

ПРИМЕНЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ КАПОТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

Дроздова Л.Ф., Кудаев А.В.

Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова

В настоящее время одной из наиболее острых проблем является проблема защиты от шума. В крупных населенных пунктах с ростом числа жителей увеличивается количество источников шума. Повышенный шум – это вредный фактор, крайне негативно влияющий на человека в любом месте его пребывания. Нарушение нервной и сердечно-сосудистой деятельности, повышенное артериальное давление, снижение скорости усваивания информации – вот неполный список негативных последствий, возникающих при воздействии на человека повышенного шума.

Проблема снижения шума является особенно важной для строительно-дорожных машин (СДМ). Выполняя различные виды строительных или ремонтных работ, СДМ вносят значительный вклад в шумовой фон населенных пунктов, причиняя серьезный ущерб человеческой жизнедеятельности.

По имеющейся у авторов информации акустические характеристики значительной части СДМ не удовлетворяют требованиям санитарных норм (СН). Внешний шум СДМ на расстоянии 7,5 м может достигать 75-85 дБА. Если учесть, что норма шума, например, в жилой застройке в дневное время – 55 дБА, то шум может превышать нормы на 20-30 дБА или в 4-6 раз по субъективному ощущению громкости. Из-за повышенного шума во многих странах запрещено производство строительных работ в ночное время (норма шума ночью 45 дБА), вблизи медицинских, учебных и других учреждений. Это ограничение снижает возможности строительных технологий, увеличивает затраты на строительство.

Пределный шум строительных машин в настоящее время определяется рядом нормативных документов [1]. Нормирование шума – это необходимая

мера его снижения, а также побудительный фактор для разработки средств шумозащиты.

Можно отметить, что в подходе к нормированию шума строительно-дорожных машин в России и в странах ЕЭС имеются свои особенности. В нашей стране разработаны и действуют нормы шума на рабочих местах [2] и нет специальных норм на ограничение внешнего шума строительно-дорожных машин. В странах ЕЭС, наоборот, нормы на внутренний шум отсутствуют, зато приняты и действуют нормы на внешний шум строительно-дорожных машин [3]. Другое отличие норм состоит в том, что отечественные нормы санитарно-гигиенические, т.е. безотносительно к типу машин, а нормы ЕЭС – технические, т.е. связаны с типом и мощностью строительной машины.

В отечественных нормах нормируются уровни звукового давления (УЗД), дБ в октавных полосах частот в диапазоне 31,5-8000 Гц и уровни звука (УЗ), дБА.

В технических нормах шума строительно-дорожных машин нормируются скорректированные уровни звуковой мощности (УЗМ), дБА. Технические нормы шума приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические нормы внешнего шума строительно-дорожных машин

Тип оборудования	Энергия в кВт,	Нормы шума, дБА	
		Стадия I с 03.01.2002	Стадия II с 03.01.2006
Уплотняющие машины (виброкатки, виброплиты)	$P \leq 8$	108	105
	$8 < P \leq 70$	109	106
	$P > 70$	$89 + 11 \lg P$	$86 + 11 \lg P$
Гусеничные погрузчики, бульдозеры, экскаваторы	$P \leq 55$	106	103
	$P > 55$	$87 + 11 \lg P$	$84 + 11 \lg P$
Колесные бульдозеры, по- грузчики, передвижные краны, грейдеры	$P \leq 55$	104	101
	$P > 55$	$85 + 11 \lg P$	$85 + 11 \lg P$
Башенные краны	-	$98 + 11 \lg P$	$96 + 11 \lg P$
Компрессоры	$P \leq 50$	96	94
	$P > 15$	$97 + 11 \lg P$	$95 + 11 \lg P$
Экскаваторы	$P \leq 15$	96	93
	$P > 15$	$83 + 11 \lg P$	$80 + 11 \lg P$

При этом важно отметить, что пользование приведенными нормами требует представления результатов экспериментов и результатов расчетов в УЗД, УЗ и УЗМ.

Основным источником шума большинства типов транспортных машин (тракторов, строительно-дорожных машин, тягачей, грузовых автомобилей) является силовая установка (бензиновый или дизельный двигатель внутреннего сгорания – ДВС).

Из литературы известно, что шум корпуса ДВС на расстоянии 1 м в зависимости от объема двигателя, мощности, частоты вращения и др. в основном лежит в диапазоне 100-115 дБА. Предпринимаются попытки снижения шума в источнике изменением режима впрыска и сгорания топлива: выполнение корпуса ДВС из специальных материалов, конструктивное демпфирование корпуса и т.д. Эти меры или ведут к неприемлемому для практики удорожанию ДВС или снижают надежность их работы, поэтому не находят повсеместного применения.

