

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

Д. І. Волошин, Л. В. Волошина

**НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕРІАЛИ
У ВАГОНБУДУВАННІ**

Конспект лекцій

Харків - 2024

Волошин Д. І., Волошина Л. В. Новітні технології та матеріали у вагонобудуванні: Конспект лекцій. – Харків : УкрДУЗТ, 2024. – 86 с.

Конспект лекцій «Новітні технології та матеріали у вагонобудуванні» спрямований на формування теоретичних знань в галузі прогресивних технологій вагонобудування і є складовою навчально-методичного комплексу дисципліни.

Конспект лекцій містить теоретичний матеріал, в якому розглянуто основні тенденції розвитку нових конструкцій пасажирських та вантажних вагонів, особливості розвитку високошвидкісного рухомого складу, новітні підходи до технологічних процесів при виготовленні вагонів, перспективні системи управління виробничими системами та інтелектуальні технології експлуатації рухомого складу.

Рекомендується для видання і використання в навчальному процесі УкрДУЗТ для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 273 «Залізничний транспорт», освітньої програми «Вагони та вагонне господарство» усіх форм здобуття освіти.

Лл. 31, табл. 3, бібліогр.: 17 назв.

Конспект лекцій розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри інженерії вагонів та якості продукції 12 лютого 2024 р., протокол № 5.

Рецензент

проф. А. О. Ловська

Зміст

Вступ	5
Лекція 1 Розвиток нових конструкцій вантажних вагонів	6
Лекція 2 Розвиток нових конструкцій пасажирських вагонів	21
Лекція 3 Тенденції розвитку високошвидкісного рухомого складу	34
Лекція 4 Новітні підходи у технологічних процесах вагонобудування	40
Лекція 5 Розвиток вагонобудівних матеріалів для підвищення ресурсу роботи пасажирських та вантажних вагонів	48
Лекція 6 Формування систем оцінювання ризиків в умовах ВБЗ	53
Лекція 7 Перспективи використання методології «Бережливого виробництва» при виготовленні вагонів	61
Лекція 8 Аналіз новітніх інтелектуальних технологій при будівництві та експлуатації рухомого складу	73
Список рекомендованої літератури	84

Тематичний план

Лекція 1 Розвиток нових конструкцій вантажних вагонів	2 год.
Лекція 2 Розвиток нових конструкцій пасажирських вагонів	2 год.
Лекція 3 Тенденції розвитку високошвидкісного рухомого складу	2 год.
Лекція 4 Новітні підходи у технологічних процесах вагонобудування	2 год.
Лекція 5 Розвиток вагонобудівних матеріалів для підвищення ресурсу роботи пасажирських та вантажних вагонів	2 год.
Лекція 6 Формування систем оцінювання ризиків в умовах ВБЗ	2 год.
Лекція 7 Перспективи використання методології «Бережливого виробництва» при виготовленні вагонів	2 год.
Лекція 8 Аналіз новітніх інтелектуальних технологій при будівництві та експлуатації рухомого складу	2 год.

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни “Новітні технології та матеріали у вагонобудуванні” є ознайомлення здобувачів другого освітнього рівня (магістр) з новими конструкціями вантажних та пасажирських вагонів, прогресивними методами організації виробництва вагонів, дослідження новітніх підходів до розроблення нових вагонних конструкцій, аналіз використання нових матеріалів при виготовленні вузлів та деталей рухомого складу та ін.

Основними завданнями викладання дисципліни є отримання перспективних знань з організації роботи підприємств з виготовлення вантажних та пасажирських вагонів, ознайомлення з принципами формування та експлуатації енергоефективних виробництв, отримання знань прогресивних видів матеріалів та методів їх отримання при будівництві нових конструкцій вагонів.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти повинні:

знати: нові конструкції вантажних та пасажирських вагонів; основи застосування новітніх технологій виготовлення вагонів; новітні матеріали для підвищення ресурсу роботи пасажирських та вантажних вагонів; новітні технології організації виробничих систем з виготовлення вагонів; перспективи розвитку інтелектуальних технологій при експлуатації рухомого складу;

вміти: проводити модернізацію виробництва з метою отримання ефективної виробничої системи з мінімальними втратами; обирати найбільш перспективні матеріали для технологічних процесів виготовлення вагонів; бути здатним провести впровадження новітніх методів організації виробничих процесів.

Лекція 1

РОЗВИТОК НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Загальні тенденції розвитку вантажного вагонобудування. У даний час практично в усіх країнах світового співтовариства розглядаються і здійснюються заходи, спрямовані на підвищення конкурентоздатності та ефективності залізниць. Перевага, що віддається залізничному транспорту, обґрунтована наявністю вагомих переваг перед іншими видами транспорту. Так, збільшення його перевізної і пропускної здатності досягається при значно менших витратах для країни, ніж, наприклад, автомобільного; збільшення залізничних вантажопотоків може відбуватися з незначним негативним впливом на навколишнє середовище. Відомо, що локомотиви в середньому в 3 рази менше забруднюють повітряне середовище, ніж вантажні автомобілі; у такому самому співвідношенні вони ефективніше з погляду витрат енергії.

Розглядаючи перспективи розвитку залізничного транспорту в ХХІ столітті, фахівці всіх промислово розвинутих країн прийшли до єдиної думки, що нове сторіччя буде характеризуватися впровадженням в експлуатацію екологічно чистого транспорту, що відрізняється високими швидкостями руху, низьким рівнем шуму, комфортними умовами для пасажирів, надійністю і ремонтпридатністю. При цьому слід зазначити, що в даний час не існує ні світової, ні європейської єдиної концепції майбутнього розвитку залізниць. Особливість сучасної ситуації полягає в тому, що в середовищі виробників рухомого складу вже сформувалася невелика кількість великих міжнародних компаній, у яких більшість залізниць з усього світу купує необхідні їм вироби, готові до експлуатації і які мають гарантію надійності на весь термін служби. Між концернами-виробниками ведеться жорстка конкурентна боротьба за ринки збуту

продукції, що знаходить висвітлення в безперервному підвищенні технічного рівня рухомого складу і зниженні цін на нього.

Останніми роками минулого сторіччя у покупців рухомого складу склалася визначена політика в області закупівель як вантажних, так і пасажирських вагонів. Якщо раніше робився упор на закупівлю вантажних вагонів універсального призначення, то зараз перевага віддається спеціалізованим вагонам з урахуванням можливості використання їх і під інші вантажі. Наочним підтвердженням цьому може служити розгляд структури парку вагонів США, у якому кількість спеціалізованих вагонів складає близько 60 %.

Процес насичення вагонного парку спеціалізованим рухомим складом збережеться і у перспективі. Ця тенденція обґрунтована насамперед економічними вигодами – такими, як збільшення кількості перевезеного вантажу, додатковими зручностями при виконанні навантаження і розвантаження вагонів, збереженням перевезених вантажів і т. д. У даний час уже досить чітко сформувалися основні ринкові вимоги і підходи до проектування вантажних вагонів нового покоління, що характеризуються необхідною для освоєння зростаючих вантажопотоків провізною спроможністю. Як основні розглядаються такі вимоги: зменшення маси тари вагонів; підвищення погонних і осьових навантажень; збільшення габариту, швидкості руху і маси вантажних потягів; тривалий термін служби; зниження вартості життєвого циклу.

Одним зі значущих факторів, що сприяють підвищенню економічної ефективності будівництва вагонів, є зменшення їх маси. Тому вагонобудівні компанії при проектуванні вагонів нового покоління, прагнучи вирішити цю проблему, основну увагу приділяють удосконаленню конструкції як окремих вузлів, так і вагонів у цілому, використанню нових технологій і застосуванню нових матеріалів.

Залізничні перевезення значною мірою впливають на стан української економіки. Цим же багато в чому визначається і фінансово-економічне положення самого залізничного транспорту. Після розпаду СРСР на території України залишилися заводи, загальна продуктивність яких склала 45 % від колишньої, причому зі спеціалізацією на випуску 45 % від обмеженого числа типів. Зокрема, серед піввагонів експлуатаційного парку близько 85 % являють собою конструкцію універсального вагона з люками і лише 15 % – спеціалізовані вагони з глухонною конструкцією кузова.

Створення нових типів і конструкцій вагонів містить у собі етапи проектування, виробництва, експериментальних досліджень дослідних зразків, освоєння серійного випуску з урахуванням корегування робочої документації.

Типаж парку вагонів має відповідати структурі вантажопотоку. Під навантаження необхідно подавати універсальні або спеціалізовані вагони, які найбільшою мірою відповідають властивостям вантажів, що забезпечують їх збереження, механізоване навантаження і розвантаження з мінімальною витратою матеріалів на кріплення, захист навколишнього середовища. Парк спеціалізованих вагонів за чисельністю і типажом необхідно розширити до економічно обґрунтованих розмірів.

Розроблення типажу вагонів нового покоління передбачає поліпшення їх споживчих властивостей і техніко-економічних параметрів. При цьому враховуються такі критерії, що забезпечують підвищення ефективності вагонів:

- відповідність усім діючим нормативним документам замовника і прогнозам розвитку економіки протягом призначеного терміну служби;
- зручність користування, забезпечення збереження вантажів, можливості механізації навантаження і розвантаження;

➤ статистично значиме (не менш 5 %) поліпшення показників продуктивності (вантажопідйомності) порівняно з кращими з наявних в експлуатації прототипів;

➤ застосування візків поліпшеної конструкції з удосконаленими системами ресорного підвішування і автоматичних гальм, безремонтних конструкцій природних пар тертя протягом пробігу до капітального ремонту, статистично значуще зниження динамічних навантажень у несучих вузлах вагонів і в елементах верхньої будови колії;

➤ зниження питомої матеріалоємності на одиницю вантажопідйомності, об'єму кузова і площі підлоги;

➤ екологічна безпека, можливість утилізації після закінчення призначеного терміну служби, запобігання втрат вантажу через нещільності кузовів і через вивітрювання з відкритої поверхні;

➤ підвищення продуктивності праці на 25 %.

Концепція проведення науково-технічної політики в області створення вантажних вагонів нового покоління допускає розроблення на основі альтернативних підходів із проведенням аналізу різних варіантів рішень, тобто створення конкурентного середовища не тільки при виробництві вагонів, але і на стадії проєктних і навіть передпроєктних робіт [1, 2]. Якість нових конструкцій оцінюється заводом на етапі розроблення технічного завдання на вагон і на етапах виконання ескізних проєктів. При цьому використовуються такі критерії оцінки якості конструкції вагону: рівень безпеки і екологічного навантаження на навколишнє середовище від одиниці рухомого складу, споживчі показники, вартість життєвого циклу і коефіцієнт експлуатаційної готовності.

Для підвищення технічного рівня вантажних вагонів потрібно розв'язати такі технічні задачі:

- збільшення терміну служби основних деталей і вузлів вагонів у 1,5–2 рази;
- забезпечення міжремонтних термінів служби деталей тертя і вузлів підшипників з 400–500 тис. км до 1 млн км;
- скорочення частоти надходження вагонів у поточний позаплановий ремонт із 3,5 до 0,3 разу на рік.

До кузовів вагонів нового покоління висувається насамперед вимога підвищити міцність і корозійну стійкість листового прокату і профілів за рахунок застосування нових марок сталей. Це дозволить знизити масу тари вагона і відповідно збільшити масу перевезеного вантажу, а також зменшити витрати на ремонт кузова в експлуатації і при планових видах ремонту.

Важливе значення, з погляду стійкості вагонів до сходу, має вимога знизити їх центр ваги.

При створенні візків для вагонів з підвищеними навантаженнями необхідно забезпечити таку найважливішу умову. За рівнем динамічного горизонтального і вертикального впливу на колійну структуру вагони нового покоління не повинні перевершувати значень, встановлених для існуючого парку. Ця вимога реалізується в пружинному комплекті візка за рахунок статичного і динамічного прогину, а головне в правильному виборі фрикційного вузла гасіння вертикальних і горизонтальних коливань.

Застаріла технологія на ливарних заводах не могла не позначитися на якості продукції, що випускається. Щорічно значна кількість надресорних балок, бокових рам бракуються через тріщини і злами. З цієї причини мають місце випадки аварій. Лінійні розміри литих деталей, допуски на ці розміри в багато разів більші, насамперед порівняно з західними стандартами. Відсутність точного лиття негативно позначається на кінематиці руху візка в цілому.

Технічні вимоги до литих деталей візків нового покоління містять більш жорсткі показники хімічного складу і міцності завдяки переходу на нову марку стали. Додамо, що при існуючому способі одержання виливків неможливо домогтися службових характеристик литих деталей, що повинні бути висунуті до візків вагонів нового покоління. Для забезпечення рівня перспективних вимог до якості надресорних балок і бічних рам (термін служби 45 років, гарантійний термін 8 років та ін.) необхідно технічне переозброєння заводів-виготовлювачів з переходом сталеливарних цехів на сучасну технологію одержання виливків.

При розробленні вимог до конструкції перспективної колісної пари були використані результати науково-дослідних робіт, виконані різними вітчизняними організаціями, а також закордонний досвід застосування суцільнокатаних коліс, касетних конічних підшипників на пресовій посадці з загальним зовнішнім кільцем і вбудованими ущільнювачами. Зони переходів від маточини колеса до диска і від диска до обода виконуються без перегинів для максимального зниження концентраторів напруг. При цьому диск зміцнюється наклепом за допомогою оброблення дробом, товщина обода забезпечує можливість багаторазового відновлення профілю поверхні кочення.

Матеріал коліс забезпечує твердість після термообробки, підвищену до 350-380 НВ, що дозволяє збільшити в 1,5-2 рази зносостійкість гребеня колеса і у 1,5-2 рази знизити утворення вищербин. При обточуванні колісної пари у всіх видах ремонту не потрібно демонтувати елементи торцевого кріплення і буксового вузла, центр колесотокарного верстата проходить через спеціальний отвір у передній кришці вузла в торець осі.

Для вантажних вагонів нового покоління (відповідно до вихідних вимог) проведені дослідження автозчепного пристрою напівжорсткого типу з новим механізмом зчеплення, що виключає саморозчеплення потягів. Контроль справного стану автозчеплень в експлуатації

передбачено робити тими самими методами і інструментами, що застосовуються для контролю автозчепу СА-3. З метою запобігання падіння автозчепу на колію запропоновано застосування розчіпного важеля із двома ланцюжками.

Даний автозчеп дасть змогу забезпечити зчеплення вагонів з різницею між поздовжніми осями автозчепів до 140 мм перед зчепленням, виключити падіння автозчепу на колію при обриві, автоматично з'єднувати гальмові рукава при зчепленні вагонів. Безремонтний термін служби буде збільшений завдяки застосуванню зносостійких покриттів у контурі зачеплення і на хвостовику автозчеплення.

Аналіз умов експлуатації вантажних вагонів показав значні розходження вимог до поглинаючих апаратів автозчепного пристрою, що пропонуються залежно від роду перевезених вантажів.

Можливість широкого застосування недорогих апаратів для поїзних умов експлуатації обумовлена маршрутизацією перевезень із застосуванням потягів постійного формування. Для вантажів особливо високої вартості і чутливих до динамічних навантажень доцільно забезпечити більш надійний захист вагона від дії поздовжніх сил і прискорень. Однак це можливо тільки за умови вузької спеціалізації такого рухомого складу, введення спеціального тарифу і організації транспортних структур, що будуть орендарями або власниками вагонів. Вибір поглинаючого апарата для вагонів, призначених для перевезення небезпечних вантажів, повинний проводитися з урахуванням їх впливу на навколишнє середовище.

