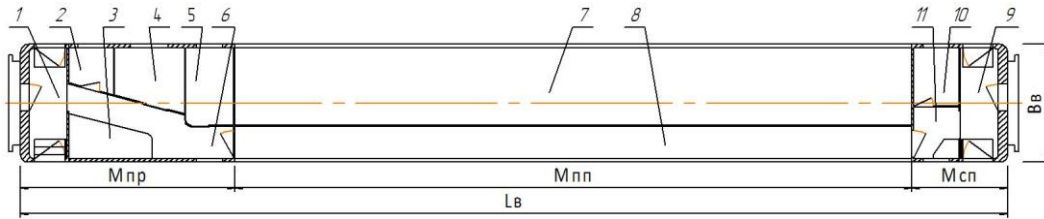


Рис. 2. Основні модулі пасажирських спальних купейних вагонів:

$M_{np}$  – модуль службових приміщень провідників;  $M_{nn}$  – модуль пасажирського приміщення;

$M_{cn}$  – модуль санітарних приміщень загального користування;

1 – робочий тамбур; 2 і 10 – туалетні приміщення; 3 – технічний блок; 4 – службове приміщення провідників;  
5 – купе відпочинку провідників; 6, 8 та 11 – коридори; 7 – зона розміщення пасажирських купе

Fig. 2. The main modules of passenger sleeping compartment cars:

$M_{np}$  – service room module of conductors;  $M_{nn}$  – passenger compartment module;

$M_{cn}$  – module of public sanitary facilities;

1 – working enclosed platform; 2 and 10 – lavatory rooms; 3 – technical room; 4 – service room of conductors;  
5 – rest compartment of conductors; 6, 8 and 11 – corridors; 7 – passenger compartment area

Варіант компоувальної схеми sV–200 для створення перспективних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності з двома тамбурами наведений на рис. 3. Модуль службових приміщень провідників ( $M_{np}$ ) вагона об-

ладнений одним туалетним приміщенням із пеленальним столиком, а модуль санітарних приміщень ( $M_{cn}$ ) – одним туалетним приміщенням із суміщеною душовою кабіною. Фактично це схема з двома санітарними приміщеннями.

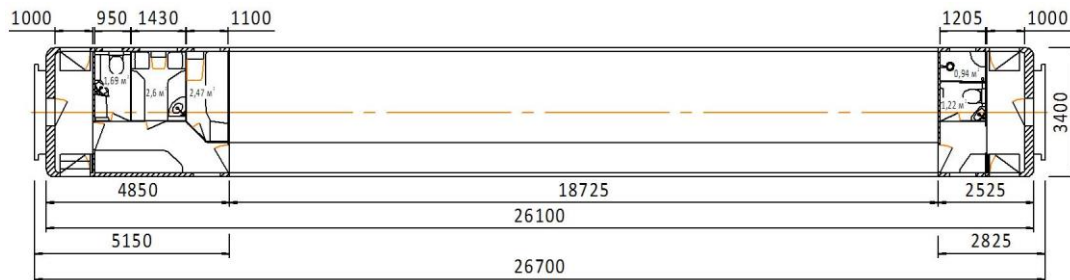


Рис. 3. Компоувальна схема sV–200 двотамбурного вагона з одним туалетним приміщенням із пеленальним столиком та одним туалетним приміщенням із суміщеною душовою кабіною

Fig. 3. Layout scheme of sV–200 car with two enclosed platforms and one lavatory room with changing table and one lavatory room with combined shower cabin

Ширина санітарного приміщення модуля службових приміщень загального користування взято рівною 1,205 м з умови рекомендованої мінімальної площі туалетних приміщень, рівної 1,2 м<sup>2</sup>, та рекомендованої відстані від торця унітаза до перегородки або входних дверей у межах 0,53–0,6 м.

Для проектування перспективних спальних купейних вагонів, обладнаних двома тамбурами, із більшим рівнем комфортабельності пропонується компоувальна схема sV–201 з додатковим санітарним приміщенням – душовою кабіною з умивальником та пеленальним столиком (рис. 4). Приміщення душової кабіни за

розмірними параметрами уніфіковане з туалетним приміщенням модуля  $M_{np}$ .

Інший варіант компоувальної схеми для створення перспективних спальних купейних вагонів sV–202 наведений на рис. 5. Він передбачає обладнання вагона двома туалетними приміщеннями з пеленальними столиками, розміщеними в модулях  $M_{np}$  та  $M_{cn}$ , та двома душовими кабінами, встановленими перед запасним тамбуром. Вхід до однієї з душових кабін передбачений із неробочого тамбура. Одна з переваг цього варіанта компоувальної схеми – менша на 0,325 м довжина модуля санітарних приміщень порівняно зі схемою sV–201 (рис. 4)

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

і, відповідно, більша довжина пасажирського приміщення. Хоча порівняно зі схемою sV–200, наведеною на рис. 3, довжина пасажирських

приміщень вагонів за схемами sV–201 (рис. 4) і sV–202 (рис. 5) загалом менша відповідно на 0,645 м та 0,95 м.

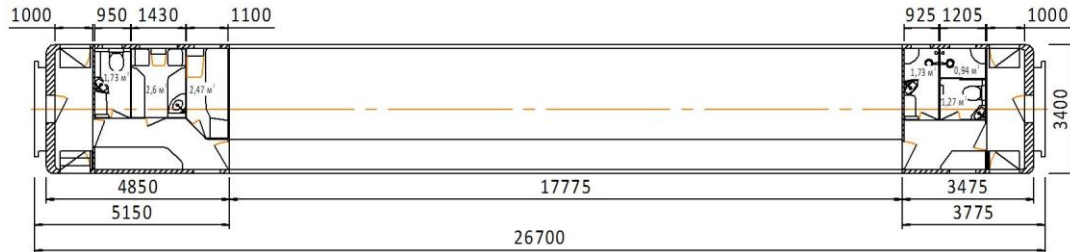


Рис. 4. Компонувальна схема sV–201 двотамбурного вагона з двома туалетними приміщеннями з пеленальними столиками й одним туалетним приміщенням із суміщеною душовою кабінною

Fig. 4. Layout scheme of sV–200 car with two enclosed platforms and one lavatory room with changing table and one lavatory room with combined shower cabin



Рис. 5. Компонувальна схема sV–202 двотамбурного вагона з двома туалетними приміщеннями з пеленальними столиками та двома душовими кабіннами

Fig. 5. Layout scheme of sV–202 car with two enclosed platforms and two lavatory rooms with changing tables and two shower cabins

Збільшення довжини пасажирського приміщення відносно схеми sV–200 на 0,24 м забезпечує компонувальна схема sV–100 спальних

купейних вагонів, обладнаних лише одним тамбуром та одним запасним виходом, яка наведена на рис. 6.

