	МИНОБРНАУКИ РОССИИ	
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение	
	высшего образования	
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»		
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)		
БГТУ.СМК-Ф-4.2-К5-02		

Факультет	<u>О</u>	<u>Естественно-научный</u>
	шифр	наименование
Кафедра	<u>О1</u>	<u>Экология и безопасность жизнедеятельности</u>
	шифр	наименование
Дисциплина	<u>Разработка шумовиброзащитных мероприятий</u>	

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему

Разработка мероприятий по снижению уровня шума
в кабине оператора строительно-дорожной машины

Выполнил: студент группы О1М31
Батенькин В.В

 Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ
Шашурин А. Е.

 Фамилия И.О. Подпись

Оценка _____

« » _____ 2018 г.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018 г

Курсовой проект представлен на 20 страницах, содержит 6 рисунков, 5 таблиц, 6 источников.

СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНАЯ МАШИНА, КАБИНА ОПЕРАТОРА, ШУМ, ИСТОЧНИК ШУМА, ШУМОЗАЩИТА, ГЛУШИТЕЛЬ ШУМА, ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИЙ КАПОТ, АКУСТИЧЕСКИЙ ЭКРАН.

Объектом данной работы является шумовое воздействие на оператора строительно-дорожной машины (экскаватора), превышающее нормативные значения.

Цель работы – разработка конструкторско-технологических методов снижения уровня шума в кабине оператора строительно-дорожной машины (экскаватора), от основных источников: корпуса двигателя внутреннего сгорания, выпуска двигателя внутреннего сгорания, всасывания двигателя внутреннего сгорания, гидронасосов.

В результате данной работы был представлен комплекс мероприятий по снижению уровня шума в кабине оператора строительно-дорожной машины (экскаватора) до нормативных значений.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1 ИСТОЧНИКИ ШУМА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН	6
1.2 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА В КАБИНЕ ЭКСКАВАТОРА.....	7
1.2.1 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ВСАСЫВАНИЯ ДВС	9
1.2.2 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ВЫПУСКА ДВС.....	11
1.2.3 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА КОРПУСА ДВС.....	12
1.2.4 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ОТ ГИДРОНАСОСОВ	15
1.2.5 ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ КАБИНЫ ОПЕРАТОРА ЭКСКАВАТОРА	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	18
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	19
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Под шумом понимается беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, мешающие получению полезной информации.

В зависимости от физической природы возникающий шум подразделяется на механический, аэродинамический, электромагнитный и гидродинамический.

Шум неблагоприятно действует на организм человека: повышает расход энергии при одинаковой физической нагрузке, значительно ослабляет внимание работающих, увеличивает число ошибок в работе, замедляет скорость психических реакций, в результате чего снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчики, мостовые краны и т. П.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Шум оказывает вредное влияние на физическое состояние человека: угнетает центральную нервную систему; вызывает изменение скорости дыхания и пульса; способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни; может приводить к профессиональным заболеваниям.

Под влиянием шума наступают изменения в органе зрения человека (снижается устойчивость ясного видения и острота зрения, изменяется чувствительность к различным цветам и др.) и вестибулярном аппарате; нарушаются функции желудочно-кишечного тракта; повышается внутричерепное давление; происходят нарушения в обменных процессах организма и т. П.

Шум, особенно прерывистый, импульсный, ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. В документах Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) отмечается, что наиболее чувствительными к шуму являются такие операции, как слежение, сбор информации и мышление.

Шум с уровнем звукового давления 30 ... 35 дБ является привычным для человека и не беспокоит его. Повышение уровня звукового давления до 40 ... 70

дБ создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, снижение производительности умственного труда, а при длительном действии может явиться причиной невроза, язвенной и гипертонической болезни.

Длительное воздействие шума свыше 75 дБ может привести к резкой потере слуха — тугоухости или профессиональной глухоте. Однако более ранние нарушения наблюдаются в нервной и сердечно-сосудистой системе, других внутренних органах.