На вагонах з навантаженням на вісь 25 тс можливим є встановлення гальмового обладнання в традиційному виконанні – з одnobічним натисканням композиційних колодок на колесо або з двома гальмовими циліндрами, що впливають на кожен візок. При навантаженні на вісь 30 тс передбачається колодкове гальмо з двостороннім натисканням колодок на

колесо. Для забезпечення відводу колодок при відпущеному гальмі візки обладнуються новими пристроями торсіонного типу. Кріплення гальмових башмаків на тріангелі буде здійснюватися без застосування нарізних з'єднань, що істотно знизить витрати на їх технічне обслуговування і ремонт. У шарнірних з'єднаннях намічено застосувати зносостійкі втулки, що підвищать надійність роботи цих вузлів і спростить їх ремонт.

Новітньою основою для розробок нових конструкцій вантажних вагонів нового покоління може стати принцип модульного компонування з раціональною уніфікацією базових вузлів і систем.

Використання уніфікованих базових модулів дозволить значно знизити вартість виробництва вагонів, а також знизити експлуатаційні витрати на їх ремонт і технічне обслуговування. Наявність уніфікованих деталей дозволить створити на різних залізницях України сервісні центри, у яких буде виконуватися відновлювальний ремонт деталей і вузлів вагона, таких як касетні роликові підшипники, автозчепи, поглинальні апарати та ін.

Розглядаючи процеси розвитку вантажних вагонів на європейському просторі можна помітити, що залізничний транспорт перестає бути «тільки» транспортом и все більше включається в логістичні потоки. Подальший тиск на економіку експлуатації та скорочення витрат означає постійно зростаючі вимоги до:

- зниження маси тари вантажних вагонів і збільшення маси вантажу;
- збільшення швидкості перевезень;
- енергетичної економічності експлуатації;
- зниження зносу коліс;
- зниження зносу шляхів;
- зниження рівня шуму;
- підвищення безпеки;
- зниження навантаження на навколишнє середовище.

Огляд новітніх підходів до розроблення конструкції вантажних вагонів. Процес створення сучасних вантажних вагонів у великій степені враховує економічні аспекти експлуатації вагонів і вимоги прогресивних сучасних підходів до підвищення їх експлуатаційної ефективності. Так, підвищення припустимої маси бруто вагонів з 119 до 129 т стимулювало в США виробництво великовантажних вагонів, що відповідають вимогам стандарту 286к. Використання вагонів підвищеної вантажопідйомності вигідно залізницям, тому що дає змогу перевозити більше вантажів меншою кількістю вагонів.

Конкурентну здатність залізниць підвищують також за рахунок впровадження нових технологій для перевезення вантажів. Одну з найбільш ефективних можливостей надає вибір для перевезень конкретних вантажів наявних або заново проєктованих вагонів із заданими характеристиками.

Наприклад, австрійські компанії Wien/Linz Stahl і Voest Alpine Stahl розробили для компанії STEEL Stahlwaggon новий критий вагон для перевезення сталевих листів в рулонах. Раніше рулони вантажили в піввагони або на вагони-платформи і там закріплювали. Зовнішня сторона рулонів при цьому часто пошкоджувалася. Найбільшою проблемою було те, що розміщення максимального навантаження припускалося тільки над візками. Вагон, що одержав назву STEEL-Shimmns (рисунки 1.1), забезпечує новий якісний рівень перевезення сталі.

Німецька транспортна компанія DB Cargo представила оновлений вагон для перевезення сталі для автомобільної промисловості (рисунки 1.2). Вказані сталеві вироби вимагають особливого захисту від погодних умов, тому для їх накриття сконструювали спеціальні тенти.

Чотири рукоятки на торцевих частинах накриття вагона дозволяють легко відкривати вагон на навантажувальних рампах. Можливість відкривати рукоятки незалежно один від одного дасть змогу значно поліпшити виробничу безпеку на робочих місцях.

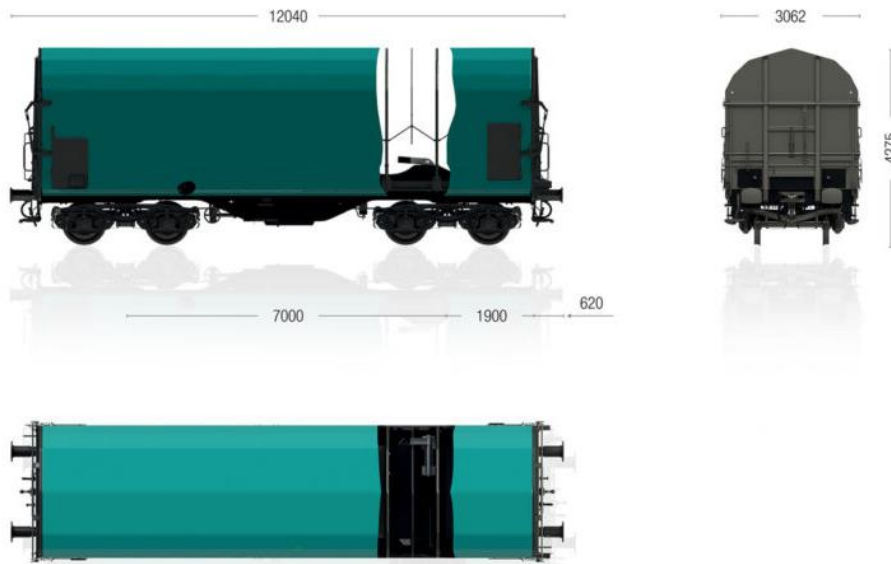


Рисунок 1.1 – Вагон з ковзним покриттям для перевезення сталевих листів у рулонах



Рисунок 1.2 – Вагон для перевезення сталі для автомобільної промисловості зі спеціальним тентовим накриттям

DB Cargo використовує брезентові заглушки для відновлення розривів та дірок у покритті вагонів. Ремонт за допомогою цієї технології можна проводити поза майстернями і при будь-якій погоді. Заглушки

також використовуються для герметизації брезентового покриття, що допомагає захистити вантажі, які чутливі до вологи. Оновлені вагони одержали модернізований дизайн кузова і поліпшені ущільнення та гумові прокладки в жолобах катушки.

Шведська компанія Kiruna Wagon випускає вагони-самоскиди Helix Dumper, призначені для далекомагістральних залізничних перевезень і ефективного розвантаження руди (рисунок 1.3). Вони виготовляються із застосуванням високоміцної сталі та істотно перевищують за довговічністю та ефективністю стандартні вагони-рудовози. Завдяки застосуванню прогресивних високоміцних марок конструкційної і зносостійкої сталі розробникам вдалося спроектувати легкі вагони зі стаціонарними спіралеподібними вагоноперекидачами для розвантаження без розчеплення.

Вагони обладнані оригінально спроектованою системою розвантаження, швидкість якої досягає 25 тис. тонн на годину, що вдвічі швидше аналогічних рішень.



Рисунок 1.3 – Вагони-самоскиди Helix Dumper

Також у 2020 р. компанія розробила Side Loader XL – інноваційний вантажний вагон, у якого повністю відкриваються борти для максимально ефективного навантаження і розвантаження різними видами навантажувачей. Завдяки безпечному дистанційному управлінню вся 20-тиметрова сторона відкривається вертикально у великогабаритні вантажні двері без опорних колон або розсувних дверей. Основною задачею при розробленні даного типу вагону було видалення всіх елементів, що обмежують доступ і можуть бути пошкоджені в процесі навантаження і розвантаження.

Версія Side Loader XL була створена для виробника товарної целюлози Sodra Cell Varo, має загальну навантажувальну площу 51 кв. м і масу завантаження близько 51 тонни. Високоміцна сталь і легка фермова конструкція дають змогу гідравлічно відкривати всю трисекційну бокову стіну вагону. Для зовнішньої поверхні використано міцний, гнучкий брезент, що забезпечує низьку вагу (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Критий вагон для перевезення товарної целюлози

Деякі виробники рухомого складу розробляють власні конструктивні і технологічні рішення, що дозволяють зменшити масу тари вагона. Так,

компанія Johnstown America запропонувала новий спосіб виготовлення хребтової балки, одного з основних елементів рами більшості вагонів сучасної конструкції. Звичайно її зварюють із двох гарячекатаних профілів. Результатом проведених разом з постачальником металу досліджень стала заміна звареної конструкції профілем з холоднокатаної сталі з границею текучості 492 МПа замість 351,5 МПа. Нова рама має достатню міцність, але при цьому маса тари вагона для перевезення вугілля зменшена на 450 кг.

Johnstown America разом з American Seel Foundries розробила полегшений візок ASF-2001, у якого немає підп'ятника, а навантаження від кузова передається на дві бічні опори. Поєднання кузова з алюмінієвого сплаву, полегшеної балки і візка дало змогу зменшити тару вагона для перевезення вугілля до 17,7 т при вантажопідйомності 112,5 т.

Одним з найважливіших факторів розвитку вагонобудування є підвищення осьових навантажень, що не тільки економічно виправдано, але дає значний ефект. Підвищення її від 22,5 до 30,5 т знижує витрати на перевезення на 40 %.

При цьому відіграє свою роль не тільки конструкція вагона, але і коефіцієнт вантажопідйомності (відношення вантажопідйомності до маси тари). Чим вище цей коефіцієнт, тим економічно ефективніше використання вагона. У результаті реалізації такого підходу коефіцієнт вантажопідйомності в багатьох країнах підвищений з 2,4 до 5,8.

Тенденції розвитку в цьому напрямку простежуються усе ясніше. Це підтверджується збільшенням протягом останніх років обсягу замовлень на спеціалізовані вагони великої вантажопідйомності і місткості. В даний час осьове навантаження чотири- і двовісних вагонів на залізницях Європи і країн СНД складає не більш 22,5 т, у той час як на залізницях Північної Америки, Австралії і Південної Африки широко експлуатуються вантажні вагони з осьовими навантаженнями 30...40 т. Слід зазначити, що і у Європі

є кілька ізольованих залізничних систем, що обслуговують конкретні види найбільш масових перевезень вантажів – вугілля, залізної руди, зерна, продукції нафтової і нафтохімічної промисловості, автомобілів і контейнерів, де використовуються вагони з підвищеним осьовим навантаженням.

Компанія В-Cargo (вантажні перевезення) на залізницях Бельгії почала експлуатувати нові криті вантажні вагони типу Tain (рисунок 1.5) Їх конструктивною особливістю є дах, що розкривається, який складається з двох половин напівциліндричної форми. Це забезпечує зручність навантаження сипучих вантажів і їх захист від атмосферних опадів. Розвантаження проводиться через чотири нижні люки з відкидними кришками. Привід відкривання/закривання даху і кришок люків – гідравлічний.



Рисунок 1.5 – Криті вантажні вагони типу Tain

Вагони призначені для перевезення цинкової руди з порту Антверпен на металургійні заводи компаній Union Minière у Бадене (Бельгія) і Budelgo у Баделе (Нідерланди). Маса тари вагона Tain дорівнює 28,5 т,

максимальна вантажопідйомність 71,5 т, корисний обсяг 62,5 м³, припустиме осьове навантаження складає 25 т, конструкційна швидкість 100 км/ч.

В Україні побудовані і експлуатуються на залізницях вагони-хопери (рисунок 1.6) для перевезення вугілля з осьовим навантаженням до 35 т.



Рисунок 1.6 – Вагон-хопер для вугілля вантажопідйомністю 90 т
(Модель 22-4003)

Вони використовуються для перевезення сировини і продукції між промисловими підприємствами і по внутрішньозаводських територіях. У них транспортуються вантажі, що мають температуру до +800°C – чушковий чавун, злитки, сляби, а також сипучі металургійні вантажі, великовагова обрізь, мідна руда, рулонна сталь та ін. Конструкційна швидкість на промислових коліях – 80 км/год.

Лекція 2

РОЗВИТОК НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Розвиток вітчизняного вагонобудування на прикладі Крюківського вагонобудівного заводу (КВБЗ). З перших років існування незалежної держави став відчутний дефіцит пасажирського залізничного рухомого складу. Тому було прийнято рішення про створення власної галузі пасажирського вагонобудування. Алгоритм розвитку – концепція, конструкторські і технологічні рішення, перші зразки і їх іспити, будівництво виробничих потужностей, залучення підприємств-партнерів, наукових організацій, аналіз досвіду ведучих європейських виробників і т. п. [3, 4].

Уже на початку 1993 року на розширеному засіданні науково-технічної ради Укрзалізниці було розглянуто базові технічні вимоги до розроблення пасажирського вагона для України. Тоді ж визначені основні параметри перспективного вагону – довжина кузова 26,6 м і база 19 м. У вагоні повинно було бути 10 купе на 40 місць. Такі параметри забезпечували підвищену пасажиромісткість і потенціал подальшої модернізації.

Пасажирський вагон будівництва КВБЗ забезпечував економію електроенергії, пального, витрат на провідників і підтримку вагонного парку в справному стані. У масштабах держави це були значні засоби, які могли бути спрямовані на своєчасне і ритмічне відновлення рухомого складу.

Українськими підприємствами в період з 1994 по 2000 рік було розроблено, випробувано і рекомендовано до виробництва основні комплектуючі для виготовлення вітчизняного пасажирського вагона – перетворювачі, кондиціонери, розподільні шафи, генератори та інші вузли.

Фактично Україна в мінімальний термін змогла створити комплексний наукоємний продукт, на що навіть зараз спроможна невелика кількість виробників у світі (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Перший вітчизняний вагон виробництва КВБЗ

Для свого часу цей вагон мав сучасний інтер'єр і інноваційну для колії 1520 мм концепцію, яку на той час не мав жоден з виробників СНГ. Це був перший вагон моделі 61-779 (рисунок 2.2 та 2.3). Його КВБЗ поставляв у різних комплектаціях Укрзалізниці, експортував у Білорусь, Казахстан і Таджикистан. Кожна партія вагонів мала свої особливості і відрізнялася не тільки інтер'єром, але і постійною модернізацією внутрішніх систем вагона.

Серія 779 стала самим затребуваним продуктом для вітчизняного ринку пасажирських вагонів [5]. У цілому було створено 17 моделей і 23 модифікації даної серії. За період виробництва з 2002 по 2023 рік серійний пасажирський вагон зазнав модернізації і конструктивних змін. У першу чергу, вони були спрямовані на підвищення рівня комфорту пасажирів і мінімізацію витрат на технічне обслуговування, ґрунтувалися

на отриманому досвіді експлуатації вагонів і спільній роботі безпосередньо з оператором пасажирських перевезень.



Рисунок 2.2 – Вагон пасажирської моделі 61-779Д

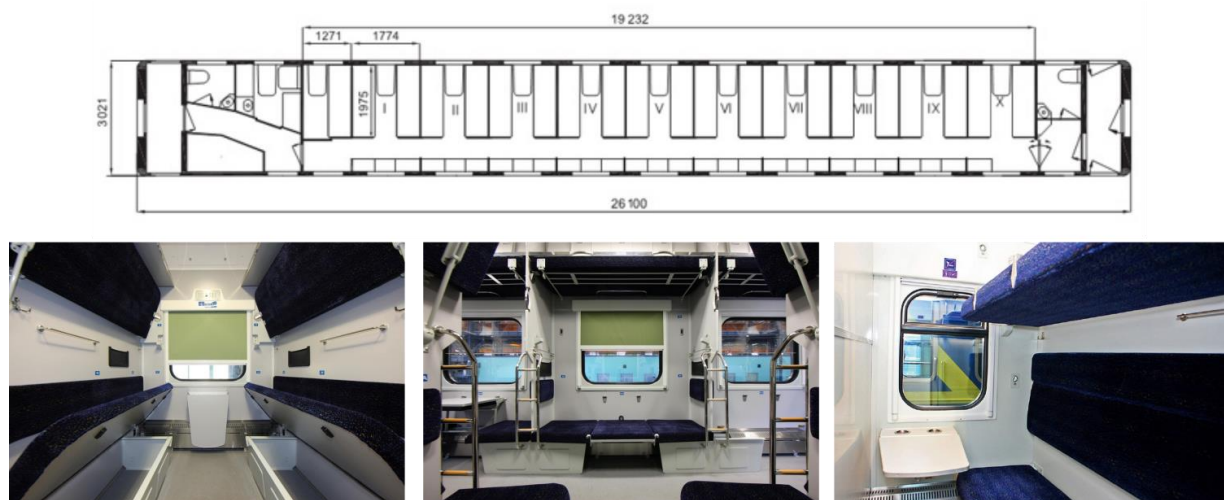


Рисунок 2.3 – Вагон плацкартний моделі 61-779П

Запроваджено комплексні модифікації не тільки окремих комплектуючих, але і базових систем вагонів. Це, зокрема, антикорозійні заходи, що дають змогу збільшити надійність елементів тамбурів і зовнішніх дверей (від дверей зі звичайної конструкційної сталі до

нержавіючої з наступним переходом на алюміній). Як наслідок – зменшення обсягів ремонту.