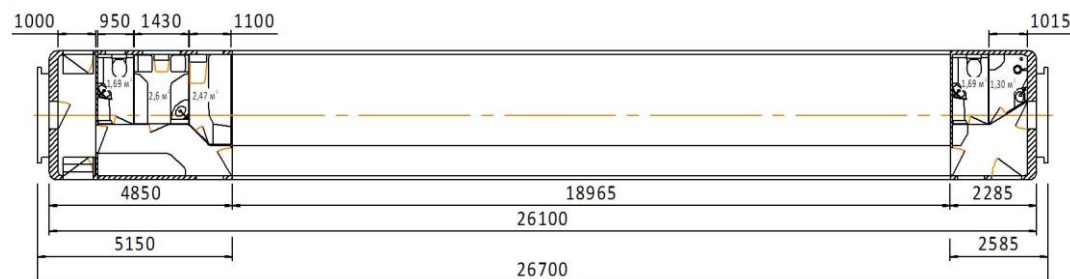


Рис. 6. Компонувальна схема sV–100 одготамбурного вагона з двома туалетними приміщеннями з пеленальними столиками та однією душовою кабінною

Fig. 6. Layout scheme of sV–100 with one enclosed platform and two lavatory rooms with changing tables and one shower cabin

Ще більшу довжину пасажирського приміщення спальних купейних вагонів забезпечує застосування компонувальних схем з одним тамбуром без запасного виходу в модулях сані-

тарних приміщень. Довжина пасажирського приміщення вагона, створеного за схемою sV–101 (рис. 7), становить 19,125 м.

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

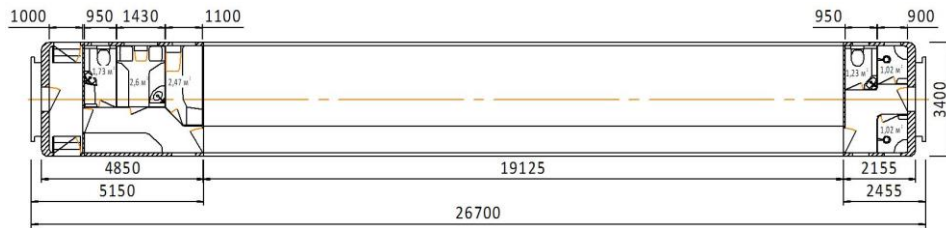


Рис. 7. Компонувальна схема sV–101 однотоамбурного вагона з одним туалетним приміщенням із пеленальним столиком, одним туалетним приміщенням і двома душовими кабінами

Fig. 7. Layout scheme of sV–101 with one enclosed platform and one lavatory room with changing table, one lavatory room and two shower cabins

Крім туалетного приміщення з пеленальним столиком у модулі службових приміщень провідників, схема передбачає розміщення в модулі санітарних приміщень ще одного туалетного приміщення та двох душових кабін. Ця схема є найкращою за кількістю санітарних приміщень.

На основі компоувальної схеми sV–101 зроблена схема sV–110 без туалетного приміщення в модулі службових приміщень провідників ( $M_{\text{пр}}$ ). Довжина пасажирського приміщення вагона за цією схемою (рис. 8) складає 19,325 м.

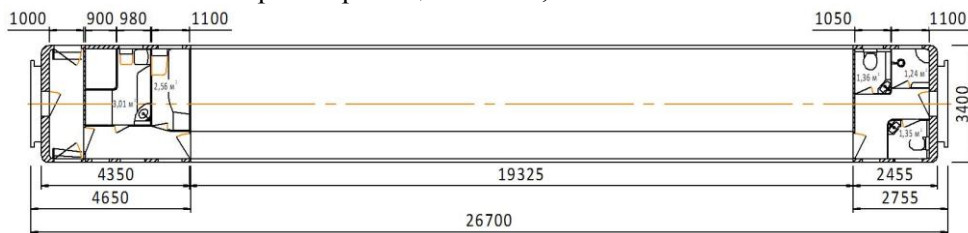


Рис. 8. Компонувальна схема sV–110 однотоамбурного вагона з одним туалетним приміщенням і двома душовими кабінами, розміщеними в модулі санітарних приміщень

Fig. 8. Layout scheme of sV–110 car with one enclosed platform and one lavatory room and two shower cabins located in the sanitary facilities module

Наступні компоувальні схеми для створення перспективних спальних купейних вагонів лише з одним тамбуром передбачають його розміщення в середній частині їх кузовів. Завдяки цьому одне пасажирське приміщення розділене на дві частини, у яких можуть перебувати 20 або 40 чол. залежно від 1 або 2-го класів вагонів.

Вагон, спроектований за компоувальною схемою, наведеною на рис. 9, зі зміщеними вхі-

дними дверима, обладнаний двома туалетними приміщеннями, розміщеними в обох його кінцях, та душовою кабіною, яка входить до складу модуля службових приміщень провідників. Вона розміщена окремо в тамбурній зоні.

Безумовно, пропонується компоувальна схема sV–120 сприяє зменшенню рівнів шуму в обох частинах пасажирського приміщення й суттєво підвищує рівень комфортабельності вагонів.

