

В.П. Заєць

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

ЗМЕНШЕННЯ ШУМУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ

Для зниження рівнів шуму рекомендовано встановити шумозахисний екран, як найбільш ефективний акустичний засіб зниження шуму, що створюється потоками залізничних поїздів на вказаній території забудови. Влаштування екрану за рекомендованим варіантом забезпечує суттєве зниження рівня звуку.

Ключові слова: шум, залізничний транспорт, шумозахисний екран.

Вступ

Останнім часом в Україні все частіше починають звертати увагу на екологічну ситуацію в містах і зокрема на надмірні рівні шуму, що фіксуються поблизу транспортних магістралей. В зв'язку з цим було розроблено низку нормативних документів на методи розрахунку шуму в приміщеннях і на місцевості від різних джерел шуму [1, 2]. Однією із ситуацій, що нерідко зустрічається, є розташування сельбищної території поблизу залізниці. Основним джерелом шуму, що негативно впливає на прилеглу до транспортної магістралі територію, є шум, створюваний потоком вантажних і пасажирських поїздів. Захист території від шуму вказаного джерела має здійснюватися як архітектурно-планувальними заходами, так і застосуванням будівельно-акустичних засобів, одним з яких є встановлення шумозахисного екрана [3]. Європейський і вітчизняний досвід цього питання є однозначним підтвердженням доцільності застосування вказаного акустичного засобу,

як найбільш ефективного для зниження шуму транспортних потоків на прилеглий сельбищній території [4, 5].

Характеристика об'єкта досліджень. Схема розташування сельбищної території із житловим комплексом, що складається із 9-ти п'ятиповерхових будинків, наведена на рис. 1. Максимальна протяжність ділянки забудови вздовж залізничної колії становить ~ 480 м. На виділеному майданчику передбачено збудувати 9 п'ятиповерхових житлових будинків. При цьому мінімальну відстань від залізничної колії до першої лінії забудови передбачається зменшити зі 100 м до 50-ти метрів.

Подвійна залізнична колія прокладена по ґрунтовому насипу трапецевидної форми. Висота підняття колії по відношенню до рівня території житлової забудови становить ~ 10 м (рис. 2). Інтенсивність руху поїздів становить в середньому 133 одиниці на добу. Швидкість руху на вказаній ділянці дороги становить 90 км/год для пасажирських поїздів і 80 км/год – для вантажних поїздів.

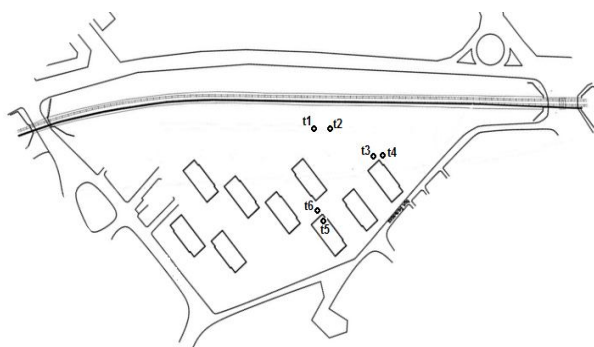


Рис. 1. Схема розташування вимірювальних точок

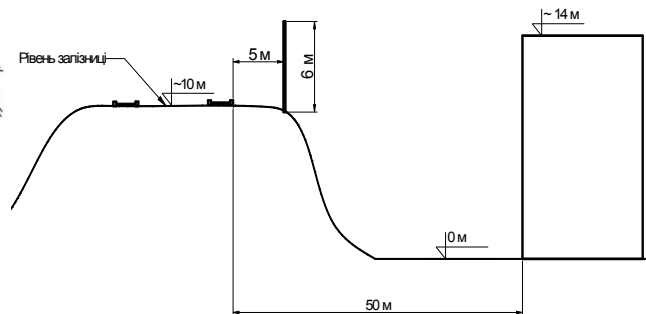


Рис. 2. Розрахунковий варіант шумозахисного екрана висотою 6,0 м

1. Нормативні параметри та допустимі рівні шуму

В Україні нормативними документами, що регламентують допустимі рівні шуму на території житлової забудови і в житлових приміщеннях квартир, є СН №3077 «Санитарные нормы допустимого шума в по-

мещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки» [6] і ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму» [7].