Конструкторам удалося знизити вагу вагонів при постійному насиченні їх додатковим електроустаткуванням (встановлення розетки для кожного пасажиря, кулера, кофемату та ін.) (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Пасажирський вагон з місцями для сидіння і баром моделі 61-779Е

Постійно продовжується оптимізація параметрів мікроклімату у вагонах, що дозволяє успішно працювати в екстремальних кліматичних умовах (від -40° до $+50^{\circ}\text{C}$) із забезпеченням комфортних умов для пасажирів. Також зросла ефективність гальмової системи, збільшилася плавність руху за рахунок використання сучасних візків і оптимізації параметрів системи підресорювання вагонів. Зазнала модернізації комплексна система керування вагонів з метою підвищення її енергоефективності і рівня автоматизації.

Здійснено перехід на сучасний візок безлюечної конструкції з дисковими гальмами, що за своїми базовими технічними рішеннями може забезпечувати рух на швидкостях до 200 км/год.

Усе це було реалізовано одночасно з роботою з удосконалення інтер'єра, створення різноманітних планувальних рішень, робочих зон, конфігурації і устаткування окремих приміщень вагонів. Постійна увага приділяється впровадженню сучасних елементів, якими користується безпосередньо пасажир: USB-розетки, підставки під електронні гаджети, різноманітні столики, ергономічні поручні та підлокітники, підсклянники і т. п.

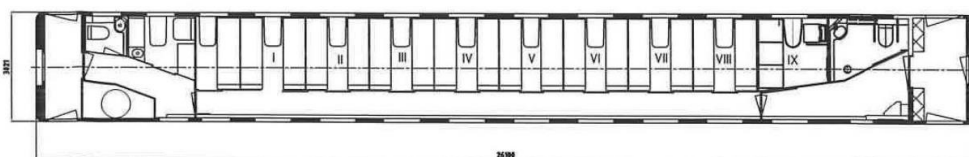


Рисунок 2.5 – Вагон пасажирський купейний моделі 61-779 ЕГІ

Одночасно був пройдений шлях від візка моделі «КВЗ-ЦНП» для серійного пасажирського вагона до ходових частин швидкісного двосистемного електропоїзда (200 км/год і вище). Перші вітчизняні ходові частини базувалися на візках моделі Y-32 (компанії De Dietrich, Франція). Протягом 2001–2007 років розроблена конструкторська документація, виготовлені дослідні партії і проведений повний комплекс приймальних іспитів (включаючи експлуатаційні) з одержанням дозволу на серійне виробництво візків моделей 68-7007 і 68-7012. Одночасно з 2005 по 2008 рік проведена робота з постановки на серійне виробництво візків моделі 68-7013 із приводом підвагонного генератора від середньої частини вісі колісної пари.

Вітчизняні вагонобудівники зосередилися на розвитку не однієї серії вагонів. Паралельно ще в 2004–2006 роках була розроблена нова лінійка пасажирських вагонів удосконаленої серії 61-788. Першим виготовили комбінований вагон відкритого типу із сидячими місцями з окремими зонами для пасажирів 2 і 1 класів, а також з купе для VIP-пасажирів.

У цієї моделі вперше був використаний підвагонний статичний перетворювач, прилегло-зсувні двері, кузов із гладкою обшивкою, вікна вклеєної конструкції, електричний котел, резервне дизельне опалення, візки з дисковими гальмами і т. п.

Можливість формування денних потягів з вагонів даної моделі дозволяло мати оптимальну кількість пасажирських місць різного рівня комфорту в потязі. На базі вагонів серії 788 були створені купейні і спальні вагони з пасажирськими купе підвищеного комфорту і роздільним клімат-контролем у кожному купе (рисунки 2.6–2.8).

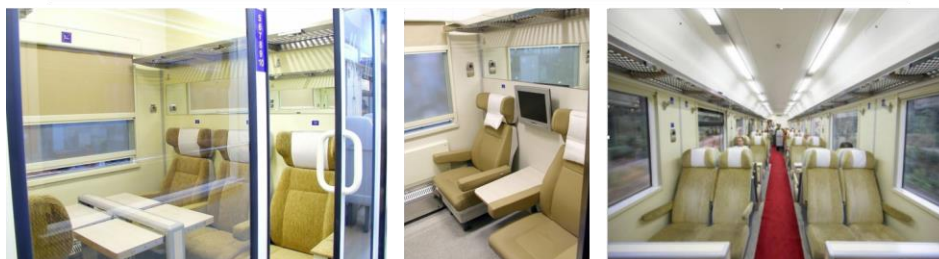
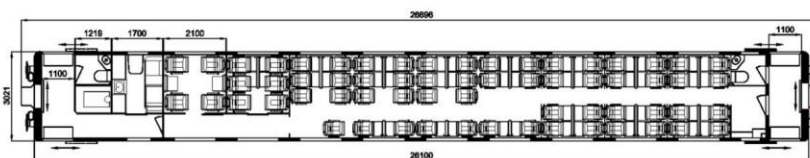


Рисунок 2.6 – Планування і виконання внутрішнього інтер'єра комбінованого вагона серії 61-788 виробництва ПАО «КВСЗ»

Указані вагони стали проміжним варіантом перед переходом на принципово новий тип пасажирських вагонів у габариті «Т». Завдяки цьому нововведенню стало можливим не тільки зберегти довжину вагона на рівні 26,7 м, але і збільшити, розширити кузов до 3420 мм. Збільшені

розміри пасажирського салону дозволили конструкторам сформувати різні варіанти інтер'єрів відкритого типу, а також запропонувати Укрзалізниці кілька концепцій таких вагонів, у тому числі для формування нічних потягів. Разом з цим у даних вагонах були впроваджені візки з центральним пневмопідвішуванням моделі 68-7041.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд вагона СВ серії 788

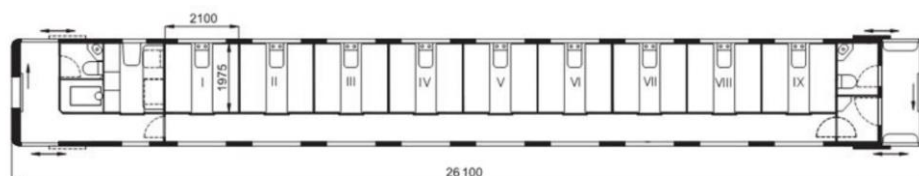


Рисунок 2.8 – Інтер'єр вагону СВ серії-788 виробництва ПАО «КВСЗ»

Конструкція візка моделі 68-7041 створювалася з використанням набіток, отриманих при створенні пасажирських візків моделі 68-7007

(рисунок 2.9). При цьому конструкція візка була спрощена, технологічність значно поліпшена. Головною особливістю даного візка стало використання в центральному підвішуванні пневматичних ресор німецької фірми Contitech Railway Engineering. Необхідну керуючу апаратуру системи пневматичного підвішування поставила німецька компанія KNORR-BREMSE.

Одночасно зі створенням вагонів у габариті «Т» було освоєне виробництво вагонів габариту RIC (рисунок 2.10) з можливістю руху як колією 1520 мм, так і 1435 мм.



Рисунок 2.9 – Планування та інтер'єри міжрегіональних пасажирських вагонів локомотивної тяги (МПЛТ) виробництва ПАО «КВСЗ»



Рисунок 2.10 – Планування і виконання інтер'єру пасажирських вагонів для міжнародних сполучень (РІЦ) виробництва ПАО «КВСЗ»

Як основні напрямки подальшого розвитку пасажирського вагонобудування можна зазначити такі:

➤ подальше удосконалення вагонів серії 779 у частині їх відкритості для використання пасажирами з обмеженими фізичними можливостями за рахунок широкого впровадження інклюзивних технологій;

➤ створення вагонів у габариті «1-Т» (ширина 3200 мм). Вони зможуть функціонувати в одному зчепленні з класичними вагонами габариту 1-ВМ як на електрифікованих, так і на неелектрифікованих ділянках колії. При цьому буде забезпечений значно більший рівень комфорту для пасажирів і впроваджений ряд перспективних, як для рухомого складу цього типу технологій – гладкообшивний кузов, вікна вклеєної конструкції і т. д.

➤ створення нової лінійки пасажирських вагонів на базі платформи габариту «Т» (ширина 3420 мм). Дані вагони можуть курсувати на електрифікованих ділянках колії, що обумовлюється відсутністю генератора під вагоном.

Сучасні тенденції розвитку пасажирського вагонобудування. До пасажирського транспорту висувається ряд серйозних вимог, пов'язаних насамперед з частотою руху і точністю дотримання його графіка, безпекою, часом перебування в дорозі, комфортністю і вартістю проїзду.

Одним з прогресивних заходів зі збільшення провізної спроможності залізниць і зниження вартості перевезення пасажирів, є застосування двоповерхових пасажирських вагонів. Двоповерхові вагони порівняно з одноповерховими мають на 60 % більшу кількість посадкових місць, на 30 % меншу масу і загальну вартість. Двоповерхові пасажирські вагони широко використовують у багатьох європейських країнах, а також у США, Японії, Китаї, Індії, Австралії та інших країнах.

Результати соціологічних досліджень останніх років продемонстрували, що більшість опитуваних зацікавлені не в локальних поліпшеннях, а в повному перегляді планування як плацкартних, так і купейних вагонів потягів далекого прямування. На зміну плацкартному вагону повинний прийти вагон з одномісними міні-купе (66 % опитаних), а в новому купейному вагоні пасажир хотів би одержати якісно інший рівень комфорту – повноцінне окреме купе із широким ліжком (75,9 % опитаних) і з індивідуальною туалетною кімнатою та душем (35 % опитаних).

Одним з таких рішень може бути двоповерховий зчленований вагон – дві секції на трьох візках.

Порівняно з існуючими моделями маса бруто вагона може бути знижена на 30 % за рахунок використання таких підходів при проектуванні вагонів:

- кузов вагона – з екструдованих алюмінієвих панелей;
- меблі і перегородки – із надлегких полімерних матеріалів;
- візки з пневмопідвішуванням – зменшення маси порівняно з візками, що вже експлуатуються.

Скорочення кількості пасажирів у результаті їх індивідуального ізольованого розміщення також сприяє зниженню завантаження і маси бруто вагона.

Застосування візків із пневмопідвішуванням дає змогу:

- експлуатувати вагон зі значною різницею статичного навантаження між візками (навантаження на середній візок вище, ніж на консольний);
- збільшити осьове навантаження без помітного зростання динамічного впливу на колію;
- підвищити рівень комфорту для пасажирів.

Зниження маси вагона сприяє зменшенню витрат на тягу потяга, а скорочення кількості візків веде до зменшення витрат на технічне обслуговування і зниження вартості перспективного вагона.

Варіант з одномісними купе з кріслом-ліжком призначений для заміни плацкартного вагона. Місткість секції вагону – 36 місць (рисунок 2.11).

Одне/двомісне купе з індивідуальною туалетною кімнатою призначено для пасажирів, що орієнтуються на більш високий рівень комфорту, і для сімейних пасажирів. Цей варіант служить для заміни традиційних купе і СВ. Місткість секції при одномісному розміщенні складає 20 місць, при двомісному – 40 місць. (рисунок 2.12).

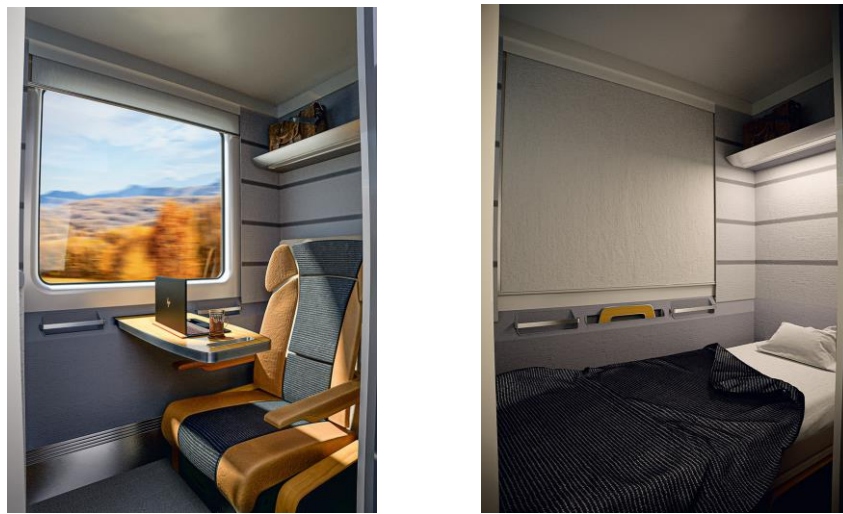


Рисунок 2.11 – Інтер'єр одномісного купе з кріслом-ліжком



Рисунок 2.12 – Інтер'єр одно-двомісного купе з відкидною полицею

Концепція перспективного пасажирського вагона містить у собі новий підхід до технічного обслуговування і ремонту, що припускає:

- використання автоматизованих бортових і підлогових діагностичних комплексів;
- підвищення ресурсу і надійності компонентів вагону, у першу чергу ходової частини, зчіпних пристроїв і електрообладнання, які повинні бути розраховані на гарантований пробіг не менше 10 тис. км без технічного обслуговування і ремонту;
- технічне обслуговування за фактичним станом і збільшення інтервалів між плановими ремонтами;
- проведення безвідчіпного поточного ремонту.

Завдяки цьому скорочуються витрати на технічне обслуговування і ремонт, а також розмір резервування вагонного парку.

Перспективний вагон розрахований на малолюдні технології обслуговування пасажирів, що дозволяє скоротити витрати на поїзну бригаду. За провідником залишаються тільки функції контролю і забезпечення безпеки проїзду пасажирів і їх посадка та висадка. Харчування пасажирів здійснюється переважно в режимі самообслуговування, для чого у вхідному холі передбачена спеціальна зона з кавамашинами і торговельними автоматами з холодними напоями і бутербродами (рисунок 2.13).

Сучасні засоби відеоспостереження і аудіозв'язку пасажирів, безбар'єрний простір всередині всього двосекційного вагону дозволяють здійснювати в ньому контроль одному провідникові. Для перевірки документів при посадці у вагон може залучатися вокзальна бригада.



Рисунок 2.13 – Зона з кавамашинами і торговельними автоматами

Лекція 3

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Україна має одну з найбільших залізничних мереж в Європі, яка пропускає значну частину вантажних і пасажирських потоків. Досить вдале географічне розташування України у центрі Європи створює природний міст між високоінтегрованою європейською спільнотою і країнами Азії, які сьогодні розвиваються прискореними темпами. Це є однією з основних передумов для розвитку вітчизняної транспортної системи [6].