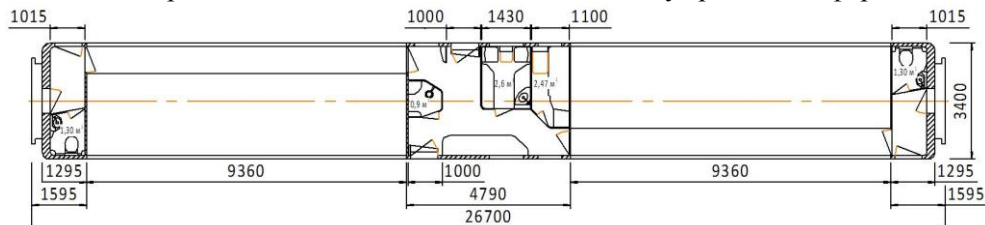


Рис. 9. Компонувальна схема sV–120 однотоамбурного вагона з двома туалетними приміщеннями й однією душовою кабіною, розміщеною в модулі службових приміщень провідників

Fig. 9. Layout scheme sV–120 car with one enclosed platform and two lavatory rooms and one shower cabin, located in the module of service room of conductors

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Варіант компоувальної схеми sV–130 для створення перспективних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності з модулем службових приміщень провідників  $M_{пр}$ , розмішеним у середній частині їх кузовів, передбачає застосування тамбура з протилежними

вхідними дверима. Два туалетних приміщення теж знаходяться в обох кінцях кузовів вагонів, а душова кабіна зблокована з купе відпочинку провідників та технічним приміщенням, що забезпечує більшу довжину обох частин пасажирських приміщень (рис. 10).

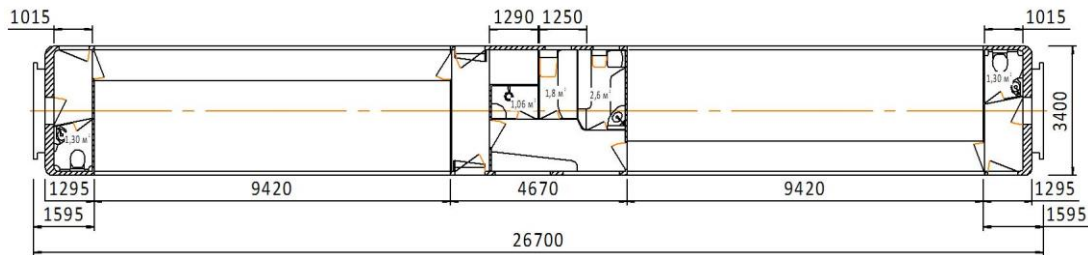


Рис. 10. Компоувальна схема sV–130 одготамбурного вагона з двома туалетними приміщеннями й однією душовою кабіною, розмішеною в модулі службових приміщень провідників

Fig. 10. Layout scheme of sV–130 car with one enclosed platform and two lavatory rooms and one shower cabin located in the module of service rooms of conductors

Аналогічна за кількістю й функціональним призначенням санітарних приміщень компоувальна схема sV–140, наведена на рис. 11, характерна діагонально розташованими вхідними

тамбурними дверима. Таке конструктивне рішення забезпечило збільшення довжини кожної з обох частин пасажирського приміщення вагона до 9,47 м та площ службових приміщень.

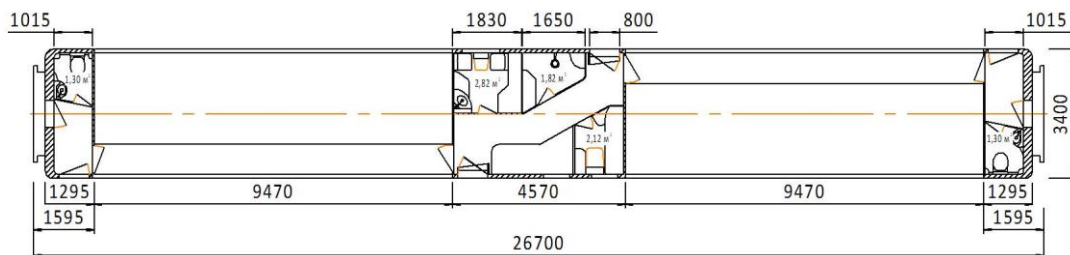


Рис. 11. Компоувальна схема sV–140 одготамбурного вагона з двома туалетними приміщеннями й двома душовими кабінами, розмішеними в модулі службових приміщень провідників

Fig. 11. Layout scheme sV–140 car with one enclosed platform and two lavatory rooms and two shower cabins located in the module of service rooms of conductors

Для створення перспективних спальних купейних вагонів 1 й 2-класів, обладнаних двома туалетними приміщеннями у кінцях їх кузовів та двома душовими кабінами, розмішеними в тамбурній зоні модуля службових приміщень провідників, пропонуємо компоувальну схему sV–150, наведену на рис. 12. З огляду на кількість санітарних приміщень ця схема забезпе-

чує найвищий рівень комфортабельності. Адже навіть за довжини кожної частини пасажирського приміщення у 9,2 м у них забезпечується розміщення п'ятьох купе шириною 1,82 м, що на 0,046 м більше ніж у сучасних спальних купейних вагонів моделей 61–779 та 61–779А виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (1,774 м) [11].



## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

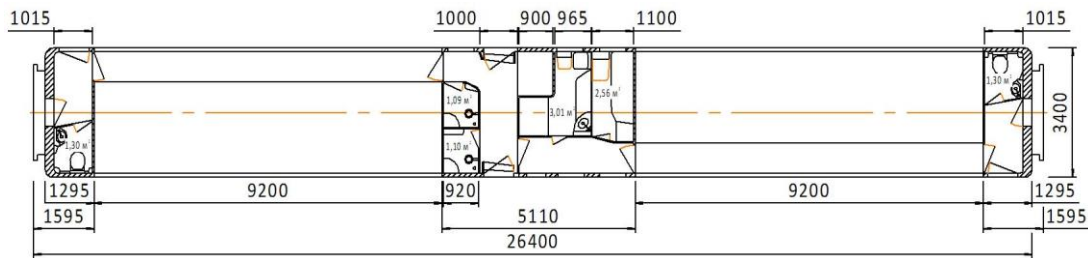


Рис. 12. Компонувальна схема sV–150 однотамбурного вагона з двома туалетними приміщеннями й двома душовими кабінами, розміщеними в модулі службових приміщень провідників

Fig. 12. Layout scheme of sV–150 car with one enclosed platform and two lavatory rooms and two shower cabins located in the module of service rooms of conductors

Для проведення аналізу та вибору оптимальних компонувальних схем, рекомендованих для проєктування перспективних конкурентоспроможних купейних спальних вагонів 1 та 2-го класів, пропонуємо узагальнений коефіцієнт ефективності їх планування та зручності користування ними:

$$k_{\text{ефп}} = k_{\text{пл}} + (k_{\text{сп}}^n + k_{\text{сп}}^s - k_{\text{т}}^s) - (1 - k_{\text{ск}}^s - k_{\text{кв}}^s), \quad (1)$$

де  $k_{\text{пл}}$  – коефіцієнт площі вагона, призначеної для розміщення пасажирських купе та коридору;  $k_{\text{сп}}^n$  – коефіцієнт кількості санітарних приміщень загального користування;  $k_{\text{сп}}^s$  – коефіцієнт комфортабельності санітарних приміщень за площею;  $k_{\text{т}}^s$  – коефіцієнт площі тамбурів;  $k_{\text{ск}}^s$  – коефіцієнт зручності службового купе провідників;  $k_{\text{кв}}^s$  – коефіцієнт комфортабельності купе відпочинку провідників.

Коефіцієнт площі вагона, призначеної для розміщення пасажирських купе та поздовжнього коридору, характеризує ефективність планувальних рішень і визначається за виразом:

$$k_{\text{пл}} = \frac{L_{\text{к}} - (L_{\text{Мпр}} + L_{\text{Мсп}})}{L_{\text{к}}}, \quad (2)$$

де  $L_{\text{к}}$  – довжина кузова вагона, м;  $L_{\text{Мпр}}$  – довжина модуля службових приміщень провідників, м;  $L_{\text{Мсп}}$  – довжина модуля санітарних приміщень загального користування, м.

Коефіцієнт кількості санітарних приміщень загального користування характеризує кількість туалетних приміщень та душових стояків, суміщених або окремих душових кабіні у вагоні:

$$k_{\text{сп}}^n = 0,1(n_{\text{тп}} + k_{\text{ду}} \times n_{\text{ду}}), \quad (3)$$

де  $n_{\text{тп}}$  – кількість туалетних приміщень, од.;  $k_{\text{ду}}$  – коефіцієнт, який враховує тип душових установок [2]; для душового стояка в туалетному приміщенні  $k_{\text{ду}} = 0,5$ ; для душової кабіни, суміщеної з туалетним приміщенням,  $k_{\text{ду}} = 0,75$ ; для окремої душової кабіни  $k_{\text{ду}} = 1,0$ ;  $n_{\text{ду}}$  – кількість душових установок, од.

Коефіцієнт комфортабельності санітарних приміщень за площею визначається за виразом:

$$k_{\text{сп}}^s = \frac{1}{0,1S_{\text{к}}} \times \sum_{i=1}^n S_{\text{сп}i}, \quad (4)$$

де  $S_{\text{к}}$  – площа кузова вагона, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{сп}i}$  – площа окремого  $i$ -го санітарного приміщення, м<sup>2</sup>;  $n_{\text{сп}}$  – кількість санітарних приміщень загального користування, од.

Коефіцієнт площі тамбурів характеризує загальну площу тамбурів у вагоні:

$$k_{\text{сп}}^s = \frac{1}{0,1S_{\text{к}}} \times \sum_{i=1}^n S_{\text{т}i}, \quad (5)$$

де  $S_{\text{т}i}$  – площа окремого  $i$ -го тамбура, м<sup>2</sup>;  $n_{\text{т}}$  – кількість тамбурів у вагоні, од.

Коефіцієнт зручності службового купе провідників характеризується його площею і визначається за формулою:

$$k_{\text{т}}^s = \frac{S_{\text{ск}}}{0,1S_{\text{к}}}, \quad (6)$$

де  $S_{\text{ск}}$  – площа службового купе провідників, м<sup>2</sup>.

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Коефіцієнт комфортабельності купе для відпочинку провідників характеризується розмірними параметрами та його площею:

$$k_{\text{кв}}^s = \frac{S_{\text{кв}}}{0,1S_{\text{к}}}, \quad (7)$$

де  $S_{\text{кв}}$  – площа купе для відпочинку провідників, м<sup>2</sup>.

Результати розрахунків з оцінки пропонованих компоновальних схем для створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів 1 й 2-го класів за коефіцієнтами ефективності планувальних рішень та зручності користування вагонами за виразами (1)–(7) наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Оцінка пропонованих компоновальних схем для проектування перспективних спальних купейних вагонів 1 та 2-го класів**

Table 2

**Evaluation of the proposed layout schemes for the design of promising sleeping compartment cars of 1st and 2nd classes**

Найменування параметра	Позначення компоновальної схеми									
	sV-200	sV-201	sV-202	sV-100	sV-101	sV-110	sV-120	sV-130	sV-140	sV-150
Площа кузова вагона, м <sup>2</sup>	88,74									
Довжина модулів, м:										
– службових приміщень провідників (M <sub>пр</sub> )	4,85					4,35	4,79	4,67	4,57	5,11
– санітарних приміщень (M <sub>сп</sub> )	2,53	3,48	3,17	2,29	2,16	2,46	2,59			
– пасажирського приміщення (M <sub>пн</sub> )	18,73	17,78	18,08	18,97	19,13	19,33	18,72	18,84	18,94	18,40
Коефіцієнт $k_{\text{пн}}$	0,717	0,681	0,693	0,726	0,731	0,739	0,717	0,722	0,726	0,705
Кількість санітарних приміщень, од.										
– туалетних приміщень	1	2								
– суміщених душових кабін	1		–			–				
– окремих душових кабін	–		2	1	2	1			2	
Коефіцієнт $k_{\text{сп}}^n$	0,175	0,275	0,40	0,30	0,40	0,30				0,40
Площа санітарних приміщень, м <sup>2</sup>	3,85	5,67	5,10	4,68	5,00	3,95	3,50	3,66	4,42	4,79
Коефіцієнт $k_{\text{сп}}^s$	0,434	0,639	0,575	0,527	0,563	0,445	0,394	0,412	0,498	0,54

