

ЗАЯВА

Я, Білик Мирослав Григорович
(ПІБ повністю)

Студент групи 8-Інтер
Спеціальності 273 Залізничний транспорт
(код та назва спеціальності)

освітньої програми Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті
(назва освітньої програми)

Освітнього ступеня підготовки магістр

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Аналіз і шляхи зниження шуму в пасажирських вагонах з урахуванням вимог інтероперабельності

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з якими виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата 17.12.21.

Підпис

Керівник

Міляшук А.Р.

Підпис

Болжеларський Я.В.

(ПІБ керівника)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна
Кафедра «Вагони і вагонне господарство»

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ І ПРОФЕСІЙ
СНАМ, ФРАНЦІЯ

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідувач кафедри:
к.т.н., доцент _____ Рейдемейстер О. Г.
(вчене звання, ступінь) (підпис) (ПІБ)
« ____ » _____ 2021 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

на отримання ОКР «магістр»
Напрямок 27 «Транспорт»
Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»
Спеціалізація «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

Тема АНАЛІЗ І ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ В ПАСАЖИРСЬКИХ
ВАГОНАХ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

Виконав:

_____ Білик М.Г.
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник:

_____ Міляннич А.Р.
(вч. звання, ступінь) (підпис) (прізвище й ініціали)

Дніпро
2021

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО БОРОТЬБИ ІЗ ШУМОМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗГІДНО НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРАЇНИ	10
1.1. Виробничий шум і його вплив на організм людини.	10
1.2. Існуючі способи захисту від шуму на залізничному транспорті.	19
1.3. Допустимі норми шумового навантаження згідно нормативних документів України.....	20
1.4. Висновки до розділу.	21
2. АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ШУМОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ПАСАЖИРСЬКОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗГІДНО НОРМАТИВІВ, ЩО ДІЮТЬ У КРАЇНАХ ЄС22	
2.1. Технічні вимоги до звукового навантаження згідно TSI.....	22
2.2. Регламентування шумової безпеки рухомого складу згідно нормативних документів ЄС.	32
2.3 Порівняльний аналіз вимог нормативних документів України й країн ЄС.	38
2.4 Висновки до розділу	38
3 ПРАКТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМУ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	41
3.1 Аналіз конструкції пасажирського вагона	41
3.2 Технічні засоби та методика проведення замірів шуму	49
3.3 Проведення вимірів та статистична обробка отриманих результатів	55
3.4 Визначення залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда.	63
3.5 Висновок до розділу	72

					0032.196546.MP.2021.001			
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Аналіз і шляхи зниження шуму в пасажирських вагонах з врахуванням вимог інтероперабельності	Лит	Лист	Листов
Розроб		Білик М.Г.						
Перевірив		Мілянч А.Р.						
Н. контр.						8-ІНТЕР		
Затв								

4 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З РЕМОНТУ І МОДЕРНІЗАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ШУМУ.	74
4.1 Аналіз сучасних технічних рішень щодо зниження рівня шуму	74
4.2. Пропозиції по модернізації вагонів вітчизняного виробництва з метою ізоляції від шумового навантаження.....	80
4.3. Висновки до розділу.	91
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.	95
СПИСОК РИСУНКІВ	97
СПИСОК ТАБЛИЦЬ.....	98
АНОТАЦІЯ Й КЛЮЧОВІ СЛОВА	100
ANNOTATION AND KEYWORDS	103

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ

АЕ	Акустичний екран
АТ	Акціонерне товариство
ВООЗ	Всесвітня організація охорони здоров'я
ВСМ	Високошвидкісна магістраль
ДР	Деповський ремонт
ЄС	Європейський Союз
ЄТТ	Єдиний транзитний тариф
КР	Капітальний ремонт
ОСЗ	Організація співпраці залізниць
ПКТБ	Проектно-конструкторське бюро
ПТЕ	Правила технічної експлуатації
РІЦ	Міжнародний стандарт пасажирських вагонів
СШР	Стаціонарний шляховий рельсозмащувач
ТО	Технічне обслуговування
ТР	Поточний ремонт
ТСІ	Технічні специфікації інтероперабельності
ТУ	Технічні умови
УЗ	Акціонерне товариство «Українська залізниця» (до 01.12.2015 -Укрзалізниця)
ЦВ	Головне управління вагонним господарством
ЦЛ	Головне управління пасажирським господарством
ЦНДІ	Центральний науково-дослідний інститут залізничного транспорту
ЦТ	Головне управління локомотивного господарства

ВСТУП

Сучасні економічні вимоги, а також глобалізація транспортних послуг, висувають необхідність узгодження норм і підвищення ефективності та безпеки при перевезеннях вантажів і пасажирів як у внутрішньому так і у міждержавному сполученні. Це, у свою чергу, визначає необхідність узгодження не тільки різних актів і вимог, але значною мірою конструктивних рішень для усіх типів рухомого складу, що в сучасних економічних умовах є непростим завданням.

Закон України «Про залізничний транспорт» [1] визначає правові, економічні і організаційні основи діяльності залізничного транспорту загального користування, його роль в економіці і соціальній сфері України. Закон регламентує відносини підприємств залізничного транспорту з органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, іншими видами транспорту, пасажирями, відправниками і одержувачами вантажів, багажу, вантажобагажу та пошти з урахуванням специфіки функціонування цього виду транспорту як єдиного виробничо-технологічного комплексу.

Залізничний транспорт України – це виробничо-технологічний комплекс підприємств залізничного транспорту, призначений для забезпечення потреб суспільного виробництва і населення країни в перевезеннях у внутрішньому та міжнародному сполученнях і надання інших транспортних послуг усім споживачам без обмежень за ознаками форми власності та видів діяльності [1].

При цьому, згідно статті 19 Закону [1], „Розвиток залізничного транспорту щодо транспортного забезпечення зовнішньоекономічної діяльності України. АТ "Укрзалізниця" повинен сприяти розвитку інфраструктури транспортного забезпечення зовнішньоекономічної діяльності України, підвищувати пропускну і перероблювальну здатність прикордонних передавальних пунктів, приводити парк рухомого складу і контейнерів, що виходять на іноземну мережу залізниць, у відповідність із міжнародними стандартами й вимогами”.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

У цьому зв'язку перспективним є локальна модернізація рухомого складу згідно висунутих вимог, яка дозволить із однієї сторони суттєво зменшити капіталовкладення в забезпечення заданого рівня комфорту, а з іншого – відробити ефективні підходи, які в дозволять впроваджувати в експлуатацію УЗ рухомий склад нового покоління із системами, що уже пройшов успішну апробацію.

Актуальність теми.

Глобалізація економіки, зростання вимог до швидкості і якості перевезення вантажів і пасажирів, жорсткість вимог до експлуатації рухомого складу приводять до необхідності його технічної модернізації для забезпечення екологічних вимог та вимог щодо безпеки пасажирів.

Також дуже важливою необхідністю є узгодження нормативно-законодавчих актів, яка дозволить знімати регіональні обмеження на перевезення пасажирів при наданні транспортних послуг.

Тому на даний момент уніфікація нормативно-правової бази, а також підходів до експлуатації, ремонту і модернізації конструкцій рухомого складу згідно вимог інтероперабельності є актуальною проблемою сучасних залізниць України.

Об'єкт дослідження.

Об'єктом дослідження є пасажирські вагони вітчизняного виробництва

Предмет дослідження.

Предметом дослідження є шумове навантаження, яке виникає під час руху поїзда у купе та службових приміщеннях вагонів.

Ціль і завдання дослідження.

Метою роботи є оцінка рівня шумового навантаження у вагоні і його порівняння з європейськими та вітчизняними нормативами а також розробка практичних рекомендацій із впровадження при ремонті пасажирського рухомого складу України технічних рішень щодо зниження шумових навантажень, які одночасно відповідали б вищевказаним вимогам.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Для досягнення поставленої в роботі мети були сформульовані наступні завдання дослідження:

1. Проаналізувати та порівняти вітчизняні та європейські вимоги до шумового навантаження пасажирського рухомого складу.
2. Практично визначити рівень шумового навантаження у купе та службових приміщеннях вітчизняного вагона при різних швидкостях руху
3. На основі проведеного аналізу запропонувати технологічні рішення по зменшенню шумових навантажень у пасажирському рухомому складі.

Методи дослідження.

У даній роботі використані наступні емпіричні і теоретичні методи: *метод порівняння, аналізу і синтезу, метод базового агрегату* (метод уніфікації - створення або модифікація конструкцій на основі стандартних і апробованих компонентів), *метод модифікації* (пристосування виробу, що вже випускається, до нових умов без зміни в ньому найбільш дорогих і відповідальних частин) і метод агрегування (принцип модульності, коли новий виріб створюється на основі комбінації вже наявних уніфікованих агрегатів, які мають повну взаємозамінність (сумісність) за експлуатаційними показниками й приєднувальними розмірами).

Матеріал дослідження.

У якості матеріалу для дослідження в роботі використані нормативно-правова документація до шумових навантажень у галузі залізничного транспорту України і Європи, а також сучасні технологічні рішення по його зменшенню.

Наукова значимість.

Наукова значимість роботи полягає в розробці підходу до розв'язку проблеми зниження шумових навантажень у пасажирському рухомому складі України з урахуванням вимог нормативної документації країн Європи і новітніх розробок в області шумопоглинання.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО БОРОТЬБИ ІЗ ШУМОМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗГІДНО НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ УКРАЇНИ

1.1. Виробничий шум і його вплив на організм людини.

Згідно [2] *акустичний шум* – це безладні, різної природи звукові коливання, що поширюються в повітрі. Вони характеризуються високими частотами коливань (20 Гц — 20 кГц і вище) і випадковою величиною амплітуди. Як фізіологічне явище, шум – будь-який звук, що сприймається людиною несприятливо. На виробництві шумом прийнято вважати будь-який небажаний для людини звук, що не несе корисної інформації.

Для передачі звуку необхідні: джерело звуку (коливний об'єкт), середовище для передачі звуку (найчастіше – повітря), приймач (вухо або мікрофон).

При механічних коливаннях джерела звуку середовище, що його оточує підлягає стисненню-розрідженню. Найпоширеніше середовище для передачі звуку — повітря. Однак усі гази, рідини і тверді тіла також передають звук. Розрідження і стиснення переміщуються в навколишньому середовищі внаслідок коливальних рухів молекул. Частки коливаються, але не пересуваються. Коливальні рухи у вигляді хвилі поширюються послідовно на суміжні частки, утворюючи звукове поле. Стиски і розрідження в середовищі досягають приймача, змушуючи його коливатися з тою же частотою, що й джерело. Чим голосніше звук (більше амплітуда коливань джерела), тим більше різниця тисків між стисками і розрідженнями і тим більше амплітуда коливань барабанної перетинки. Діапазон частот, які може розрізнити слухач, одержав назву діапазон чутності. Верхня і нижня границі цього діапазону відомі як межі чутності. Нижньою межею вважається частота 16 Гц, а верхньою – 20000 Гц.

Звуковий тиск (P) являє собою змінний тиск, що виникає додатково до

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

атмосферного, у тому середовищі, через яке проходять звукові хвилі, і є різницею між миттєвим значенням повного тиску при проходженні звукової хвилі і середнім значенням тиску в незбуреному середовищі. Він виражається в паскалях (Па). Від величини звукового тиску залежить сила звуку – шуму.

При поширенні звукової хвилі відбувається перенос енергії звукових коливань. Середній потік енергії у будь-якій точці поля, віднесений до одиниці поверхні, перпендикулярної напрямку поширення хвилі, називається інтенсивністю, або силою звуку (J) у даній точці (Вт/м^2). Інтенсивність звуку зв'язана зі звуковим тиском залежністю:

$$J = \frac{P^2}{\rho \cdot c}, \quad (1.1)$$

де ρ - щільність повітря; c — швидкість поширення звукової хвилі (відстань, на яку протягом однієї секунди може поширитися хвильовий процес).

Для повітря швидкість звукової хвилі (швидкість звуку) $c = 344$ м/с (при нормальних умовах, тобто при температурі $+20^\circ\text{C}$ і нормальному атмосферному тиску).

Одна з основних характеристик коливального руху – його зміна в часі. Час, протягом якого коливне тіло робить одне повне коливання, називається періодом коливань (T) і вимірюється в секундах. Період коливання пов'язаний з його частотою наступним співвідношенням:

$$T = \frac{1}{f}. \quad (1.2)$$

Частота коливань (f) — число повних коливань протягом однієї секунди. Одиниця виміру частоти — герц (Гц). Він рівний одному

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

коливанню в секунду.

Відстань між двома сусідніми згущеннями або розрідженнями у звуковому полі характеризує довжину хвилі λ , яка вимірюється в метрах і пов'язана із частотою f і швидкістю звуку з наступним співвідношенням:

$$\lambda = \frac{c}{f}. \quad (1.3)$$

Величини звукового тиску і інтенсивності звуку, з якими доводиться зустрічатися в практичних умовах при боротьбі із шумом, можуть змінюватись в досить широких межах: по тиску — до 108 раз, по інтенсивності — до 1016 раз. Природно, що оперувати такими цифрами досить незручно. Такий великий діапазон сприйняття пояснюється тим, що слуховий апарат людини реагує не на абсолютне значення величин, а на ефект порівняння з порогом чутності, тобто ним «реєструється» не різниця, а кратність зміни абсолютних величин. Установлено, що кожний наступний щабель сприйняття відрізняється від попереднього на 12,4 %. Тому для характеристики акустичного феномена прийнята спеціальна вимірювальна система інтенсивності і енергії шуму. Найбільш простою і для практичних цілей достатньою для відповідної фізіологічної сутності сприйняття, виявилася логарифмічна залежність. Саме вона відображає зручну в практиці, хоча й трохи наближену, залежність між подразненням і слуховим сприйняттям.

По логарифмічній шкалі кожний наступний щабель звукової енергії більше попереднього в 10 разів. Наприклад, якщо інтенсивність звуку збільшується в 10, 100, 1000 разів, то по логарифмічній шкалі збільшення відбувається відповідно на 1, 2, 3 одиниці. Логарифмічна одиниця, що відображає десятикратний ступінь збільшення інтенсивності звуку, називається белом (Б). Для зручності користуються не белом, а одиницею в 10 раз меншою — децибелом (дБ), яка приблизно відповідає мінімальному

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

приросту сили звуку, що вловлюється вухом людини. Таким чином, бел і децибел – це умовні одиниці, які показують, наскільки дана інтенсивність звуку J у логарифмічному масштабі більше інтенсивності звуку J_0 , відповідно до умовного порога чутності. Вимірювані в такий спосіб величини називаються рівнями інтенсивності шуму або рівнями звукового тиску.

Логарифмічні одиниці дозволяють оцінити інтенсивність звуку не абсолютною величиною звукового тиску, а її рівнем, тобто відношенням фактично створюваного тиску до тиску, прийнятого за одиницю порівняння. Такою одиницею прийнято вважати мінімальний тиск, який людина сприймає як звук на частоті 1000 Гц, а саме $2 \cdot 10^5$ Па.

Звук як фізіологічне явище характеризується рівнем звуку (фони) і гучністю (сони). Коливання звукових частот можуть сприйматися людським вухом тільки при певній їхній інтенсивності або звуковому тиску.

Граничне значення звукового тиску, при якому звук не сприймається вухом людини, називається порогом чутності. Граничне значення звукового тиску, при якому звукове відчуття переходить у болюче, називається порогом болючого відчуття.

Поріг чутності характеризується звуковим тиском $P_0 = 2 \cdot 10^5$ Па та інтенсивністю звуку $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Поріг болючого відчуття (при частоті 1000 Гц) характеризується звуковим тиском $P_0 = 2 \cdot 10^2$ Па і інтенсивністю звука $J_0 = 100$ Вт/м², що відповідає інтенсивності звука (звукового тиску) 140 дБ.

Сприйняття звуків суттєво залежить від частоти коливань. Звуки, однакові за рівнем інтенсивності, але різні по частоті, сприймаються на слух неоднаково голосними. При зміні частоти значно змінюються рівні інтенсивності звуку, що визначають поріг чутливості.

Для оцінки рівня сприйняття звуків різної частоти введено поняття рівня гучності звуку, тобто умовне приведення звуків різної частоти, але однакової гучності, до одного рівня гучності при частоті 1000 Гц.

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	0032.196546.MP.2020.001					

Рівень гучності звуку — це рівень інтенсивності (звукового тиску) даного звуку частотою 1000 Гц, рівногучного з ним на слух. Це означає, що кожній кривій рівної гучності (рис. 1) відповідає одне значення рівня гучності (від рівня гучності, рівного 0, відповідного до порога чутності, до рівня гучності, рівного 120, відповідного до порога болючого відчуття). Рівень гучності вимірюється в позасистемній безрозмірній одиниці — у сонах.

По характеру спектра шуми підрозділяються на широкосмугові й тональні. Шум вважається широкосмуговим, якщо його спектр перевищує одну октаву. Октава — інтервал, обмежений частотами, відношення яких рівно 2. Шум вважається тональним, якщо в спектрі є чутні дискретні тони (такі тони, які відповідають певній гармонійній складовій звукових коливань). Шум також вважається тональним, якщо в кожній із третьоктавних смуг спостерігається перевищення його рівня більш ніж на 10 дБ над сусідніми.

По часових характеристиках (тобто залежних від часу) шуми підрозділяються на постійні і непостійні. Шум вважається постійним, якщо рівень звуку змінюється в часі незначно (не більше ніж на 5 дБ за восьмигодинний робочий день). Непостійні шуми діляться на коливні, переривчасті і імпульсні. Шум вважається коливним, якщо він змінюється східчасто (більш ніж на 5 дБ), залишаючись незмінним більше 1 с. Шум вважається переривчастим, якщо рівень звуку різко падає до рівня фонового шуму, причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень звуку залишається постійним і перевищує рівень фонового шуму, становить 1 с і більше. Шум вважається імпульсним, якщо він складається з одного або декількох звукових сигналів тривалістю менше 1с кожний, при цьому рівні звуку повинні відрізнятися не менше, ніж на 7 дБ.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

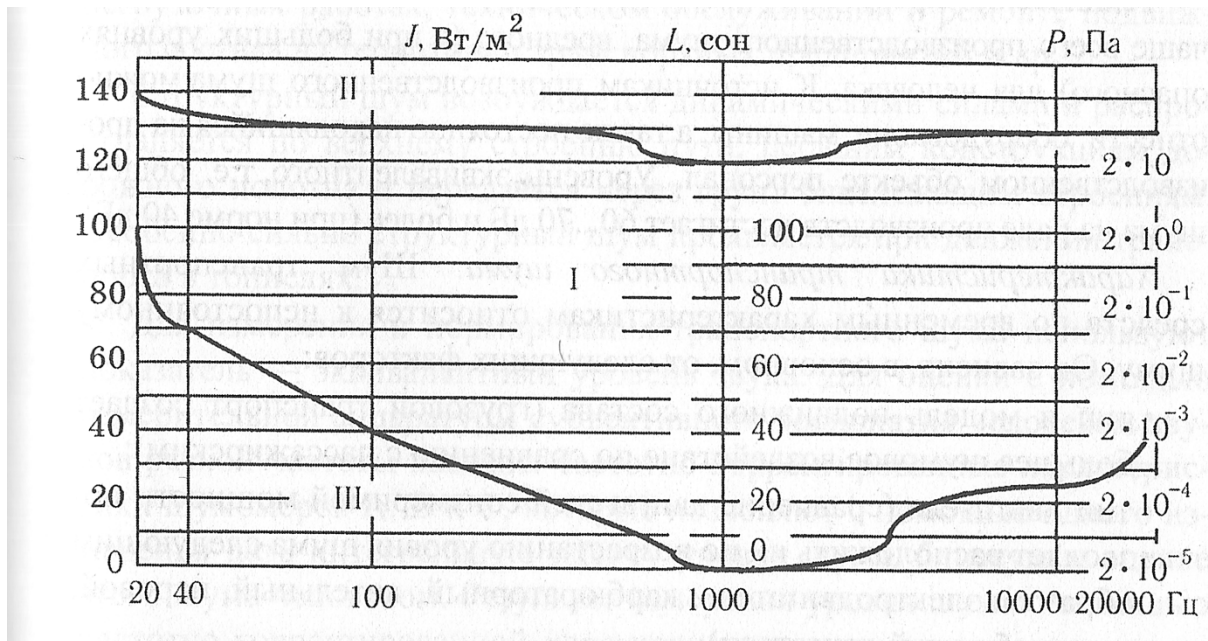


Рисунок 1 – Криві рівної гучності:

I – інтенсивність, $\text{Вт}/\text{м}^2$, або сила звуку, дБ; P – звуковий тиск, Па; L – рівень гучності, сона; I – область сприйняття звуку людським вухом; II – поріг болючого відчуття; III — поріг чутності.