Залізничний транспорт займає провідне місце в загальній транспортній системі. Підвищення ефективності роботи залізничного транспорту знаходиться в тісному зв'язку з вирішенням проблеми підвищення швидкостей у вантажному і особливо в пасажирському русі. Підвищення швидкостей руху поїздів – одне з найважливіших завдань удосконалення експлуатаційної роботи та розвитку залізничного транспорту в усіх індустріальних країнах світу.

Швидкісний рух пасажирських поїздів дає змогу скоротити витрати часу пасажирів на поїздку і тим самим підвищити якість транспортних послуг. Завдяки цим та іншим перевагам порівняно з іншими видами транспорту швидкісне сполучення стає економічною та екологічно чистою складовою частиною світової транспортної системи.

На високошвидкісних лініях, які мають проектну швидкість лінії 300 км/год або більше, зазвичай немає вантажних перевезень (але є поодинокі випадки легких, наприклад, пошти і посилок, вантажних перевезень, які створюють навантаження на вісь порівнянне з пасажирськими потягами, що дозволяється на цих залізницях).

Регулярний рух високошвидкісних поїздів почався вперше в 1964 році в Японії, з 1981 року – у Франції, з 1984 року – в Італії. У цих країнах, а також у Німеччині і в Іспанії національні системи високошвидкісного руху базуються на вітчизняному швидкісному рухомому складі, тоді як у низці інших країн, як і в Україні, використовуються іноземні потяги. Західну частину Європи нині об'єднує єдина високошвидкісна залізнична мережа Eurostar і Thalys. На початку XXI століття світовим лідером в мережі високошвидкісних ліній, а також експлуатантом першого регулярного високошвидкісного маглева (поїзд на магнітній подушці) став Китай (рисунок 3.1). Треба відзначити, що Китай має найбільшу в світі мережу швидкісних і високошвидкісних залізниць, що перевищує такі в Японії і Європі разом узяті. Середня швидкість руху тут становить 200 км/год або більше. На відміну від швидкісного, для високошвидкісного руху використовуються, як правило, не реконструйовані звичайні, а спеціально побудовані залізничні колії. Станом на 2018 рік загальна протяжність високошвидкісних магістралей у світі перевищувала 40 тис. км. При цьому до трійки лідерів високошвидкісного руху входять Японія, Китай та Франція.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд поїзда на магнітній подушці

Швидкісні перевезення пасажирів у світовій практиці, як правило, впроваджуються на наявних лініях із змішаним вантажним і пасажирським рухом. Для підвищення швидкостей руху дорога повинна бути реконструйована. Завдання реконструкції – забезпечити безпеку і комфортабельність перевезення пасажирів за високих швидкостей руху, а також збільшити можливу провізну спроможність лінії, оскільки в умовах швидкісного руху істотно збільшується заміна вантажних поїздів пасажирськими і зростає необхідна пропускна здатність залізниці.

Загальна протяжність високошвидкісних магістралей (ВШМ) у світі зараз становить близько 7000 км, у тому числі 3750 км у Європі, причому високошвидкісні поїзди обслуговують також полігон протяжністю близько 20 000 км звичайних залізничних ліній, реконструйованих під швидкісний рух. У процесі проектування і будівництва знаходяться ще кілька десятків тисяч кілометрів швидкісних доріг.

Багаторічний зарубіжний досвід проектування та експлуатації швидкісних доріг, незважаючи на відмінності соціально-економічних, геологічних, топографічних, демографічних умов у різних країнах, довів доцільність двох способів вирішення проблеми підвищення швидкостей:

- організація швидкісного руху на наявних лініях;
- будівництво і введення в експлуатацію спеціалізованих високошвидкісних магістралей.

Дослідження показали, що реконструкція наявних залізничних ліній із змішаним рухом вантажних і пасажирських поїздів дає змогу підняти швидкості до 200 км/год. Для досягнення більш високих швидкостей доцільним є спорудження спеціалізованих високошвидкісних магістралей. За прогнозами, швидкісний рух у найближчому майбутньому охопить значно більший сектор пасажирських перевезень, ніж високошвидкісний, оскільки його організація не пов'язана з будівництвом нових ліній, хоча і потребує істотних витрат на реконструкцію наявних залізниць.

Тенденція, спрямована на будівництво нових залізничних магістралей, передбачає:

- будівництво ізольованих від наявної мережі спеціалізованих високошвидкісних пасажирських магістралей;
- будівництво високошвидкісних магістралей, які мають вихід на наявну мережу залізниць;
- будівництво швидкісних магістралей для пасажирського руху, поєднаного з вантажним.

Реконструкція наявних ліній залежно від рівня підвищення швидкості передбачає удосконалення їх технічного оснащення відповідними пристроями контролю, електрифікацією, збільшенням кількості колій на наявних лініях і т. п.

У 2012 році було створено Українську залізничну швидкісну компанію – першу в Україні компанію з перевезення пасажирів денними швидкісними поїздами ІНТЕРСІТІ+. Сучасні швидкісні поїзди на залізницях України – це кардинально інший погляд на рівень якості перевезення пасажирів та надання сервісних послуг.

Основними перевагами послуг, які надаються пасажирам швидкісних поїздів, є:

- час подорожі (час подорожі денними швидкісними поїздами ІНТЕРСІТІ+ є співрозмірним з часом подорожі літаком);
- вартість перевезень (прямими конкурентами за вартістю перевезень є організації, які надають аналогічні за функціональним призначенням послуги – авто- та авіатранспорт);
- надійність (залізничний транспорт – найбезпечніший транспорт у світі. Запорукою надійності швидкісних поїздів ІНТЕРСІТІ+ є комплекс систем безпеки руху нового покоління);
- комфорт (подорожі швидкісними потягами ІНТЕРСІТІ+ є комфортними та зручними для пасажирів за рахунок сучасного рухомого

складу із затишним інтер'єром, який створено з урахуванням принципів ергономіки);

➤ зручний розклад руху (розклад руху розроблено з урахуванням максимального попиту пасажирів з відправленням поїздів вранці та ввечері, що дає змогу пасажирам більш оптимально спланувати свій день і здійснити поїздку туди і назад протягом доби);

➤ сервіс (Українська залізнична швидкісна компанія вперше в Україні запровадила концептуально новий підхід в обслуговуванні пасажирів під час перевезень залізничним транспортом, який полягає в наданні комплексу матеріальних і нематеріальних послуг для забезпечення комфортної і швидкої подорожі).

Незважаючи на те, що конструкційна швидкість «Інтерсіті», «Інтерсіті+» та Екр1 «Тарпан» становить 200–220 км/год, максимальна швидкість руху поїздів Україною становить 150 км/год тільки на окремих коротких дільницях колії, а фактична середня швидкість цих поїздів не перевищує 80–90 км/год.

Найбільш перспективними видами залізничного транспорту для перевезення пасажирів на відстані 500–700 км є електропоїзди, основні переваги яких полягають в їх високій екологічності, можливості перевезення пасажирів у великих кількостях, реалізації високошвидкісного руху, високою оперативною готовністю.

Одним з таких є електропоїзд Екр1 (рисунок 3.2), створений на ПАТ «КВБЗ» та призначений для конструкційної швидкості руху більше 200 км/год. У розробленні та будівництві електропоїзда брали участь, крім ПАТ «КВБЗ», фірми «Knorr-Bremse», «STEMMANN» (Німеччина), «MEDCOM» (Польща), «Хартрон-Експрес» (Харків), «МДС» (Дніпропетровськ) та інші.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд міжрегіонального швидкісного двосистемного електропоїзда Екр1

Електропоїзд оснащений такими системами та вузлами:

- безлюечними візками з центральним пневмопідвішуванням моделі 68-7072 (головний вагон) та моделі 69-7049 (проміжний вагон);
- жорсткими зчіпними пристроями і герметичними переходами;
- місцями для перевезення інвалідів в інвалідних колясках;
- системою електроживлення – централізованою від високовольтної підвагонної магістралі, через статичний перетворювач, від промислової електромережі 380 В на стоянках, від акумуляторних батарей (електрообладнання даних вагонів має резервну систему електроживлення у разі виходу з ладу основного статичного перетворювача);
- системою гарячого і холодного водопостачання;
- комбінованою системою опалення з автоматичним регулюванням температури;
- системою кондиціонування повітря з автоматичним регулюванням температури;
- санітарно-технічним обладнанням (мийка, умивальники, душ, туалети замкнутого типу);
- протипожежним обладнанням (пожежна сигналізація, пожежні сповіщувачі, установка водяного пожежогасіння, установка автоматичного пожежогасіння в електрощиті);

- системою автоматичного управління, контролю і діагностики (САУКД);
- системою контролю нагрівання букс (СКНБ);
- системою контролю стану дискових гальм (СКСТ);
- поїзною автоматичною системою діагностики (ПАІДС);
- системою відеоспостереження;
- інформаційною системою (інформаційні табло та показчики);
- системою поїзного зв'язку «провідник-пасажи́р»;
- системою аудіотрансляції і ТВ-моніторами;
- системою супутникової навігації і зв'язку, Wi-Fi;
- автоматичними електропривідними дверима;
- автоматичними тамбурними електропривідними дверима зсувного типу;
- системою блокування дверей на швидкості понад 5 км/год;
- головні вагони електропоїзда вперше на Україні обладнані системою поглинання енергії (до 2 МДж) при лобових зіткненнях.

Електропоїзд призначений для одночасного перевезення 609 пасажирів на відстань до 700 км зі швидкістю понад 200 км/год та може експлуатуватися на електрифікованих ділянках залізничної колії, як з постійною, так і зі змінною напругою мережі. Складається з дев'яти жорстко з'єднаних між собою вагонів. Головний та хвостовий вагони – моторні, середні 7 вагонів – причіпні (проміжні), які виконані на базі вагонів поліпшеної комфортності серійного ряду 788, на безлюлечних візках, з пневмопідвішуванням.

Система контролю і діагностики електропоїзда забезпечує запис його основних параметрів, їх архівування та за необхідності виведення параметрів на дисплей, розташований на пульті управління.

Гальмівна система електропоїзда оснащена такими видами гальм:

- рекуперативним-реостатним електродинамічним гальмом (тільки для головних моторних вагонів);

- електропневматичним прямодіючим фрикційним дисковим гальмом, яке є основним робочим;
- пневматичним непрямодіючим фрикційним дисковим гальмом, яке є резервним автоматичним;
- автоматичним стоянковим гальмом з пружинним акумулятором, який впливає на накладки фрикційного дискового гальма вагона.

Гальмівна система поїзда в робочому (штатному) режимі управляється органами управління, розташованими на пульті машиніста в кабінах управління головних вагонів за допомогою майстер-контролера (для управління електропневматичним гальмом) та краном машиніста – для управління пневматичним гальмом. При цьому керуючі сигнали направляються в бортовий комп'ютер системи контролю, діагностики та управління.

Сигнали на гальмування, що надходять з пульта управління в бортовий комп'ютер блоку управління гальмуванням, обробляються за допомогою спеціальної програми, а потім надходять в блок електропневматичного гальмування (EP Compact) для реалізації гальмівної сили (тиску в гальмівних циліндрах) залежно від завантаження вагона (тиску в балонах пневмопідвішування).

При службовому гальмуванні активується електродинамічне гальмо двигунами, що працюють в генераторному режимі на моторних вагонах, і одночасно пневматичне фрикційне гальмування прямодіючим гальмом на немоторних вагонах. У разі недостатньої ефективності електродинамічного гальма для зупинки поїзда, електродинамічне гальмо на приводних вагонах доповнюється прямодіючим пневматичним фрикційним гальмом.

Після зупинки поїзда, для забезпечення його утримання, робоче пневматичне гальмо заміщується 70 % зусиллям автоматичного гальма стоянки.

В аварійному режимі роботи гальмівної системи поїзда (саморозчеп поїзда, за командами системи безпеки і т. д.), гальмування виконується резервним пневматичним непрямодіючим гальмом.

Крім того, однією з функцій гальмівної системи є можливість перерозподіляти гальмівну ефективність поїзда, з урахуванням виходу з ладу (відмови гальма) одного або декількох вагонів потяга. У цій ситуації, автоматично підвищується гальмівна сила пропорційно гальмівної маси вагонів, на яких зафіксована відмова.

Гальмівна система вагонів оснащена електронною системою протизнозного захисту, до складу якої входять блок управління і сигналізатор тиску, які розташовані в гальмівному контейнері, клапани протиковзання, встановлені в підвагонному просторі в безпосередній близькості від візка, датчики швидкості і полюсні колеса встановлені в буксових вузлах візків.

Так як електропоїзд проектувався для швидкості руху більше 200 км/год, то на осях немоторних вагонів були встановлені по три гальмівних диска, диски на моторних вагонах встановлювалися на колісному центрі.

Лекція 4
НОВІТНІ ПІДХОДИ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
ВАГОНОБУДУВАННЯ

Розвиток виробництва і постійно зростаючі вимоги транспортних підприємств до економічних і екологічних показників рухомого складу стимулюють розроблення нових концепцій виробництва вагонів [7, 8]. Серед основних розробок – зниження маси їх в комплексі з поліпшенням його ходових якостей і підвищенням корозійної стійкості. Тому, поряд зі зварними з'єднаннями зі сталі та алюмінію, клепаними і паяними з'єднаннями, зображеними на рисунках 4.1 і 4.2, розглядаються і гібридні конструкції.

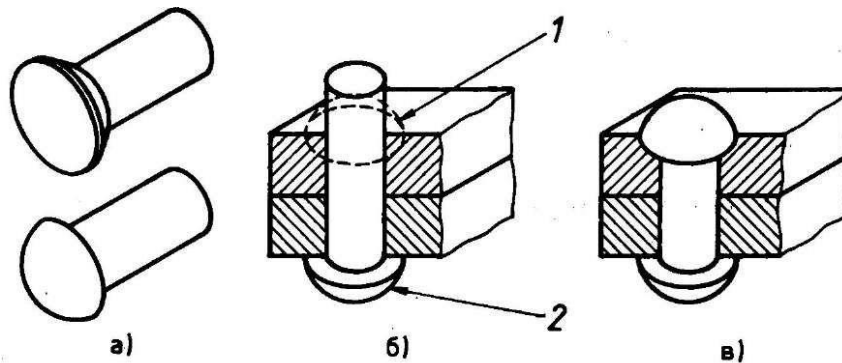


Рисунок 4.1 – Приклади клепаних з'єднань

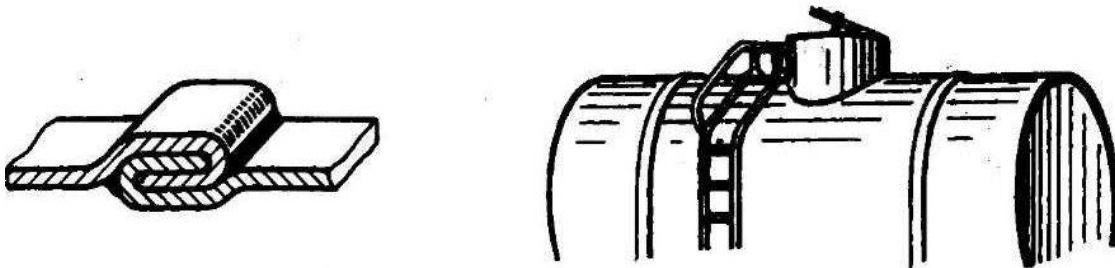


Рисунок 4.2 – Приклади з'єднань пайкою та зварюванням

Використання таких матеріалів, як пластмаса, кераміка, скло не дозволяє використовувати традиційні методи зварювання, тому для їхнього з'єднання необхідні інші, нові способи.

До таких способів саме і належить спосіб склеювання. Застосування клейових з'єднань дає змогу робити полегшені конструкції і заощаджувати матеріали і енергоресурси. Така технологія дає можливість з'єднувати пластмаси і комбінації з них з великим техніко-економічним ефектом.