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Продовження табл. 2  
Continuation of Table 2

Найменування параметра	Позначення компоувальної схеми									
	sV-200	sV-201	sV-202	sV-100	sV-101	sV-110	sV-120	sV-130	sV-140	sV-150
Площа тамбурів, м <sup>2</sup>	6,39			3,20			5,18	3,20		3,40
Коефіцієнт $k_T^s$	0,72			0,361			0,584	0,361		0,383
Площа службового купе, м <sup>2</sup>	2,6					3,01	2,6		2,82	3,01
Коефіцієнт $k_{СК}^s$	0,293					0,339	0,293		0,318	0,339
Площа купе відпочинку провідників, м <sup>2</sup>	2,47					2,56	2,47	1,80	2,12	2,56
Коефіцієнт $k_{КВ}^s$	0,278					0,288	0,278	0,203	0,239	0,288
Коефіцієнт ефективності планування вагона та зручності користування ним, $k_{ефп}$	1,035	1,304	1,377	1,621	1,762	1,496	1,256	1,577	1,606	1,635

## Результати

Аналіз отриманих результатів досліджень із визначено оптимальних компоувальних схем для проектування перспективних конкуренто-

спроможних спальних купейних вагонів 1 та 2-го класів за коефіцієнтами ефективності планувальних рішень та зручності користування ними, наведених на діаграмі (рис. 13),

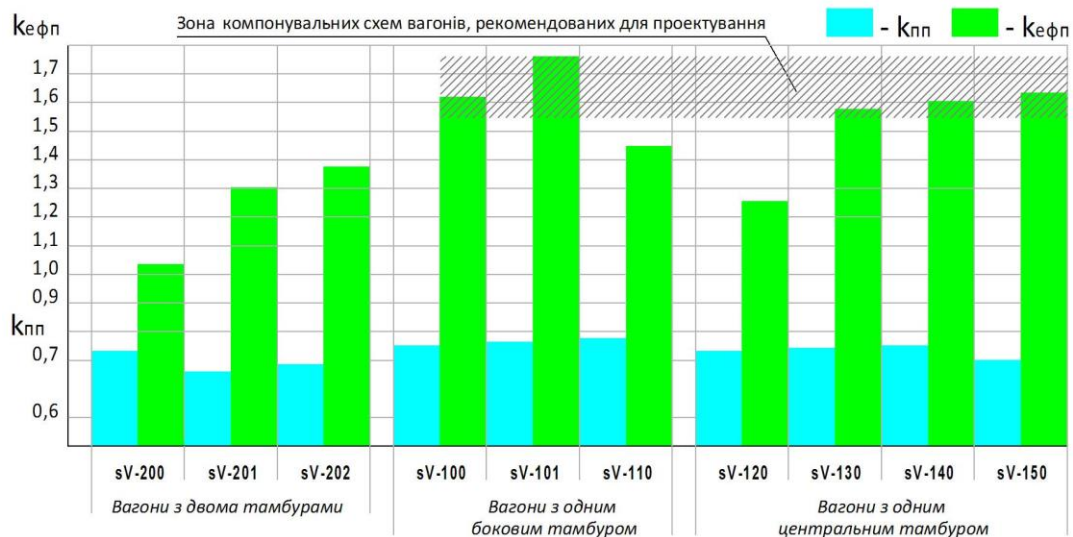


Рис. 13. Аналіз пропонованих компоувальних схем для проектування перспективних конкурентоспроможних купейних спальних вагонів 1 та 2-го класів за ефективністю планувань та зручністю користування

Fig. 13. Evaluation of the proposed layout schemes for the design of promising sleeping compartment cars of 1st and 2nd classes

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Показує, що:

– за коефіцієнтом площі кузова вагона, призначеної для розміщення пасажирських приміщень – пасажирських купе та коридору, який характеризує ефективність їх планувань, перевага належить компоновальним схемам з одним тамбуром, розміщеним в одному з кінців вагона, – sV–100 (рис. 6), sV–101 (рис. 7) та sV–110 (рис. 8) або з центральним розміщенням тамбура – схема sV–140 (рис. 11), для яких  $k_{\text{пл}} = 0,726–0,739$ ;

– за узагальненим коефіцієнтом ефективності планувань вагонів та зручності користування ними кращими теж є компоновальні схеми з одним тамбуром, розміщеним або в одному з кінців вагона, – схема sV–100 (рис. 6), схема sV–101 (рис. 7) та sV–110 (рис. 8), для яких  $k_{\text{ефп}} = 1,496–1,762$ , або з центральним розміщенням тамбура – схема sV–130 (рис. 10), схема sV–140 (рис. 11) та схема sV–150 (рис. 12), для яких  $k_{\text{ефп}} = 1,577–1,635$ ;

– за обома коефіцієнтами найкращою є компоновальна схема sV–101, для якої  $k_{\text{пл}} = 0,731$  і  $k_{\text{ефп}} = 1,762$ .

Для порівняння: коефіцієнт площі кузовів сучасних спальних купейних вагонів моделей 61–779 та 61–779А виробництва ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», призначеної для розміщення пасажирських приміщень, дорівнює  $k_{\text{пл}} = 0,688$ , а узагальнений коефіцієнт ефективності планувань вагонів та зручності користування ними складає  $k_{\text{ефп}} = 0,915$ .