Зоны с уровнем звука свыше 85 дБ должны быть обозначены знаками безопасности. Станочников, постоянно находящихся в этих зонах, администрация цеха обязана снабжать средствами индивидуальной защиты органов слуха. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с октавными уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

1. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе рассмотрено снижение шума в кабине оператора строительно-дорожной машины на примере экскаватора.

1.1 ИСТОЧНИКИ ШУМА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

Строительно-дорожные машины (СДМ) – это самодвижущиеся средства механизации, предназначенные для строительства и ремонта автомобильных дорог, промышленных и гражданских зданий, для прокладки коммуникаций, сооружения аэродромов и т.д. В соответствии с выполняемыми операциями различают машины для подготовительных, земляных и укладочных работ, подъемно-транспортные машины и пр. К наиболее распространенным машинам, выполняющим указанные операции, относятся экскаваторы, автогрейдеры, погрузчики, краны, самоходные катки, бульдозеры.

В основном строительно-дорожные машины оборудованы дизельным приводом. Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) может располагаться или под капотом, или в дизельном помещении. Большинство строительно-дорожных машин (автогрейдеры, погрузчики, экскаваторы, бульдозеры) оснащаются оборудованием, не производящим сильного шума при работе (ковш, лопата и др.).

На таких машинах основными источниками шума (ИШ) являются корпус ДВС (механических шум), а также выхлоп и всасывание ДВС (аэродинамический шум).

На рисунке 1 изображены конструкции наиболее распространенных дорожно-транспортных машин [1].

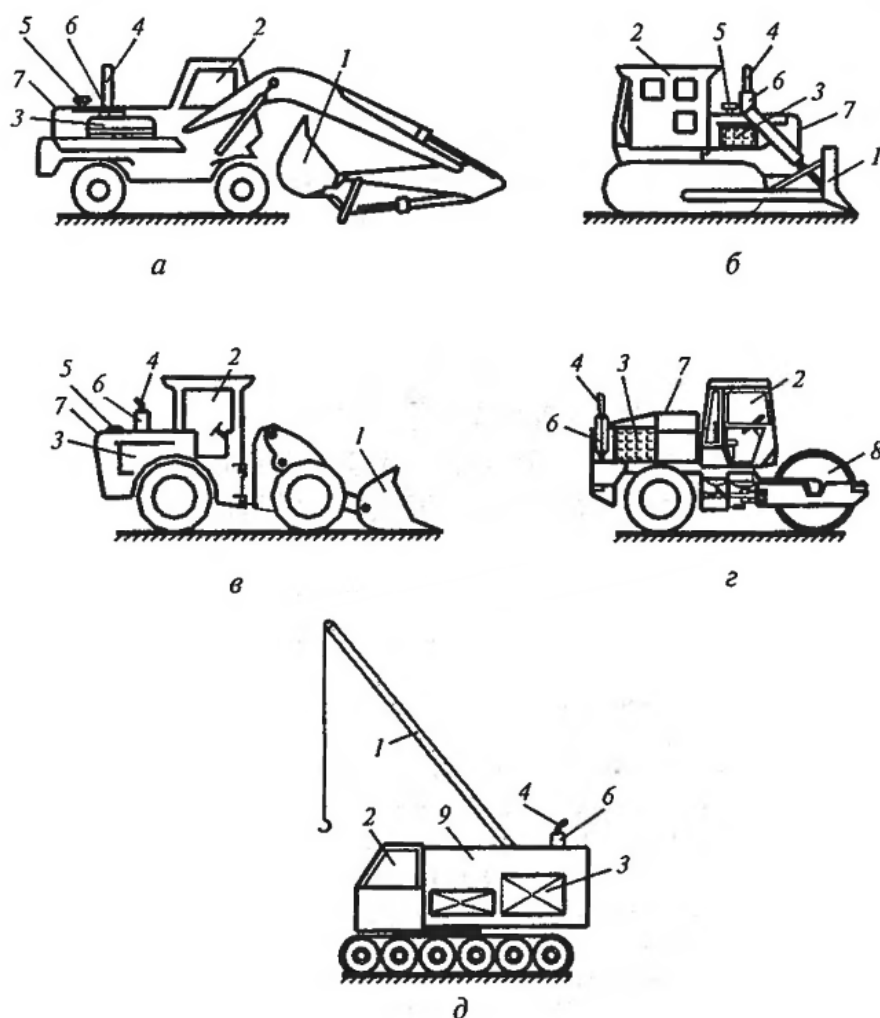


Рис. 1 – Схемы строительно-дорожных машин:

- а – экскаватор; б – трактор; в – погрузчик; г – виброкаток; д – кран;
- 1 – рабочий орган; 2 – кабина; 3 – ДВС; 4 – выпуск ДВС; 5 – всасывание ДВС; 6 – глушитель; 7 – капот на ДВС; 8 – вибровалец; 9 – дизельное помещение.

1.2 РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА В КАБИНЕ ЭКСКАВАТОРА

Предельно допустимые уровни шума в кабине оператора экскаватора (по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [2]) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровень звукового давления L, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука L _A , дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
16. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и других аналогичных машин	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Рассмотрим вклад основных ИШ в спектр шума в кабине экскаватора.

На рисунке 2 представлены основные ИШ экскаватора: гидравлическая система, выпуск и всасывание двигателя внутреннего сгорания, корпус ДВС и детали, расположенные в моторном отсеке.

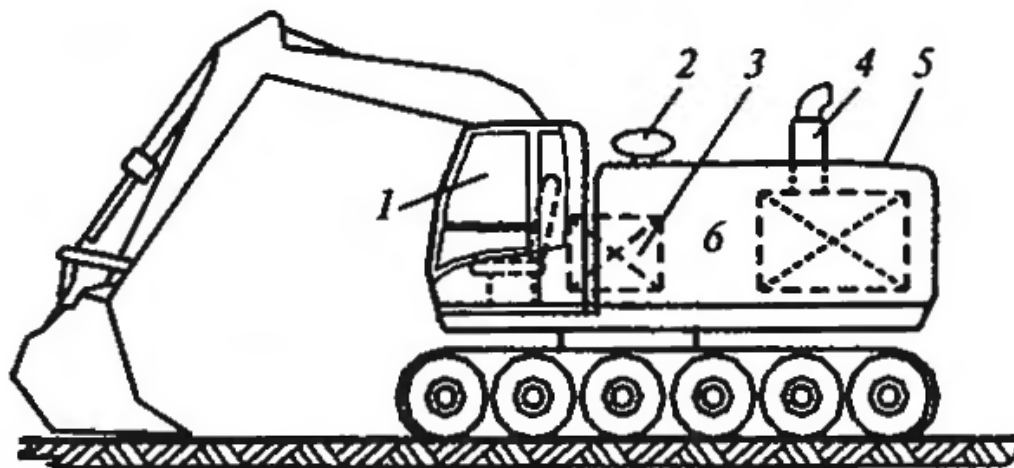


Рис. 2 – Схема экскаватора:

1 – кабина; 2 – впуск; 3 – капот для гидравлической системы; 4 – выпуск; 5 – капот ДВС; 6 – моторный отсек.

Уровень звукового давления (УЗД) основных источников шума представлены в таблице 2. Данные приведены без учета конструктивных

элементов экскаватора (рабочее место без кабины, двигатель без кожуха, отсутствие шумоподавления выпуска и всасывания)

Таблица 2

Источник шума	Уровень звукового давления L, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Шум выпуска ДВС	109	97,5	96	93	92	89	83	77
Шум всасывания ДВС	85	77	79	77	76,5	69	62,5	55,5
Шум корпуса ДВС	104	94	92	87,5	86	85	78	74
Шум от гидронасосов	93	81,5	87	89	85	82	79,5	81

В качестве основных мер по снижению шума предполагается установка капота на ДВС и гидронасосов, а также установка глушителей на выпуск и всасывания ДВС.