Виробничий шум і його джерела

Технічний прогрес супроводжується збільшенням штучного, найчастіше виробничого шуму, шкідливого (а при більших рівнях небезпечного) для людини. До джерел виробничого шуму можна віднести: устаткування, машини і персонал, що також постійно перебуває на виробничому об'єкті. Рівень еквівалентного, тобто загального шуму на ряді виробництв досягає 60...70 дБ і більше (при нормі 40 дБ).

Характеристика транспортного шуму. Шум транспортних засобів по часових характеристиках відноситься до непостійного шуму. Він залежить, в основному, від наступних факторів:

- тип і модель рухомого складу (вантажний транспорт створює більший шумовий вплив у порівнянні з пасажирським);
- тип двигуна (порівняння двигунів порівнянної потужності дозволяє розташувати їх по зростанню рівня шуму в такий спосіб: електродвигун, карбюраторний, дизельний, паровий, газотурбінний двигуни);

Таблиця II – Реальні рівні шуму на робочих місцях шумонебезпечних професій

Робоче місце	Еквівалентні рівні звуку, дБ
Кабіни локомотивів	75..90
Електровози	64..76
Вагони пасажирські, вантажо-багажні, поштово-багажні	50..84
Рефрижераторні секції	87..105
Колійні машини	85..110

Глухота – захворювання органів слуху від впливу інтенсивного виробничого шуму, є третім по частоті професійним захворюванням серед працівників залізничної галузі.

Ризик виникнення професійної глухоти значно зростає після 10 років роботи в «шумонебезпечній» професії. Найнебезпечнішими для органів слуху є рівні шуму, що перевищують гранично-допустимий рівень від 10 до 25 дба (тобто шум з інтенсивністю до 105 дба). Ситуація на виробництвах залізничного транспорту сьогодні обумовлює високий реальний ризик розвитку професійної глухоти.

Шум знижує продуктивність праці, особливо при виконанні точних робіт, утрудняє сприйняття небезпеки від машин, що рухаються, і механізмів, знижує розбірливість мови.

Безладні звукові коливання впливають на організм людини й навіть можуть викликати шумову хворобу, яка характеризується глухотою, гіпертонією, головними болями.

1.2. Існуючі способи захисту від шуму на залізничному транспорті.

Згідно [3], на залізничному транспорті існують наступні способи зниження шуму:

- установка акустичних екранів АЭ;
- спорудження штучних виїмок або насипів;
- установка звукоізолюючого скла в захисних конструкціях;
- зниження шуму в джерелі його виникнення.

Зниження шуму в джерелі його виникнення може бути реалізовано наступним чином:

- акустичне шліфування рейок;
- застосування вібродемпфуючих накладок на шийці рейки;
- нанесення на шийку рейки, візок і колеса віброшумопоглинаючої мастики;
- використання підрейкових і підшпальних підбивок;
- нанесення шару алюмінію на гальмові диски;
- обточування бандажів коліс.

Відзначимо, що даний список є неповним і в інших літературних джерелах приводяться інші технічні рішення.

Так, у роботі [4] запропоновані наступні додаткові рішення по зменшенню шуму на шляху його поширення:

- установка звукопоглинальних перегородок, у тому числі і пористих;
- установка глушителів звуку.

Особливо складним є правильне розміщення глушителів звуку оскільки від правильного їхнього розміщення можна значно (до кілька разів) понизити рівень звукового навантаження.

Аналіз літературних джерел [2-4] показує, що питання оптимального вибору схем захисту від поширення шуму на даний момент є відкритим питанням.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

1.3. Допустимі норми шумового навантаження згідно нормативних документів України.

В Україні допустимі норми шумового навантаження наведені у [5].

Допустимі значення шумового навантаження на залізничному транспорті згідно вимог [5] які наведені у табл. III

Таблиця III – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

№	Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах зі середньгеометричними частотами, Гц									Рівні шуму і еквівалентні рівні шуму, дБ, экв.
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Рухомий склад залізничного транспорту											
1	Робочі місця в кабінах машиністів тепловозів, електровозів, поїздів метрополітену, дизель поїздів	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
2	Робочі місця в кабінах машиністів швидкісних і приміських електропоїздів	99	91	83	77	73	70	68	66	64	75

2. АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ШУМОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ПАСАЖИРСЬКОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ ЗГІДНО НОРМАТИВІВ, ЩО ДІЮТЬ У КРАЇНАХ ЄС

2.1. Технічні вимоги до звукового навантаження згідно TSI.

Вимоги до звукового навантаження на залізничному транспорті наведені в TSI “Rolling stock - Noise” [6].

Відповідно до статті 1, цей Регламент установлює технічну специфікацію функціональної сумісності (TSI), що ставиться до підсистеми «рухомий склад - шум» залізничної системи ЄС.

Відповідно до статті 2, дане TSI застосовується до рухомого складу, який підпадає під дію Регламенту Комісії (ЄС) № 1302/2014 і Регламенту Комісії (ЄС) № 321/2013.

Відповідно до статті 3, протягом шести місяців після набрання чинності цим Регламентом держави-члени повинні повідомити Комісію про всі угоди, що містять вимоги, що стосуються меж шуму, за умови, що вони ще не були сповіщені відповідно до рішення Комісії 2006/66/ ЄС або 2011/229.

Комісія має бути повідомлена про наступні угоди:

(а) національні угоди між державами-членами і залізничними підприємствами або керуючими інфраструктурою, погоджені на постійній або тимчасовій основі і обумовлені конкретним або місцевим характером передбачуваних транспортних послуг;

(б) двосторонні або багатосторонні угоди між залізничними підприємствами, що управляють інфраструктурою або органами безпеки, які забезпечують значний рівень місцевої або регіональної сумісності;

(с) міжнародні угоди між однією або декількома державами-членами і, принаймні, однією третьою країною, або між залізничними підприємствами або керуючими інфраструктурою держав-членів і принаймні одним

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

залізничним підприємством або керуючим інфраструктурою третьої країни, які забезпечують значний рівень локальної або регіональної сумісності .

Відповідно до статті 4, процедури оцінки відповідності, придатності для використання і перевірки ЄС, викладені в Розділі 6 Додатка до даного Регламенту, повинні ґрунтуватися на модулях, наведених у Рішенні Комісії 2010/713 / EU (4).

Відповідно до статті 5, що стосується конкретних випадків, перерахованих у пункті 7.3.2 Додатка, умови, які повинні виконуватися для перевірки основних вимог, викладених у Додатку III до Директиви (ЄС) 2016/797, повинні відповідати умовам, викладеним у пункті 7.3. .2 Додатка або національними правилами, що діють у державі-члені, яке є частиною зони використання транспортних засобів, на які поширюється даний Регламент.

Протягом шести місяців після набрання чинності даним Регламентом кожна держава-член повинне проінформувати Комісію й держави-члени про:

- (a) технічні правила, зазначені в параграфі 1;
- (b) процедури оцінки і перевірки відповідності, які повинні виконуватися відповідно до технічних правил, зазначених у параграфі 1;
- (c) органі, призначеному для виконання процедур оцінки і перевірки відповідності національним правилам, що ставляться до конкретних випадків, викладених у пункті 7.3.2 Додатка.

Відповідно до статті 5а, з 8 грудня 2024 року вагони, що підпадають під дію Регламенту (ЄС) № 321/2013, на які не поширюється пункт 7.2.2.2 Додатка до справжнього Регламенту, не будуть експлуатуватися на більш тихих маршрутах.

Відповідно до статті 5b, «Більш тихий маршрут» означає частина залізничної інфраструктури з мінімальною довжиною 20 км, на якій у середньому щодня курсують вантажні поїзди в нічний час, як визначено в національному законодавстві, що заміняє Директиву 2002/49/ ЕС Європейського парламенту. і Ради (5) було більше 12. Вантажні перевезення

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

в 2015, 2016 і 2017 роках повинні стати основою для розрахунків цього середнього числа. У випадку, якщо вантажні перевезення через виняткові обставини відрізняються в даному році від цього середнього числа більш ніж на 25%, зацікавлена держава-член може розрахувати середнє число на основі двох років, що залишилися.

Відповідно до статті 5с, держави-члени повинні призначити більш тихі маршрути у відповідності зі Статтею 5b і процедурою, викладеної в Додатку D.1 Додатків. Вони повинні надати Агентству залізниць Європейського Союзу («Агентство») список більш тихих маршрутів не пізніше, чим через шість місяців після дати публікації даного Регламенту. Агентство публікує ці списки на своєму веб-сайті.

2. Держави-Члени повинні обновляти список більш тихих маршрутів не рідше одного разу в п'ять років після 8 грудня 2024 року відповідно до процедури, викладеної в Додатку D.2.

Відповідно до статті 5d, до 31 грудня 2028 року Комісія повинна оцінити впровадження більш тихих маршрутів, зокрема, відносно прогресу модернізації вагонів і впливу введення більш тихих маршрутів на загальне шумове навантаження на населення й конкурентоспроможність сектору залізничних вантажних перевезень.

Відповідно до статті 5е, до 30 червня 2020 року Комісія повинна випустити звіт про роботу вагонів, обладнаних композитними гальмовими колодками, в умовах північної зими на основі доказів, зібраних Агентством, національними органами безпеки і залізничними компаніями. Зокрема, цей звіт повинен містити оцінку безпеки і гальмових характеристик таких вагонів, а також існуючі або потенційні експлуатаційні і технічні заходи, застосовні в умовах північної зими. Звіт повинен бути опублікований.

Якщо у звіті представлені докази того, що використання таких вагонів в умовах північної зими створює проблеми безпеки, які не можуть бути вирішені за допомогою експлуатаційних і технічних заходів без серйозного несприятливого впливу на вантажні залізничні перевезення, Комісія повинна

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

запропонувати виправлення до даної TSI для вирішення цих проблем при збереженні транскордонних вантажних перевезень у сполученнях з регіонами Північної Європи. Зокрема, пропозиція може, при необхідності, містити виключення, що дозволяє продовження експлуатації на більш тихих маршрутах по всьому Союзу обмеженої кількості вагонів, які часто використовуються у таких транскордонних вантажних перевезеннях, і будь-які експлуатаційні обмеження, необхідні для обмеження впливу використання таких вагонів на більш тихих маршрутах, які сумісні з метою збереження вищезгаданих транскордонних вантажних перевезень.

Якщо перегляд, викладений у параграфі вище, має місце, Комісія після цього повинна щорічно звітувати про прогрес у технічних і експлуатаційних рішеннях по експлуатації вантажних вагонів у зимових умовах. Він повинен надати оцінку кількості вагонів, обладнаних чавунними гальмовими колодками, необхідними для забезпечення безперервного транскордонного руху в такі північні регіони і з них з метою скасування винятку не пізніше 2028 року.

Відповідно до статті 6, відповідність нижнім значенням впливу, установленим у Статті 3 Директиви 2003/10/ ЄС Європейського парламенту і Ради, повинне забезпечуватися дотриманням рівня шуму в кабіні машиніста, як зазначено в пункті 4.2. 4 додатка до даного регламенту, а також відповідними умовами експлуатації, обумовленими залізничним підприємством.

Відповідно до статті 7:

1. З метою адаптації до технологічного прогресу виробник або його уповноважений представник можуть пропонувати інноваційні рішення, які не відповідають специфікаціям, викладеним у Додатку, і / або для яких методи оцінки, викладені в Додатку, не можуть застосовуватися. .

2. Інноваційні рішення можуть бути пов'язані з підсистемою рухомого складу, її частинами й складовими функціональної сумісності.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2. У Додатку до Рішення 2008/232 / ЄС пункти 4.2.6.5, 4.2.7.6 і 7.3.2.15 вилучено з 1 січня 2015 року.

3. Положення, згадані в параграфах 1 і 2, повинні, однак, продовжувати застосовуватися відносно проектів, затверджених відповідно до TSI, додатками до цих Рішень, і, якщо заявник не попросить застосувати даний Регламент, до проектів, що стосуються нових транспортних засобів і відновлення або модернізації існуючих транспортних засобів, які перебувають на просунутій стадії розробки, є предметом контракту, що діє на дату публікації даного Регламенту або випадків, зазначених у статті 8 теперішнього Регламенту.

Відповідно до статті 10, даний Регламент набуває чинності на двадцятий день після його публікації в Офіційному журналі Європейського Союзу.

Він повинен застосовуватися з 1 січня 2015 року. Однак дозвіл на введення в експлуатацію може бути надане за заявою TSI, як зазначено в Додатку до даного Регламенту, до 1 січня 2015 року.

Даний Регламент є обов'язковим у всій своїй повноті й застосовується безпосередньо в державах-членах відповідно до Договорів.

Вимоги до рівня шумового навантаження, яке виникає при функціонуванні рухомого складу зазначено в розділі 4 нормативного документа [6]. Проаналізуємо вказані вимоги

У Вступі визначається оптимальний рівень гармонізації, що ставиться до специфікацій підсистеми рухомого складу, призначений для обмеження рівня шуму залізничної системи Союзу і забезпечення функціональної сумісності.

Функціональні й технічні характеристики підсистем

Наступні параметри були визначені як критичні для взаємодії (основні параметри):

(а) «стаціонарний шум»;

(б) «пусковий шум»;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

0032.196546.MP.2020.001

Лист

27

- (c) «минаючий шум»;
- (d) «шум у кабіні машиніста».

У цьому розділі викладені відповідні функціональні і технічні характеристики, що ставляться до різних категорій рухомого складу. У випадку блоків, обладнаних як тепловим так і електричним приводом, повинні дотримуватися відповідні граничні значення для всіх нормальних режимів роботи. Якщо один із цих режимів роботи передбачає використання одночасно теплової й електричної енергії, застосовується менш обмежувальне граничне значення. У відповідності зі статтями 4 (5) і 2 (13) Директиви (ЄС) 2016/797, для конкретних випадків можуть бути передбачені положення. Такі положення зазначено в розділі 7.3.

Процедури оцінки вимог у цьому розділі визначені в зазначених пунктах і підпунктах глави 6.

Межі стаціонарного шуму

У таблиці IV наведені граничні значення наступних рівнів звукового тиску при нормальних умовах руху транспортного засобу, що стосуються стаціонарного шуму, віднесені до категорій підсистеми рухомого складу:

(a) еквівалентний рівень безперервного звукового тиску пристрою, визначений по шкалі A ($L_{paeq, T}$ [unit]);

(b) еквівалентний рівень безперервного звукового тиску, визначений по шкалі A, у найближчій крапці точці і з врахуванням роботи головного повітряного компресора ($L_{i, paeq, T}$); а також

(c) A_f -Зважений рівень звукового тиску в найближчій точці виміру і з врахуванням імпульсного шуму випускного клапана осушувача повітря ($L_{i, rafmax}$).

Граничні значення визначено на відстані 7,5 м від осі колії і 1,2 м над верхом головки рейки.

Таблиця IV - Граничні значення для стаціонарного шуму

Категорія підсистеми рухомого складу	$L_{paeq,T} [unit] [db]$	$L_{i_{paeq,T}} [db]$	$L_{i_{pafmax}} [db]$
Електровози	70	75	85
Тепловози	71	78	
Електропоїзди	65	68	
Дизель-поїзди	72	76	
Пасажирські вагони	64	68	
Вагони	65	н/д	н/д

Межі минаючого шуму.

Граничні значення для еквівалентного рівня безперервного звукового тиску, визначеного по шкалі А, при швидкості 80 км/год ($L_{paeq, T}$, (80 км/год) і, якщо досягається, при 250 км/год ($L_{paeq, T}$, (250 км/год)) щодо шуму проїжджаючого транспорту, віднесеного до категорій підсистеми рухомого складу, наведено в табл. V. Граничні значення визначено на відстані 7,5 м від осі колії і 1,2 м над верхом головки рейки.

Виміри на швидкостях, що перевищують або рівні 250 км/год, також повинні проводитися в «додатковому місці виміру» на висоті 3,5 м над верхом головки рейки відповідно до глави 6 EN ISO 3095: 2013 і оцінюватися по застосованих граничних значеннях, що наведені у табл V.

Межі шуму в кабіні машиніста

Граничні значення для еквівалентного рівня безперервного звукового тиску ($L_{paeq, T}$), зваженого по шкалі А шуму у кабіні машиніста електричних і дизельних локомотивів, ОТМ, EMU, DMU і міжміських рейкових автобусів, оснащених кабіною, наведено в таблиці VI. Граничні значення визначаються в безпосередній близькості від вуха машиніста.

Цей захід може застосовуватися для усунення обмежень пропускної здатності або експлуатаційних обмежень, викликаних відмовами рухомого складу, екстремальними погодними умовами, аваріями або інцидентами, а також відмовами інфраструктури.

Особливі правила експлуатації вагонів на більш тихих маршрутах при проведенні інфраструктурних робіт і обслуговування вагонів.

Експлуатація вагонів, які не відповідають вимогам на більш тихих маршрутах повинна бути можлива у випадку проведення робіт з технічного обслуговування вагонів, коли доступний тільки більш тихий маршрут для доступу до майстерні технічного обслуговування.

Заходи на випадок непередбачених обставин, які застосовуються у випадку робіт з ремонту інфраструктури, коли більш тихий маршрут є єдиною підходящою альтернативою.

Вимоги до правил обслуговування рухомого складу підсистеми викладено в розділі 4.5 Додатка до Регламенту (ЄС) № 1302/2014 і в розділі 4.5 Додатка до Регламенту (ЄС) № 321/2013.

Дані про рухомий склад, які повинні бути внесені в «Європейський реєстр дозволених типів транспортних засобів (ERATV)», викладено в Рішенні 2011/665 / EU.

Відзначимо, що в TSI Loc&Pas відсутні будь-які вимоги до шумового навантаження, крім величини шуму від гудка локомотива (п. 4.2.7.2.2, п. 5.3.9) [7].

У нормативному документі [8], також описані вимоги до шуму, який виникає при роботі залізничного транспорту. Відзначимо, що дані вимоги є застарілими, оскільки в нормативному документі [8] є посилання на нормативні документи, які на даний час не дійсні.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2.2. Регламентування шумової безпеки рухомого складу згідно нормативних документів ЄС.

Згідно [9], крім TSI [6-7] і Директив [8], у Європейському союзі також діють рекомендації із шумового навантаження Всесвітньої організації здоров'я, а також національні стандарти.

Згідно п. 2 [9], у 2011 році ВООЗ опублікувала дослідження про важкість хвороб, викликаних шумом навколишнього середовища. У дослідженні використовувався підхід кількісної оцінки ризику. Одним з результатів дослідження є те, що щорічно в ЄС втрачається близько 1 мільйона років здорового життя через шум.

Згідно з недавнім дослідженням УІС, соціальні витрати транспортного шуму оцінюються приблизно у 35 мільярдів євро в ЄС, а також у Швейцарії й Норвегії в 2008 р., з яких близько 90% припадає на легкові і вантажні автомобілі. Витрати на шум від залізничного транспорту становлять 953 мільйона євро або 6% від загальних витрат на шум і досить рівномірно розподіляються між пасажирськими й вантажними перевезеннями.