### Наукова новизна та практична значимість

Новим у роботі є те, що вперше проведено аналіз наявних та нових компоновальних схем пасажирських спальних купейних вагонів за кількістю й розміщенням тамбурів і за кількістю, типами й розміщенням санітарних приміщень на основі розробленої методики об'єктивної оцінки ефективності компоновальних рішень, рівнів комфортабельності вагонів та зручності користування ними пасажирами.

Практична значимість роботи полягає в можливості обґрунтованого вибору вже на стадії розроблення ескізних пропозицій оптимальних компоновальних схем для створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів різних класів за рівнем комфортабельності з умов заданої кількості пасажирів у купе та загальної вмістимості вагонів.

### Висновки

Компоновальні схеми спальних купейних вагонів з одним тамбуром sV–100 і sV–101 та sV–130, sV–140 і sV–150 за узагальненим коефіцієнтом ефективності їх планувань та зручності користування ними мають беззаперечну перевагу порівняно зі схемами, які передбачають застосування двох тамбурів, – їх  $k_{\text{ефп}}$  більший на 14,5–70,2 %.

Компоновальні схеми спальних купейних вагонів sV–100 та sV–130, sV–140 і sV–150 забезпечують більшу безпечність перевезень пасажирів за рахунок одного (sV–100) або двох запасних виходів (схеми з розміщенням тамбура в середній частині кузовів вагонів).

Компоновальні схеми з одним тамбуром, розміщеним у середній частині кузовів вагонів завдяки поділу пасажирських салонів на дві частини, забезпечують більш комфортабельні умови перевезень пасажирів за рахунок перебування в кожній частині меншої кількості пасажирів.

Для проектування перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності оптимальними є такі компоновальні схеми:

– sV–140 – для створення спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності 1-го класу з двомісними та 2-го класу з чотиримісними купе вмістимістю відповідно 20 та 40 чол. за ширини купе 1,87 м;

– sV–150 – для створення спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності з одномісними купе вмістимістю 14 чол. за ширини купе 1,29 м.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вильк М. Ф., Юдаева О. С., Аксенов В. А., Пономарев В. М., Апатцев В. И., Сорокина В. А., Простомолотова В. Б., Козлов А. С., Латынин Е. О. Анализ вредных производственных факторов на рабочем месте проводника пассажирского вагона. *Анализ риска здоровью*. 2017. № 4. С. 97–107. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.4.11>
2. Войтків С. В. Методика оцінки рівня комфортабельності пасажирських купейних спальних вагонів. *Наука та прогрес транспорту*. 2020. № 1 (85). С. 44–55. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/200751>
3. Донченко А. В., Троцкий М. В., Крупа А. Г., Рейдемейстер Г. В. Типаж перспективных пассажирских вагонов локомотивной тяги для магистральных железных дорог Украины. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2007. № 14. С. 132–135.
4. ДСТУ 4049-2001. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки. [Чинний від 2002-03-01]. Київ : Держстандарт України, 2001. 24 с.
5. Інформація про Українські залізниці. Залізничний транспорт. *Міністерство інфраструктури України* : офіц. веб-сайт. URL: <https://cutt.ly/quLbqWa> (дата звернення: 27.04.2020).
6. Королева А. М., Пономарев В. М., Вильк М. Ф., Юдаева О. С., Филиппов В. Н. Анализ комфортабельности пассажирских вагонов и влияние ее на трудовую деятельность работников железнодорожного комплекса. *XXI век : итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2018. Т. 7. № 2 (42). С. 50–53.
7. Лексина А. Г., Минеева Н. И., Моргунов А. В., Тимошенкова Е. В., Грибов А. В., Демин В. Н., Хлебников В. Г., Васкина М. Ю. Прогнозирование теплового комфорта проезда пассажиров в салонах электропоездов. Теория и практика. *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98, № 5. С. 489–493. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-489-493>.
8. Логинова В. А. Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска здоровью работников на объектах железнодорожного транспорта. *Анализ риска здоровью*. 2017. № 2. С. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.2.10>
9. ОАО «Тверской вагоностроительный завод». Модельный ряд выпускаемой продукции. Вагоны пассажирские. URL: <http://tvz.ru/catalog/passenger> (дата звернення: 27.04.2020).
10. Основные принципы и критерии технических требований к техническим средствам для использования их на пространстве 1520 : Документ 998\_314. Верхов. Рада України. *Законодавство України*. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998\\_314/sp:max25](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_314/sp:max25) (дата звернення: 27.04.2020).
11. ПАТ «Крюковский вагоностроительный завод». *Пассажирское вагоностроение. Каталог*. URL: <http://www.kvsz.com/images/catalogs/tsn.pdf> (дата звернення: 27.04.2020).
12. Пономарев В. М., Сачкова О. С., Королева А. М. Анализ и расчеты рисков факторов трудовой деятельности работников железнодорожного комплекса на заболеваемость. *Наука и техника транспорта*. 2018. № 3. С. 108–111.
13. Самарская Н. А., Ильин С. М. Обеспечение безопасных условий труда и защита здоровья работников железнодорожного транспорта. *Экономика труда*. 2018. Т. 5, № 4. С. 1329–1346. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.5.4.39519>
14. СП 2.5.1198-03. *Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте*. [Чинний від 2003-06-03]. Москва : МПС РФ, 1998. 46 с.
15. Федюшин Ю. М., Лобойко Д. М., Донченко А. В., Пшінько О. М., Приходько В. І., Шкабров О. А. Аналіз світових тенденцій і перспектив розвитку пасажирського вагонобудування. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2005. № 7. С. 25–32.
16. Colino M., Rosenstein E. B. Preserving Passenger Comfort Through RWI Analysis. *ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. 2012. Vol. 11. P. 241–250. DOI: <https://doi.org/10.1115/IMECE2012-85669>
17. Kapalo P., Myroniuk Kh., Domnita F., Bacotiu C. Monitoring of indoor air in a passenger railway wagons. *SCTP*. 2018. Vol. 888. P. 72–78.
18. Leštinský L., Zvolenský P. New methods of noise reduction in railway carriages. *Transportation Research Procedia*. 2019. Vol. 40. P. 778–783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.110>
19. Moon J. H., Jeong C. H., Lee S. H., Lee J. W. Thermal comfort analysis in a passenger compartment considering the solar radiation effect. *International Journal of Thermal Sciences*. 2016. Vol. 107. P. 77–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2016.03.013>
20. Osborne D. J. Passenger comfort – an overview. *Appl Ergonomics*. 1978. Vol. 9. Iss. 3. P. 131–136. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(78\)90002-9](https://doi.org/10.1016/0003-6870(78)90002-9)