Даний спосіб здатний забезпечити високий рівень щільності і рівномірно розподіляти сили по площині з'єднання, дає можливість скріплювати деталі з різних матеріалів і різної форми без зміни властивостей деталей, що з'єднуються, і структури матеріалів, що з'єднуються. Дані з'єднання здатні гасити шум і вібрацію, використовуються для електро- і теплоізоляції.

Серед недоліків таких з'єднань – зниження механічних властивостей під впливом зміни температур, старіння. Межі клейової технології залежать від змін міцності з'єднання при нагріванні, старінні і т. д. Потрібно враховувати витрати часу і засобів на роботи з підготовки поверхні, необхідність детальної підготовки клейових сумішей, правильного нанесення цих сумішей і полімеризації, грамотного забезпечення і дотримання техніки безпеки під час роботи.

Для одержання потрібної міцності і довговічності з'єднання поверхні необхідно очистити від забруднень і обробити відповідним чином. Крім обов'язкового очищення і знежирення поверхонь, що з'єднуються, необхідно стежити, щоб за час витримки не відбувалося окислювання або забруднення поверхні.

Механічне оброблення цих поверхонь має проводитися із шорсткістю, що залежить від спрямованості навантажень на з'єднання. Зусилля на клейове з'єднання необхідно направляти перпендикулярно площині з найбільшою шорсткістю.

Для забезпечення найбільш рівномірного розподілу навантажень при проєктуванні варто користуватися такими основними положеннями:

- зменшення навантаження, спрямованого на відшаровування і розщеплення;
- збільшення площі склеювання, тому що занадто мала площа склеювання піддається збільшеним навантаженням на відшаровування і розщеплення.

Міцнісні властивості з'єднання залежать від рівня твердості компонентів. Чим твердість складальної одиниці більше, тим менше впливає конфігурація збирання на міцність даного з'єднання.

Товщина компонентів, що склеюються, може бути невеликою, тому що при склеюванні не відбувається таких змін матеріалу, як у металі в зоні термічного впливу зварного шва. Також перевагами клейової технології є те, що матеріал не послабляється отворами, а під час експлуатації не виникають заподіяні точковим збільшенням сил місцеві напруження.

Комбінація клейової технології з іншими способами нерідко допомагає поліпшити якість з'єднання. Наприклад, у виробництві вагонів давно застосовується клейова технологія разом із клепкою або точковим зварюванням. Використання засобів автоматизації дозволяє скоротити витрати часу на виготовлення конструкцій, при виробництві яких застосовуються клейові з'єднання. Це дає можливість забезпечувати стабільний рівень якості, і тут закладений великий потенціал зниження не тільки часу, але і витрат на виготовлення.

Серед недоліків такої технології – необхідність кропіткої підготовки поверхонь, що склеюються, більш низька теплостійкість порівняно зі зварними з'єднаннями, обмежені можливості ремонту з'єднання після полімеризації клею, труднощі при утилізації, мало практичного досвіду в області неруйнівного контролю клейових з'єднань.

На теперішній час при виробництві вагонів в основну конструкцію кузова вклеюються такі компоненти, як вікна, бічні стінки, дах і відформовані елементи кабіни машиніста. Дані клейові з'єднання дають великі можливості для зміни зовнішнього дизайну або поліпшення параметрів аеродинаміки, вільне комбінування матеріалів, що з'єднуються, дозволяють використовувати безрамні конструкції вікон. Такі конструкції поліпшують теплоізоляцію вагона, тому що створюють так звані теплові пастки, підвищуючи тим самим загальний коефіцієнт теплопровідності кузова.

Як приклад практичного застосування технології склеювання можна розглянути процес уклеювання вікон у конструкцію кузова пасажирського вагона. Цей спосіб перейняли з технології виготовлення легкових автомобілів. Він дає змогу досягти високої твердості кузова, поліпшеного зовнішнього вигляду і зниженого аеродинамічного опору, а це дає змогу значно знизити рівень шуму. Зменшення турбулізації повітря на бічних стінках вагонів досягається за рахунок відсутності віконних гумових ущільнень.

Вікна за допомогою клею закріплюються в алюмінієвих рамах так, що розміщуються в одній площині з зовнішньою поверхнею. Стики заповнюють ущільнювальною масою. Як клейові і ущільнювальні матеріали використовуються матеріали на основі поліуретану.

У ході цього процесу поверхні, що з'єднуються, ретельно очищають і обробляють з метою надання їм шорсткості для поліпшення зчеплення і для запобігання попадання забруднюючих речовин. Потім наносять підшар, аналогічний ґрунту, який застосовується при фарбуванні, і встановлюють опори, що фіксують розмір зазору між склом.

Також клейова технологія знайшла такі області застосування:

➤ приклеювання підоблицювальних накладок для місцевого посилення тонкостінних елементів конструкцій;

- облицювання стінок оздоблювальними покриттями у внутрішніх приміщеннях вагонів;
- обробка металевих кузовів вагонів, стінки яких не є несучими;
- облицювання композиційними матеріалами несучого металевого каркаса кузова;
- виготовлення суцільнонесучих кузовів із пластмас, армованих волокном, що навивається за формою кузова.

Розширене застосування нових матеріалів і подальший розвиток концепції зменшення ваги конструкцій у перспективі збільшать обсяг робіт, що використовують технологію склеювання. Методи захисту від руйнування клейового шару вибирають, виходячи з виду матеріалу. Для захисту сталевих листів наносять антикорозійне покриття і виконують цинкування листового матеріалу. Для захисту скла застосовують методи затемнення клейового шару, і нанесення на скло шару кераміки. У з'єднаннях пластмас можуть відбуватися зміни низькомолекулярних елементів, таких як пластифікатори граничного шару і самого клею, що знижує міцність цієї зони. Важливо одержувати значення тривалої міцності, що застосовуються для реальних умов, у яких працюють дані клейові з'єднання.

Лекція 5

РОЗВИТОК ВАГОНОБУДІВНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКИХ ТА ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Для того щоб сучасні вагони відповідали високому технологічному рівню і надійності, при їх виготовленні треба застосовувати економічні прогресивні конструкційні матеріали, що мають гарантований комплекс необхідних фізико-хімічних властивостей, як у вихідному стані, так і в зварних з'єднаннях [9].

До кінця 50-х рр. минулого сторіччя у вагонобудуванні найчастіше як головний конструкційний матеріал застосовувалася вуглецева сталь марок Ст3, 15, 20. Вона була досить технологічною у виробництві і давала змогу використовувати різні прийоми різання, зварювання, згинання, штампування і т. д.

Однак підвищення вимог щодо експлуатації, безпеки і надійності потягів, збільшення інтенсивності використання рухомих складів, прагнення до збільшення міжремонтних термінів змусили вжити заходів і провести комплексні заходи щодо підвищення якості металу, який використовується в основних несучих елементах конструкції вагонів.

Приблизно з 1960-х років широко почали застосовувати низьколеговану або близьку їй за складом сталь замість вуглецевої. Це дало змогу заводам-виробникам більш ощадливо використовувати наявні в їх розпорядженні матеріали (було зекономлено більш 2 млн т металопродукату). Сталь, зміцнена легуючими компонентами, дала змогу випускати більш надійні і міцні вагони, і при цьому сприяла поліпшенню такого важливого показника, як коефіцієнт тари.

У ході досліджень було доведено, що використання сталі зі вмістом 2-5 % легуючих елементів економічно вигідно, тому що вона має більш високий тимчасовий опір на розрив і текучість, не так схильна до

механічного старіння, як вуглецева сталь, і відповідає вимогам до ударної в'язкості при температурах нижче 0 градусів Цельсія, чутливості до концентраторів напружень, зносостійкості, зварюваності і холодноламкості.

Але в зв'язку з тим, що застосування цих сталей вже не може забезпечувати підвищення вантажопідйомності вантажних вагонів без збільшення їх маси, розроблялися нові вимоги до використання гарячекатаних профілів класу міцності 390-420 МПа і високо твердих профілів міцності 450 МПа.

У ХХІ сторіччі при виборі матеріалу у вагонобудуванні все більше стали звертати увагу на корозійностійкі нержавіючі, двошарові сталі і алюмінієві сплави. Більш широко стали застосовуватися низьколеговані сталі класу міцності 450-500 МПа і композиційні матеріали.

Використання спеціально підібраних сортів сталі і застосування сучасних технологій, таких як точкове зварювання, спеціальні методи штампування стійок бічних стінок, лазерне зварювання листів зовнішньої обшивки допомагають полегшити конструкції вагонів. Для виробників полегшених конструкцій сталь є зручним матеріалом, тому що коштує відносно недорого, має гарну міцність і пластичність, має високий модуль пружності, добре піддається обробленню і зварюванню, ремонтпридатна, зберігає добрі показники екологічності і можливість утилізації, має значний потенціал для створення полегшених конструкцій.

Нержавіюча сталь широко застосовується в будівництві вагонів, які мають підвищені параметри безпеки особливо у випадках зіткнення. Металоконструкції вагона з нержавіючої сталі поглинають енергію в 2,5 рази більшу, ніж конструкції зі звичайної сталі за рахунок кращої здатності до деформації і більшої твердості. Термін служби при цьому складає 30-40 років, кожні 5 років проводиться технічне обслуговування і кожні 15 років – капітальний ремонт. Незважаючи на те, що

металоконструкції з нержавіючої сталі більш дорогі, ніж з вуглецевої, їх застосування вважається економічно виправданим.

Оскільки кузови вантажних вагонів для перевезення вугілля і залізної руди піддаються значним ударним навантаженням і зносу, для підвищення життєвого циклу використовують вагони з нержавіючої сталі феритного класу, що мають збільшений життєвий цикл. Механічні властивості сплаву, з якого вони виготовлені, дають змогу при виробництві зменшити масу вагона на кілька тонн за рахунок меншої товщини обшивки стінок і днищ приблизно в 2 рази (від 8-10 мм до 5 мм). Загальні витрати на обслуговування цих вагонів, термін служби яких складає приблизно 30 років, зменшується на третину.

Однак, у 80-ті роки минулого сторіччя намітилася тенденція заміни сталі алюмінієвими сплавами і полімерами, армованими скловолокном. Потрібні були десятиріччя, щоб виробники оцінили економічну ефективність алюмінію у виготовленні конструкцій для залізничного транспорту. У наші дні алюміній є одним з основних конструкційних матеріалів у виробництві пасажирських і вантажних вагонів і має гарні перспективи в майбутньому [10, 11].

У виробництві використовуються різні варіації алюмінієвих сплавів – дюралюміні (найбільш міцні сплави), магналії (сплави з великим змістом магнію), силуміни (з великим змістом кремнію).

Силуміни мають кращі серед всіх алюмінієвих сплавів ливарні властивості. Їх застосовують там, де необхідно виготовлення тонкостінних або складних за формою деталей. Їх корозійна стійкість більше, ніж у дюралюмінів, і менше, ніж у магналіїв. Крім вагонобудування їх застосовують в авіабудуванні, автомобілебудуванні і виробництві сільськогосподарських машин.

При виробництві металевих виробів, що використовуються під впливом високих температур і потребують підвищеної стійкості проти

окислювання, використовують сплави з окисленого алюмінієвого порошку. При температурі 200-400 °С міцнісні властивості цього сплаву перевершують дюралюміні і магналії.

Було відмічено, що вагони з перерахованих вище сплавів мають більшу вантажопідйомність. Менша їх маса допомагає заощаджувати електроенергію, використовувати більшу кількість вагонів у поїзді і відповідно збільшувати місткість складу.

Досвід використання транспортних засобів з даних матеріалів показав:

- більшу легкість вагону;
- ресурс – 30 років;
- невисокі експлуатаційні витрати;
- вартість життєвого циклу алюмінієвих вагонів як у вагонів з конструкційної сталі;
- знижені витрати на експлуатацію;
- конструкція може дозволити повністю автоматизувати технологічний процес;
- невисока трудомісткість виготовлення;
- термін окупності 3-4 роки.

У наш час також набирають популярність композитні матеріали – матеріали, отримані шляхом з'єднання в їх об'ємі хімічно різнорідних компонентів з чіткою межею розділу між ними (склопластики, біметали, залізобетон і ін.). Використання цих матеріалів обумовлено прагненням виробників поліпшувати характеристики використовуваних виробів і відкривати інноваційні можливості для розроблення нових конструкцій і технологічних процесів. Дані матеріали при низькій щільності ще міцніші, ніж сталь, і легше сплавів з алюмінію. Вони також допомагають підвищувати надійність і довговічність машин і механізмів, приладів, і помітно знижувати матеріалоємність виробництва.

Залізнична галузь зацікавлена в композиційних матеріалах, тому що розглядає ці легкі і міцні матеріали як заміну сталі та алюмінію у виготовленні кузовів вагонів. Їх застосування сприяє ще більшому полегшенню конструкції вагона, скороченню витрат на їх обслуговування в розрахунку на весь термін служби і здешевленню рухомого складу, а це немаловажні фактори при виробництві даного виду транспорту.

Застосовуються вони в основному для елементів, від яких необхідна довговічність і зносостійкість – розсувні і розстібні двері, внутрішні перегородки, фрикційні планки, вкладиші підп'ятників, елементи настилу підлоги та ін. Завдяки своїм якостям вони добре підходять для торцевих дверей у вагонах для перевезення автомобілів, бічних стінок і панелей дахів.

Що стосується конкретно розсувних і розстібних дверей, то ці матеріали широко популярні у виробництві тому, що можуть повертати вихідну форму після деформування, отже, у випадку пошкодження дверей відпадає необхідність знімати вагон з рейсу для ремонту. У зв'язку з цим серед багатьох закордонних компаній стала популярною заміна звичайних дверей дверима з композитних матеріалів у ході модернізації залізничного транспорту.

Лекція 6

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ В УМОВАХ ВБЗ

Вагонобудівні підприємства України функціонують в складних економічних умовах. На сучасний момент процеси управління, матеріально-технічного постачання та підтримання технологічної бази характеризуються нестабільністю та невизначеністю. Ситуація, що склалася, потребує розроблення та впровадження дієвих механізмів впливу на виробничі системи з метою зниження незапланованих виробничих втрат та нівелювання негативних факторів [12].

Виробнича діяльність в умовах ринкових відносин характеризується постійним ризиком отримання негативного результату. На практиці це можливо навести у вигляді сукупності ймовірнісних наслідків обраних управлінських рішень. Система з оцінювання і аналізу ризиків у виробничій системі може бути використана при ремонті вагонів для забезпечення необхідного рівня якості готової продукції при мінімальних витратах всіх видів ресурсів.

Ризик – це добуток імовірності заподіяння шкоди та величини цієї шкоди у кількісному вимірі. Ризики, які виникають в процесі виробничої діяльності мають вплив як на саме підприємство, так і на замовника продукції. Його структура та основні причини виникнення згідно аналізу виробничої системи наведені рисунках 6.1 та 6.2.

До основних видів ризику в технологічній системі можливо віднести достатньо велику кількість подій, але з точки зору забезпечення надійності виробництва найбільшої уваги потребує «невиконання запланованого обсягу виготовлення вагонів» та «невиконання норм часу на виготовлення».