Стандартизація може бути корисною для того, щоб уникнути ризиків для здоров'я на одному рівні в кожній державі-члені й збалансувати конкурентоспроможність усіх промислових секторів (включаючи транспорт), оскільки всі держави-члени повинні відповідати тим самим умовам.

Цифри, які потрібні, а також рекомендуються державами-членами, часто набагато вище, чим рекомендації ВООЗ. Деякі національні обмеження або рекомендації із шуму навколишнього середовища представлені в якості прикладів нижче.

У табл. VII наведено рекомендовані заходи по зниженню шуму в навколишньому середовищі згідно з вимогами Федерального агентства по навколишньому середовищу Німеччини (Umweltbundesamt) (2006). Ці цифри не є зобов'язаннями, тому жителі не можуть вимагати яких-небудь конкретних заходів щодо пом'якшення наслідків із цих рекомендацій, якщо

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

на них впливає шум навколишнього середовища вище цих меж. Уведення заходів є добровільним заходом державних органів.

Таблиця VII – Рекомендації Федерального агентства по навколишньому середовищу Німеччини відносно граничних значень для планування заходів.

Ціль заходу	Період	ЛДЕНЬ	ЛНІЧ
Уникнення ризиків для здоров'я	У найближчому майбутньому	65 дБ (А)	55 дБ (А)
Зниження серйозних порушень	Середньостроковий	60 дБ (А)	50 дБ (А)
Уникнення більших незручностей	Довгостроковий	55 дБ (А)	45 дБ (А)

З іншого боку, рівні, рекомендовані Федеральним регламентом Німеччини по викидах, застосовуються для нових побудованих або модифікованих транспортних інфраструктур; рівні шуму навколишнього середовища повинні бути нижче значень, що наведені у табл. VIII.

Таблиця VIII - Максимальні рівні шуму навколишнього середовища в Німеччині для нових або модифікованих транспортних інфраструктур

Розташування	Лдень	Лніч
Поруч лікарень, шкіл, санаторіїв	57 дБ (А)	47 дБ (А)
Чисті житлові райони й невеликі поселення	59 дБ (А)	49 дБ (А)
Центральні райони, села або змішані райони	64 дБ (А)	54 дБ (А)
Промислові зони	69 дБ (А)	59 дБ (А)

Для порівняння із законодавством Німеччини у табл. IX представлені австрійські межі або пороги для планування заходів щодо зниження шуму.

Таблиця IX – Граничних значень для планування дій згідно законодавства Австрії

Ціль заходу	Лдень	Лніч
Дорожній рух	60 дБ	50 дБ
Повітряний рух	65 дБ	55 дБ
Залізничне сполучення	70 дБ	60 дБ
Промислові зони	55 дБ	50 дБ

Британський стандарт 8233: 1999 «Звукоізоляція й зниження шуму для будинків - Звід практичних правил» [BS 8233: 1999] установлює межі шуму у Великобританії для внутрішнього шуму, викликаного шумом навколишнього середовища, які наведені у табл. X.

Британські стандарти встановлюють прийнятні рівні шуму для властивостей і вимоги до шумоізоляції. Однак у Великобританії немає діючих офіційних граничних значень допустимого шуму від залізниць. Норми шумоізоляції, наведені у британському стандарті: Звукоізоляція і зниження шуму для будинків [BS 8233: 1999], визначають граничний рівень як частина критеріїв прийнятності. Крім того, існують нормативні рівні, які можна знайти в Посібнику з політики планування, що містить рекомендації із землекористування відносно шуму від залізниць.

Вплив на навколишнє середовище розглядається як частина процесу одержання дозволу на будівництво у Великобританії. Посібник з політики планування 24 [PPG 24 2006]: «Планування й шум» являє собою керівництво для місцевої влади в Англії про те, як мінімізувати шумовий вплив (Шотландський офіс випускає пам'ятку 56 «Планування й шум» з

аналогічною категорією рівнів шуму). [PPG 24 2006] визначає категорії впливу для житлової забудови. Ці категорії визначають заходи залежно від категорій рівня шуму, які наведені у табл. XI.

Таблиця X – Значення граничних значень шуму в приміщенні, згідно вимог Великобританії

Критерій	Типова ситуація	Значення	
		оптимального рівня шуму	прийнятного рівня шуму
Типові виробничі умови	Важке машинобудування	70 дБ (А)	80 дБ (А)
	Легке машинобудування	65 дБ (А)	75 дБ (А)
	Гаражі, склади	65 дБ (А)	75 дБ (А)
	Торгівля	50 дБ (А)	55 дБ (А)
Допоміжні офісні приміщення	Кафетерій, їдальня, кухня	50 дБ (А)	55 дБ (А)
	Умивальник, туалет	45 дБ (А)	55 дБ (А)
	Коридор	45 дБ (А)	55 дБ (А)
Приміщення для навчання і роботи, яка вимагає розумової концентрації	Бібліотека, стільниковий офіс, музей	40 дБ (А)	50 дБ (А)
	Кімната для персоналу	35 дБ (А)	45 дБ (А)
	Кімната переговорів, кабінет керівника	35 дБ (А)	40 дБ (А)
	Шкільний клас	35 дБ (А)	40 дБ (А)
Приміщення для прослуховування та запису звуку	Церква, лекційний зал, кінотеатр	30 дБ (А)	35 дБ (А)
	Концертний зал, театр	25 дБ (А)	30 дБ (А)
	Звукозаписна студія	20 дБ (А)	25 дБ (А)
Приміщення для відпочинку / сну	Вітальні	30 дБ (А)	40 дБ (А)
	Спальні	30 дБ (А)	35 дБ (А)

Ці приклади законодавчих правил або національних рекомендацій відрізняються від рекомендацій ВООЗ і часто актуальні тільки для нової або зміненої інфраструктури.

Результат цього порівняння показує, що зниження шуму навколишнього середовища є дуже важливим заходом для навколишнього середовища / здоров'я населення. Велика кількість людей піддається впливу залізничного шуму, який перевищує найнижчий рівень, рекомендований Рекомендацією ВООЗ.

2.3 Порівняльний аналіз вимог нормативних документів України й країн ЄС.

На основі виконаних досліджень проведемо порівняльний аналіз вимог нормативних документів України й країн ЄС.

Для цього складемо зведену таблицю згідно [5] і [6, 9].

Як видно з табл. XIV, вимоги TSI є менш строгими в порівнянні з нормативним документом України [5], але національні вимоги країн Європи до шумового навантаження є більш строгими, ніж вимоги TSI і України, тому питання зниження шумового навантаження у вітчизняному пасажирському рухомому складі, є актуальною проблемою сучасних залізниць.

2.4 Висновки до розділу

Проаналізовані нормативні документи країн ЄС, якими регламентується рівень допустимого шумового навантаження від функціонування транспортних залізничних систем.

Показано, що досить чітко регламентуються самі значення навантаження від функціонування залізничного транспорту, але не запропоновані шляхи рішень щодо зменшення шумового навантаження.

Також встановлено, що документами не регламентуються значення шумового навантаження саме в середині пасажирського рухомого складу (крім кабіни машиніста).

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Таблиця XIV – Зведені значення допустимого шумового навантаження згідно нормативних документів діючих на залізничному транспорті

№	Вид трудової діяльності, робоче місце	Еквівалентні рівні шуму, дБе згідно нормативних документів		
		[5]	[6]	[9]
1	2	3	4	5
1	Робочі місця в кабінах машиністів тепловозів, електровозів, поїздів метрополітену, дизель поїздів	80	80	45-66
2	Робочі місця в кабінах машиністів швидкісних і приміських електропоїздів	75	80	45-66
3	Приміщення для персоналу вагонів поїздів далекого прямування, службових відділень рефрижераторних станцій, вагонів електростанцій, приміщень для відпочинку в багажних і поштових відділення	60	79	45-66
4	Службові приміщення багажних і поштових вагонів, вагонів-ресторанів	70	79	45-66

Це приводить до необхідності проводити нормування звукового навантаження безпосередньо в приміщенні вагонів згідно узагальнених вимог документів ЄС або окремих документів країн-учасниць ЄС.

Проведений аналіз нормативних документів показує, що шляхи вирішення проблем зменшення шумового навантаження в середині пасажирських вагонів не прописаний і є актуальною науковою проблемою.

Проведено порівняльний аналіз вимог нормативних документів України і країн ЄС. Показано, що вимоги TSI є менш строгими в порівнянні з нормативним документами України [5], але національні вимоги країн Європи

до шумового навантаження є більш строгими, ніж вимоги TSI і України, тому питання зниження шумового навантаження у вітчизняному пасажирському рухомому складі, є актуальною проблемою сучасних залізниць.

Розглянуті шляхи уніфікації вимог до шумового навантаження. Встановлені основні джерела попадання шумового навантаження у вагон. Для зменшення попадання шуму у внутрішній простір салону вагона запропоновано використовувати системи поглинання і відбиття звукових хвиль на шляху його поширення як більш дешевий спосіб рішення даної проблеми.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

3 ПРАКТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМУ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Аналіз конструкції пасажирського вагона

Пасажирські вагони локомотивної тяги у бувшому СРСР виготовлялись наступних типів: відкриті із кріслами для сидіння (умовна позначка ПО), некупейні зі спальними місцями (ПН), купейні зі спальними місцями (ПК) і купейні з м'якими спальними місцями (ПМ). Область застосування вагонів першого з наведених типів – для перевезення пасажирів з перебуванням у шляху не більш 7 год, інших типів – для перевезення пасажирів без обмеження відстані [10].

Пасажирські вагони, що будувалися в бувшому СРСР, мають уніфікований кузов, а також ідентичні по будові системи внутрішнього устаткування: вентиляції, водопостачання, опалення і електроустаткування. Усі вагони обладнані типовими візками, ударно-тяговими приладами, гальмовим обладнанням і мають наступні єдині основні параметри: довжина по осях зчеплення автозчеплень – 24 537 мм; довжина кузова по рамі – не менш 23 600 мм; база вагона – 17 000 мм; висота вагона до верху даху над рівнем головок рейок-4377 мм; висота підлоги в тамбурі – 1390 мм; ширина коридору (проходу) для вагонів типу ПО – не менш 600 мм, ПН – 560 мм, ПК і ПМ – 800 мм [10].

Купейний вагон зі спальними твердими місцями (рис. 2) має одне двомісне й дев'ять чотиримісних купе, коридор уздовж пасажирського приміщення вагона, службове і котлове відділення, два туалети, два малі коридори і два тамбури. У кожному купе є напівм'які дивани і спальні полки, рундуки і ніші для багажу, підвіконні столики, сітки для дрібних предметів, плафони і софіти для індивідуального освітлення.

собою внахлест за допомогою контактної зварювання. Для стійок 5, розташованих у кінцевих частинах стін біля дверних прорізів, використаний спеціальний П-образний профіль. Проміжні стійки 4, розташовані в простінках між віконними прорізами, мають z-образний перетин 56x45x40x3 мм. Верхня обв'язка б бічних стін виконана із гнутого z-образного профілю 50x70x20x4 мм, до якого приварюються кінці стійки. Усі елементи каркаса бічних стін приварюються до листів обшивки контактним точковим зварюванням.

Торцева стіна (рис. 4) виготовлена з гофрованих листів 1 товщиною 1,5 мм, армованих кутовими стійками 2. По обидві сторони дверного прорізу розташовані стійки 3 із двотавра № 27, призначені для сприйняття ударів і збереження від руйнування кінцевих частин кузова при аваріях. Перетин цих стійок визначений нормами розрахунків вагонів на міцність. На торцевій стіні встановлені ящики 4 для розміщення запасу вугілля і реманенту вагона. Три вирізи 5 по кутах стіни призначені для установки постійних електричних сигнальних ліхтарів.

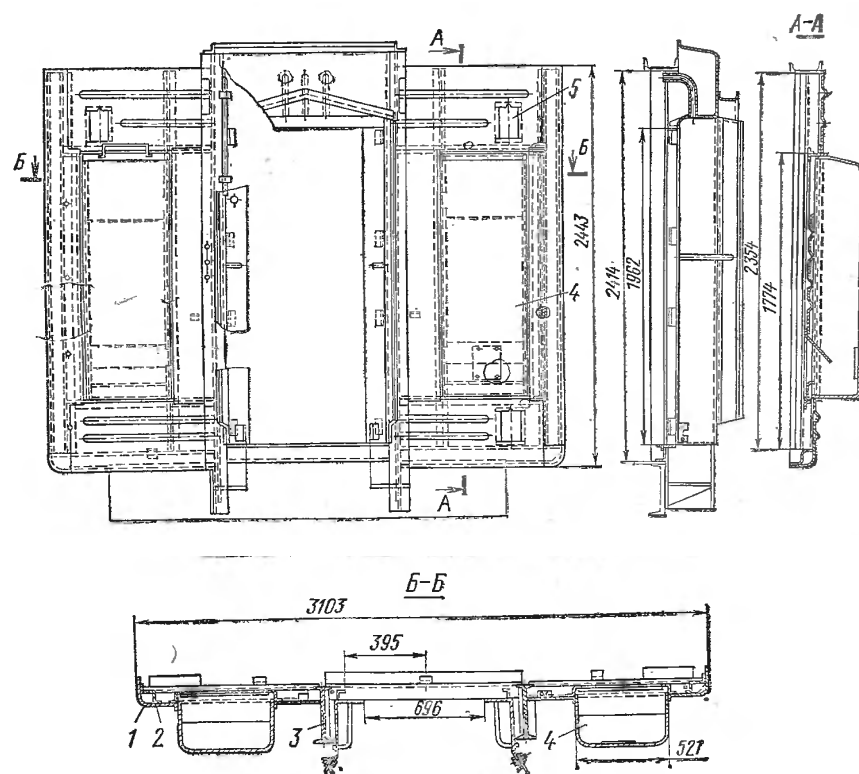


Рисунок 4 – Торцева стіна кузова вагона виробництва бувшого СРСР

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	0032.196546.MP.2020.001					

Дах– (рис. 5) має зварений каркас, що складається з z-образних дуг (проміжних і кінцевих), з'єднаних з бічними обв'язками 4 кутового профілю. Бічні обв'язки у свою чергу з'єднані по кінцях даху з поперечними обв'язками 6, виконаними зі швелера № 30. Кінцеві фрамуги 5 виготовлені з листів з вертикальними гофрами. Каркас даху обшитий у середній частині гофрованими листами 1 товщиною 1,5 мм, а по скатах – аркушами 2 товщиною 2 мм. У даху передбачені отвори з відповідним армуванням для дефлекторів, а також є люки, через які роблять монтаж і демонтаж котла опалення, калориферів, бака для води і вентиляційного агрегату.

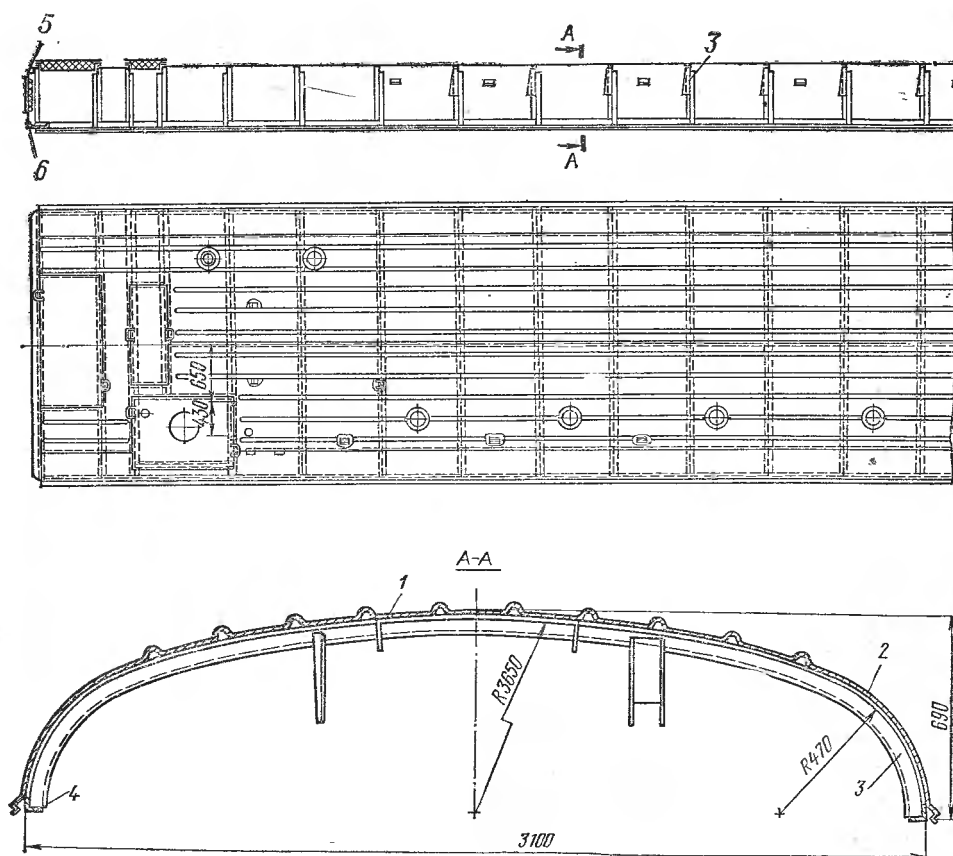


Рисунок 5– Дах вагона виробництва бувшого СРСР

Кузов збирають із готових конструктивно-технологічних блоків на певних позиціях шляхом зварювання в місцях сполучення обв'язок і інших елементів.

Зони кузова, що зазнають особливо інтенсивної корозії (настил підлоги, підвіконні пояси бічних стін та ін.), покривають ґрунтом ВЛ-02 або ВЛ- 08, а потім антикорозійними мастиками № 213 або 578. Останнім часом для підвищення протикорозійної стійкості кузова застосовують для обшивки листи з низьколегованих сталей із присадкою міді марок 39Г2Д и 10ХНДП замість вуглеродистих сталей марок Стз і 15кп. Низьколеговані сталі мають також більш високу міцність, що дозволило знизити масу кузова на 1 т.

Кузов обладнують пружними перехідними майданчиками з гумовими огороженнями балонного типу, завдяки яким забезпечується безпечний перехід пасажирів з вагона у вагон, а також пружний зв'язок зчеплених вагонів без зазорів між автозчепленнями.

Внутрішнє устаткування пасажирських вагонів повинне відповідати функціональним вимогам, які висуваються до кожного типу вагона залежно від його призначення, і задовольняти сучасним і перспективним умовам експлуатації.

Відповідно до цього вибирають розміри пасажирських, службових і побутових приміщень. Однак вони не повинні бути менше мінімальних лінійних параметрів, прийнятих на практиці, і відповідати величинам, наведеним у нормах для розрахунків на міцність і проектування несамохідних вагонів магістральних залізниць. Наприклад, ширина чотиримісного купе повинна бути для жорстких вагонів не менш 1770 мм, м'яких – 1910 мм, службового відділення – 1350 мм, туалету – 900 мм. Ширину диванів для приміських вагонів встановлюють не менш 450 мм, твердих – 580 мм, м'яких – 650 мм, довжину диванів – 1750 мм для вагонів відкритого типу і 1900 мм для вагонів купейних; відстань над спальною полицею по висоті – не менш 650 мм.

Усі внутрішні поверхні кузова захищають від корозії, ізолюють і обладнують внутрішньою обшивкою, яка кріпиться до дерев'яних брусків, пов'язаних з металевими елементами кузова. У якості ізоляції застосовують полістирольний пінопласт марки ПСБ-3 (полістирол пресований

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

самозагасаючий, ТУ 50-64), який укладають у теперішній час у зонах, що найбільш піддаються корозії. Інші поверхні ізолюють міпорою, обгорнутою перфолем для запобігання від попадання в неї вологи.