Шум, створюваний потоками залізничних поїздів, є непостійним і його характеристиками є: еквівалентні по енергії рівні звуку $L_{A \text{ екв}}$, дБА; максимальні рівні звуку $L_{A \text{ макс}}$, дБА.

Згідно з нормативними документами [6, 7] для територій, розташованих на відстані 2 м від фасадів першої лінії житлових будинків, орієнто-

ваних у бік залізниці, допустимі рівні шуму можна приймати на 10 дБ (дБА) більшими від зазначених у табл. 1 (п. 2).

Таблиця 1

Допустимі рівні шуму

Призначення приміщення, території	Еквівалентні рівні звукового тиску $L_{екв}$, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								Еквівалентний рівень звуку $L_{А экв}$, дБА	Максимальний рівень звуку $L_{А макс}$, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1 Житлові приміщення квартир: – для денного часу доби – для нічного часу доби	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20	28 18	40 30	55 45
2 Території, прилеглі до житл. будинків: – для денного часу доби – для нічного часу доби	75 67	66 57	59 49	54 44	50 40	47 37	45 35	43 33	55 45	70 60
3 Майданчики відпочинку на території житлової забудови	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

2. Методика та результати натурних вимірювань

Натурні вимірювання шуму залізничного транспорту на виділеній ділянці забудови проводились відповідно до вимог чинних в Україні нормативних документів: Для вимірювань були задіяні комплекти прецизійної акустичної апаратури у складі інтегрального шумоміра і вимірювального цифрового комплексу на основі ПК. Блок-схема вимірювальної апаратури наведена на рис. 3.

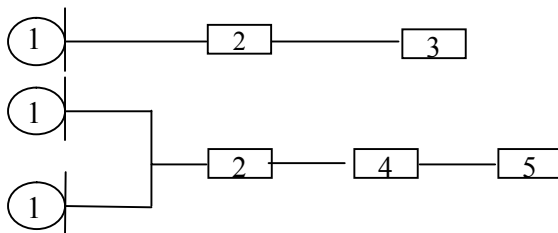


Рис. 3. Блок-схема вимірювальної апаратури:

- 1 – вимірювальний мікрофон; 2 – мікрофонний підсилювач; 3 – інтегральний шумомір;
4 – звукова карта; 5 – персональний комп'ютер

Вимірювальні точки розташовувались на висоті 1,5 м від рівня поверхні землі на території (або від

підлоги в квартирах); при цьому вісь мікрофона направлялась у бік досліджуваного джерела шуму (залізничної колії). При проведенні вимірювань на території і в приміщеннях квартир контролювалися також фонові рівні шуму, створюваного сторонніми джерелами. Схема розміщення вимірювальних точок при проведенні натурних вимірювань наведена на плані ділянки забудови (рис. 1):

– точка 1 – на відстані 25,0 м від осі ближньої залізничної колії і на висоті 1,5 м від поверхні землі (шумові характеристики потоку залізничних поїздів);

– точка 2 – на відстані 25,0 м від осі ближньої залізничної колії і на висоті 8 м від поверхні землі (шумові характеристики потоку залізничних поїздів);

– точка 3 – на відстані 2 м від фасаду будинку на висоті 1,5 м від поверхні землі;

– точка 4 – на відстані 2 м від фасаду будинку на висоті 14 м від поверхні землі (рівень мансардного поверху будинку);

– точка 5 – на відстані 2 м від фасаду будинку (на рівні 4-го поверху будинку).

Результати проведених натурних вимірювань рівнів шуму, створюваного залізничним транспортом на території житлової забудови і в приміщеннях житлової квартири, наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати натурних вимірювань рівнів шуму на території житлової забудови

Розміщення точки вимірювання. Параметр, що визначається	Еквівалентні рівні звукового тиску $L_{екв}$, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								Еквівалентний рівень звуку, $L_{А экв}$, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Точка 1 Шумова характеристика (25 м від осі ближньої колії, h=1,5 м)	66,9	64,9	64,3	64,1	61,5	60,5	56,5	50,7	67,2
Точка 2 – 25 м від осі ближньої колії, h=8 м	71,2	69,4	68,9	67,0	63,1	62,2	58,7	53,2	69,6
Точка 3 – 2 м від фасаду будинку на висоті 1,5 м від поверхні землі	72,2	69,6	64,9	66,7	63,9	62,8	57,2	52,1	69,4
Точка 4 – 2 м від фасаду будинку на висоті 14 м від поверхні землі (мансардний поверх);	69,1	68,0	66,3	65,5	61,4	61,2	56,5	50,8	67,9
Точка 5 – в приміщенні квартири на 4-му поверсі	45,9	45,0	38,1	33,3	25,9	21,7	17,2	14,7	35,4
Точка 6 – 2 м від фасаду будинку на рівні 4-го поверху	62,5	68,6	64,2	64,3	61,2	58,9	52,4	47,7	66,5
Фонові рівні шуму на території забудови	56,2	52,3	48,4	44,2	39,8	37,5	35,2	32,1	47,0
Фонові рівні шуму в житлових приміщеннях квартири	38,2	32,4	26,5	22,7	18,3	14,0	12,9	10,1	25,3