1.2.1 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ВСАСЫВАНИЯ ДВС

Превышение уровня звукового давления шума всасывания двигателя внутреннего сгорания над нормативными требованиями наблюдается на октавной частоте 1000 Гц. На данной частоте превышение составляет 1,5 дБ (см. табл.1 и табл. 2).

Для снижения уровня звукового давления на данной частоте предполагается использовать абсорбционный глушитель.

Принцип действия абсорбционных глушителей основан на поглощении широкополосного шума в звукопоглощающих материалах. Глушители этого типа представляют собой камеру круглого или квадратного сечения, облицованный звукопоглощающим материалом.

Структурная схема расчета эффективности абсорбционного глушителя представлена на рисунке 3.

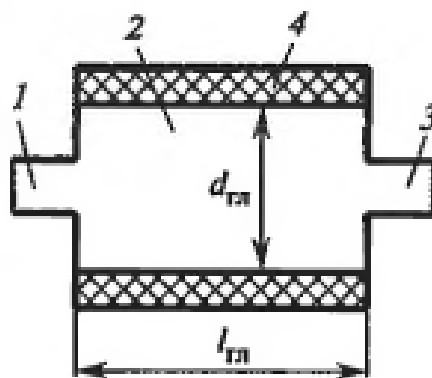


Рис. 3 – Схема расчета абсорбционного глушителя:

1 – входной патрубок; 2 – камера; 3 – выходной патрубок; 4 – звукопоглощающее покрытие.

Расчет эффективности абсорбционного глушителя, показанного на рисунке 3, производится по формуле

$$\Delta L_{\text{гл}} = 4,4 f(\alpha) \frac{l_{\text{гл}}}{d_{\text{гл}}}, \text{ дБ} \quad (1)$$

где, $l_{\text{гл}}$ и $d_{\text{гл}}$ – длина и диаметр глушителя соответственно, м; $f(\alpha)$ – условный коэффициент звукопоглощения (ЗП), зависящий от коэффициента звукопоглощения материала α (см. табл. 3).

Таблица 3

Значения коэффициента $f(\alpha)$								
α	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$f(\alpha)$	0,1	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,2	1,6

В качестве звукопоглощающего материала предлагается использовать минеральную вату с коэффициентом звукопоглощения $\alpha = 0,6$. Таким образом, согласно таблице 3, $f(\alpha) = 0,9$. Длину глушителя l примем равную 1 м, диаметр глушителя 0,4 м.

По формуле 1 производим расчет абсорбционного глушителя эффективность глушителя

$$\Delta L_{\text{гл}} = 4,4 * 0,9 * \frac{1}{0,4} = 9,9 \text{ дБ}$$

Расчет показывает, что применение абсорбционного глушителя с заданными параметрами длины, диаметра и применением минеральной ваты в качестве звукопоглощающего материала позволяет снизить шум выпуска ДВС до нормативных значений.

1.2.2 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ВЫПУСКА ДВС

Глушители шума выпуска двигателя внутреннего сгорания устанавливаются на пути движения горячего газового потока, имеющего температуру 400-600 °С и скорость 50-80 м/с. Вместе с потоком движется звук высокого уровня, возникающий в цилиндрах при сгорании топлива. Данный тип глушителя снижает звук, образующийся в камерах внутреннего сгорания ДВС [1].

Для снижения шума выпуска ДВС в данной работе используется реактивный глушитель.

Структурная схема расчета эффективности реактивного глушителя представлена на рисунке 4.

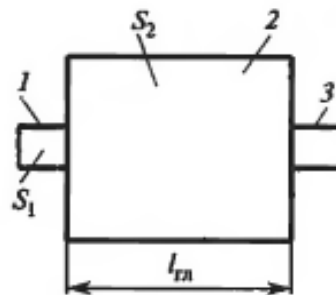


Рис. 4 – Схема расчета реактивного глушителя:

1 – входной патрубок; 2 – камера; 3 – выходной патрубок; 4 – звукопоглощающее покрытие.