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

21. STADLER. *О каждом поезде : Проекты Stadler*. URL: <https://www.stadlerail.com/ru/ssylki/zagruzki/> (дата звернення: 27.04.2020).
22. Zvolenský P., Grenčík J., Pultznerová A., Kašiar L. Research of noise emission sources in railway transport and effective ways of their reduction. *MATEC Web of Conferences*. 2017. Vol. 107. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710700073>

С. В. ВОЙТКІВ<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>ООО «Научно-технический центр «Автополипром»», ул. Зубриковская, 32/24, Львов, Украина, 79066, тел. +38 (067) 447 04 90, эл. почта [voytktivsv@ukr.net](mailto:voytktivsv@ukr.net), ORCID 0000-0002-7789-2081

## АНАЛИЗ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ СПАЛЬНЫХ ВАГОНОВ

**Цель.** В работе предусмотрена разработка, анализ и выбор компоновочных схем пассажирских вагонов по количеству и размещению тамбуров и санитарных помещений общего пользования для создания перспективных конкурентоспособных спальных купейных вагонов существенно высших уровней комфортабельности и оценка перспективности освоения их серийного производства из условия обеспечения максимальной вместимости. **Методика.** Анализ компоновочных схем и планировок существующих спальных купейных вагонов различных европейских производителей и компоновочных схем для создания перспективных вагонов этого типа по размерным параметрам, количеству и размещением тамбуров и санитарных помещений общего пользования проведен по определенным критериям и показателям эффективности предлагаемых конструктивных решений и комфортабельности вагонов. **Результаты.** Разработаны компоновочные схемы для проектирования перспективных конкурентоспособных спальных купейных вагонов, оборудованных двумя или одним тамбуром и тремя-четырьмя санитарными помещениями общего пользования – туалетами, туалетами, совмещенными с душевыми стойками или душевыми кабинами, и отдельными душевыми кабинами. Предложена методика оценки эффективности предложенных конструктивных решений и комфортабельности перспективных спальных купейных вагонов по количеству, назначению и размещению санитарных помещений разного назначения и удобству пользования ими пассажирами. На основе проведенного анализа предложенных компоновочных схем выбраны их оптимальные варианты, рекомендованные для создания перспективных конкурентоспособных спальных купейных вагонов существенно высшего уровня комфортабельности. **Научная новизна.** Впервые проведен анализ существующих и новых компоновочных схем пассажирских спальных купейных вагонов по количеству и размещению тамбуров и по количеству, типу и размещению санитарных помещений общего пользования на основе разработанной методики объективной оценки эффективности компоновочных решений, уровней комфортабельности вагонов и удобства пользования ими пассажирами. **Практическая значимость.** Проведенный анализ дает возможность обоснованного выбора уже на стадии разработки эскизных предложений оптимальных компоновочных схем для создания перспективных конкурентоспособных спальных купейных вагонов разных классов повышенной комфортабельности в сравнении с вагонами-аналогами.

*Ключевые слова:* спальный вагон; компоновочная схема; критерии комфортабельности вагонов; конкурентоспособность спальных вагонов

S. V. VOYTKIV<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Scientific and Technical Center «Autopoliprom» Ltd., Zubrivska St., 32/24, Lviv, Ukraine, 79066, tel. +38 (067) 447 04 90, e-mail [voytktivsv@ukr.net](mailto:voytktivsv@ukr.net), ORCID 0000-0002-7789-2081

## ANALYSIS OF LAYOUT SCHEMES OF SLEEPING CARS

**Purpose.** The purpose of the work is the development, analysis and selection of layout schemes for passenger cars according to the number and location of enclosed platforms and sanitary facilities for creating promising competitive sleeping cars of various comfort levels and assessing the prospects of mastering their mass production in terms of ensuring maximum capacity. **Methodology.** An analysis of the layout schemes and planning of existing sleeping cars of various European manufacturers and layout schemes of promising cars in terms of size, number and placement of enclosed platforms and sanitary facilities was carried out according to the proposed criteria and per-

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

formance for the efficiency of design solutions and the comfort of cars. **Findings.** Designed layout schemes of promising sleeping cars equipped with two or one enclosed platform and three or four sanitary facilities for general use – lavatory rooms, lavatory rooms combined with shower racks or shower cabins and separate shower cabins. A technique is proposed for assessing the efficiency of the developed design solutions and the comfort of promising sleeping cars in terms of the number, purpose and location of sanitary facilities and the ease of their use by passengers. Based on the analysis of the proposed layout schemes, their optimal variants were selected, recommended for creating promising competitive sleeping cars of a substantially higher comfort level. **Originality.** For the first time, an analysis of existing and new layout schemes of passenger sleeping cars by the number and placement of enclosed platforms and the number, types and placement of public sanitary facilities based on the developed methodology for an objective assessment of the efficiency of layout solutions, levels of car comfort and ease of their use by passengers. **Practical value** of the work lies in the possibility of a reasonable choice already at the stage of development of outline proposals for optimal layout schemes for creating promising competitive sleeping cars of different classes of increased comfort levels.