Як свідчать спектральні характеристики еквівалентних рівнів звукового тиску, наведені в табл. 2, шум від поїздів на території забудови має низько- і середньочастотний характер. Перевищення еквівалентних рівнів звуку в точках вимірювання $\Delta L_{A \text{ екв}}$, дБА, над допустимими величинами визначались як

$$\Delta L_{A \text{ екв}} = L_{A \text{ екв}} - L_{A \text{ екв доп}}$$

де $L_{A \text{ екв}}$ – виміряні значення еквівалентних рівнів звуку, дБА; $L_{A \text{ екв доп}}$ – допустимі значення згідно з вимогами нормативних документів, дБА.

Аналогічно в точках вимірювання визначалися перевищення максимальних рівнів звуку $\Delta L_{A \text{ макс}}$ в дБА і еквівалентних рівнів звукового тиску $\Delta L_{\text{екв}}$ в дБ.

Результати вимірювань в точці 1 є шумовими характеристиками потоку залізничних поїздів. При максимальній інтенсивності руху (7 – 8 поїздів на годину) значення шумових характеристик становлять: $L_{A \text{ екв}} = 67,2$ дБА; $L_{A \text{ макс}} = 80,8$ дБА.

Біля фасаду житлового будинку (точка 3, перша лінія забудови) еквівалентний рівень звуку на час вимірювання становив 69,4 дБА, що на 14,4 дБА перевищує нормативні вимоги для денного часу доби і на 24,4 дБА – для нічного часу доби. Максимальні значення рівнів звуку становили 82,1 дБА при допустимому значенні 70 дБА в денний час доби і 60 дБА в нічний час; при цьому перевищення для денного часу становить 12,1 дБА і 22,1 дБА – для нічного часу. Для прилеглих територій до житлових будинків, розташованих в глибині забудови (точка 5), еквівалентні рівні звуку знижуються до 66,5 дБА, що також перевищують допустимі значення для денного часу доби на величину 11,5 дБА і на величину 21,5 дБА – для нічного часу.

Отримані результати натурних вимірювань свідчать про суттєві перевищення рівнів шуму над допустимими рівнями як для нічного, так і для денного часу доби. Існуючий шумовий режим на території забудови не відповідає вимогам санітарних норм, що потребує розробки будівельно-акустичних заходів по зниженню рівнів шумових завод. Отримані в результаті натурних вимірювань значення шумових характеристик потоку залізничних поїздів, еквівалентних рівнів звуку $L_{A \text{ екв}}$ і еквівалентних рівнів звукового тиску в октавних смугах частот $L_{\text{екв}}$ є вихідними даними для подальших акустичних розрахунків і визначення необхідних геометричних і акустичних параметрів шумозахисного екрана.

3. Розрахунок очікуваних рівнів шуму залізничного транспорту на території забудови. Визначення параметрів шумозахисного екрана

Розрахунки звукових полів на території житлової забудови були виконані на основі теоретичних та

натурних досліджень, що викладені в [8, 9] з використанням розробленої автором спеціальної комп'ютерної програми відповідно до нормативного документу [2]. За шумовими характеристиками потоку залізничних поїздів, визначеними в результаті натурних вимірювань при максимальній інтенсивності руху поїздів, розраховані і побудовані по площі території житлової забудови звукові поля:

- еквівалентних рівнів звуку $L_{A \text{ екв}}$ в дБА і еквівалентних рівнів звукового тиску в октавних смугах частот $L_{\text{екв}}$ в дБ (на висоті 1,5 м від рівня поверхні землі) до встановлення шумозахисного екрана;
- очікуваних еквівалентних рівнів звуку $L_{A \text{ екв}}$ в дБА і еквівалентних рівнів звукового тиску в октавних смугах частот $L_{\text{екв}}$ в дБ (на висоті 1,5 м від рівня поверхні землі) після встановлення шумозахисного екрана;

– очікуваних еквівалентних рівнів звуку $L_{A \text{ екв}}$ в дБА у горизонтальній площині на рівні мансардного поверху житлових будинків (на висоті 14 м від рівня поверхні землі) і еквівалентних рівнів звуку у вертикальній площині (по висоті будинків) після встановлення шумозахисного екрана.