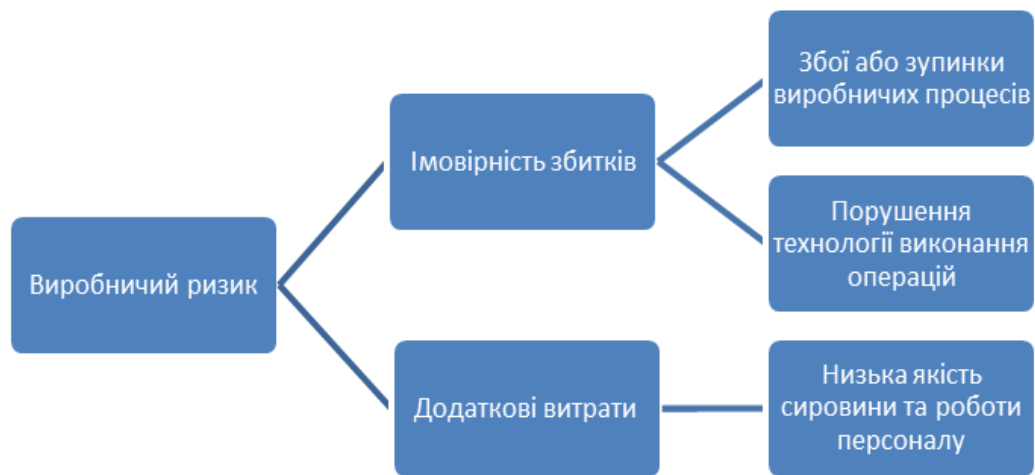


Рисунок 6.1 – Структура виробничого ризику в умовах ВБЗ



Рисунок 6.2 – Основні причини виробничого ризику в умовах ВБЗ

До факторів, що створюють передумови для появи ризику, можна віднести – нестачу трудових ресурсів, низьку кваліфікацію кадрів, низьку ефективність технологічних ресурсів, низьку надійність технологічного обладнання, низьку ефективність системи матеріально-технічного постачання, техногенні аварії у виробничих підрозділах, порушення функціонування системи «оператор-виробництво», шкідливість виробництва та ін.

Останніми роками процедури управління різними соціально-економічними системами в складних умовах функціонування створили окрему галузь управління – ризик-менеджмент. Ризик-менеджмент – це сукупність усіх видів робіт, пов'язаних із плануванням, реалізацією, контролем та покращенням діяльності з управління ризиком. Процедури управління ризиками та підходи, засновані на їх оцінці, можуть використовуватися для виконання різних завдань. Тому, насамперед, має бути визначена загальна мета та задачі проведення такого аналізу.

Управління ризиками – це процес ідентифікації і аналізу ризиків, з наступним прийняттям рішень щодо коригувальних і попереджувальних дій, які спрямовані на мінімізацію ризикових подій, зниження імовірності виникнення несприятливого результату, мінімізацію негативних наслідків і можливих втрат (рисунок 6.3).

Система управління ризиками для забезпечення якості на вагоноремонтному підприємстві користується такими підрозділами:

- відділом контролю якості (ВТК) для оцінювання якості матеріалів та запасних частин, контролю якості проміжних технологічних етапів, а також відремонтованої продукції при випуску та у процесі збереження;
- відділом матеріально-технічного постачання при виборі та оцінюванні постачальників матеріальних ресурсів;
- технічним відділом при проєктуванні технологічних процесів, розробленні норм витрат матеріалів в процесі виробництва, для оптимізації технологічних процесів;
- відділом управління якістю при складанні щорічних оглядів по якості, при розробленні програм навчання, аудиті технологічного обладнання.

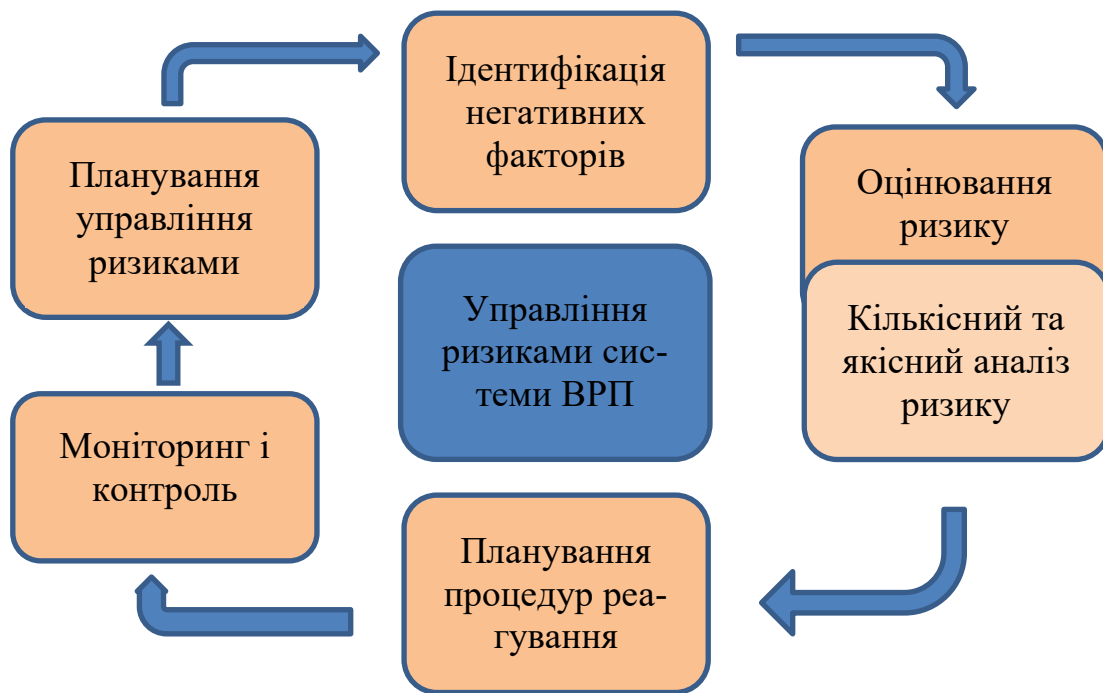


Рисунок 6.3 – Приклад підсистеми управління ризиками в умовах ВРП

Для управління ризиками можна використовувати класичну модель, яка включає такі етапи:

- ініціювання процесу управління ризиками;
- загальне оцінювання ризиків (ідентифікація, оцінювання і аналіз ризику);
- контроль ризиків (зниження рівня ризику або повне їх усунення);
- інформування про ризики (всередині підприємства);
- аналіз отриманих результатів (моніторинг).

Згідно аналізу більшості джерел з оцінювання ризику в умовах різних соціально-економічних систем можна вказати такі методи впливу на ризик у виробничій системі:

1 Зниження ризику – даний метод полягає в розробленні і впровадженні заходів для зниження імовірності виникнення і подальшого впливу наслідків ризику до прийнятного рівня (капітальний ремонт технологічного обладнання ВРП, впровадження систем оптимізації виробничих процесів – 5S, TPM, VSM та ін.).

2 Передача ризику – метод полягає в переадресації наслідків реалізації ризикової ситуації третій стороні (наприклад, страхування елементів виробничої системи).

3 Відхилення від ризику – усунення схильності до ризику шляхом впровадження заходів щодо запобігання майбутніх небажаних подій (наприклад, технічне переоснащення цехів та дільниць).

4 Прийняття ризику – в даному випадку відбувається збереження ризику на існуючому рівні при його постійному моніторингу і розробленні плану дії на випадок реалізації ризикової ситуації.

Всі види ризиків у виробничій системі та випадки їх прояву з урахуванням результатів оцінки їх імовірності і наслідків, а також вибору засобів контролю фіксуються в реєстрі ризиків (таблиця 6.1).

Основною причиною актуальності створення системи з оцінювання і управління ризиками є відсутність аналогічних механізмів на підприємствах галузі. Ефективне управління дасть змогу вчасно визначати можливі ризики, імовірність їх настання і можливий термін, а також прогнозувати рівень очікуваних матеріальних втрат при настанні кризової ситуації.

На теперішній час існує достатньо велика кількість методик по оцінюванню ризиків при аналізі складних систем. Наприклад, методика оцінювання ризиків Value-at-Risk, методика оцінювання ризиків Stress Testing, методика на основі побудови дерев рішень, метод сценарного аналізу, метод аналізу чутливості, методика парного порівняння об'єкта, імітаційне моделювання по методу Монте-Карло, метод історичного моделювання та інші. Але, як показав аналіз цих методик, вони мають дуже вузьку область застосування. Як правило, вони використовуються для аналізу ризиків інвестиційних та організаційних проєктів, не враховуючи особливості функціонування систем в специфічних середовищах.

Таблиця 6.1 – Приклад реєстру ризиків для ВБЗ

№ поз.	Найменування позиції реєстру	Зміст позиції реєстру
1	Аналіз ризику	Опис можливих обставин виникнення ризику
2	Вид ризику	Вид ризику відповідно до прийнятого на ВБЗ класифікатора ризиків
3	Локалізація ризику	Структурний підрозділ, у межах діяльності якого виявлений ризик
4	Оцінювання ризику	Величина імовірності події і аналіз впливу різних наслідків (в одиницях залежно від використовуваних методів оцінювання)
5	Попередній досвід наслідків від ризику	Попередні відмови у виробничій системі і досвід реагування на наслідки
6	Відношення до ризику	Обраний метод управління ризиком (передача, зниження або прийняття)
7	Дії по зниженню і контролю ризику	Обраний контрольний механізм і дія (ремонт обладнання, впровадження додаткових методів контролю та ін.)
8	Терміни заходів	Встановлені терміни проведення заходів щодо мінімізації негативних наслідків
9	Відповідальний	Відповідальні за реалізацію дій з контролю і зниженню ризику у системі

Відсутність досліджень ступеня впливу різних негативних факторів на виробничий процес потребує розробки методики оцінювання виробничих ризиків та створення системи управління ризиками в умовах ВБЗ.

Загальний алгоритм оцінювання виробничих ризиків в системі ВБЗ може виглядати таким чином:

- визначення основних видів виробничого ризику;
- визначення факторів, що створюють передумови для появи ризику;
- визначення коефіцієнтів, що характеризують динамічні властивості ризику у часі;
- визначення загального виробничого ризику в системі.

Для своєчасного моніторингу виробничої системи на потенційну небезпеку появи ризикових подій необхідним вважається розробка та використання коефіцієнтів, які характеризують динаміку розвитку ризикуотворюючих факторів у часі (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – Приклад показників оцінювання ризиків на ВРП

n/n	Найменування показника	Позначення	Аналітичний або емпіричний алгоритм отримання
1	2	3	4
1	Забезпеченість трудовими ресурсами	$Z_{тр}$	$K_{зтр} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N_{із}} \right)}{n} \cdot 100$
2	Ефективність трудових ресурсів	$E_{тр}$	Експертне оцінювання
3	Ефективність технологічних ресурсів	$E_{тхр}$	$E_{тр} = \left(\frac{V_{вин} - V_{брак}}{V_з} \right) \cdot 100,$
4	Надійність технологічного обладнання	$H_{то}$	Статистичні методи, експертне оцінювання
5	Ефективність системи матеріально-технічного постачання	$E_{мтп}$	Статистичні методи, експертне оцінювання

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4
6	Рівень якості охорони праці	$P_{оп}$	$P_{оп} = \frac{C_H}{T_K} \cdot 100$
7	Рівень шкідливості виробництва	$P_{шв}$	$P_{шв} = \left(\frac{n \cdot \sum_{i=1}^n t_i}{Ч \cdot t} \right) \cdot 100,$
8	Ризик техногенної аварії	$R_{та}$	$R_{та} = \frac{(m_1 \cdot z_1 + m_2 \cdot z_2 + \dots + m_n \cdot z_n)}{(m_{1a} \cdot z_1 + m_{2a} \cdot z_1 + \dots + m_{na} \cdot z_n)} \cdot 100$

де N_i – кількість працівників в i -му підрозділі, роб.,

$N_{із}$ – заплановане число працівників в i -му підрозділі, роб.,

n – кількість підрозділів підприємства.

$V_{вип}$ – виконаний обсяг ремонту,

$V_{брак}$ – обсяг браку,

V_3 – запланований обсяг випуску виробів з урахуванням виробничої потужності.

$Ч$ – фактична чисельність персоналу підприємства, роб.,

t – кількість робочих днів за рік, од.,

n – кількість робітників на лікарняному, в результаті дії шкідливих факторів;

t_i – кількість днів, проведених окремим робітником на лікарняному;

m_n – власні значення показників техногенної аварії;

m_{na} – значення показників на момент техногенної аварії;

z_n – значимість показників.

Лекція 7

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ «БЕРЕЖЛИВОГО ВИРОБНИЦТВА» ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВАГОНІВ

Бережливе виробництво – концепція управління виробничою системою, яка базується на неухильному прагненні до усунення всіх видів виробничих втрат [13, 14, 15, 16]. Бережливе виробництво допускає залучення в процес оптимізації виробництва кожного співробітника і максимальну орієнтацію на споживача.

Задачами бережливого виробництва є:

- скорочення витрат, у тому числі трудових;
- скорочення термінів розроблення нової продукції;
- скорочення термінів створення продукції;
- скорочення виробничих і складських площ;
- гарантія постачання продукції замовнику;
- максимальна якість при визначеній вартості або мінімальній вартості при визначеній якості.

У класичній інтерпретації теорії прийнято виділяти сім основних видів втрат, що виникають у виробничих системах:

- втрати через перевиробництво;
- втрати часу через очікування;
- втрати при непотрібному транспортуванні;
- втрати через зайві етапи оброблення;
- втрати через зайві запаси;
- втрати через непотрібні переміщення;
- втрати через випуск дефектної продукції.

Система «бережливого виробництва» базується на комплексі практичних методів оптимізації виробництва, до інструментарію яких входять:

- ✓ Система «TPM» (Total Productive Maintenance) – Всебічний контроль за технологічним оснащенням;
- ✓ Система «5S» (сортування, порядок, чистота, стандартизація, удосконалення);
- ✓ Система «SMED» (Single-Minute Exchange of Dies) – набір теоретичних і практичних методів, що дозволяють скоротити час операцій налагодження і переналагодження технологічного обладнання;
- ✓ Система «Точно-в-строк», «витягуюче виробництво», «Канбан» – система синхронізації передачі виробу з однієї виробничої стадії на іншу за допомогою спеціального інструменту (карток, заявок та ін.) Комплектуючі повинні передаватися на наступну стадію тільки тоді, коли це потрібно, і ні хвилиною раніше;
- ✓ Система «Кайдзен» (kaizen) – безперервне удосконалення виробничого процесу та ін.

Система «TPM»

TPM – це системний підхід, сутність якого полягає в забезпеченні ефективної роботи технологічного обладнання і тривалості його експлуатації. TPM складає основу «бережливого виробництва», тому що дозволяє усунути значну частину втрат виробничого процесу.

Всебічний контроль за обладнанням має на меті вирішення кількох задач, спрямованих на усунення втрат, у тому числі і на те, щоб відновити працездатність обладнання і забезпечити оптимальні умови експлуатації. TPM також передбачає поліпшення функціонування комплексів обладнання, розробку стандартів експлуатації і їх технічного обслуговування.

Якісне поліпшення стану виробництва досягається при використанні ТРМ шляхом узгодженої дії двох факторів. Перший: оператори повинні самостійно вміти робити щоденне технічне обслуговування обладнання, робітники підтримки (механіки та ін.) – безупинно підтримувати працездатність високотехнологічного обладнання, інженери – проектувати обладнання. Другий: постійне удосконалення обладнання.

Основними результатами впровадження системи «ТРМ» згідно статистичних даних є:

- збільшення продуктивності праці по доданій вартості в 1,5-2 рази;
- скорочення кількості випадкових відмов і аварій більш ніж у 10 разів;
- зниження кількості випадків виробничого браку в 10 разів;
- зменшення кількості рекламацій від замовників у 4 рази;
- зниження собівартості продукції до 30 %;
- зниження запасів готової продукції і незавершеного виробництва до 50 %;
- відсутність випадків порушення термінів поставок;
- відсутність виробничого травматизму, в результаті якого виник невихід на роботу;
- збільшення числа раціоналізаторських пропозицій у 5-10 разів.