Эффективность камеры реактивного глушителя определяется по формуле

$$\Delta L_{\text{гл}} = 10 \lg \left[1 + \frac{1}{4} \left(\frac{S_1}{S_2} - \frac{S_2}{S_1} \right)^2 \sin^2 k l_{\text{гл}} \right], \text{ дБ} \quad (2)$$

где S_1 и S_2 – площади сечения входного патрубка и камеры глушителя соответственно, м²; $l_{\text{гл}}$ – длина глушителя, м; $k = \omega/c$ – волновое число.

Наибольшее превышение УЗД над нормативными значениями наблюдается на октавной частоте 2000 Гц. Превышение составляет 16 дБ.

Значения диаметров входного патрубка и камеры глушителя примем $d_1 = 0,08$ м; $d_2 = 0,7$ м. Длина глушителя $l_{\text{гл}} = 3$ м.

Рассчитаем значения S_1 и S_2 по формуле $S = \frac{\pi d^2}{4}$, м²

$$S_1 = \frac{3,14 * (0,08)^2}{4} = 0,005024 \text{ м}^2 ;$$

$$S_2 = \frac{3,14 * (0,7)^2}{4} = 0,38465 \text{ м}^2 .$$

$$\text{Волновое число } k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi f}{c} = \frac{2 * 3,14 * 2000}{343} = 36,6$$

Расчет эффективности камеры реактивного глушителя производим по формуле 2.

$$\Delta L_{\text{гл}} = 10 \lg \left[1 + \frac{1}{4} \left(\frac{0,005024}{0,38465} - \frac{0,38465}{0,005024} \right)^2 \sin(36,6 * 3) \right] = 23,5 \text{ дБ}$$

Таким образом, использование реактивного глушителя позволяет снизить УЗД шума выпуска ДВС на частоте 2000 Гц до 65,5 дБ, что является меньше нормативного значения.

1.2.3 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА КОРПУСА ДВС

Мощным средством снижения шума от корпуса ДВС является звукоизолирующий капот. Такие капоты обеспечивают воздухообмен в подкапотном пространстве и эффективное шумоглушение. Обязательными элементами звукоизолирующих капотов являются звукопоглощающие покрытия на внутренних поверхностях.

На рис. 5 приведен пример схемы звукоизолирующего капота экскаватора [1].

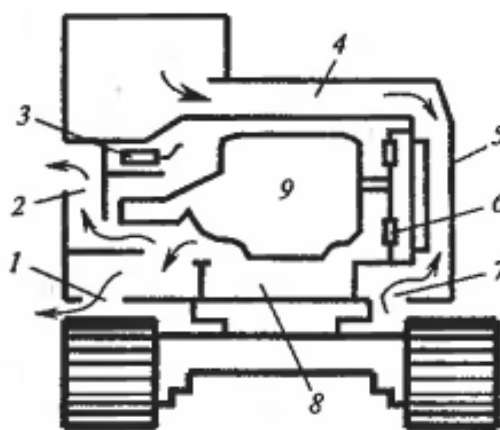


Рис. 5 – Схема звукоизолирующего капота экскаватора:

1, 2 – звукопоглощающие каналы со стороны выхода воздуха; 3 – выходное окно в передней части машины; 4, 7 – звукопоглощающие каналы со стороны всасывания воздуха; 5 – звукопоглощающая облицовка; 6 – вентилятор; 8 – закрываемый дизельный отсек; 9 – двигатель.

Акустическая эффективность капота рассчитывается по формуле [3]

$$\Delta L_{\text{кап}} = R_{\text{кап.}} - 10 \lg \frac{S_{\text{кап}}}{S_{\text{ист}}} - \delta_{\text{отв}}, \text{ дБ} \quad (3)$$

где $S_{\text{кап}}$ и $S_{\text{ист}}$ – площадь поверхности капота и площадь воображаемой поверхности вплотную окружающий источник шума, м^2 . $R_{\text{кап}}$ – звукоизолирующая способность стенки капота, $\delta_{\text{отв}}$ – потери эффективности капота за счет вырезов под вентилирующие отверстия, дБ.