Звукові поля на території житлової забудови при наявності шумозахисного екрана побудовані для шумозахисного екрана висотою 6 м (від рівня головки рейки) який розташований на відстані 5 м від ближньої рейки колії.

Розрахункова довжина екрана становила ~ 480 м.

Розрахункова схема встановлення шумозахисного екрана наведена на рис. 4.

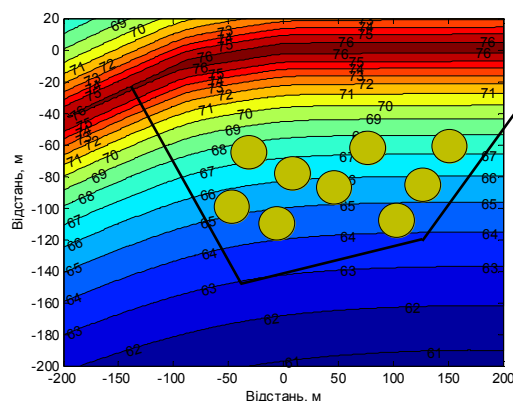


Рис. 4. Розрахункові еквівалентні рівні звуку, дБА, до улаштування шумозахисного екрана

Встановлення екрана забезпечує зниження еквівалентних рівнів звуку $L_{A \text{ екв}}$ на території житлової забудови на величину 6 – 15 дБА (рис. 5). При цьому очікувані еквівалентні рівні звуку на території житлової забудови (рис. 6) становитимуть 55 – 59 дБА і для денного часу доби частина будинків будуть перебувати в межах норми а для частини будинків буде спостерігатися перевищення допустимих значень рів-

нів шуму на величину від 1 дБА до 4 дБА. Для нічного часу доби очікується залишкове перевищення еквівалентних рівнів звуку над допустимими значеннями на величину 10 – 14 дБА по площі території забудови.

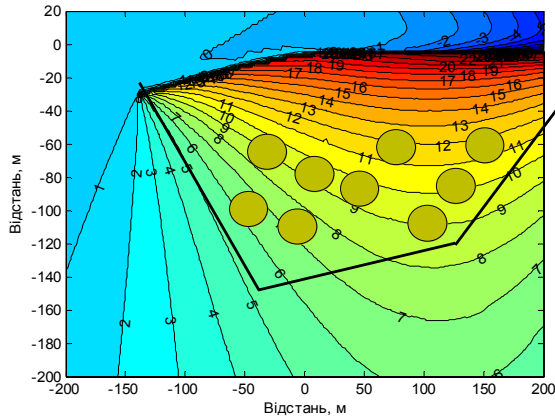


Рис. 5. Акустична ефективність шумозахисного екрана в рівнях звуку, дБА

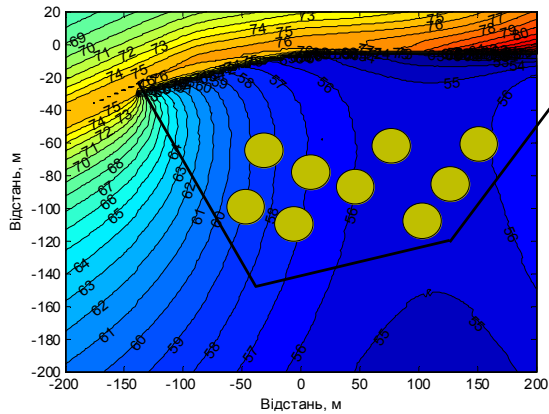


Рис. 6. Розрахункові еквівалентні рівні звуку, дБА, при улаштуванні шумозахисного екрана висотою 6 м

Аналогічна шумова ситуація при улаштуванні екрана за варіантом 1 очікується у горизонтальній площині на рівні мансардного поверху житлових будинків (на висоті 14 м від рівня поверхні землі). Звукове поле очікуваних еквівалентних рівнів звуку для цієї площини наведено на рис. 7.