Додатково:

- поточне обслуговування обладнання операторами здобуває свою завершеність: вони починають піклуватися про своє обладнання самі, не чекаючи вказівок «зверху»;
- у працівників з'являється впевненість у тому, що вони спроможні довести відмови і випадки браку до нуля;
- значно підвищується культура обслуговування робочої зони.

Система «5S»

«5S» – це система залучення всього колективу в регулярну діяльність з наведення порядку, чистоти і зміцненню дисципліни на робочому місці. Її реалізація допомагає підвищити продуктивність праці робітників, знижує кількість виробничого браку підвищує продуктивність праці та знижує собівартість продукції.

Система складається з п'яти основних етапів:

1 етап – «Сортування» – звільнення робочого місця від усього, що не потрібно при виконанні операцій закріплених за даною робочою зоною, тобто видалення з робочої зони всіх предметів, що не потрібні для поточної виробничої діяльності (таблиця 7.1).

2 етап – «Дотримання порядку» – (раціональне розташування) означає розташування предметів таким чином, щоб їх було легко використовувати, легко знаходити і повертати на місце. Усі предмети і матеріали повинні знаходитися на своїх визначених місцях, у чистоті і готовності до застосування, при цьому повинні бути забезпечені швидкість, легкість і безпека доступу до предметів.

Таблиця 7.1 – Етап «сортування» – аналіз та ідентифікація

Частота використання	Місце зберігання
Використання не планується	Списання
Дуже рідко (раз на рік)	Окремий склад на території підприємства
Рідко (раз в півріччя)	Склад на території цеху
Часто (раз на тиждень)	Склад на виробничій дільниці
Дуже часто (раз на день)	На робочому місці

3 етап – «Утримання в чистоті» – означає ретельне регулярне прибирання робочої зони (робочого місця, обладнання, оснащення, приміщень і закріплених територій).

4 етап – «Стандартизація» – означає розробку робочих інструкцій, методик, положень для виконання роботи і утримання робочого місця в чистоті і дотримання порядку. Наявність наочної інформації (схеми, рисунки, покажчики і т. п.) на робочому місці.

5 етап – «Удосконалення» – неухильне дотримання встановлених правил і удосконалення результатів, що були досягнуті раніше.

I Сортування. Необхідно визначити об'єкти, що не використовуються в закріпленому технологічному процесі в даному виробничому підрозділі.

Об'єктами для сортування є об'єкти, розташовані в робочій зоні: сировина, матеріали, деталі, обладнання, інструменти, придатна продукція, відходи, оснащення, виробничі меблі, документація, канцелярське приладдя та ін.

Послідовність проведення етапу «Сортування»:

Крок 1 – Встановлення критеріїв потреби предмету.

Кожен оператор разом з майстром і технологом дільниці або відділення визначає необхідну кількість і критерії предметів («потрібні завжди», «потрібні періодично», «непотрібні») залежно від частоти їх використання в підрозділах основного і допоміжного виробництва, у відділах разом із працівником і безпосереднім керівником.

До предметів «потрібних завжди» належать предмети, що постійно використовуються у виробничому процесі. До «потрібних періодично» належать предмети, що рідко (наприклад, 1 раз на місяць) використовуються у виробничому процесі. До «непотрібних предметів» належать: зламані, з минулим терміном використання, ті, що залишилися

від виробництва продукції в минулі періоди, зайві меблі, канцелярські приладдя, тара, надлишок матеріалів, півфабрикатів і готової продукції понад необхідну кількість.

Крок 2 – Видалення непотрібних предметів з діляниць.

На предмети, за якими необхідно прийняти рішення, прикріплюються «Червоні ярлики» і вони переносяться в спеціально відведене місце – центральну або локальну зону карантину. Якщо предметом користуються рідко, то його необхідно зберігати поза робочим місцем. Складається перелік зазначених предметів, за якими приймається рішення протягом 30 днів. На червоному ярлику необхідно вказати: дату прикріплення, дату ухвалення рішення, категорію, назву предмета, виробничий номер, кількість, вартість, причини прикріплення ярлика, підрозділ, П.І.Б.

Крок 3 – Звіт про результати «кампанії червоних ярликів»
(заповнюється майстром і затверджується керівником).

Звіт складається з:

- фотографій проведення кампанії;
- фотографії зони карантину, при наявності;
- заповненого бланка звіту про результати кампанії «червоних ярликів».

Звіт кампанії «червоних ярликів» зберігається у відділі бережливого виробництва 1 рік. Кожен підрозділ встановлює власні остаточні критерії для видалення предметів із робочої зони, до того ж кожен підрозділ може видозмінювати стандарт критеріїв відповідно зі своїми потребами. Однак рішення про збереження предметів на території діляниці (відділення) повинно бути об'єктивно обґрунтоване.

II Дотримання порядку (раціональне розташування). Робочою групою здійснюється попередній аналіз технологічних потоків на діючому

плані ділянки, яку необхідно оптимізувати з урахуванням місцезнаходження запасів, інструментів і пристосувань, обладнання і механізмів. На діючому плані ділянки стрілками вказуються напрямки, нумеруються і позначаються рухи, у напрямку яких виконуються операції.

Розробляються пропозиції щодо внесення змін у технологічне планування з урахуванням перепланування ділянки для скорочення потоків, позначень меж робочих зон, місць збереження, вантажно-розвантажувальних зон, установки додаткових вантажопідйомних засобів, стелажів, спеціальної тари і технологічного оснащення (за результатами оформляється новий план).

Відповідно до нового плану визначаються зони і місце для кожного необхідного предмету (деталі, інструменту, матеріалів і т. д.), забезпечується раціональне розміщення і їх повернення після використання у встановлені місця.

При цьому варто дотримуватися таких вимог:

- якщо предмети використовуються разом, то варто зберігати їх поруч;
- чим частіше використовується предмет, тим ближче до робочого місця він повинний знаходитися;
- необхідно мінімізувати переміщення оператора і переміщення предметів;
- варто уникати складних зигзагоподібних рухів і переміщень;
- кожному предмету своє місце.

Усі предмети повинні бути промарковані таким чином, щоб будь-який оператор міг швидко знайти те, що йому потрібно. Для збереження предметів повинні виконуватися умови ідентифікації і візуалізації.

Ідентифікація реалізується у вигляді:

- позначення місць збереження предметів (де і які предмети повинні зберігатися);

- вказанням кількості предметів (скільки предметів повинно зберігатися в позначеному місці).

Візуалізація реалізується у вигляді:

- ярликів, що вказують місця збереження, або нанесення маркування, що вказує максимальний і мінімальний рівні збереження;

- нанесення контуру предмета в місці його збереження;

- розмітки – для визначення меж робочих зон, зон збереження, проходів і інших зон.

Розробляються організаційно-технічні заходи з вказанням етапів виконання заходів, термінів, відповідальних виконавців.

Заходи повинні бути двох видів:

- оперативними, що не потребують значних матеріальних витрат;

- реалізованими упродовж року, з визначеними витратами.

За результатами кроку проведених організаційно-технічних заходів складається звіт, до якого входять:

- діаграми до оптимізації і після;

- фотографії ділянки до раціонального розташування і після.

III Утримання в чистоті (чистота і порядок). Необхідно визначити джерела забруднень, важкодоступні для прибирання місця і вжити заходів з усунення причин забруднення. З метою персоналізації відповідальності розробляється схема закріплення робочих зон за виконавцями.

Об'єктами прибирання є: підлога, обладнання, пристрої, закріплені території, полиці, шафи і т. д.

Прибирання робочих місць, приміщень, обладнання необхідно робити в два етапи:

- щоденне прибирання, приймання і здавання робочого місця (обладнання) за 15-20 хвилин до закінчення робочої зміни;

- загальне прибирання робочого місця проводиться відповідно до графіків прибирання.

Якість проведеного прибирання і приймання робочого місця здійснює майстер, або робітник наступної зміни у випадку відсутності майстра. У цілому утримання робочого місця (обладнання) оцінює начальник підрозділу і цехова робоча група підрозділу. Щодня майстром відзначається графік прибирання. Графік прибирання зберігається 1 рік у відділі бережливого виробництва.

IV Стандартизація. Стандартизація, відповідно до системи «5S», полягає у встановленні норм і вимог до утримання робочого місця, промисловій і екологічній безпеці та виконанні процедур перших трьох етапів. Кожен працівник має знати свої обов'язки і бути спроможним виконати все, що записано в спеціально розроблених стандартах.

Інформація (фотографії дільниць, планування, стандарт з прибирання, стандарт робочого місця) повинна бути систематизована, у тому числі і на персональному комп'ютері, таким чином, щоб будь-який зацікавлений у ній співробітник міг швидко її знайти.

Повинні бути оформлені інформаційні стенди, що відбивають істотні характеристики стану і правил функціонування робочих місць.

Впровадження стандартизації містить в собі три етапи:

- визначення відповідальності, тобто повинно бути чітко прописано: хто, де, коли і як повинний робити, або виконувати;
- інтеграція перших трьох кроків «5S» у виробничий процес;
- постійний контроль виконання стандартизованих процедур.

За результатами етапу 4 розробляється стандарт підрозділу з утримання робочих зон по системі «5S».

V Удосконалення (дисципліна і удосконалення). Для забезпечення дисципліни, постійного удосконалення і підтримки результатів, досягнутих раніше, необхідно виконати кілька умов:

- створення у персоналу правильних звичок, закріплення навичок дотримання правил (працівники самостійно розробляють правила організації своєї роботи і вносять пропозиції з її поліпшення);

- внесення пропозицій з поліпшення і проведення подальшого поліпшення при особистій участі всіх співробітників, трудова діяльність яких пов'язана з робочою дільницею і робочими місцями на ньому;

- проведення цехових днів «*Бережливе виробництво*», на яких повинні підводитися підсумки досягнення запланованих показників, аналізуватися виконання заходів, обговорюватися поточні проблеми і перспективні задачі;

- при організації робочого місця із використанням системи «5S» проводяться аудити на всіх п'ятьох етапах.

Метою аудита є визначення рівня впровадження системи «5S» (система організації робочого місця) на виробничій дільниці (відділенні). Членами робочої групи проводяться щотижневі аудити за системою «5S». Аудит проводиться з питань, затверджених відділом «бережливого виробництва».

При проведенні аудиту розглядаються такі питання:

- оцінка поточного стану виробничої дільниці (відділення);
- результати з реалізації запланованих заходів щодо впровадження системи «5S» на дільниці (відділенні);

- обговорюються будь-які пропозиції членів робочої групи, працівників виробничої дільниці (відділення) з поліпшення організації робочих місць або підтримки досягнутого рівня;

- проводиться аналіз причин, що приводять до зниження рівня реалізації принципів «5S»;

- заповнюється графік впровадження системи «5S» на виробничій дільниці (відділенні).

Система «SMED»

Дана система дозволяє вирішити такі виробничі задачі:

- знизити простої обладнання;
- скоротити розміри виробничих партій;
- скоротити запаси незакінченого виробництва – міжопераційні запаси деталей, матеріалів, півфабрикатів;
- розширити асортимент продукції.

На поточний момент існує вісім основних методів системи «SMED», що використовуються для зниження часу переналагодження за кожною з цих функцій:

Метод 1 – розподілення внутрішніх і зовнішніх операцій налагодження. Необхідно чітко визначити, які з операцій налагодження повинні виконуватися при зупиненому верстаті (внутрішнє налагодження, або «IED»), а які можуть виконуватися при працюючому верстаті (зовнішнє налагодження, або «OED»).

Зовнішні операції – технологічні операції, які можуть виконуватися в той час, поки верстат працює.

Приклади зовнішніх операцій:

- ✓ отримання інструменту зі складу;
- ✓ транспортування до верстата;
- ✓ добірка і сортування болтів кріплення прес-форми;
- ✓ оформлення документації на вироби.

Внутрішні операції – операції, які можна виконувати тільки коли верстат зупинений (вимкнений).

Приклади внутрішніх операцій:

- ✓ отримання інструменту зі складу;
- ✓ транспортування до верстата;
- ✓ добірка і сортування болтів кріплення прес-форми;
- ✓ оформлення документації на вироби.

Метод 2 – перетворення внутрішніх дій у зовнішні.

Метод 3 – стандартизація функцій, а не форми. Стандартизація форми і розмірів штампів може значно знизити час налагодження. Однак стандартизація форми вимагає значних витрат. З іншого боку, стандартизація функції вимагає тільки однорідності деталей, необхідних для операцій налагодження.

Метод 4 – застосування функціональних затискачів або повне усунення кріплення.

Метод 5 – використання додаткових пристосувань. Деякі з затримок, пов'язані з регулюваннями, які при внутрішньому налагодженні, можна усунути шляхом використання стандартних пристосувань. Коли обробляється заготовка, закріплена в інше пристосування, наступна в черзі заготовка встановлюється в інше пристосування. Коли обробка першої заготовки завершена, інше пристосування легко встановлюється на верстат для обробки.

Метод 6 – застосування паралельних операцій.

Метод 7 – усунення регулювань. Звичайно регулювання і спробний запуск займають 50-70 % часу внутрішнього налагодження. Їх усунення дає значну економію часу.

Метод 8 – механізація. Заміна невеликих різців, пристосувань, штампів і приладів не створює проблем, а для ефективного використання великих штампів, ливарних і пресових форм часто застосовують механізацію. Механізацію варто розглядати тоді, коли прикладені всі зусилля з поліпшення процесу переналагодження вище описаними способами.

За довгі роки з кількох сотень удосконалень «SMED» найбільш результативними виявилися:

- чіткий поділ внутрішнього і зовнішнього налагодження;
- повне перетворення внутрішнього налагодження в зовнішнє, коли є така можливість;
- усунення регулювань;
- здійснення кріплення без гвинтів.

Ці способи можуть скоротити процес налагодження обладнання приблизно в 20 разів порівняно з початковим часом.

Лекція 8

АНАЛІЗ НОВІТНІХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ

У 2019 р. у Німеччині і Швейцарії завершилися демонстраційні проекти створення інноваційних вантажних вагонів. Улітку того ж року співтовариство технічних інновацій (ТІ), що поєднує ряд європейських вантажних операторів і постачальників залізничної техніки, опублікувало так звану «Білу книгу», у якій сформульовані основні задачі, спрямовані на підвищення конкурентоздатності вантажних перевезень. Однією з ключових задач є створення інтелектуального вантажного потяга [17].

Співтовариство технічних інновацій у вантажних залізничних перевезеннях ТІ (Technischer Innovationskreis Schienengüterverkehr) поєднує кілька європейських національних і частину операторів вантажних перевезень, лізингових і вагонобудівних компаній і постачальників устаткування для вантажних вагонів, у тому числі DB Cargo, SBB Cargo, VTG, BASF SE, Wascosa, ELN Waggonbau Niesky, Knorr-Bremse, Wabtec і ін. У наукову раду співтовариства входять також технічні університети Берліна і Дрездена.

Біла книга ТІ, оприлюднена в 2019 р., стала другим виданням такого роду. Перша Біла книга співтовариства, опублікована в 2012 р., була орієнтована на створення інтелектуального вантажного вагона, що відповідає принципам 5L (Logistikfähig, Leicht, Life-cycle-cost-orientiert, Leise, Laufstark).

Під цими принципами маються на увазі:

- здатність до високої інтеграції в логістичні ланцюги;
- підвищення вантажопідйомності за рахунок зниження маси тари;
- низька вартість життєвого циклу;
- низький рівень шуму;

➤ висока надійність.

За минулі роки учасники співтовариства почали реалізовувати ряд заходів, спрямованих на розроблення вантажних вагонів відповідно до перерахованих принципів, їх іспити і комерціалізацію. У Швейцарії і Німеччині пройшли іспити демонстраційних вантажних потягів, сформованих з вагонів, у конструкції яких використані різноманітні інноваційні компоненти (рисунок 8.1).