Для усунення теплових містків полки дуг даху, стійок бічних стін і балок підлоги ізолюють тонкими пакетами міпори з оболонкою з перфоля. Їх приклеюють до зазначених елементів бітумним клеєм. Зовні укладених пакетів усю ізольовану поверхню покривають пергаміном.

У якості внутрішньої обшивки бічних стін і підлоги звичайно застосовують столярні плити. Наприклад, у вагоні відкритого типу зі спальними місцями (ЦМВО-66) для обшивки під вікнами використана столярна плита товщиною 19 мм. Над вікнами і у простінках між вікнами стіни обшиті деревоволокнистою плитою товщиною 4 мм. Торцеві й тамбурні стіни покриті фанерою товщиною 10 мм, а дах — фанерою товщиною 4 мм. Як правило, нижче обшивки даху кузов має підшиту стелю, виконаний із деревоволокнистих плит товщиною 4 мм. Підлога настиляється столярними плитами товщиною 19 мм і покривається лінолеумом.

Вікна всіх вагонів, які будувалися у бувшому СРСР уніфіковані між собою. Їхні конструкції регламентовані галузевими стандартами, які визначають типи вікон, лінійні розміри і технічні вимоги до них.

У пасажирських вагонах побудови заводів бувшого СРСР застосовуються два типи вікон — широкі і вузькі. Обидва типи вікон бувають опускні і глухі. Наприклад, глухі вікна у вагонах ЦМВО-66 розташовані в бічній стіні з боку поздовжніх диванів. Глухими вікнами обладнають також вагони, що мають установки для кондиціонування повітря. Усі вікна (за винятком вікна котельного відділення) мають подвійні плоскі загартовані стекла за ДСТ 5727-75.

Розташування вікон по висоті вагона і величину їх провітру вибирають так, щоб нижня крайка піднімалася над поверхнею сидіння до 500 мм, а верхня крайка над підлогою — 1800 мм. Відстань між вікнами встановлюють залежно від планування вагона і забезпечення пасажиром гарної оглядовості.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Конструкції вікон повинні забезпечувати безперешкодне промивання й очищення простору між рамами, фіксацію відкритого пакета віконних рам по висоті в будь-якому місці і бути оснащені світлозахисними шторами.

Вікно, що відкривається (рис. 6) цих вагонів має пакет опускних рам 1, що переміщається по висоті, який складається із зовнішньої алюмінієвої 8 і внутрішньої дерев'яної 10 рам, з'єднаних шурупами і ригельними замками 5 з дерев'яною віконною коробкою 9. В обидві рами вставлені термооброблені стекла 7 товщиною 6 мм. Ручка-засувка 6 служить для фіксації вікна в закритому положенні. Опущений униз пакет відкриває віконний проріз на $\frac{1}{3}$ висоти. Переміщення пакета обмежується гумовими упорами 2. Пантограф важільно-пружинного механізму 3, що врівноважує пакет рам, полегшує його підняття і дозволяє зупиняти в будь-якому проміжному положенні. Притискна рама 4 призначена для ущільнення вікна і стопоріння пакета. Притиснення рами до пакета проводиться ригельними замками. Вузли вікна змонтовані на віконній коробці в єдиний блок. Під вікном установлена металева коробка для збору дощової води, яка може потрапити в підвіконну кишеню при опущеному пакеті. Видалення води здійснюється через дренажний отвір.

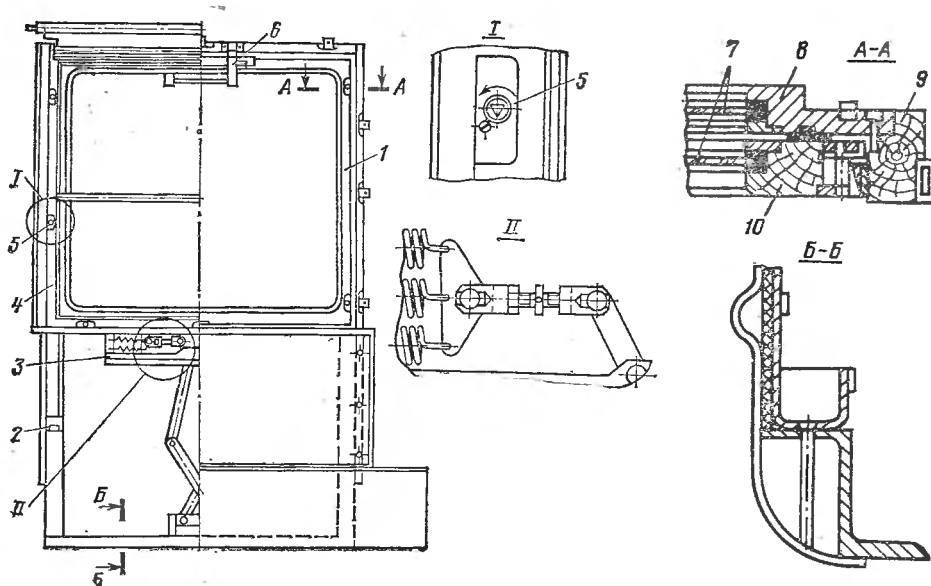


Рисунок 6 – Вікно купейного вагона виробництва бувшого СРСР

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

0032.196546.MP.2020.001

Лист

47

Глухе вікно відрізняється від описаного вище відсутністю пружинно-важільного механізму й ручки-засувки, а також конструкцією віконної коробки.

Усі вікна вагона, за винятком вікон туалетів і котлового відділення, обладнані шторами, що опускаються (мал. XIII.26) із щільної матерії. Штора закріплено на порожньому циліндричному барабані 1, у який вмонтований пружинний механізм намотування 2. Барабан закритий зверху карнизом 3. У нижній частині штори є механізм 4, що дозволяє фіксувати її в будь-якому положенні по висоті.

Двері в пасажирських вагонах застосовуються стулчасті і зсувні залежно від типу вагона і місця установки дверей. Мінімальні розміри дверей по ширині встановлені нормами на проектування вагонів.

До всіх типів дверей висувають єдині вимоги: вони повинні бути травмобезпечними, фіксуватися в закритому, а в ряді випадків і у відкритому положенні, мати уніфіковані замки. Як правило, двері купе для пасажирів і службових приміщень бувають зсувними з вентиляційними отворами в нижній їхній частині. Зовнішні тамбурні двері виконуються одностулковими, штампованими з листової сталі товщиною 2 мм. Ці двері обладнані одинарним вікном, що не відкривається, оснащеним запобіжними ґратами. У нижній частині дверей є теплоізоляція. Двері з тамбура в пасажирське приміщення і усі внутрішні виконуються дерев'яними.

У купе вагона, розрахованому на чотири спальні місця, розташовано два дивани з рундуками і верхні спальні відкидні полки, які в неробочому положенні піднімаються вгору і закріплюються пружинними засувками. Над стелею коридору розташована ніша для розміщення багажу, під вікном установлений столик, над кожним спальним місцем передбачені софіти й брукотримачі, на стінах закріплені гачки. На стелі купе розмішені стельовий дефлектор, ґрати або жалюзі, через які надходить вентиляційне повітря, радіорепродуктор з регулятором гучності і світильник. Над нижніми

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

спальними місцями, крім того, розміщені відкидні газетні сітки, а над верхніми — сітки для дрібного багажу.

Службове відділення як правило обладнано диваном з рундуком, полками і нішами для розміщення чистої постільної білизни, раковиною для мийки посуду, радіо- і освітлювальними приладами та ін.

Крім того, у службовому відділенні як правило розміщують розподільний щит електроустаткування вагона й нумератор дзвінків виклику провідника в купе пасажирами.

Для зберігання білизни, що була у вжитку, вагони далекого прямування обладнають ящиком, підвішеним під кузовом. Доступ у ящик передбачений через люк у підлозі.

На обох кінцях вагона розміщені туалети. У вагонах з великою населеністю іноді додатково до цього влаштовують умивальні кабінки. Вагони більш високого класу обладнають душовими установками й умивальниками в кожному купе або по одному на два купе [10].

3.2 Технічні засоби та методика проведення замірів шуму

З метою вимірювання рівня шуму у характерних місцях вагону використано шумомір.

Шумомір – це електронний прилад, призначений для виміру рівня гучності в децибелах. Дане устаткування широке використовується в побуті і відрізняється високим ступенем точності. Воно має порівняно невисоку вартість і не вимагає складних налаштувань. Щоб скористатися приладом достатньо просто його включити без необхідності складних маніпуляцій і вивчення інструкції в кілька сторінок.

Шумоміри в першу чергу використовуються для контролю ефективності шумоізоляції, яка встановлена в приміщенні. Їх використовують будівельники для визначення рівня звукоізоляції об'єктів. На їхній основі можна перевірити наскільки відповідає застосований будівельний матеріал тим параметрам, які заявлені виробником.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Існують стандарти шуму, які допустимі в різних приміщеннях у денний і нічний час. У випадку порушення даних норм передбачається адміністративна відповідальність у вигляді накладення штрафу або конфіскації звукового устаткування і інструментів, що видають шум.

Також шумоміри використовуються для контролю умов праці на виробництвах, оскільки рівень шуму різного устаткування обмежується нормами трудового законодавства. Перевищення припустимого звуку несе небезпека для здоров'я людини у вигляді часткової втрати слуху. У зв'язку із цим контроль даного показника є дуже важливим, і обійтися без застосування шумоміра неможливо.

Шумоміри мають порівняно нескладну конструкцію, якщо порівнювати їх з високотехнологічними електричними пристроями. У основі конструкції знаходиться звичайний ненаправлений мікрофон, мембрана якого коливається від звукових хвиль. Знятий з неї сигнал пропускається через кілька фільтрів і надходить на індикаторний прилад, який улаштований як вольтметр. Рівень створюваного шуму відповідає рівню напруги електричного струму в пристрої. У зв'язку із цим показник електричного сигналу повністю відповідає тому, наскільки голосний видаваний звук. Механічна шкала або електронний циферблат виводять показники гучності в децибелах.

Якщо розглядати пристрій шумоміра більш детально, то можна виділити його наступні складові частини: ненаправлений мікрофон, підсилювач, фільтри, детектор, інтегратор, індикатор.

Наявність фільтрів дозволяє відітнути від вимірів показання звукових хвиль, які не сприймаються людським слухом. Це дає можливість проводити об'єктивну оцінку, орієнтуючись по тим показникам, які дійсно впливають на оточення. Звуки, які вухо не сприймає, відсіваються фільтрами.

Щоб використовувати шумомір і робити правильні висновки про отримані з його допомогою дані, потрібно орієнтуватися який шум є небезпечним. Якщо людина протягом тривалого періоду зустрічається із

шумом на рівні 70-90 дБ, у неї розпочинаються захворювання центральної нервової системи. Людина стає дратівливою, страждає безсонням і порушеннями рефлексів. Така гучність спостерігається на багатьох виробництвах, тому працівники таких підприємств користуються захисними навушниками

Підвищення рівня звуку до 100 дБ приводить до часткової втрати слуху. Це відхилення може мати як короткочасний, так і постійний характер. Якщо підвищити шум до 200 дБ, спостерігаються серйозні ушкодження центрального вуха аж до крововиливів у мозок. Такий рівень в окремих випадках є смертельним, у найкращому разі він приводить до контузії із втратою слуху на все життя.

Оптимальним рівнем шуму в приміщеннях є показник до 40-50 дБ у денний час. Це безпечний рівень звуку, який не несе небезпеки для слухового апарата. У нічний час ця норма нижче, і становить 30-40 дБ. Варто враховувати, що в різних країнах, і окремих містах, верхня планка дозволеної гучності може відрізнятись, про що було вказано у попередніх розділах.

Щоб одержати точні дані важливо правильно використовувати шумомір. Прилад не вимагає особливого відношення або тривалого навчання перед застосуванням. Досить просто наблизити його до джерела шуму й включити живлення. Після цього його мікрофон почне відправляти дані на зчитувальний елемент. Залежно від моделі шумоміра виміри можуть проводитися протягом декількох секунд або більше. Після цього прилад зупиняє фіксацію показників і виводить рівень найдужчої звукової хвилі, яка була отримана протягом виміру.

При роботі із шумоміром необхідно переконатися в тому, що мікрофон не закритий. Щоб перевірити, що прилад працює, його можна випробувати, провівши виміри в тихому приміщенні. У побутових умовах практично неможливо створити умови, у яких немає звукових хвиль. У зв'язку із цим неможливо добитися, щоб шумомір показував рівень гучності на мінімальній границі своєї чутливості. Якщо в приміщенні дійсно тихо, то видаваний

пристроєм рівень шуму буде наближений до мінімальної оцінки. Зіпсований шумомір буде фіксувати занадто високі показники, по цьому можна визначити непридатність його фільтрів або інших елементів.

Для сучасних смартфонів написані додатки, які після установки дозволяють виміряти рівень шуму, використовуючи технічні можливості телефону. Вони випускаються під операційні системи Android і ІОs. Варто відзначити, що подібні додатки в деяких випадках можуть замінити побутові шумоміри, але при цьому слід розуміти, що точність одержуваних даних залишається під сумнівом. Усе залежить від якості смартфона. Якщо розглядати наскільки точно працюють подібні додатки на устаткуванні фірми Apple, то безумовно можна судити про достатню точність. Що стосується більш дешевого асортиментів смартфонів, то їхня точність сприйняття рівня звуку під сумнівом.

Додатками можна користуватися при необхідності виміряти приблизні дані про рівень гучності в межах розмовної норми, тобто до 60 дБ. Апаратні можливості смартфонів і планшетів обмежені, оскільки вони не призначені для голосних звуків. Завдання їх мікрофона тільки в сприйнятті голосу людини, яка звичайно і звучить в інтервалі до 40 дБ. Хвилі понад цей показник додатками сприймаються з погрішністю або ігноруються, тому смартфони не можуть служити як прилад для зняття показників гучності.

Шумоміри розділяються на класи залежно від точності видаваних досліджень. Клас 0 охоплює найточніші лабораторні прилади, які служать у якості еталона для контролю іншого устаткування. Такі пристрої найдорожчі і дають дуже маленьку погрішність завдяки тому, що в них використовуються дорогі матеріали, складні фільтри та інші елементи, що впливають на точність.

Наступними по точності є прилади 1-го класу, які застосовуються для санітарно-гігієнічних досліджень. З їхньою допомогою оцінюються умови праці. Дане устаткування працює майже з лабораторною точністю, тому

може використовуватися в якості еталона для контролю ефективності й точності виміру приладів більш низького класу.

Пристрої 2-го класу застосовуються для зняття показників при проходженні техогляду транспортних засобів, оцінки гучності працюючого устаткування, коли мова не йде про санітарні умови праці. Прилади 3-го класу є побутовими. Саме вони найчастіше зустрічаються в продажі й дозволяють одержати приблизні показники рівня гучності, які можуть відрізнитися від даних, знятих з еталонного устаткування на 1-4 дБ.

Варто відзначити, що клас устаткування впливає і на діапазон зняття вимірів. Шумомір із класом 0 і 1 здатний фіксувати звукові сигнали в діапазоні частот від 20 Гц до 18 кГц. 2 клас працює в діапазоні від 20 Гц до 8 кГц. 3 клас бере звукові хвилі, починаючи від 30 Гц і до 8 кГц. Також пристрої відрізняються по децибелах, які вони можуть зафіксувати. Побутові прилади працюють із діапазоном гучності від 30 до 130 дБ.

Підбираючи шумомір, варто звернути увагу на його клас, рівень погрішності, а також діапазон чутливості в децибелах. Що стосується джерела живлення, та це справа смаку. В одних випадках зручно користуватися мережними приладами, які підключаються до розетки, а в інших краще купити пристрої на батарейках або акумуляторі. Також прилади відрізняються розміром екрана. Дорогі моделі можуть крім цифр виводити графік сили звукових хвиль.

Сучасні пристрої оснащуються прикріпленим мікрофоном, і виводять дані про виміри на цифровий екран. Вони набагато більш зручні в застосуванні, ніж старі прилади, що оснащені стрілкою. Більш раннє устаткування мало недолік, а саме зручність у фіксації найвищого одержуваного звукового сигналу. У результаті відсутності автоматичної зупинки, одержуваний показник залежить винятково від професіоналізму оператора, який займається зняттям показників. Якщо моргнути й вчасно не помітити наскільки відхилилася стрілка, то можна пропустити максимальний шум і записати менший показник. Подібне встаткування зараз зустрічається в

продажі тільки з рук, оскільки виробники відмовилися від такої конструкції. Підбираючи прилад, варто уникати стрілочних моделей без автоматичної фіксації верхнього показника виміру [11].

Виходячи з вищенаведених рекомендацій для проведення досліджень вибрано шумомір типу Venetech GM1352, характеристики якого наведені у табл XV.

Таблиця XV – Технічні параметри шумоміра Venetech GM1352.

Параметр	Значення
Межі вимірювання, дБа	30...130
Точність вимірювання, дБа	±1,5
Межі частоти звуку	31,5 Гц ... 8 кГц
Напруга живлення, В	4,5

Для вимірювання швидкості використано мобільний додаток Speedometer, який працює у операційній системі Android OS мобільних пристроїв. Для вимірювання швидкості використовується GPS – технологія.

Для вимірювання вибрані наступні приміщення купейного вагона:

- крайнє купе;
- середнє купе;
- тамбур.

Місця проведення замірів показані на рис.7.

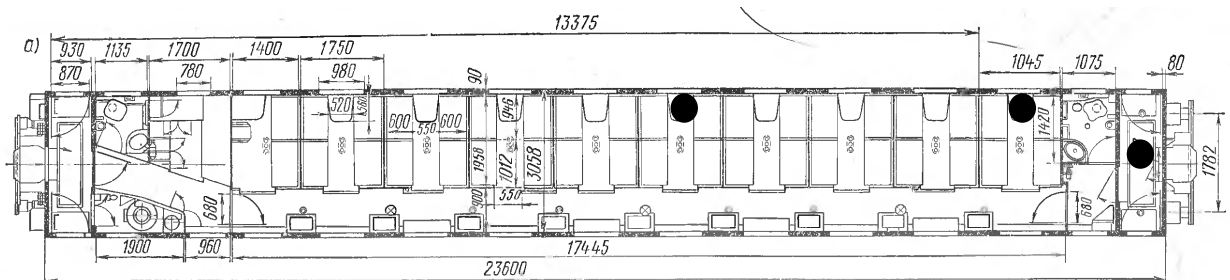


Рисунок 7 – Місця проведення замірів

У процесі вимірювань фіксувались значення шумового навантаження при швидкості руху у діапазоні 0...120 км/год з дискретністю 10 км/год. Для кожного значення швидкості у всіх приміщеннях та для двох типів колії (ланкової та безстикової) було отримано 50 значень шумового навантаження.

3.3 Проведення вимірів та статистична обробка отриманих результатів

З використанням вищенаведеної методики та технічних засобів був проведений комплекс вимірювань. Процес фіксації значень показано на рис.8



Рисунок 8 – Процес фіксації значень швидкості та шумового навантаження у крайньому купе

У процесі вимірювання було отримано 3900 значень шумового навантаження для усього діапазону швидкостей, місць проведення вимірів та типів колії.