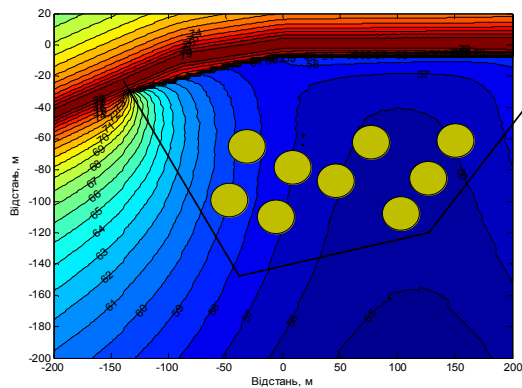


Рис. 7. Розрахункові еквівалентні рівні звуку, дБА, в горизонтальній площині на рівні мансардного поверху будинків (на висоті 14 м від поверхні землі) при улаштуванні шумозахисного екрана висотою 6 м

4. Рекомендації по улаштуванню шумозахисного екрана

Для забезпечення розрахункових величин зниження рівня звуку в розрахункових точках за екраном (величини акустичної ефективності екрана) необхідно, щоб конструкція екрана відповідала вимогам щодо її звукоізоляції.

Звукоізоляція конструкції екрана повинна бути такою, щоб рівень звуку, що пройшов в розрахункову точку крізь конструкцію екрана, був не менше ніж на 15 дБА нижчим від рівня звуку, який надходить в дану точку, огинаючи краї екрана. Іншими словами, звукоізоляція конструкції екрана повинна бути на 15 дБА більшою від його акустичної ефективності [7].

Виходячи із величин акустичної ефективності шумозахисного екрана (6 – 15 дБА), його звукоізоляція за показником $R_{A \text{ тран}}$ повинна бути не меншою ніж 30 дБА.

Звукоізоляцію панелей шумозахисного екрана слід визначати розрахунком або за результатами лабораторних випробувань.

В якості панелей (секцій) екрана рекомендується використовувати:

- панелі шумозахисних екранів повної заводської готовності (металеві, пластмасові) як звуковідбивні, так і звукопоглинальні;

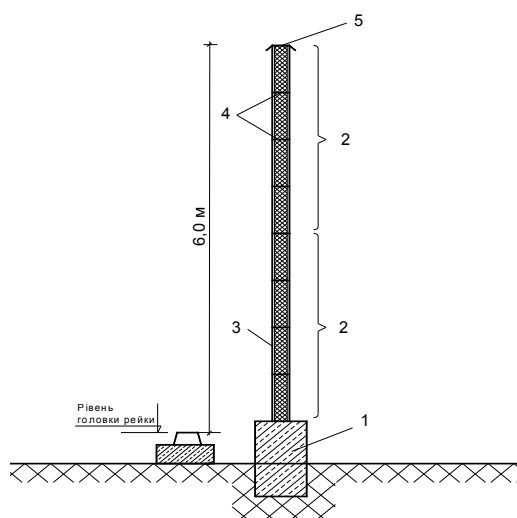
- металеві сендвіч-панелі з товщиною листового металу не менше ніж 0,8 мм і внутрішнім заповненням жорсткими мінераловатними плитами товщиною не менше 100 мм [10];

- суцільні бетонні, армоцементні панелі товщиною не менше 80 мм;

- набірні секційні конструкції із панелей, виготовлених з інших матеріалів, що забезпечують необхідну звукоізоляцію.

Матеріали для виготовлення усіх елементів конструкції екрана повинні бути довговічними, стійкими до атмосферних і інших впливів навколишнього середовища, а також стійкими до механічних засобів очищення.

Однією із важливих вимог до конструкції шумозахисного екрана (рис. 8) є вимога, щоб окремі панелі екрана забезпечували щільне їх прилягання один до одного і до несучих елементів так, щоб екран був акустично непрозорим. Для цього між елементами екрана слід застосовувати ущільнювальні прокладки із довговічних пружних матеріалів, здатних витримувати навантаження без утворення щілин. Нижні елементи (панелі) повинні встановлюватись щільно (без просвітів) до фундаменту. Будь які щілини, зазори або нещільності в конструкції екрана недопустимі. На це треба звертати особливу увагу при проектуванні вузлів кріплення елементів екрана з урахуванням їх можливих лінійних розширень при зміні температурних умов.