В таблице 4 представлена звукоизолирующая способность стенок капота различной конструкции [4].

Таблица 4

Конструкция	Звукоизолирующая способность стенок кожухов, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стальной лист толщиной 0,7 мм, покрытие из вибродемпфирующей мастики ВД-17-58 толщиной 4 мм	20	24	28	33	37	39	42	45
Стальной лист, покрытие из минераловатных плит ($\rho_{\text{ср}}=100 \text{ кг/м}^2$) толщиной 70 мм	-	20	26	35	39	40	46	48
Дюралюминиевый лист, покрытие из минераловатных плит ($\rho_{\text{ср}}=100 \text{ кг/м}^2$) толщиной 80 мм	20	15	20	28	35	43	50	53

Примем следующие габариты ДВС: длина 1,6 м; ширина 1 м; высота 1,2 м.

Определяем поверхность источника шума:

$$S_{\text{ист}} = (1,6 * 1) + (1 * 1,2) * 2 + (1,2 * 1,6) * 2 = 7,84 \text{ м}^2$$

Из конструктивных соображений габариты капота будут составлять: длина 2,5 м; ширина 2 м; высота 1,5 м.

$$S_{\text{кап}} = (2,5 * 2) + (1,5 * 1,5) * 2 + (2,5 * 1,5) * 2 = 17 \text{ м}^2$$

Капот изготавливаем из стального листа с покрытием из минераловых плит толщиной 70 мм. Согласно таблице 4, звукоизолирующая способность на частоте 125 Гц равна 20 дБ.

$\delta_{\text{отв}}$ примем равную 5 дБ.

Выполним расчет по формуле 3 (расчет выполняется для частоты 125 Гц):

$$\Delta L_{\text{кап}} = 20 - 10 \lg \frac{17}{7,84} - 5 = 11,6 \text{ дБ}$$

Таким образом, эффективность капота составляет не менее 11 дБ, чего достаточно для снижения шума до нормативных значений.

1.2.4 МЕРЫ ПО СНИЖЕНИЮ ШУМА ОТ ГИДРОНАСОСОВ

В качестве средства снижения шума от гидронасосов возьмем акустический экран (АЭ). АЭ является вспомогательной конструкцией шумозащиты. В нашем случае он используется как дополнительное средство шумозащиты в звукоизолирующем капоте.

Важной особенностью с точки зрения конструктивного исполнения является возможность изготовления АЭ для использования в СДМ разной формы: плоские, Г-образные, П-образные и замкнутые конструкции, открытые сверху и снизу.

На рис. 6 приведены типичные формы АЭ, используемые в СДМ.

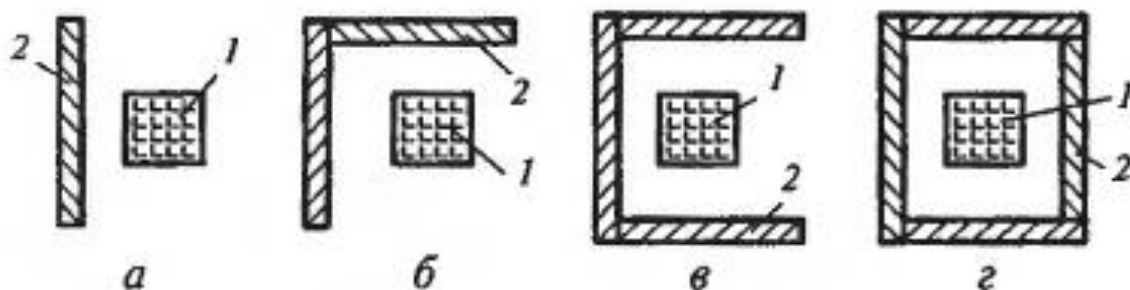


Рис. 6 – Акустические экраны (1) на источнике (2):

а – плоский; б – Г-образный; в – П-образный; г – замкнутый.