Результати замірів рівня шуму у середньому купе при русі по безстиковій колії наведені у табл.XVI

Таблиця XVI – Виміряні рівні шуму у середньому купе на безстиковій колії

Рівень шуму, дБ при швидкості, км/год												
0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
35,1	45,3	50,2	57,1	53,9	72,5	58,7	57,2	56,9	58,3	59,6	68,4	64,9
35	46,8	50,7	51,4	51,7	52,9	64,9	71,7	58,8	61,9	57,8	67,5	64,8
35,2	45,1	51,2	51,3	51,4	55,8	58,1	70,1	56,6	57	58,9	67	64,9
35,3	46,1	51	55,9	55,2	55	58,2	71	59	65,2	60	66,9	70
36	46,3	51	53	51,1	56,2	59,1	68	57,7	62	60,8	67	70,1
38	40,1	49,9	54	53,2	55	58,1	57,1	57	65,1	60,1	68	70,2
34	42,3	51	50,8	56	54,3	57	56	58	57	62,8	68	71,3
33,2	41,3	49,9	50,1	53	55,2	54	55,9	59	68,8	60	67	62,2
33,1	52,2	48,9	48	55,1	52,3	57,1	55	56,7	69	61	68	61,2
35,1	52,5	50	54,2	54	54	57,5	57	58	69	58,8	67	62,4
35,3	46,2	51,2	56,9	54	55,1	56,9	71,1	55,1	69,9	58,2	68	65,5
34,9	46	50	57	56,7	54	56	72,1	57	63,9	59	68,1	64,5
31	46,9	51	55	54	51	54,8	65	56,2	65,9	59,1	67,8	62,5
32,2	44,5	50	55,1	51,9	52,2	56,8	55,1	57,6	64	60	67	64,2
33,3	45,2	50	57	52	54,2	57	56	57	65,1	59	69,1	64,8
34,5	45,7	51	54,8	53,1	60	58	57,4	56	63,1	65,4	67	64,8
34,7	46,3	50	56,1	52	57	59,1	61	68,3	63,2	60	67,2	65
33,3	40,2	49	54	56,1	59	57,3	56,6	68,2	62,8	62	68	65,2
39,2	42,8	49	54	53	57,8	58	59	67,2	62,9	57,9	66,9	65,3
31,2	41,9	50	53,2	52,9	57,8	60,2	56	65,3	62,8	57,1	67	65,3
35,5	51,2	51	52	54	57	58,7	61	62	63	60,1	68,1	65,2
35,6	47,1	50	56	55,2	53	56	67	62,1	63,5	60	67,8	65,7
28,7	52,3	49	54,2	54	56	55,8	57	62,3	65,5	58,1	67,1	64,8
31,6	53,4	49,8	55	56	56,1	56	58	62,3	61,3	58	68,2	68,2
36,6	51,1	51,1	53	56,2	56,2	58	53,2	62,4	63,2	58,9	67,7	67,8
35,1	50,3	50	54,2	50	56,4	56,4	54,5	61	64	59	67,6	64,5
30,1	45,5	49,9	54	52,9	56,3	57	54,5	60,3	62,9	57	66	63,1
29,8	42,1	50,8	55	55	55,1	54	57,1	60,8	63,4	58,2	67,1	63,5
32,6	43,2	52,1	55,2	57	55,2	55	56,9	62,8	60,2	59	67,9	64,4
32,1	45,6	51,2	57	51,6	55	55,8	56	62,4	61,4	58	67,8	64,5
35,3	47,8	50	52	55	55,1	55	54	63,5	61,1	59	67,8	65,1
35,2	42,1	51	54,8	54	55,3	57	55,4	64,5	65,5	60,9	62,9	64,9
35,6	42,2	47	53	57,1	54,2	56	54	65,8	63,4	61	61,8	64,5
35,1	45,9	48,5	57,2	56	53,1	56,2	56,3	62	63	59,2	60	65,3
33,3	52,4	47	55,4	57,9	52,2	55	57	62,8	62,2	59	59,1	65,4
32,9	55,2	51	56,3	58,9	53,1	56,1	59	63,1	67,5	58,4	60	65,2
35,5	55	50,5	54,4	59,1	55,6	56	54	66,2	63,3	59	59	64,9
35,6	43,7	46	57,2	58,4	55,7	55,1	55,1	66,6	62,8	59,5	60,2	64,8
35,4	42,4	44,2	54,5	58,3	55,4	55,2	59	67,5	62,9	60	61,2	64,7
37,8	41,3	47	55	54,5	55,8	56,2	56,7	67,1	62,1	58,5	60,3	65,7

$$\begin{aligned}
 y'_{\min} &= y_{\min} - 0,5h, \\
 y'_{\max} &= y_{\max} + 0,5h.
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

Після цього проводиться об'єднання по інтервалах по формі табл. XVII:

- в стовпчик 1 заносимо межі і-того інтервалу – $y_{\text{поч.і}}$ та $y_{\text{кін.і}}$;
- в стовпчик 2 – середнє значення параметру в і-тому інтервалі, яке знаходимо за формулою:

$$\bar{y}_i = \frac{y_{\text{поч.і}} + y_{\text{кін.і}}}{2},
 \tag{3.4}$$

де $y_{\text{поч.і}}$, $y_{\text{кін.і}}$ – початкова та кінцева величина в і-тому інтервалі;

- в стовпчик 3 – абсолютну частоту (кількість попадань в інтервал) - m_i ;
- в стовпчик 4 – відносну частоту, яка обчислюється за формулою

$$n_i = \frac{m_i}{N}.
 \tag{3.5}$$

Далі обчислюються значення стовпчиків 5 – 7.

Середнє значення цілого ряду параметра, якій визначається, розраховуємо за формулою

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^k (\bar{y}_i \cdot n_i)}{\sum_{i=1}^k n_i},
 \tag{3.6}$$

а середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \cdot n_i}{\sum_{i=1}^k n_i}}. \quad (3.7)$$

Нормоване відхилення t_i (стовпчик 8) розраховується по формулі

$$t_i = \frac{(\bar{y}_i - \bar{y})}{\sigma}. \quad (3.8)$$

Частота теоретичного нормального розподілу f_i визначається наступним чином. За відповідною величиною t_i в таблиці ординат кривої щільності нормального розподілу [3,4] визначають значення функції $f(t_i)$ (стовпчик 9). Тоді, теоретичні частоти (стовпчик 10) можна визначити з виразу:

$$f_i = f(t_i) \cdot \frac{\sum_{i=1}^k (n_i \cdot h)}{\sigma}. \quad (3.9)$$

Значення частот f_i вирівняної теоретичної кривої накладають на гістограму емпіричного ряду, яка будується за результатами розрахунку стовпчиків 1 та 4.

Для оцінки відповідності емпіричного ряду нормальному закону розподілу можна використовувати об'єктивні методи оцінки – критерії узгодження. На практиці найбільш використовуваними є критерії узгодження, які запропоновані К.Пірсоном і В.Романовським.

К.Пірсон в якості міри розбіжності між теоретичними та емпіричними частотами прийняв величину критерію χ^2 (“хі-квадрат”), яка розраховується за формулою

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - n_i)^2}{f_i}. \quad (3.10)$$

Після визначення розрахунковою величиною χ^2 знаходять число ступенів свободи за формулою

$$K = k - 3, \quad (3.11)$$

де k – число інтервалів у фактичному розподілі.

Далі необхідно порівняти значення розрахункової χ^2 та теоретичної $\chi^2_{\text{т}}$ величини. Значення $\chi^2_{\text{т}}$ наводяться в таблицях [13, 14] для заданого рівня α . Гіпотеза про нормальний закон розподілу не спростовується і розбіжності між теоретичними і емпіричними частотами пояснюються впливом випадкових обставин при виконанні нерівності:

$$\chi^2 \leq \chi^2_{\text{т}}. \quad (3.12)$$

В.Романовський запропонував критерій узгодження

$$R = \frac{\chi^2 - K}{\sqrt{2K}}. \quad (3.13)$$

Гіпотеза про нормальний закон розподілу випадкової величини не спростовується, якщо $R < 3$.

Приведемо результати вказаного розрахунку для швидкості 50 км/год.

Мінімальне та максимальне значення параметру буде

$$y_{\min} = 51, y_{\max} = 72,5$$

Оптимальна величина інтервалу

$$h = \frac{72,5 - 51}{1 + 3,322 \cdot \lg 50} = 3,23$$

Приймаємо $h = 4$

Кількість інтервалів

$$k = \frac{72,5 - 51}{3,23} = 6,66$$

Приймаємо $k = 7$

Визначаємо максимальну та мінімальну межу інтервалів

$$y'_{\min} = 51 - 0,5 \cdot 3,236 = 49,38$$

$$y'_{\max} = 72,5 + 0,5 \cdot 3,236 = 74,1.$$

Розрахунки за формулами (3.4) – (3.9) зведемо до табл. XVII

Кількість ступенів свободи при кількості інтервалів 7 буде становити

$$K = 7 - 3 = 4$$

Згідно [3, 4] для ступеня значимості $\alpha = 0,95$ і кількості ступенів свободи $K = 4$

$$\chi^2_{\tau.} = 0,71$$

Тобто умова (3.12) виконується

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Таблиця XVII – Результати перевірки на нормальний закон розподілу

Інтер- вал	$y_{\text{пор. } i}$	$y_{\text{кв. } i}$	\bar{y}_i	m_i	n_i	$\bar{y}_i \cdot n_i$	$\bar{y}_i - \bar{y}$	$(\bar{y}_i - \bar{y})^2 \cdot n_i$	t_i	$f(t)_i$	$n_i \cdot h$	f_i	$f_i - n_i$	$(f_i - n_i)^2$	$\frac{(f_i - n_i)^2}{f_i}$
1	49,38	52,62	51,00	5	0,5	25,5	-4,21	8,849	-2,035	0,051	1,618	0,397	-0,103	0,011	0,027
2	52,62	55,85	54,24	30	3	162,7	-0,97	2,827	-0,470	0,358	9,708	2,798	-0,202	0,041	0,015
3	55,85	59,09	57,47	13	1,3	74,7	2,27	6,671	1,096	0,219	4,207	1,717	0,417	0,174	0,101
4	59,09	62,33	60,71	1	0,1	6,1	5,50	3,026	2,661	0,012	0,324	0,092	-0,008	0,000	0,001
5	62,33	65,56	63,94	0	0	0,0	8,74	0,000	4,226	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	65,56	68,80	67,18	0	0	0,0	11,97	0,000	5,791	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	68,80	72,03	70,42	1	0,1	7,0	15,21	23,13	7,356	0,000	0,324	0,000	-0,100	0,010	$\frac{1,66 \cdot 10^6}{10^6}$
Сума				50	5	276,0		21,37			16,18				0,144

$$\bar{y} = 55,21; \sigma = 2,068; \chi^2 = 0,144.$$

$$0,144 < 0,71$$

Величина критерію Романовського

$$R = \frac{0,144 - 4}{\sqrt{2 \cdot 4}} = -1,36 < 3.$$

Таким чином, у результаті розрахунків можна стверджувати, що значення шумового навантаження підлягають нормальному закону розподілу для швидкості 50 км/год. Слід очікувати, що і при інших швидкостях та при вимірюванні у інших місцях значення шумового навантаження також будуть підлягати нормальному закону розподілу, що дозволяє у подальшому орієнтуватися на середні значення даного показника.

3.4 Визначення залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда.

Як було показано вище, гіпотеза про нормальний закон розподілу значень шумового навантаження не спростовується, що дозволило у подальшому аналізувати середні значення шумового навантаження у залежності від швидкості, місця проведення замірів та типу колії.

Зведені результати визначення середнього значення шумового навантаження у місцях виміру приведені у табл. XVIII

За даними табл. XVIII побудовані залежності шумового навантаження (рівня шуму) від швидкості для різних типів колії та місць проведення замірів. Вказані залежності наведені на рис.9 – рис 14.

										Лист
										63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	0032.196546.MP.2020.001					

Таблиця XVIII – Зведені результати визначення середнього значення шумового навантаження у місцях виміру

Швид- кість руху, км/год	Середнє значення шумового навантаження (рівень шуму) для типу колії та місця проведення замірів, дБа					
	Крайнє купе		Тамбур		Середнє купе	
	стикова колія	ланкова колія	стикова колія	ланкова колія	стикова колія	ланкова колія
0	34,4	34,5	35,8	35,9	34,4	34,3
10	51,2	50,1	45,2	67,1	50,3	46,2
20	59,3	55,1	60,4	71,3	55,4	50,1
30	66,2	60,3	80,2	75,2	58,1	54,4
40	68,3	63,1	87,5	80,5	62,3	64,2
50	70,1	67,8	92,4	84,1	65,1	55,5
60	70,6	68,5	97,3	84,7	65,8	56,7
70	71,2	68,7	98,1	85,2	66,3	58,8
80	72,3	69,2	100,5	85,7	68,1	61,8
90	73,1	69,5	103,1	86,1	70,8	63,5
100	73,8	69,8	105,2	88,2	71,2	59,4
110	75,1	71,4	107,1	92,1	71,5	64,8
120	78,2	71,9	108,7	98,9	71,8	65,2