**Keywords:** sleeping car; layout scheme; criteria for cars comfort; competitive ability of sleeping cars

## REFERENCES

1. Vil'k, M. F., Yudaeva, O. S., Aksenov, V. A., Ponomarev, V. M., Apattsev, V. I., Sorokina, V. A., Prostromolotova, V. B., Kozlov, A. S., & Latynin, E. O. (2017). Analysis of harmful production factors at the workplace of a passenger wagon conductor. *Health Risk Analysis*, 4, 97-107. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.4.11> (in Russian)
2. Vojtkiv, S. V. (2020). Assessment methodology of comfort level of passenger compartment sleeping cars. *Science and Transport Progress*, 1(85), 44-55. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/200751> (in Russian)
3. Donchenko, A. V., Trotskiy, M. V., Krupa, A. G., & Reydemeyster, G. V. (2007). Tipazh perspektivnykh passazhirskikh vagonov lokomotivnoy tyagi dlya magistralnykh zheleznykh dorog Ukrainy. *Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 14, 132-135. (in Russian)
4. *Vahony pasazhyrski mahistralni lokomotyvnoi tiahny. Vymohy bezpeky*, 24 DSTU 4049-2001. (2001). (in Ukrainian)
5. Informatsiia pro Ukrainski zaliznytsi. Zaliznychnyi transport. *Ministerstvo infrastruktury Ukrainy: ofitsiyniy veb-sait*. Retrieved from <https://cutt.ly/quLbqWa> (in Ukrainian)
6. Koroleva, A. M., Ponomarev, V. M., Wilk, M. F., Yudaeva, O. S., & Filippov, V. N. (2018). Analysis of passenger cars comfort and its influence on the labor activity of railway complex workers. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*, 7(2(42)), 50-53. (in Russian)
7. Leksina, A. G., Mineeva, N. I., Morgunov, A. V., Timoshenkova, E. V., Gribov, A. V., Demin, V. N., Khlebnikov, V. G., & Vaskina, M. Yu. (2019). Prognozirovaniye teplovogo komforta proezda passazhiro v salonakh elektropoezdov. *Teoriya i praktika. Gigiena i sanitariya.*, 98(5), 489-493. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-489-493> (in Russian)
8. Loginova, V. A. (2017). Gigienicheskaya otsenka uslovii truda i professional'nogo riska zdorov'yu rabotnikov na ob'ektakh zheleznodorozhnogo transporta. *Analiz riska zdorov'yu*, 2, 96-101. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.2.10> (in Russian).
9. OAO «Tverskoy vagonostroitelnyy zavod». *Modelnyy ryad vypuskaemoy produktsii. Vagony passazhirskie*. Retrieved from <http://tvz.ru/catalog/passenger> (in Russian)
10. Osnovnye printsipy i kriterii tekhnicheskikh trebovaniy k tekhnicheskim sredstvam dlya ispolzovaniya ikh na prostranstve 1520: Dokument 998\_314. Verkhovna Rada Ukrainy. *Zakonodavstvo Ukrainy*. Retrieved from [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998\\_314/sp:max25](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_314/sp:max25) (in Russian)
11. PAT «Kryukovskiy vagonostroitelnyy zavod». *Passazhirskoe vagonostroenie. Katalog*. Retrieved from <http://www.kvsz.com/images/catalog/tsn.pdf> (in Russian)
12. Ponomarev, V. M., Sachkova, O. S., & Koroleva, A. M. (2018). Analiz i raschety riskov faktorov trudovoi deyatel'nosti rabotnikov zheleznodorozhnogo kompleksa na zaboлеваemost'. *Nauka y tekhnika transporta*, 3, 108-111 (in Russian)
13. Samarskaya, N. A., & Il'in, S. M. (2018). Obespechenie bezopasnykh uslovii truda i zashchita zdorov'ya rabotnikov zheleznodorozhnogo transporta. *Ekonomika truda*, 5(4), 1329-1346. DOI: <https://doi.org/10.18334/et.5.4.39519> (in Russian)

## РУХОМИЙ СКЛАД І ТЯГА ПОЇЗДІВ

14. Sanitarnye pravila po organizacii passazhirskih perevozok na zheleznodorozhnom transporte, 46 SP 2.5.1198-03 (1998). (in Russian)
15. Fediushyn, Yu. M., Loboiko, D. M., Donchenko, A. V., Pshinko, O. M., Prykhodko, V. I., & Shkabrov, O. A. (2005). Analiz svitovykh tendentsii i perspektyv rozvytku pasazhyrskoho vahonobuduvannya. *Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 7, 25-32. (in Ukrainian)
16. Colino, M., & Rosenstein, E. B. (2012). Preserving Passenger Comfort Through RWI Analysis. *ASME 2012 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 11, 241-250. DOI: <https://doi.org/10.1115/IMECE2012-85669> (in English)
17. Kapalo, P., Myroniuk, Kh., Domnita, F., & Bacotiu, C. (2018). Monitoring of indoor air in a passenger railway wagons. *SCTP*, 888, 72-78. (in English)
18. Leštinský, L., & Zvolenský, P. (2019). New methods of noise reduction in railway carriages. *Transportation Research Procedia*, 40, 778-783. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.110> (in English)
19. Moon, J. H., Lee, J. W., Jeong, C. H., & Lee, S. H. (2016). Thermal comfort analysis in a passenger compartment considering the solar radiation effect. *International Journal of Thermal Sciences*, 107, 77-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2016.03.013> (in English)
20. Osborne, D. J. (1978). Passenger comfort—an overview. *Appl Ergonomics*, 9(3), 131-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(78\)90002-9](https://doi.org/10.1016/0003-6870(78)90002-9) (in English)
21. STADLER. *Overview of references*. Retrieved from <https://www.stadlerrail.com/ru/ssylki/zagruzki/> (in Russian)
22. Zvolenský, P., Grenčík, J., Pultnerová, A., & Kašiar, L. (2017). Research of noise emission sources in railway transport and effective ways of their reduction. *MATEC Web of Conferences*, 107, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710700073> (in English)

Надійшла до редколегії: 24.01.2020

Прийнята до друку: 25.05.2020