Бортові телематичні пристрої і датчики на вантажних вагонах.

Цифровізація стала одним із ключових факторів, що визначають конкурентоздатність вантажних перевезень. Власники вантажних вагонів у Європі активно обладнують їх бортовими телематичними пристроями і різноманітними датчиками, що дозволяють відслідковувати місце розташування кожного вагона, контролювати появу його у визначеній зоні або вихід з неї, збирати відомості про пробіг, ударні навантаження, а також одержувати інформацію про стан перевезеного вантажу за даними про температуру, тиск і вологість.



Рисунок 8.1 – Один із вагонів демонстраційного потяга 5L, обладнаний автозчепленням з автоматичним з'єднанням повітропроводів гальмової магістралі

Робоча група ТІ у 2014 р. приступила до розроблення вимог до телематичних пристроїв і датчиків. До цієї роботи були притягнуті оператори вантажних перевезень і виробники обладнання. На той момент бортові прилади різних виробників не були сумісні один з одним.

Одна з цілей робочої групи складалася в розробленні стандартів для декількох інтерфейсів, що були б визнані принаймні в Європі і дозволили б датчикам і телематичним пристроям різних постачальників обмінюватися інформацією один з одним. Прийняття таких стандартів також підвищує ефективність інвестицій у бортові пристрої для власників вагонів.

До участі в розробленні стандартів були притягнуті також постачальники телематичних пристроїв і послуг, що, у свою чергу, заснували об'єднання ITSS (Industry platform for telema-tics and sensors). За станом на лютий 2020 р. у це об'єднання входили 24 компанії, у тому числі Siemens, Bosch, Nexxiot, Wabtec, Perpetuum та ін.

На першому етапі діяльності робочої групи було ідентифіковано чотири інтерфейси, що вимагають стандартизації:

- Інтерфейс 1 – Міжсерверна взаємодія;
- Інтерфейс 2 – Між датчиком і телематичним пристроєм;
- Інтерфейс 3 – Між телематичним пристроєм і мобільним терміналом;
- Інтерфейс 4 – Між вагонами і локомотивом.

Вантажний оператор DB Cargo у 2018 р. підписав з компанією Siemens контракт на обладнання 30 тис. вантажних вагонів комплектами телематичних пристроїв (рисунок 8.2) і датчиків CTmobile, включаючи експлуатацію цього обладнання протягом 6 років з обробкою даних моніторингу на сервері Siemens. До 2020 р. цифровими телематичними пристроями і датчиками обладнали 68 тис. вагонів з перспективою збільшення цієї кількості. Відправники вантажу одержують через хмарну

платформу DB Cargo інформацію про поточне місце розташування вагонів, неприпустимі ударні навантаження, температуру і вологість у кузові вагона (для вагонів визначених категорій) і т. п.



Рисунок 8.2 – Монтаж телематичного пристрою на вантажному вагоні

Інноваційні візки вантажних вагонів. Найбільш розповсюджені на європейських залізницях візки сімейства Y25, засновані на конструкції, яка широко застосовується з 1960-х років. Основним їх недоліком є відсутність можливості радіальної установки колісних пар у кривих. У результаті збільшується опір руху насамперед у кривих ділянках колії, що сприяє росту зносу колісних пар і рівню шуму, а також підвищенню витрат на технічне обслуговування.

Впродовж останнього часу були розроблені різні інноваційні візки з радіальною установкою колісних пар, але вони не змогли конкурувати з візками Y25 через значно більш високу вартість.

Співтовариство ТІ на першому етапі розробило вимоги до інноваційних візків і провело переговори з виробниками. У ході аналізу наявних розробок виявили, що візки різних конструкцій порівнювати між

собою досить складно. Заявлені виробниками переваги відносно зниження рівня шуму, споживання енергії і зносу в системі колесо–рейка ґрунтуються на суб'єктивних оцінках або результатах нестандартизованих іспитів.

У зв'язку з цим співтовариство ТІ розробило концепцію іспитів інноваційних візків. На основі цієї концепції оператор SBB Cargo замовив чотири інноваційні візки для демонстраційного потяга 5L, пробіг якого склав 400 тис. км, а оператор DB Cargo і лізингова компанія VTG придбали інноваційні візки двох типів і випробували їх у ході випробувальної експлуатації з пробігом 150 тис. км (рисунок 8.3). Проведені іспити продемонстрували переваги інноваційних візків відносно рівня шуму і енергоспоживання особливо при русі в кривих.



Рисунок 8.3 – Візок RC25NT компанії Eisenbahnlaufwerke Halle з радіальною установкою колісних пар і полегшених дискових гальм виробництва Faiveley

Інноваційні дискові гальма. Застосування дискових гальм економічно виправдано для вагонів визначених категорій з високим щорічним пробігом. Вони забезпечують менший знос коліс порівняно з

колодковими гальмами, у тому числі обладнаними накладками з композиційних матеріалів.

До недоліків сучасних дискових гальм належить їх велика маса порівняно з колодковими. Тому дискові гальма актуальні насамперед для вантажних вагонів з неповним завантаженням. Їх використання економічно доцільне у вагонах прискорених вантажних поїздів, що розвивають швидкість 100 км/год і більше і обертаються на протяжних маршрутах, що обслуговують морські порти.

Важливою задачею є впровадження полегшених дискових гальм. Такі гальма уже розроблені декількома виробниками і випробувалися в рамках демонстраційних проєктів. При їх створенні використані нові матеріали і нові технології. Маса нових дискових гальм для вантажних вагонів на 50 кг (тобто на 35 %) нижче, ніж у експлуатованих на даний час.

Перспективною виглядає конструкція дискового гальма, у якій використовується один гальмовий диск замість двох. У цьому випадку необхідно ретельно вивчити вплив такої конструкції на безпеку руху. Важливим фактором залишається порівняно висока вартість дискових гальм. Аналізу вимагає і характер витрат при експлуатації дискових гальм у порівнянні з колодковими.

Інноваційний кузов вагона. Полегшені конструкції. Зменшення маси тари вагона дозволяє перевозити більше вантажів при тому ж осьовому навантаженні і знижує енергоспоживання при порожніх пробігах. Сучасні технології дають змогу одержати полегшені конструкції і при використанні традиційних матеріалів (рисунок 8.4). Подальший прогрес можливий при переході до інноваційних матеріалів, що вимагає проведення поглиблених наукових досліджень.

Модульність. Сучасні вантажні вагони розраховані на експлуатацію протягом декількох десятиліть. З одного боку, це позитивна

характеристика, з іншого боку – інноваційні цикли стають у результаті занадто протяжними.



Рисунок 8.4 – Вагон-цистерна компанії VTG з полегшеним резервуаром збільшеного діаметра

Рішення перерахованих проблем може бути у модульному виконанні вагонів у поєднанні з застосуванням інноваційних обмінних кузовів. Ідея обмінних кузовів на вантажному залізничному транспорті не нова і широко використовується в мультимодальних перевезеннях. Мета полягає в тому, щоб поширити її і на перевезення масових вантажів.

Відділення кузова вагона від рами і ходової частини дає цілий ряд переваг: рама може бути стандартизована (з декількома варіантами по довжині) і виготовлятися великими партіями за зниженими цінами. При цьому вона повинна бути як і раніше розрахована на тривалий термін експлуатації. Конструкція спеціалізованого під конкретні вантажі обмінного кузова може бути орієнтована на менший термін служби. У результаті з'являється можливість скоротити інноваційні цикли і швидше переходити до нових технічних рішень.

Ще одна перевага модульності полягає в тому, що цей підхід захищає інвестиції власників вагонів. При придбанні спеціалізованого рухомого складу їм доводиться враховувати ризики несприятливої зміни ситуації на ринку перевезень у довгостроковій перспективі. Модульна концепція дозволяє більш гнучко реагувати на подібні зміни, а також мінімізувати вимоги до технічного обслуговування рухомого складу.

Прикладом реалізації модульної концепції можуть служити експлуатовані компанією BASF з 2017 р. танки-контейнери масою брутто до 75 т у поєднанні з полегшеними платформами. Разом з тим для визначених типів вантажів залишаються затребуваними спеціалізовані вантажні вагони традиційної конструкції.

Демонстраційний потяг 5L. Демонстраційний потяг 5L був уперше показаний громадськості в травні 2017 р. на виставці Transport logistic у Мюнхені, і з травня 2018 р. почалася його експлуатація у Швейцарії. У складі потяга 16 вагонів-платформ, протягом 4 років його пробіг складав 400 тис. км. У ході іспитів збиралася інформація про знос, рівень випромінюваного шуму і роботу засобів автоматизації, включаючи автоматичне випробування гальм. Уже зібрані результати іспитів підтверджують зниження рівня випромінюваного шуму приблизно на 5 дБ порівняно з традиційними вантажними вагонами, обладнаними малошумними композитними гальмовими колодками.

Інноваційна концепція танка-контейнера компанії BASF. BASF має у своєму розпорядженні парк із більш ніж 1000 вагонів-цистерн, у яких перевозяться рідкі і газоподібні вантажі між підприємствами компанії. Мета проекту складалася в скороченні витрат на переміщення цих вантажів до їх відправлення залізничним транспортом і після доставки на інше підприємство. Для цього було вирішено автоматизувати переміщення вантажів по території підприємств і знизити рівень шуму, випромінюваного при транспортуванні вантажів залізницею.

Концепція включала чотири елементи:

- інноваційний танк-контейнер масою 75 т;
- інноваційний вагон-платформу;
- безпілотні самохідні транспортери з електроприводом для переміщення танків-контейнерів;
- повністю автоматизований склад для танків-контейнерів.

Танк-контейнер підвищеної місткості класу В-ТС (BASF Class Tankcontainer) був розроблений разом з бельгійською компанією Van Hool, що спеціалізується на виробництві комерційного автотранспорту (рисунки 8.5, 8.6). Також у проєкті був розроблений 45-футовий вагон-платформа з інноваційною ходовою частиною, що дозволила зменшити рівень випромінюваного вагоном шуму на величину 5 дБ порівняно з нормативом TSI. Оптимізація конструкції платформи дала змогу зменшити її масу до 16,5 т, незважаючи на застосування дискових гальм.



Рисунок 8.5 – Перевантаження інноваційного танка-контейнера компанії BASF на безпілотний транспортер



Рисунок 8.6 – Перевезення танка-контейнера в автоматичному режимі території підприємства в Дуйсбурі

У цілому діяльність ТІ зосереджена на чотирьох основних темах, пов'язаних з переходом до інтелектуального вантажного потяга:

- автоматизація технологічних операцій, включаючи випробування гальм і розрахунок гальмового коефіцієнта, перевірку технічної готовності і цілісності потяга, збирання інформації про склад потягу, моніторинг стану компонентів вагонів, у тому числі для переходу до технічного обслуговування по фактичному стану;
- впровадження цифрового автозчеплення (DAC) з автоматичним з'єднанням повітропроводів, шин електроживлення і передачі даних, у тому числі розроблення функціональних вимог і вибір геометрії головної частини автозчеплення, розроблення сценаріїв використання і аналіз економічної ефективності концепцій переходу до автозчеплення і фінансування такого переходу;
- подача електроенергії і даних, у тому числі розроблення стандартів електроживлення бортового устаткування вантажного вагона

(акумуляторні батареї або шина електроживлення) і передачі даних (безпроводної і провідної з вибором конкретної технології);

➤ впровадження електропневматичного гальма, включаючи застосування шини електроживлення для включення гальма, розроблення і іспити економічно виправданого технічного рішення.

Список рекомендованої літератури

1 Фомін О. В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів: монографія. Київ: ДЕТУТ, 2014. 299 с.

2 Фомін О. В., Кочешкова Н. С. Теоретичні аспекти проектування, випробувань, динаміки універсальних та спеціалізованих вантажних вагонів: навч. посіб. Київ: ДУІТ, 2018. 93 с.

3 Аналіз світових тенденцій і перспектив розвитку пасажирського вагонобудування / Ю. М. Федюшин, Л. М. Лобойко, А. В. Донченко, О. М. Пшінько та ін. *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. Дніпропетровськ, 2005. Вип. 7. С. 25–32. DOI: 10.15802/stp2005/20256.

4 Донченко А. В. Стратегія розвитку транспортного машинобудування для залізниць України. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2013. Вип. 139. С. 16-24.

5 Федерація роботодавців України: Український пасажирський вагон сьогодні і в майбутньому – необхідно приймати рішення. URL: <https://fru.ua/ua/media-center/blog/prykhodko/ukrajinskij-pasazhirskij-vagon-sogodni-ta-v-majbutnomu-neobkhidno-prijmati-rishennya/>

6 Назаров О. А. Проблеми й перспективи розвитку високошвидкісного пасажирського залізничного транспорту. *Транспортні системи і технології перевезень: Зб. наук. пр. Дніпров. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. Дніпро, 2018. Вип. 16. С. 77–82. DOI: 10.15802/tstt2018/164068.

7 Нові матеріали та композити: навч. посіб. / Ю. А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков. Вінниця: ВНТУ, 2013. 161 с.

8 Нові матеріали та технології їх отримання: підручн. / Е. С. Геворкян, Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофеева, В. П. Нерубацький. Харків: «Діса плюс», 2015. 344 с.

9 Матеріали для виготовлення виробів транспортного призначення: навч. посіб. / Л. А. Тимофеева, С. С. Тимофеев, І. І. Федченко та ін. Харків: УкрДУЗТ, 2015. 173 с.

10 Marek Płaczek, Andrzej Wróbel, Maciej Olesiejuk. Modelling and arrangement of composite panels in modernized freight cars. MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 112. 06022. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711206022>.

11 Ayman Al-Sukhon, Mostafa S. A. ElSayed. Design optimization of hopper cars employing functionally graded honeycomb sandwich panels. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: *Journal of Rail and Rapid Transit*. 2021. Vol. 236, Issue 8. URL: <https://doi.org/10.1177/09544097211049640>.

12 Волошин Д. І., Волошина Л. В. Управління виробничими ризиками в технологічних системах вагоноремонтних підприємств. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України*: Сер. Транспортні системи і технології. Вип. 39. Київ: ДУІТ, 2022. 22-29 с. DOI:10.32703/2617-9040-2022-39-3.

13 Рон Базу. Ощадливе виробництво і «Шість сигм» на підприємстві: Практичний посібник з впровадження методів контролю якості на підприємстві. Oxford: Butterworth-Heinemann, an imprint of Elsevier, 2008. 376 с.

14 Волошин Д. І., Волошина Л. В. Використання принципів виробничої логістики для підвищення ефективності виробничих систем. IV Міжнар. наук.-практ. морська конференція кафедри СЕУ і ЕУ Одеського національного морського університету. MPP&O-2022 (Одеса – Карасу (Стамбул) Одеса, квітень 2022 р.). Одеса: ОНМУ, 2022. URL: <http://2022.depas.od.ua/>.

15 Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Ресурсозберігаючі технології» / укладачі: Д. І. Волошин, Л. В. Волошина; кафедра вагонів. Харків: УкрДАЗТ, 2012. 64 с.

16 Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Новітні технології та матеріали у вагонобудуванні» / укладач Д. І. Волошин; кафедра вагонів. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 45 с.

17 Levent Güvenc, Bilin Aksun Güvenc, Burak Demirel. Control of mechatronic systems. London: The Institution of Engineering and Technology, 2017. 217 p.

Д. І. Волошин, Л. В. Волошина

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕРІАЛИ У ВАГОНОБУДУВАННІ

Конспект лекцій

Відповідальний за випуск Волошин Д. І.

Підписано до друку 03.05.2024 р.

Умовн. друк. арк. 5,5. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.