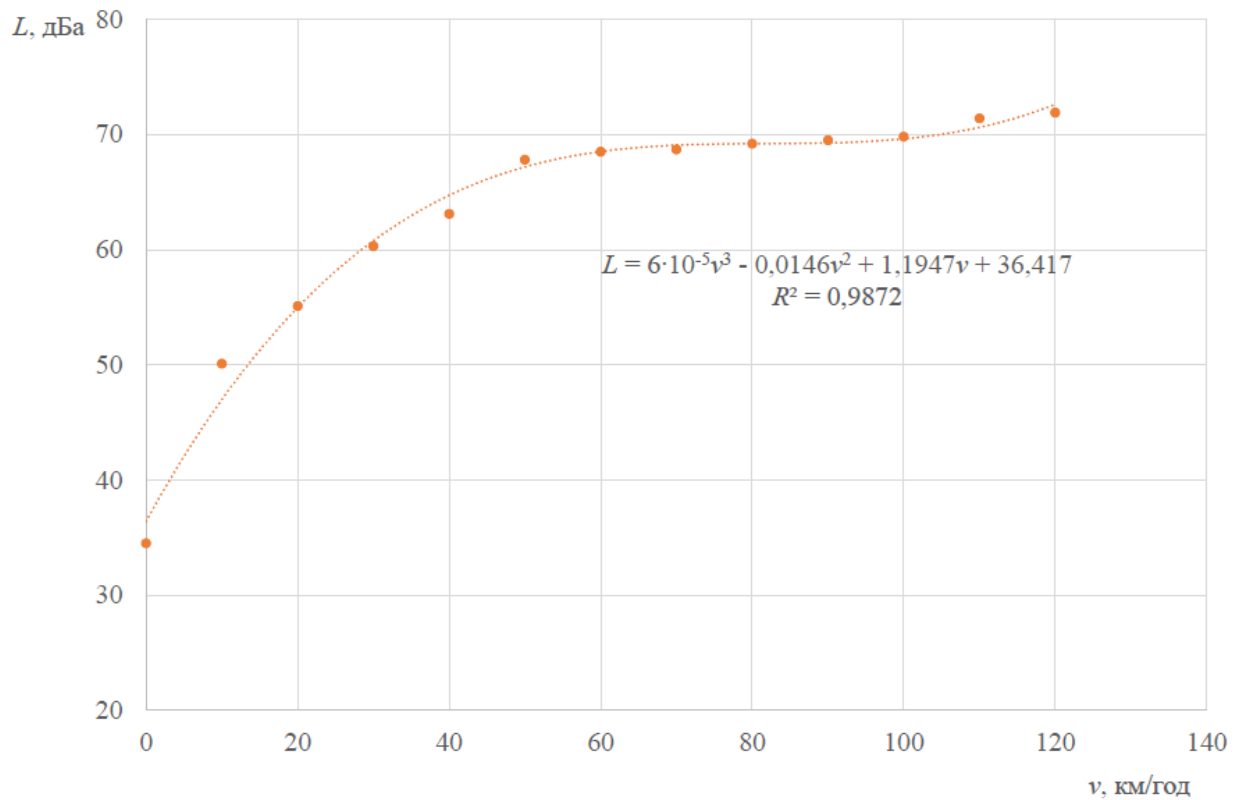


Рисунок 9 – Залежність $L = f(v)$ для крайнього купе, безстикова колія

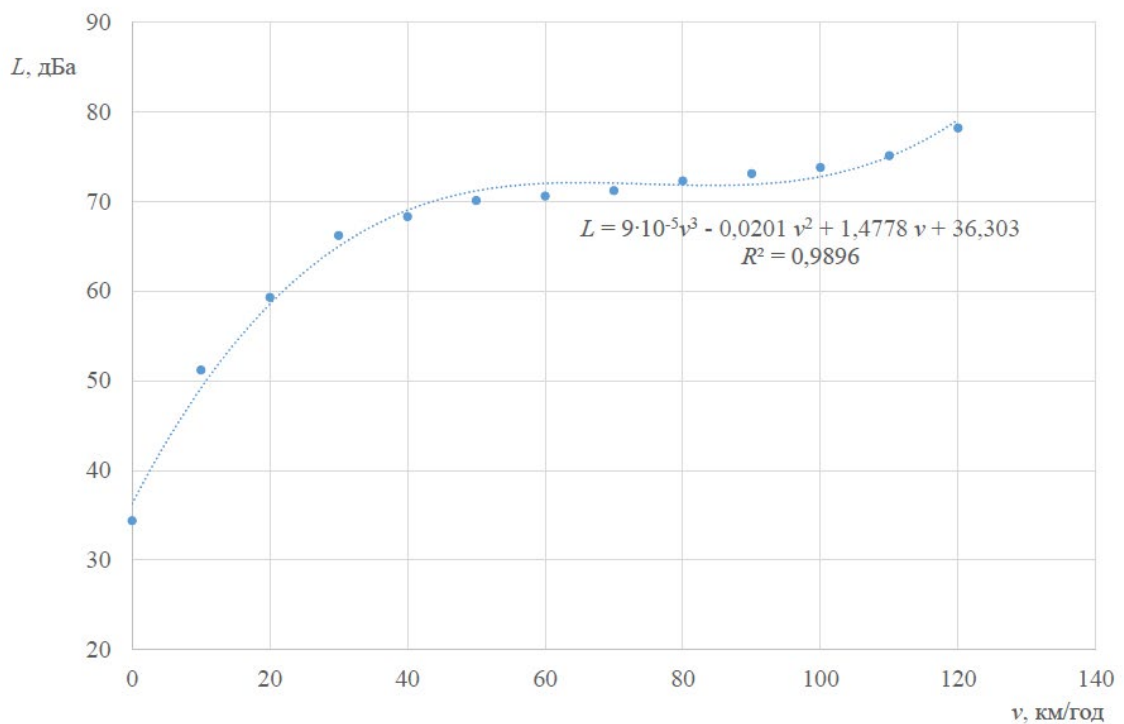


Рисунок 10– Залежність $L = f(v)$ для крайнього купе, ланкова колія

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

0032.196546.MP.2020.001

Лист

65

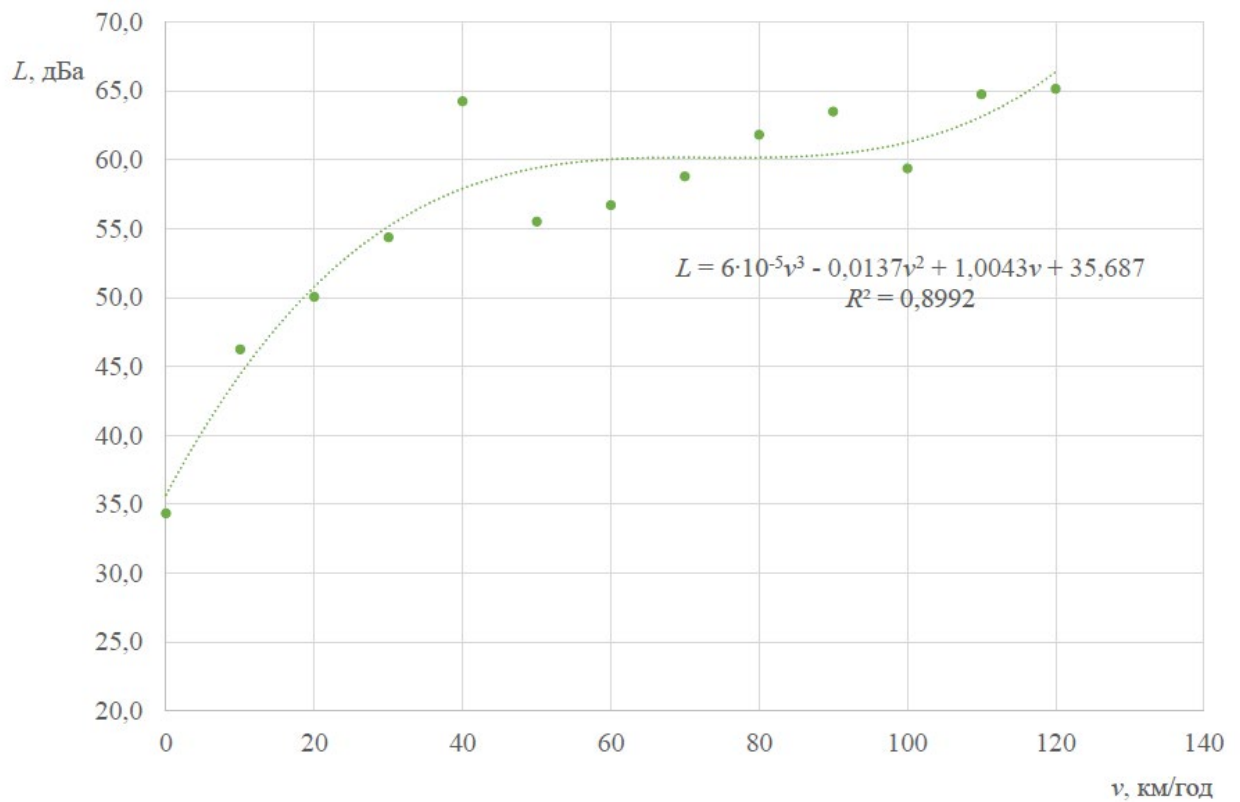


Рисунок 11 – Залежність $L = f(v)$ для середнього купе, безстикова колія

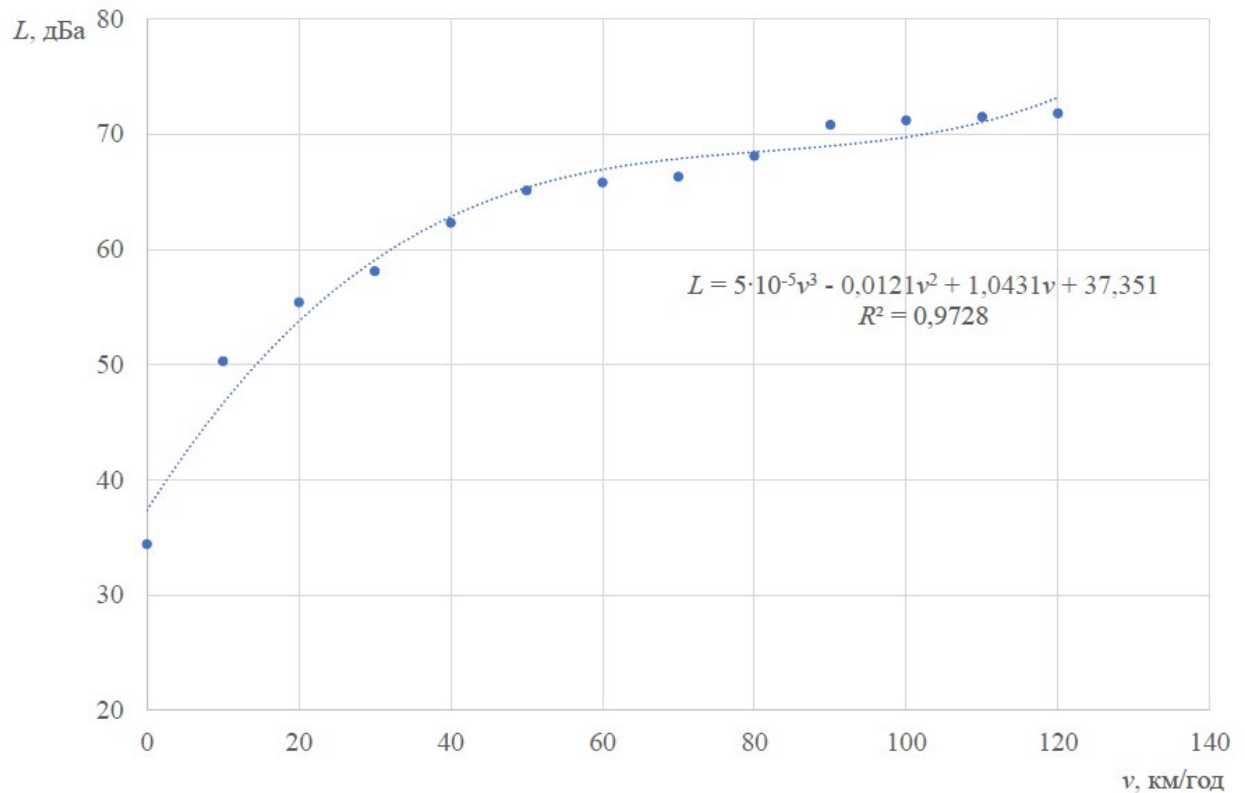


Рисунок 12 – Залежність $L = f(v)$ для середнього купе, ланкова колія

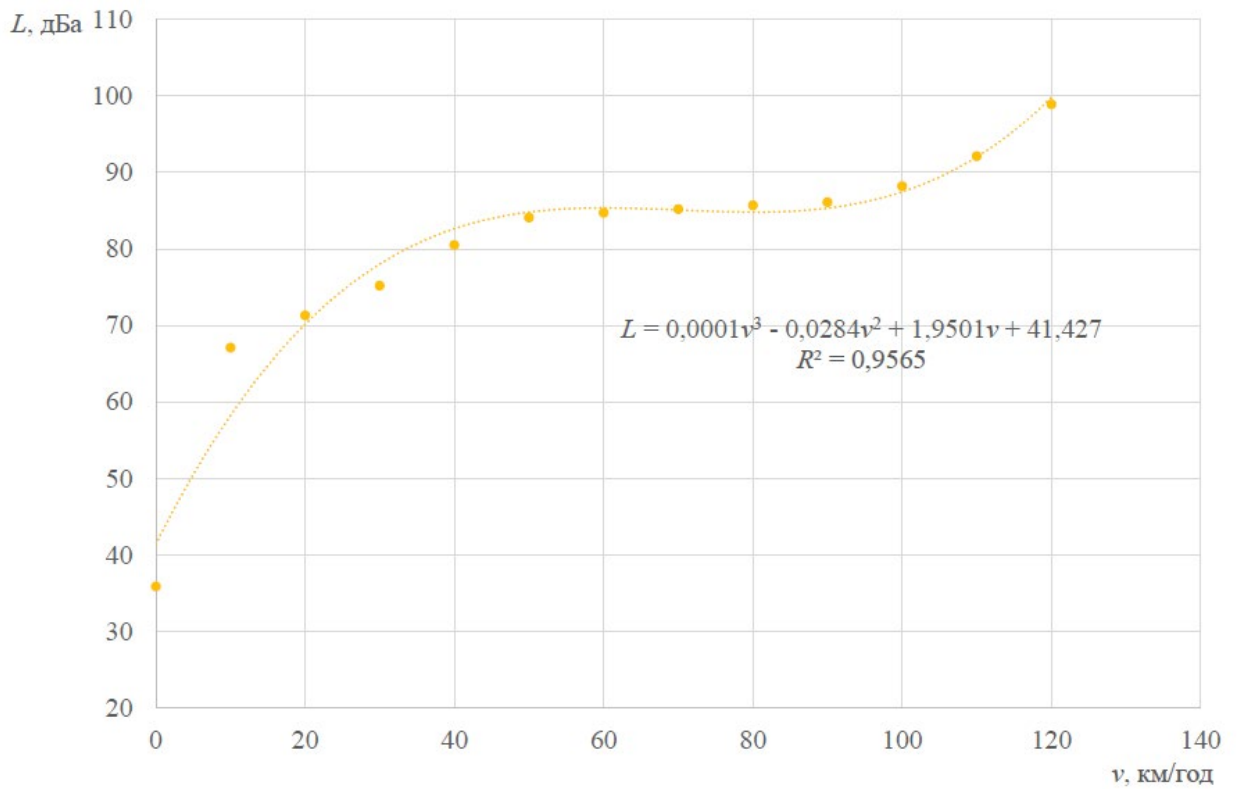


Рисунок 13 – Залежність $L = f(v)$ для тамбура, безстикова колія

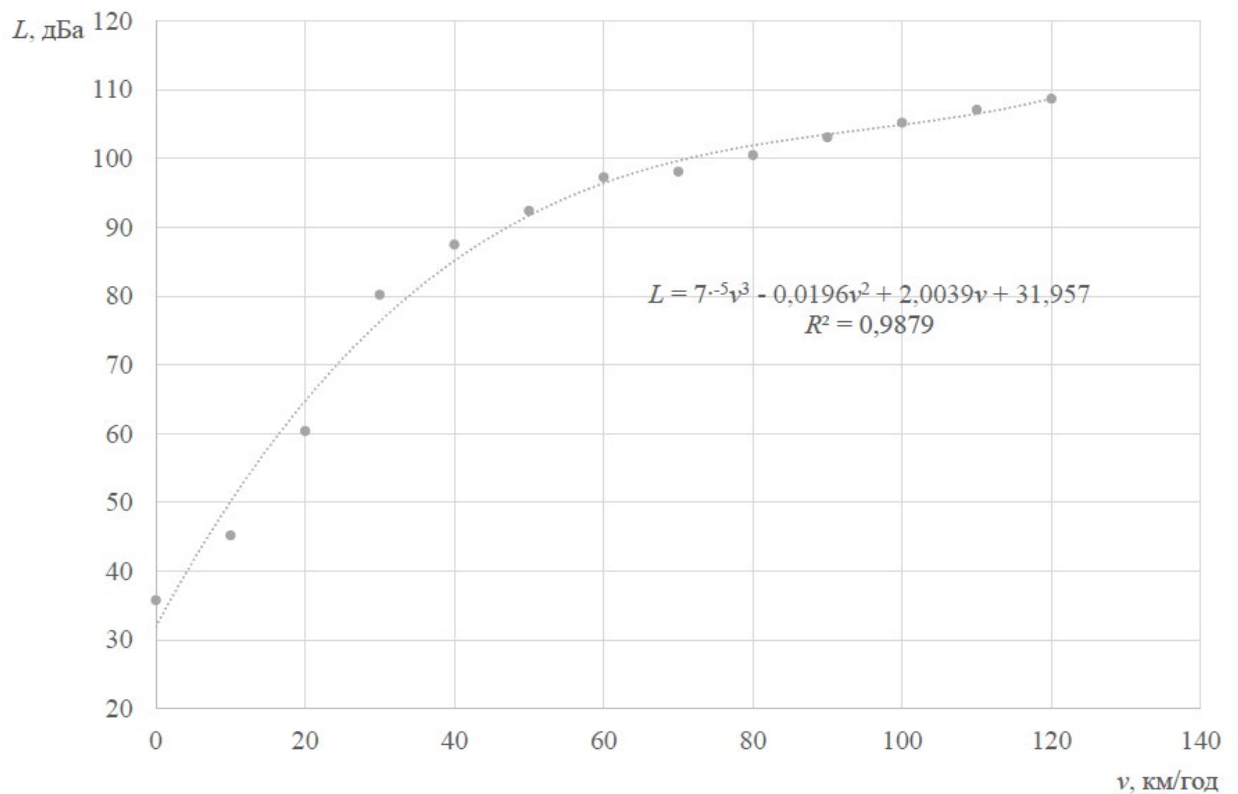


Рисунок 14 – Залежність $L = f(v)$ для тамбура, ланкова колія

З метою аналізу динаміки пасажирських перевезень по видах використано метод рядів динаміки [15]. Даний метод полягає в екстраполяції на плановий період залежностей, які апроксимують фактичні значення показників за попередні звітні періоди (роки, квартали і ін.).

Під апроксимацією мається на увазі побудова лінії тренда, або, іншими словами, знаходження аналітичного виразу відомого виду, який би максимально наближав знайдену функцію до фактичних даних. Лінія тренда являє собою графічне вираження напрямку зміни ряду даних. Вона може бути використана для аналізу похибок прогнозування.

Інтерполяція передбачає знаходження виразу для функції, яка задана в табличній формі таким чином, щоб отримані за інтерполяційною формулою значення в точках, де задана початкова функція, збігалися зі значеннями самої функції в цих же точках.

Зв'язки між змінними можуть бути лінійними і нелінійними. Перші мають місце, коли з ростом величини x значення y збільшуються більш-менш рівномірно, утворюючи на графіку пряму лінію. У найпростішому випадку ряд динаміки може бути апроксимувати у вигляді лінійної залежності виду:

$$y = a + b \cdot t, \quad (3.14)$$

де a і b - коефіцієнти регресії.

Якщо при рівномірному збільшенні t значення y ростуть прискорено, то в такому випадку залежність y від t найчастіше може бути виражена у вигляді параболи:

$$y = a + b \cdot t + c \cdot t^2. \quad (3.15)$$

Звичайно ж, можуть знайти застосування і криві інших видів, наприклад, так звані криві зростання, які використовуються для прогнозування розвитку технічних, економічних, біологічних і інших систем:

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

показникова функція:

$$y = a + b^t, \quad (3.16)$$

парабола третього ступеня:

$$y = a + b \cdot t + c \cdot t^2 + d \cdot t^3, \quad (3.17)$$

гіпербола:

$$y = a + b / t, \quad (3.18)$$

статична функція:

$$y = a + t^b, \quad (3.19)$$

експонента:

$$y = a + e^{bt}, \quad (3.20)$$

логарифмічна функція:

$$y = a + b \cdot \lg t. \quad (3.21)$$

Коли вид функції хоча б приблизно буде відомий, потрібно знайти числові значення параметрів. Для цього потрібно вибрати певний критерій "найкращого наближення", який був би об'єктивним, відповідав нашому інтуїтивному поняттю прийнятності і мав би порівняно просте математичне уявлення. Найчастіше для цієї мети використовується метод найменших квадратів, при якому отримують мінімум суми квадратів відхилень:

$$S = \sum_{i=1}^n [y_i - f(i)]^2 \rightarrow \min. \quad (3.22)$$

Критерій мінімуму суми квадратів застосовується з трьох причин. По-перше, при цьому велику кількість завдань виявляється можливим вирішити аналітично. По-друге, при квадратичній залежності похибка при малих значеннях відхилень незначна, а з їх збільшенням різко зростає; ця обставина вірно відображає практичну ситуацію, оскільки незначні помилки менш небезпечні, ніж значні. І, по-третє, при такому критерії задовольняється вимога максимуму правдоподібності для випадку, коли відхилення підлягають нормальному закону розподілу. По суті, метод найменших квадратів просто формалізує процедуру підбору апроксимуючої кривої "на око", коли ми намагаємося привести до мінімуму відхилення експериментальних точок від кривої, яку ми підбираємо.

Для обчислення параметрів за методом найменших квадратів підставимо рівняння лінійної регресії (3.15) в вираз (3.22):

$$S = \sum_{i=1}^n [y_i - (a + b \cdot t)]^2. \quad (3.23)$$

Мінімізація суми S проводиться шляхом взяття часткових похідних по a і b і прирівнянні їх до нуля. Після спрощення отримуємо систему так званих нормальних рівнянь.

$$\begin{cases} a \cdot n + b \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n y_i; \\ a \sum_{i=1}^n t_i + b \sum_{i=1}^n (t_i)^2 = \sum_{i=1}^n (y_i t_i), \end{cases} \quad (3.24)$$

Рішення системи рівнянь (3.24) дозволяє визначити коефіцієнти a і b , що задовольняють умові (3.22).

Пошук коефіцієнтів регресії в рівняннях (3.14) - (3.21) ускладнений, при цьому бажано використання обчислювальної техніки.

Таблиця XIX – Рівняння залежностей $L = f(v)$ для різних місць виміру та типів колії

Тип колії	Місце проведення замірів	Рівняння залежності	R^2
Безстикова	Середнє купе	$L = 6 \cdot 10^{-5} v^3 - 0,0137v^2 + 1,0043v + 35,687$	0,8992
	Крайнє купе	$L = 6 \cdot 10^{-5} v^3 - 0,0146v^2 + 1,1947v + 36,417$	0,9872
	Тамбур	$L = 0,0001v^3 - 0,0284v^2 + 1,9501v + 41,427$	0,9565
Ланкова	Середнє купе	$L = 5 \cdot 10^{-5} v^3 - 0,0121v^2 + 1,0431v + 37,351$	0,9728
	Крайнє купе	$L = 9 \cdot 10^{-5} v^3 - 0,0201 v^2 + 1,4778 v + 36,303$	0,9896
	Тамбур	$L = 7 \cdot 10^{-5} v^3 - 0,0196v^2 + 2,0039v + 31,957$	0,9879

3.5 Висновок до розділу

У розділі проаналізовано конструкцію пасажирського купейного вагона виробництва бувшого СРСР. Особливу увагу було приділено елементам, від яких у найбільшій мірі залежить рівень шуму у середині вагона – вікнам, дверям, даху та стінам.

Розглянуто принцип дії шумомірів та правила їх використання. Для проведення досліджень вибрано шумомір типу Venetech GM1352. Для вимірювання швидкості використано мобільний додаток Speedometer, який працює у операційній системі Android OS мобільних пристроїв. Для вимірювання швидкості використовується GPS – технологія.

Проведено вимірювання рівня шуму у наступних приміщеннях купейного вагона: крайнє купе; середнє купе; тамбур. Вимірювання проводились для діапазону швидкостей 0-120 км/год з кроком 10 км/год при русі по ланковій та безстиковій колії. У процесі вимірювання було отримано

3900 значень шумового навантаження для усього діапазону швидкостей, місць проведення вимірів та типів колії.

Отримані результати перевірено на дотримання нормального закону розподілу. Умова нормального закону розподілу за критерієм Пірсона при рівні значущості 0,95 та за критерієм Романовського виконується. Це дозволило для подальшого аналізу використовувати середні значення рівня шуму для кожного діапазону швидкостей.

З використанням методу найменших квадратів побудовані залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда. Визначено, що дані залежності добре описуються поліномами 3-го порядку.

Порівняння рівня шуму у досліджуваних приміщеннях купейного вагона виробництва країн бувшого СРСР показало, що вітчизняна вимога щодо рівня шуму менше 60 дБа у приміщеннях для персоналу вагонів поїздів далекого сполучення виконується для наступних випадків:

- для крайнього купе при русі по безстиківій колії при швидкостях менше 25 км/год;
- для крайнього купе при русі по ланковій колії при швидкостях менше 20 км/год;
- для середнього купе при русі по безстиківій колії при швидкостях менше 80 км/год;
- для середнього купе при русі по ланковій колії при швидкостях менше 25 км/год.

Вимога ТСІ щодо рівня шуму менше 79 дБа виконується для крайнього та середнього купе для усіх випадків.

Рівень шуму менше 45 дБа, який прийнятий у якості максимального у деяких країнах ЄС не перевищується лише до досягнення швидкості 8-10 км/год для усіх випадків

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

4 ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З РЕМОНТУ І МОДЕРНІЗАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ З МЕТОЮ ЗМЕНШЕННЯ ШУМУ.

4.1 Аналіз сучасних технічних рішень щодо зниження рівня шуму

Одним зі шляхом уніфікації вимог до шумового навантаження вважаємо використання технологічних рішень, які забезпечують краще звукопоглинання в порівнянні з існуючими.

Шляхи проникнення шумового навантаження в пасажирський вагон показані на рис. 15.