В нашем случае, для защиты от шума гидронасосов, был установлен плоский АЭ, облицованный звукопоглощающим материалом толщиной 20 мм с коэффициентом звукопоглощения 0,4 в районе между гидронасосами и кабиной оператора экскаватора.

Снижение шума с использованием АЭ составило 10-12 дБ во всем диапазоне частот (снижение до нормы).

Стоит отметить, что использование АЭ в строительно-дорожных машинах является перспективным в качестве вспомогательного средства шумозащиты.

1.2.5 ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ КАБИНЫ ОПЕРАТОРА ЭКСКАВАТОРА

Для звукоизоляции (ЗИ) кабин применяют как однослойные ограждения (остекление), так и многослойные. ЗИ возрастает с увеличением поверхностной массы и числа слоев ограждения. Используемые в кабинах многослойные

конструкции могут выполнять функции не только звукоизоляции, но и звукоизлучения и вибродемпфирования.

Характеристикой звукопоглощающих свойств кабины является ее средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{\text{ср. каб.}}$. Чем выше $\alpha_{\text{ср. каб.}}$, тем меньше отраженный звук и меньше шум в кабине. Поглощение звука обеспечивается применением звукопоглощающей облицовки – мягкого пористого материала, расположенного на потолке и частично на боковых элементах кабины. Стоит отметить, что средний коэффициент звукопоглощения кабины не только наличием звукопоглощающей облицовки, но и звукопоглощением сиденья и одежды оператора. Значения $\alpha_{\text{ср. каб.}}$ Достигают 0,1-0,2 на низких частотах и 0,2-0,3 на средних и высоких [1].

В таблице 5 представлены экспериментально полученные значения звукоизоляции для СДМ.

Таблица 5

Источник шума	ЗИ, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Одинарное остекление	13	18	25	28	32	29	32	38
Многослойное металлическое ограждение	18	23	27	31	35	33	36	40
Многослойный пол	14	18	21	21	20	23	26	30

Для снижения шума в кабине примем следующие меры:

- установку кабины производить на виброизоляторы;
- под полом кабины необходимо разместить мягкий резиновый АЭ;
- стекла кабины выполнить двойными;
- внутренние поверхности кабины облицевать звукопоглощающим материалом (ЗПМ);
- элементы ограждения необходимо герметизировать.

Выполнение данных мер по снижению шума должно обеспечивать снижения УЗД в кабине оператора на 10-20 дБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данной работы был разработан комплекс мероприятий по защите от шума в кабине оператора экскаватора. Для этого использовались следующие средства защиты:

- установка глушителей на всасывание двигателя внутреннего сгорания;
- установка глушителей на выпуск двигателя внутреннего сгорания;
- установка звукоизолирующего капота на ДВС и его механические элементы;
- приняты меры по снижению шума непосредственно самой кабиной оператора;
- установка АЭ по пути распространения шума от гидравлической системы до кабины оператора.

Было показано, что проведение данных мероприятий снижает шум в кабине оператора экскаватора до нормативных значений.

Стоит отметить тот факт, что глушители шума и звукоизолирующий капот снижают шум не только в кабине оператора, но и во внешней среде.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

АЭ – акустический экран.

ДВС – двигатель внутреннего сгорания.

ЗИ – звукоизоляция.

ЗП – звукопоглощение.

ЗПМ – звукопоглощающий материал.

ИШ – источник шума.

СДМ – строительно-дорожная машина.

СН – санитарные нормы.

УЗД – уровень звукового давления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник/Н.И. Иванов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2015;
2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
3. Безопасность жизнедеятельности. Коллективные средства защиты: справочное пособие по дипломному проектированию/ под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына – СПб, БГТУ, 2003;
4. Юдин Е.Я. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1974;
5. Noise protection, Kuenda Laze, 2017;
6. Handbook of noise and vibration control/ Edited by Malcolm J. Crocker. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2007.