- 1– цоколь екрана; 2– панелі екрана (бетонні, металеві тощо); 3– металеві стояки (двотавр);
4– ущільнення між окремими елементами;
5– захисний навіс

Рис. 8. Конструктивна схема шумозахисного екрану

Висновки

1. Натурні вимірювання рівнів шуму на території житлової забудови показали невідповідність існуючого шумового режиму нормативним.

При максимальній інтенсивності руху (7 – 8 потягів/год) еквівалентні рівні звуку $L_{A\text{ екв}}$ на території житлової забудови становлять 66,5 – 69,4 дБА, що на 11,5 – 14,4 дБА перевищують нормативні вимоги щодо допустимих рівнів шуму для денного часу доби і на 21,5 – 24,4 дБА для нічного часу доби. Еквівалентні рівні звукового тиску в октавних смугах частот $L_{\text{екв}}$ перевищують допустимі значення на величини від 3,6 дБ до 15,8 дБ в діапазоні частот 125–8000 Гц для денного часу доби і від 5,2 дБ до 25,8 дБ у всьому нормованому діапазоні частот – для нічного часу.

2. Для зниження рівнів шуму на даній ділянці житлової забудови рекомендовано встановити шумозахисний екран, як найбільш ефективний акустичний засіб зниження шуму, що створюється потоками залізничних поїздів на вказаній території забудови. На підставі проведених розрахунків із розглянутих варіантів рекомендується встановити шумова-

хисний екран за варіантом 1 з розрахунковими параметрами: висота екрана від рівня колії – 6,0 м; відстань до ближньої рейки колії – 5 м; довжина екрана ~ 480 м.

3. Влаштування екрана за рекомендованим варіантом забезпечує зниження еквівалентних рівнів звуку на території житлової забудови на величину від 6 дБА до 15 дБА (рис. 5). При цьому еквівалентні рівні звуку $L_{A\text{ екв}}$ (дБА) на території житлової забудови становитимуть 55 – 59 дБА. Для нічного часу доби очікується залишкове перевищення еквівалентних рівнів звуку над допустимими значеннями на величину до 4 дБА (з урахуванням поправки «+10 дБА» па першу лінію забудови [7]).

Список літератури

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-33 Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-35 Настанова з проведення розрахунку шуму в приміщеннях і на територіях.
3. Котенко С.Г. Измерение акустических свойств шумозащитного экрана в г. Харькове / С.Г. Котенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №. 6/10. – С. 60.
4. Котенко С.Г. Про акустичний комфорт малих придорожніх готелів / С.Г. Котенко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУ ПС, 2014. – Вип. 7(123). – С. 32-40.
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.iaac-acoustics.com/us/commercial-construction/acoustic-panels/acoustic-walls-barriers-screens/>.
6. СН 3077 Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму».
8. Zaec V.P. Noise reduction with soundproof screens / V.P. Zaec // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2012. – Т. 6. – № 10 (60). – С. 25-33.
9. Трохименко М.П. Вплив параметрів шумозахисного екрану на його ефективність / М.П. Трохименко, В.П. Заець // Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка. – 2010. – № 36. – С. 71-76.
10. Трохименко М.О. Застосування сендвіч-панелей в конструкції шумозахисних екранів / М.О. Трохименко, В.П. Заець // Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка. – 2009. – Вип. 31. – С. 111-113.

Надійшла до редколегії 27.08.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяв, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

УМЕНЬШЕНИЕ ШУМА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА С ПОМОЩЬЮ ШУМОЗАЩИЩАЮЩИХ ЭКРАНОВ

В.П. Заец

Для снижения уровней шума рекомендуется установить шумозащитный экран, как наиболее эффективное акустическое средство снижения шума, который создается потоками железнодорожных поездов на указанной территории застройки. Установка экрана по рекомендованному варианту обеспечивает существенное снижение уровня звука.

Ключевые слова: шум, железнодорожный транспорт, шумозащитный экран.

DIMINISHING OF NOISE OF RAILWAY TRANSPORT BY NOISE REJECTOR OF SCREENS

V.P. Zaec

For the decline of sound-levels it is recommended to set a noise rejector screen, as most effective acoustic mean of decline of noise which is created the streams of railway trains on the indicated territory of building. Setting of screen on a recommended variant provides the substantial decline of sound-level.

Keywords: noise, railway transport, noise rejector screen.