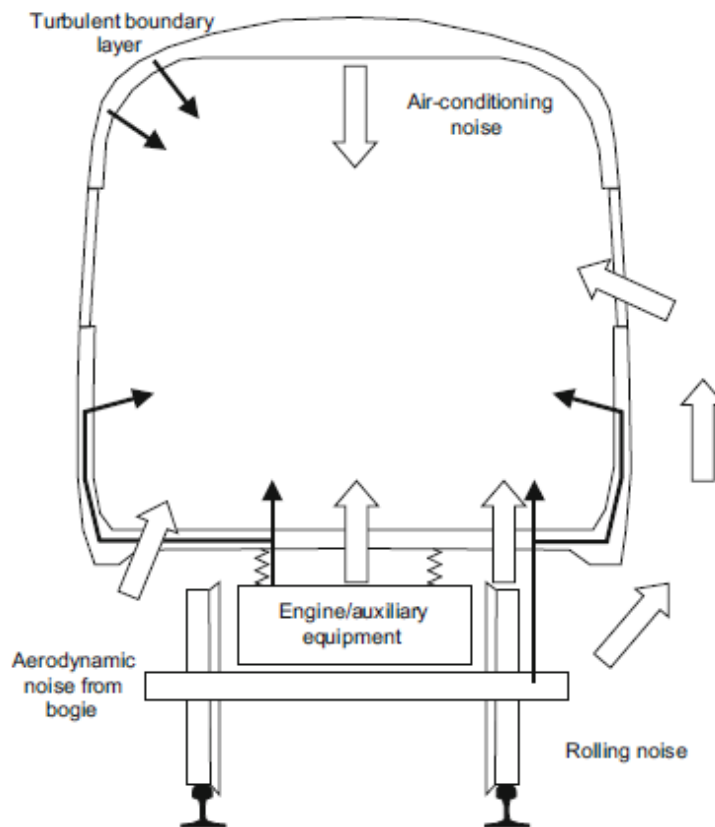


Рисунок 15 – Шляхи проникнення шумового навантаження у пасажирський вагон.

Таким чином технологічні рішення щодо зменшення звукового і шумового навантаження в пасажирському вагоні повинні відповідати шляхам проникнення зовнішніх звуків у вагон.

Згідно [16, 17], у вагоні є наступні джерела зовнішнього шуму:

- шум кочення (руху колісних пар,);
- шум при ударах у ходових частинах, деренчанні і стукоті гальмових тяг і колодок, стін і дахів вагона, стукоту автозчепів, гальмуванні, роботі генераторів і ін.
- явища збудження при проїзді шпал (деформація рейок), наявності дефектів коліс, рейкових з'єднань;
- аеродинамічний шум через порожнини - області візка, міжвагонного простору і т.д.;
- шум турбулентного прикордонного шару.

Додатковими внутрішніми джерелами шуму є деренчання і стукіт дверей, полиць, перегородок, віконних рам, вентиляційних ґрат, світильників, труб опалення і т.д. [17].

Для зменшення попадання шуму у внутрішній простір салону вагона можна рекомендувати наступні способи:

1. Зменшення величин значень джерел звуку;
2. Використання систем поглинання і відбиття звукових хвиль на шляху його поширення.

Перший спосіб є найбільш витратним, оскільки пов'язаний зі значними конструктивними змінами існуючої залізничної інфраструктури, а другий спосіб буде розглянуто в розділі 4 даної роботи.

Згідно [17], шум у вагонах викликається вібраціями і ударами різних зовнішніх і внутрішніх частин вагона. Головні джерела звуку описано у попередніх розділах.

Установлено, що при русі поїздів зі швидкістю 70-80 км/год по рейках, покладених на дерев'яних шпалах, рівень шуму близько колісних пар досягає 125-130 дБ. При русі по рейках, покладених на залізобетонних шпалах, рівень шуму незначно підвищується (на 1-2 дБ) [17].

Зі збільшенням швидкості руху на 1 км/год у межах від 100 до 120 км/год рівень зовнішнього шуму на висоті вікна вагона зростає в середньому для пасажирських вагонів на 0,37 дБ, для вантажних – на 0,3 дБ і для

локомотивів — на 0,23 дб. При швидкості руху 110-120 км/год рівні зовнішнього шуму досягають 110-115 дб, при більш високих швидкостях вони трохи підвищуються, а для деяких типів вагонів зменшуються (на 1-2 дб).

Зовнішній шум передається усередину вагона трьома шляхами: повітрям через щілини, отвори, нещільності і вентиляційні канали (повітряний шум); по конструкціях у вигляді вібрацій – через колісні пари, підшипники, букси, ресори, візки, кузов вагона (структурний шум), через конструкції, що огорожують, кузова (рис. 15).

Величина шуму у вагонах залежить від інтенсивності зовнішнього шуму, наявності отворів, звукоізоляції стін, даху, підлоги і від величини звукопоглинання усередині вагона.

Рівні звукового тиску в однотипних вагонах при однакових умовах значно різняться (рис. 16). Це пояснюється різним технічним станом вагонів та іншими численними факторами: швидкістю руху поїзда, типом верхньої будови і станом колії, режимом водіння, місцевістю, що оточує, кількістю пасажирів та ін. При швидкості 70-80 км/год середні рівні звукового тиску в суцільнометалевих вагонах підвищуються при русі по стрілках на 3-7 дб, при гальмуванні — на 3-5 дб, при зустрічному поїзді й при русі по мосту— на 2-4 дб, при русі в тунелях — на 8-10 дб. Деренчання і стукіт гальмових тяг і ходових частин збільшують шум на 3-10 дб.

При русі по рейках із хвилеподібним зносом рівні шуму зростають на 6-12 дб [17]. Згідно [17], загальні середні рівні звукового тиску в середині суцільнометалевих вагонів різних типів при швидкості руху 90-100 км/год досягають 83-89 дб. У кінцях вагонів і в купе над візками рівні шуму вище, чим у середині на 2-6 дб. У вагонах з пасажирами рівні шуму нижче, чим у порожніх вагонах на 1-3 дб.

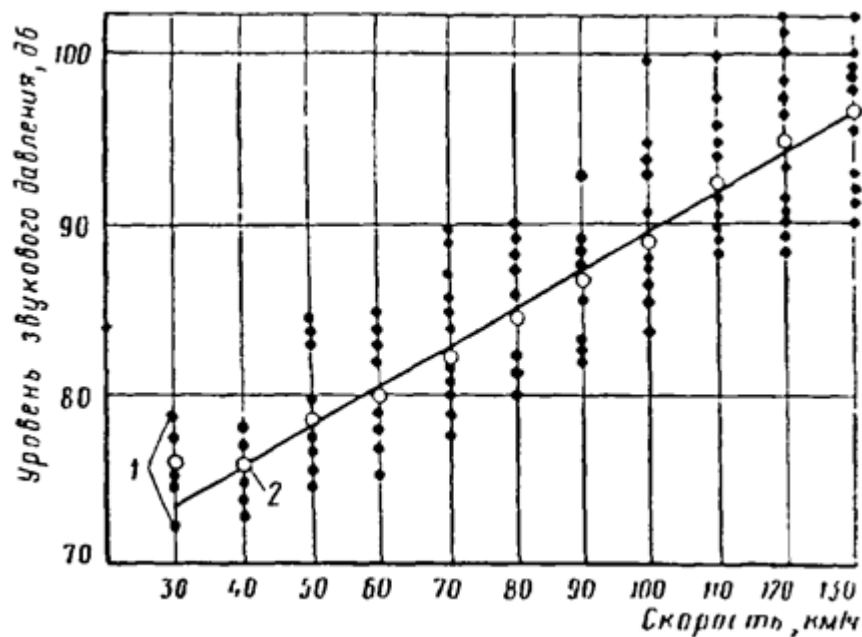


Рисунок 16 – Рівні звукового тиску у вагоні міжобласного сполучення залежно від швидкості руху: 1 - розкид рівнів, 2 - середні рівні [17].

Максимальні складові в спектрах зовнішнього шуму при русі поїзда розташовані в низько- і середньочастотних областях. При збільшенні швидкості руху максимальні складові спектрів зовнішнього шуму зрушуються у бік високих частот. При швидкості більш 100 км/год поблизу колісних пар складові на частотах 600-800 Гц досягають 120-124 дБ.

Максимум звукової енергії усередині вагона перебуває звичайно в області до 400 Гц. Високі рівні звукових тисків в області частот вище 400 Гц частково можна пояснити поганою звукоізоляцією вікон і наявністю отворів біля гальмових кранів, труб опалення та ін., а також стуком через ослаблення кріплень внутрішнього встаткування.

Дослідження показали, що проникаючі у вагон повітряний і структурний звук приблизно рівні. У зв'язку із цим слід одночасно проводити заходи щодо зменшення як повітряного, так і структурного шуму, що досягається вдосконалюванням конструкції окремих частин вагона і залізничної колії, створенням перешкод на шляху проникнення шуму усередину вагона і поглинанням його у вагоні [17].

Зменшення шуму ударів коліс на нерівностях і стиках рейок досягається зниженням хвилеподібного зносу рейок, укладанням безстикової колії і застосуванням гумових прокладок між подошвою рейки і шпалою. Загальний ефект зниження впливу шуму, який дає реалізація цих заходів, становить орієнтовно 10-15 дБ.

Згідно [17], слід розрізняти заходи щодо зменшення шуму у вагонах, що уже знаходяться у експлуатації і у вагонах, які споруджуються.

При поточному утриманні і ремонті вагонів експлуатованого парку особлива увага повинна бути звернена на закладення щілин і отворів у кузові, звукоізоляцію вікон і дверей, зменшення вібрації гальмових тяг і генераторів, на поліпшення стану внутрішнхвагонного устаткування (вентиляційних ґрат, системи опалення та ін.).

Шуми при гальмуванні вагонів і удари гальмових тяг повністю усуваються заміною колодкових гальм дисковими, які мають також ряд інших переваг.

Створення перешкод на шляхах проникнення структурного шуму у вагон досягається застосуванням гумових пружних елементів у ряді деталей ресорного підвішування і опорах. Це дозволяє не тільки зменшити передачу шуму у вагон, але й знизити динамічний вплив на залізничну колію.

Заходи щодо зменшення проникнення повітряного шуму у вагон полягають насамперед у поліпшенні звукоізоляції вікон і дверей. Вікна і двері виконуються з подвійним склом різної товщини. Скло ущільнюється гумою, рами щільно закріплюються у стінах.

Особлива увага повинна бути приділена звукоізоляції підлоги і нижньої частини стін вагона. Для зменшення передачі вібрацій і шуму сталева обшивка вагона із внутрішньої сторони покривається спеціальною протишумовою мастикою.

Звукопоглинання шуму у вагоні досягається облицюванням стін тамбура, внутрішніх перегородок у купе, стелі і полиць спеціальними звукопоглинальними матеріалами.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Згідно [19], ефективним способом боротьби із шумом є використання перфорованих звукопоглиначів, а також різного роду глушителів.

4.2. Пропозиції по модернізації вагонів вітчизняного виробництва з метою ізоляції від шумового навантаження.

Як видно з табл. XIV вимоги по шумовому навантаженню в рухомому складі в Україні більш строгі, ніж у загальному по країнах ЄС.

Можливо, це пов'язане з тим, що середні швидкості руху пасажирського рухомого складу більш високі, ніж в Україні, і тому вищим є рівень шуму, який ним викликається.

Проте, запропонуємо шляхи зниження шумового навантаження у пасажирському рухомому складі України при його локальній модернізації під час деповського та інших видах ремонту.

Вважаємо ефективними наступні шляхи вирішення даної проблеми:

1. Локальна модернізація ходових частин з використанням гасителів коливань різноманітної допустимої конструкції (гідравлічних гасителів коливань, використання гумових демпфуючих зносостійких деталей – прокладок, гумових пружних елементів);
2. Закладення щілин і отворів у кузові;
3. Звукоізоляція склопакетів (скло в склопакетах бажано робити різної товщини) і дверей за допомогою звукопоглинальної мастики і звукопоглинальних екранів;
4. Застосування звукопоглинальної мастики при обробці зсередини зовнішньої і внутрішньої поверхні кузова;
5. Чергування теплоізоляційних і звукоізоляційних пакетів в обшивці кузова вагона;
6. Використанні звукоізоляційних екранів у внутрішніх перегородках вагонного простору;

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

7. Модернізації систем кондиціювання і використання систем моноблочного типу;

8. Використанні у вузлах кріплення елементів кріплення з марганцевомідних сплавів, оскільки вони забезпечують високий рівень демпфування [19].

9. Впровадження в практику використання на пасажирському рухомому складі деталей з демпфувальними покриттями [20].

В якості пропозицій щодо модернізації пасажирських вагонів з метою забезпечення допустимого рівня шуму розглянемо технічні рішення, які застосовані у вагонах виробництва Крюківського вагонобудівного заводу (КВБЗ).

Вказане підприємство визначено головною організацією по розробці й виготовленню пасажирських вагонів у Постанові Кабінету Міністрів № 703 від 11 жовтня 1994 « Про організацію виробництва пасажирських вагонів» [21].

До початку дослідно-конструкторських робіт на ВАТ «КВБЗ» був проведений комплекс науково-технічних робіт пов'язаних з вивченням конструкцій багатьох модифікацій пасажирських вагонів, що виготовляються в багатьох європейських країнах, порівнянням їх технічних характеристик, вивченням технології виробництва і специфічними технологічними процесами.

Дніпровським національним університетом залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна (ДНУЗТ) - головною науковою організацією з питань пасажирських вагонів, і УкрНДІВ виконано ряд науково-дослідних робіт, спрямованих на створення зовнішності майбутнього українського пасажирського вагона, розроблені технічні вимоги до його проектування, виконаний великий обсяг теоретичних досліджень по визначенню динамічних характеристик проєктованих пасажирських вагонів і порівняння динаміки різних типів пасажирських вагонів на візках різних конструкцій, що дозволило визначитися з конструкцією базової моделі пасажирського вагона і підібрати оптимальні параметри й конструктивну схему швидкісного візка з

										Лист
										81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	0032.196546.MP.2020.001					

можливістю руху більш 200 км.год.

Важливим етапом дослідно-конструкторських робіт стала розробка, узгодження і затвердження «Технічного завдання», яке було розроблено на основі проведених раніше вченими наукових лабораторій ДНУЗТ теоретичних і експериментальних досліджень, і визначало конструктивний вміст і особливості конструкції нового українського пасажирського вагона, з можливістю використання його для швидкісних перевезень. Технічне завдання було погоджено із провідними науковими організаціями - ДНУЗТом, У_{кр}НДІВом та усіма причетними управліннями Укрзалізниці, які відповідають за пасажирське сполучення.

Відповідно до технічного завдання, вагон моделі 61-779 розроблений як базова модель для сімейства пасажирських вагонів для швидкісних перевезень.

Базова модель має два тамбури, що забезпечують посадку- висадку пасажирів на високі і низькі перони, а також прохід пасажирів у сусідні вагони поїзда. Планування включає два туалети, службове відділення й відділення для опалювальних приладів, а також пасажирське відділення.

Таке планування дозволяє, виконуючи тільки перепроєктування пасажирського відділення, виготовляти різні модифікації вагонів: купейні спальні двох- і чотиримісні, купейні з місцями для сидіння, вагони із загальним салоном з місцями для сидіння, вагони-салони, комбіновані вагони-бари, вагони-ресторани, вагони-трансформери та інші спеціальні вагони.

Найбільш перспективною була визнана схема вагона зі збільшеною базою (19 м), яку мають більшість європейських швидкісних пасажирських вагонів, що дозволяє конструювати вагони з підвищеною пасажировмісністю.

Відносно металоконструкції кузова були зроблені розрахунки міцності різних варіантів виконання силових несучих конструкцій. За основу прийнята схема рами із хребтовою балкою і додатковим посиленням рами по усьому периметру. У несучих елементах раціонально об'єднані традиційні

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

матеріалів, разом з набором приладів і елементів, створюють необхідний для подорожі затишок. Більші вікна з герметичними склопакетами і подвійними ролетними шторами, замінили звичні фіранки, помітно знижуючи зовнішній шум і підвищуючи комфорт.

У кожному купе є сторожове обладнання і кнопка виклику провідника, загальне і індивідуальне освітлення.

У службовому купе встановлений холодильник, мікрохвильова піч, обладнання телефонного зв'язку, установка відеоконтролю, шафа розподільна САУКД, станція пожежної сигналізації, система контролю букс, мийка, шафа для посуду, аптечка та інше устаткування.

Для забезпечення безпеки бічні двері вагона блокуються від відкривання після досягнення швидкості руху 5 км/год.

Конструктори при проектуванні врахували численні вимоги європейських стандартів ЄС. Зручні крісла роблять подорож приємною. Для перевезення інвалідів у колясках в окремих типах вагонів обладнані місця для інвалідів і супровідного особи, виконаний збільшений туалет для в'їзду інвалідів-колясочників, тамбури обладнані із двох сторін вагона спеціальними підйомниками, які дозволяють здійснювати посадку інвалідів у колясках як з високих, так і низьких платформ [22, 23].

Вагони пасажирські серії 779 мають декілька модифікацій: спальні; вагони з місцями для сидіння; вагони-ресторани; вагони спеціального призначення, розраховані на швидкість до 160 км/год.

Конструкція вагонів у повному обсязі відповідає вимогам санітарних норм по ергономіці, мікрокліматі, освітленості, шумі і вібраціям, а також вимогам безпеки на всі оздоблювальні і облицювальні матеріали.

Інтер'єри салону вагонів, що мають сучасний дизайн виконані із пластикових або металевих панелей з використанням зносостійких, екологічно чистих, трудногорючих матеріалів, при необхідності легко демонтуються і дають доступ до систем життєзабезпечення вагона в період його експлуатації.

Вагони даної серії обладнані:

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

- Системою електроживлення - автономною, від підвагонного генератора, від промислової мережі 380В на стоянках, від акумуляторних батарей; централізованою, від високовольтної підвагонної магістралі, через статичний перетворювач (при використанні візків мод. 61-7007/7012 - виробник ПАТ «КВБЗ»);
 - Трирівневим освітленням;
 - Системою гарячого й холодного водопостачання;
 - Комбінованою системою опалення з автоматичним регулюванням температури
 - основне (водяне з електровугільним котлом),
 - допоміжне (підігрів повітря електрокалорифером і електричне низьковольтне в кожному купе або салоні);
 - Системою кондиціювання повітря з автоматичним регулюванням температури;
 - Санітарно-технічним устаткуванням замкненого типу (мийка, умивальники, душ, вакуумні туалети);
 - Протипожежним устаткуванням (пожежна сигналізація, пожежні сповіщувачі, установка водяного пожежогасіння і установка автоматичного пожежогасіння в електрощиті);
 - Системою відеоспостереження за великим і малими коридорами;
 - Інформаційною системою (кнопки виклику провідника, інформаційні табло і покажчики);
 - Системою поїзного зв'язку « провідник-бригадир»;
 - Системою автоматичного керування, контролю і діагностики (САУКД);
 - Системою контролю нагрівання букс (СКСТ);
 - Системою контролю стану дискових гальм при використанні візків мод. 61-7007/7012 - виробник ПАТ «КВБЗ»;
 - Поїзною автоматичною діагностичною системою
 - Системою аудіотрансляції
 - Системою блокування дверей на швидкості понад 5 км/год.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Конструкцією пасажирських вагонів передбачена можливість проводити підйом вагона в депо без проведення додаткових робіт з виділення окремих місць, як на домкратах з базою 19 м, так і при використанні стаціонарних домкратів з базою 17 м.

Вагони пасажирські купейні модель 61-779 і модель 61-779И

Вагони пасажирські купейні локомотивної тяги призначені для перевезення пасажирів, у тому числі інвалідів (пасажирський вагон мод. 61-779И) по залізницях України, країн СНД і Балтії колії 1520 мм зі швидкістю руху до 160 км/год. Вагони можуть експлуатуватися, як на електрифікованих, так і на неелектрифікованих ділянках залізниць. Вагон може бути обладнаний поїзною автоматизованою інформаційно-діагностичною системою (ПАИДС) «Вид».



Рисунок 17 – Вагон пасажирський купейний виробництва КВБЗ моделі 61-779.

З 2012 року, у конструкцію пасажирських вагонів, що випускаються підприємством внесені зміни, що дозволяють робити підйом вагона на домкратах, як на базі 19 м, так і при використанні стаціонарних домкратів на базу 17 м без проведення додаткових робіт з виділення окремих місць для обслуговування.

Розглянемо обладнання елементів, що у значній мірі забезпечують шумоізоляцію пасажирського вагона серії 779. Зазначений пасажирський вагон має тепло- та шумоізольований кузов з перегородками поділяючими

Прохідні двері коридорів - поворотні з фіксацією у відкритому положенні.

Вагон обладнаний алюмінієвими вікнами з терморозв'язком.

На вагоні встановлені вікна наступних видів:

- вікно широке глухе;
- вікно широке із кватиркою;
- вікно аварійний вихід широке (на вагоні встановлено чотири вікна);
- вікно із кватиркою вузьке;
- вікно із кватиркою туалетне вузьке.

У пасажирських купе встановлені широкі глухі вікна, у великому коридорі широкі глухі вікна чергуються з вікнами широкими із кватиркою.

Конструктивно глухі вікна складаються з рами, склопакета і ущільнювачів. Вікна із кватиркою складаються з рами, кватирки, двох склопакетів і ущільнювачів. На кватирці встановлюються ручки-замки. Внутрішнє скло склопакета туалетного вікна - світлорозсіююче.

Вікна вагона в пасажирських купе, службовому відділенні обладнані подвійними ролетними шторами (денними й нічними).

Вікна вагона в коридорах - одинарними ролетними (нічними) шторами.

Конструкція вікно - аварійний вихід широке аналогічна конструкції вікна глухому широкому, але додатково на склопакеті встановлюється аварійна ручка, а на ущільнювачі - аварійне кільце.

Вікно - аварійний вихід призначене для евакуації пасажирів у випадку аварійної ситуації.

Конструкція вікна "аварійний вихід".

На вертикальній бічній поверхні каркаса нанесене маркування відповідно до п. 1.8.1 технічних умов.

Вікно "аварійний вихід" (рис. 21) складається з: каркаса 1, виготовленого з алюмінієвих профілів 2, 3, згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-3-95 зі сплавом марки АД 31 за ДСТ 4784 з терморозв'язком з вініпласту листового за ДСТ 9639, що розділяє зовнішню і внутрішню сторони вікна;

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

двокамерного склопакета 8; гумових ущільнювачів 9, 10, виготовлених відповідно до вимог ТУ В 6.00152135.071, що забезпечують ущільнення й кріплення склопакета в каркасі вікна; аварійної ручки 11, установленної в гумовому ущільнювачі 9 і призначеної для звільнення склопакета; ручок 12, прикріплених до склопакета 8 за допомогою клею поліуретанового, призначених для витягування склопакета усередину вагона, гумових ущільнювачів 14, 15, що забезпечують ущільнення вікна по борту кузова вагона гумового ущільнювача 16, який забезпечує ущільнення лиштви щодо каркаса вікна.

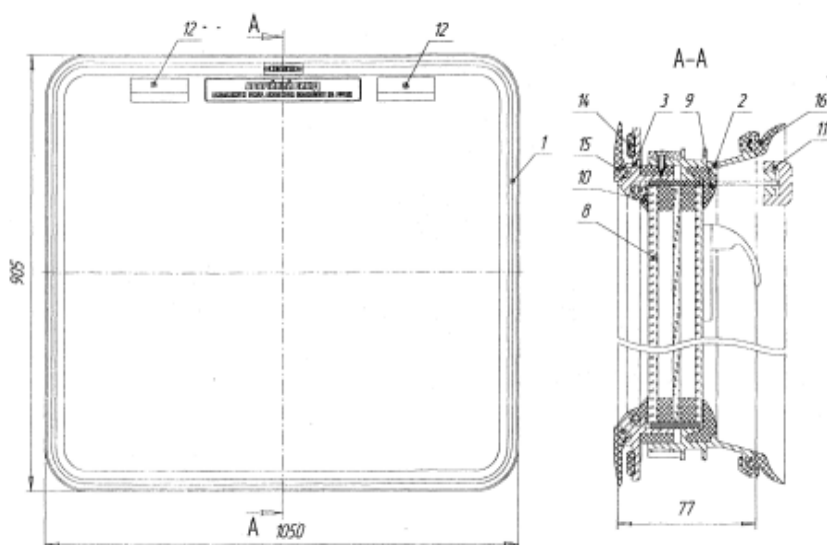


Рисунок 21 - Вікно – аварійний вихід вагона моделі 61-779

4.3. Висновки до розділу.

1. У розділі на основі інформації з літературних джерел проаналізовані технічні рішення по акустичній ізоляції приміщень внутрішнього простору залізничних вагонів.

2. На основі проведеного аналізу наведені пропозиції по шумовій ізоляції конструкцій пасажирських вагонів як за рахунок використання «класичних підходів» - звукопоглинальних матеріалів, так і «некласичних» - використанні елементів конструкцій з високими властивостями, що демпфують.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

0032.196546.MP.2020.001

Лист

91

салону вагона запропоновано використовувати системи поглинання й відбиття звукових хвиль на шляху їх поширення як більш дешевий спосіб розв'язку даної проблеми.

Проаналізовано конструкцію пасажирського купейного вагона виробництва бувшого СРСР. Особливу увагу було приділено елементам, від яких у найбільшій мірі залежить рівень шуму у середині вагона – вікнам, дверям, даху та стінам.

Розглянуто принцип дії шумомірів та правила їх використання. Для проведення досліджень вибрано шумомір типу Venetech GM1352. Для вимірювання швидкості використано мобільний додаток Speedometer, який працює у операційній системі Android OS мобільних пристроїв. Для вимірювання швидкості використовується GPS – технологія.

Проведено вимірювання рівня шуму у наступних приміщеннях купейного вагона: крайнє купе; середнє купе; тамбур. Вимірювання проводились для діапазону швидкостей 0-120 км/год з кроком 10 км/год при русі по ланковій та безстиковій колії. У процесі вимірювання було отримано 3900 значень шумового навантаження для усього діапазону швидкостей, місць проведення вимірів та типів колії.

Отримані результати перевірено на дотримання нормального закону розподілу. Умова нормального закону розподілу за критерієм Пірсона при рівні значущості 0,95 та за критерієм Романовського виконується. Це дозволило для подальшого аналізу використовувати середні значення рівня шуму для кожного діапазону швидкостей.

З використанням методу найменших квадратів побудовані залежності рівня шуму від швидкості руху поїзда. Визначено, що дані залежності добре описуються поліномами 3-го порядку.

Порівняння рівня шуму у досліджуваних приміщеннях купейного вагона виробництва країн бувшого СРСР показало, що вітчизняна вимога щодо рівня шуму менше 60 дБа у приміщеннях для персоналу вагонів поїздів далекого сполучення виконується для наступних випадків:

- для крайнього купе при русі по безстиковій колії при швидкостях

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

менше 25 км/год;

- для крайнього купе при русі по ланковій колії при швидкостях менше 20 км/год;

- для середнього купе при русі по безстиковій колії при швидкостях менше 80 км/год;

- для середнього купе при русі по ланковій колії при швидкостях менше 25 км/год.

Вимога ТСТ щодо рівня шуму менше 79 дБа виконується для крайнього та середнього купе для усіх випадків.

Рівень шуму менше 45 дБа, який прийнятий у якості максимального у деяких країнах ЄС не перевищується лише до досягнення швидкості 8-10 км/год для усіх випадків

Проаналізовані технічні рішення по акустичній ізоляції приміщень внутрішнього простору залізничних вагонів. На основі проведеного аналізу наведені пропозиції по шумовій ізоляції конструкцій пасажирських вагонів як за рахунок використання «класичних підходів» - звукопоглинальних матеріалів, так і «некласичних» - використанні елементів конструкцій з високими депмфуючими властивостями.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Закон України «Про залізничний транспорт» [Електронний документ].
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Титова Т.С., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С. Технические решения по снижению шума от высокоскоростных железнодорожных магистралей// «Транспорт Российской Федерации». – 2015. - № 2 (57). – с. 30-35.
3. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. – Львів: УАД, 2006. – 336 с.
4. Noise Reduction in Rail Freight. – Report 2007. – Paris. – 19 p.
5. Державні санітарні норми. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. ДСН 3.3.6.037-99. – К.: 1999. – 34 с.
6. Commission Regulation (EU) No 1302/2014 of 26 November 2014 on the technical specification for interoperability relating to the subsystem “rolling stock - noise” amending Decision 2008/232/EC and repealing Decision 2011/229/EU (Amended by Commission Implementation Regulation (EU) 2019/774 of 16 May 2019)
7. Commission Regulation (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the ‘rolling stock — locomotives and passenger rolling stock’ subsystem of the rail system in the European Union.
8. Handbook on the Implementation of EC Environmental Legislation. Section 9. – Noise Legislation.
9. Reducing railway noise pollution// Directorate general for internal policies. Policy department B: structural and cohesion policies. – 2012. – 130 p.
10. Вагоны: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / Л.А. Шадур и др.; Под ред. Л.А. Шадура. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1980. – 439 с.
11. Сайт «Техприборы.Ру» [Електронний документ] Режим доступу: <https://tehpribory.ru/glavnaia/pribory/shumomer.html>
12. Надійність та технічна діагностика рухомого складу: Методичні вказівки до виконання контрольної роботи / Дніпропетр. націон. універ. залізн.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

трансп. Уклад.: Б. Є. Боднар, Д. В. Бобирь, О. М. Гончаров, Я. В. Болжеларський. Дніпропетровськ: ДПТ, 2002, 22 с.

13. Войнов К.Н. Надежность вагонов . М.: Транспорт, 1989, 110 с.

14. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе: Справочник. – 2-е изд., пе-рераб. и доп. М.: Статистика, 1979, 447 с.

15. Вайну Я. Я.-Ф. Кореляция рядов динамики. -М.: Статистика, 1977. - 119с.

16. Thompson, D., Jones, C., Gautier, P.E. Railway noise and vibration, Mechanisms, modelling and means of control. - Oxford, 2009. – 520 p.

17. Бобин Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1973. – 304 с.

18. Буралев Ю.В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте. – М.: Академия, 2004. – 288 с.

19. Фавстов Ю.К., Шульга Ю.Н., Рахштадт А.Г. Металловедение высокодемпфирующих сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 272 с.

20. Кондратьев С.Ю. Теоретические основы разработки функциональных сплавов с заданными свойствами на примере системы медь-алюминий-цинк. // Специальность 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов». – Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, СПб, 1998. – 42 с.

21. Официальный сайт КВСЗ. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://www.kvsz.com>

22. Типаж перспективных пассажирских вагонов локомотивной тяги для магистральных железных дорог Украины / А. В. Донченко, М. В. Троцкий, А. Г. Крупа, Г. В. Рейдемейстер // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпропетровськ, 2007. — Вып. 14. — С. 132—136.

23. Мямлін, С. В. Розробка конструкцій та машинобудівних технологій створення вантажних вагонів нового покоління / С. В. Мямлін // Вагонний Парк / ООО «Подвижной состав». - Харьков, 2014. - № 10 (91). - С. 4-9.

СПИСОК РИСУНКІВ

Рисунок 1 – Криві рівної гучності

Рисунок 2 – Планування купейного вагона виробництва бувшого СРСР

Рисунок 3 – Бокова стіна купейного вагона виробництва бувшого СРСР

Рисунок 4 – Торцева стіна кузова вагона виробництва бувшого СРСР

Рисунок 5 – Дах вагона виробництва бувшого СРСР

Рисунок 6 – Вікно купейного вагона виробництва бувшого СРСР

Рисунок 7 – Місця проведення замірів

Рисунок 8 – Процес фіксації значень швидкості та шумового навантаження у крайньому купе

Рисунок 9 – Залежність $L = f(v)$ для крайнього купе, безстикова колія

Рисунок 10 – Залежність $L = f(v)$ для крайнього купе, ланкова колія

Рисунок 11 – Залежність $L = f(v)$ для середнього купе, безстикова колія

Рисунок 12 – Залежність $L = f(v)$ для середнього купе, ланкова колія

Рисунок 13 – Залежність $L = f(v)$ для тамбура, безстикова колія

Рисунок 14 – Залежність $L = f(v)$ для тамбура, ланкова колія

Рисунок 15 – Шляхи проникнення шумового навантаження у пасажирський вагон.

Рисунок 16 – Рівні звукового тиску у вагоні міжбласного сполучення залежно від швидкості руху

Рисунок 17 – Вагон пасажирський купейний виробництва КВБЗ моделі 61-779.

Рисунок 18 – План вагона моделі 61-779

Рисунок 19 – Кузов вагона моделі 61-779

Рисунок 20 – Зовнішні двері вагона моделі 61-779

Рисунок 21 - Вікно – аварійний вихід вагона моделі 61-779

СПИСОК ТАБЛИЦЬ

Таблиця I – Рівні інтенсивності деяких звуків (шумів)

Таблиця II – Реальні рівні шуму на робочих місцях шумонебезпечних професій

Таблиця III – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях

Таблиця IV - Граничні значення для стаціонарного шуму

Таблиця V - Граничні значення для минаючого шуму

Таблиця VI – Граничні значення внутрішнього шуму в кабіні машиніста

Таблиця VII – Рекомендації Федерального агентства по навколишньому середовищу Німеччини відносно граничних значень для планування заходів.

Таблиця VIII - Максимальні рівні шуму навколишнього середовища в Німеччині для нових або модифікованих транспортних інфраструктур

Таблиця IX – Граничних значень для планування дій згідно законодавства Австрії

Таблиця X – Значення граничних значень шуму в приміщенні, згідно вимог Великобританії

Таблиця XI – Категорії впливу шуму для житлових приміщень

Таблиця XII – Рівні шуму, відповідні до категорій впливу для житлових приміщень

Таблиця XIII – Величини граничних значень шуму у Іспанії

Таблиця XIV – Зведені значення допустимого шумового навантаження згідно нормативних документів діючих на залізничному транспорті

Таблиця XV – Технічні параметри шумоміра Venetech GM1352.

Таблиця XVI – Виміряні рівні шуму у середньому купе на безстиковій колії

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

Таблиця XVII – Результати перевірки на нормальний закон розподілу

Таблиця XVIII – Зведені результати визначення середнього значення шумового навантаження у місцях виміру

Таблиця XIX – Рівняння залежностей $L = f(v)$ для різних місць виміру та типів колії

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

АНОТАЦИЯ И КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Магистерская работа состоит из введения, 4-х разделов основной части и выводов. Общий объем текста – 102 страницы: основной текст – 88 страниц, список использованных источников, включающий 23 наименования – 2 страницы, 21 рисунок, 19 таблиц.

Объектом исследования являются пассажирские вагоны отечественного производства.

Предметом исследования является шумовая нагрузка, возникающая при движении поезда в купе и служебных помещениях вагона

Целью исследования является оценка уровня шума в вагоне и его сравнение с европейскими и отечественными требованиями а также разработка практических рекомендаций по внедрению при ремонте пассажирского подвижного состава технических решений приводящих к снижению уровня шума.

В работе решены следующие задачи:

1. Произведен анализ и сравнение отечественных и европейских требований к уровню шума в пассажирских вагонах.
2. Экспериментально определен уровень шума в купе и служебных помещениях пассажирского вагона при различных скоростях движения.
3. На основании произведенного анализа предложены технологические решения по уменьшению уровня шума в пассажирском вагоне.

Сравнение требований нормативных документов Украины и стран ЕС показало, что требования TSI менее строги по сравнению с нормативным документам Украины, но национальные требования стран Европы касательно шумовой нагрузки являются более строгими, чем требования TSI и отечественных нормативных документов, поэтому вопрос снижения шумовой нагрузки в отечественном пассажирском подвижном составе,

является актуальной проблемой современных железных дорог.

Рассмотрены возможности унификации требований к уровню шумовой нагрузки. Установлены основные источники попадания шума в вагон. Для уменьшения попадания шума во внутреннее пространство салона вагона предложено использовать системы поглощения и отражения звуковых волн на пути их распространения как более дешевый способ решения данной проблемы.

Проанализирована конструкция пассажирского купейного вагона производства бывшего СССР. Особое внимание было уделено элементам, от которых в наибольшей степени зависит уровень шума в середине вагона - окнам, дверям, крыши и стенам.

Рассмотрены принцип действия измерителей шума и правила их использования. Для проведения исследований выбран измеритель шума типа Venetech GM1352. Для измерения скорости использовано мобильное приложение Speedometer, которое работает в операционной системе Android OS мобильных устройств. Для измерения скорости использована GPS - технология.

Проведено измерение уровня шума в следующих помещениях купейного вагона: крайнее купе; среднее купе; тамбур. Измерения проводились для диапазона скоростей 0-120 км/ч с шагом 10 км/ч при движении по звеньевому и бесстыковому пути. В процессе измерения было получено 3900 значений шумовой нагрузки для всего диапазона скоростей, мест проведения измерений и типов колеи.

Полученные результаты проверены на соответствие нормального закона распределения. Условие нормального закона распределения по критерию Пирсона при уровне значимости 0,95 и по критерию Романовского выполняется. Это позволило для дальнейшего анализа использовать средние значения уровня шума для каждого диапазона скоростей.

С использованием метода наименьших квадратов построены зависимости уровня шума от скорости движения поезда. Определено, что

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

данные зависимости хорошо описываются полиномами 3-го порядка.

Сравнение уровня шума в исследуемых помещениях купейного вагона производства стран бывшего СССР показало, что отечественная требования по уровню шума менее 60 дБА в помещениях для персонала вагонов поездов дальнего следования выполняется для следующих случаев:

- для крайнего купе при движении по бесстыкового пути при скоростях менее 25 км/ч;
- для крайнего купе при движении по звеньевой пути при скоростях менее 20 км/ч;
- для среднего купе при движении по бесстыкового пути при скоростях менее 80 км/ч;
- для среднего купе при движении по звеньевой пути при скоростях менее 25 км/ч.

Требование ТСИ по уровню шума менее 79 дБА выполняется для крайнего и среднего купе для всех случаев.

Уровень шума менее 45 дБА, который принят в качестве максимального в некоторых странах ЕС не превышает только до достижения скорости 8-10 км/ч для всех случаев

Проанализированы технические решения по акустической изоляции помещений внутреннего пространства железнодорожных вагонов. На основе проведенного анализа приведены предложения по шумовой изоляции конструкций пассажирских вагонов как за счет использования «классических подходов» - звукопоглощающих материалов, так и «неклассических» - использовании элементов конструкций с высокими демпфирующими свойствами.

Ключевые слова: шум, шумовая нагрузка, уровень, измерение, требования, пассажирский вагон, уменьшение.

ANNOTATION AND KEYWORDS

Master's thesis consists of introduction, 4 sections of the main body and conclusions. The total amount of text consists of 103 pages: the main text consists of 88 pages, bibliography, including the 23 names consists of 2 pages, 21 drawings and 19 tables.

The aim of the paper are the assessment of the noise level in the passenger cars built in the former USSR as well as the develop ways to decrease it.

The object of research is the passenger cars which is operated on the Ukrainian railways.

The subject of the research is the noise level in the moving car.

The requirements of the noise level according to the TSI compared with Ukrainian rules are analysed.

The equipment for the noise level measuring was choose. The measuring was provided for different places of car, for different speed on different types of truck.

The results of measuring showed that the ways of the noise decreasing in the passenger's car are need to develop. Appropriate proposals were offered.

Keywords: noise, level, passenger car, measurement, requirement, decreasing.

					0032.196546.MP.2020.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103