Более доступный и эффективный путь – заключение корпуса ДВС в звукоизолирующий капот (ЗИК). Такие капоты в зависимости от конструктивного исполнения имеют эффективность, достигающую 8-15 дБА. Во многих случаях такой эффективности бывает достаточно для требуемого снижения шума СДМ и, казалось бы, что капоты должны применяться повсеместно, т.е. едва ли не каждое транспортное средство должно быть оснащено штатным ЗИК. На практике капотами оснащаются отдельные машины, и внешний шум большего числа, строительно-дорожных машин превышает нормы в жилой застройке на сотни метров от работающей машины.

Отсутствие массового применения ЗИК для снижения шума силовых установок транспортных машин объясняется многими причинами. При установке ЗИК на силовую установку меняется ее тепловой режим, что приводит к ухудшению ее функционирования и даже остановке. Налицо противоречие между акустикой и теплотехникой: чем больше загерметизирован капот, тем выше его акустические свойства и хуже теплообмен между подкапотным пространством и окружающей средой. В разрешении этого противоречия лежит путь к успеху применения ЗИК для силовых установок.

Прежде чем приступить к выбору и разработке звукоизолирующего капота для силовой установки важно произвести оценку вклада шума ДВС в процессы шумообразования самой строительной машины.

Шум любой строительной машины создается несколькими источниками, происхождение которых различно: механическое, аэродинамическое, электромагнитное, гидравлическое. К основным источникам механического шума можно отнести корпус ДВС, компрессоры, трансмиссии, редукторы; к источникам аэродинамического шума – выпуск и всасывание ДВС, всасывание компрессоров, вентиляторы; к источникам гидравлического шума – гидронасосы и гидромуфты; электромагнитного – электродвигатели и генераторы.

Авторами были проведены измерения по определению шума источников различных СДМ уже являющихся частично шумозаглушенными.

Соотношение вклада основных источников шума различных СДМ можно оценить из данных, приведенных на рис. 1-5.

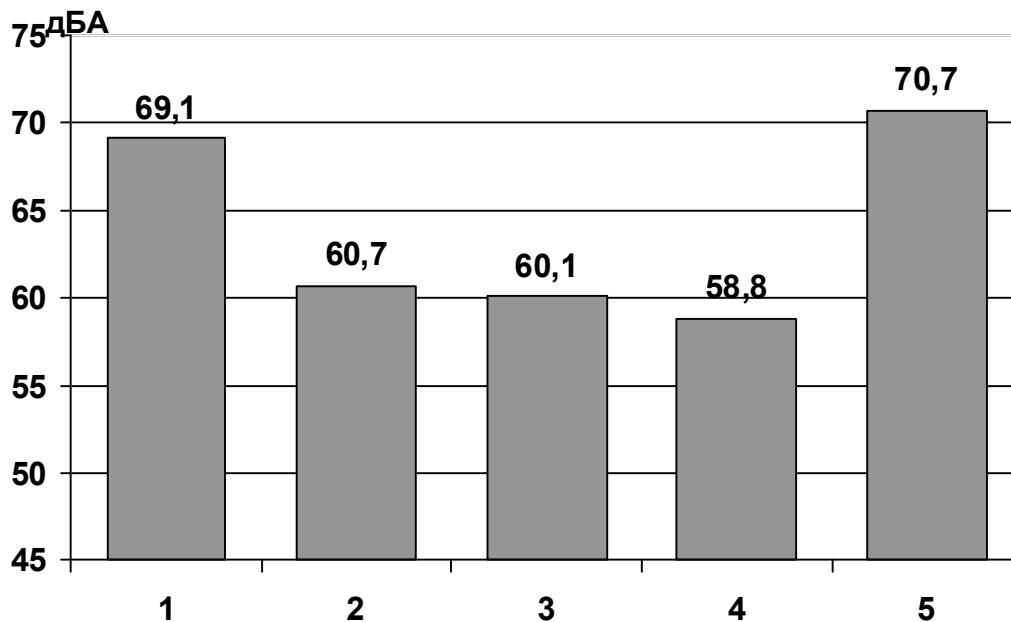


Рис. 1. Вклад источников шума погрузчика-экскаватора во внешнее поле, проникающего различными каналами
 1 – от вентилятора; 2 – от выпуска д.в.с. 3 – от двигателя и всасывания через ограждения капота; 4 – от двигателя и всасывания через нижний открытый проем капота; 5 – суммарный шум

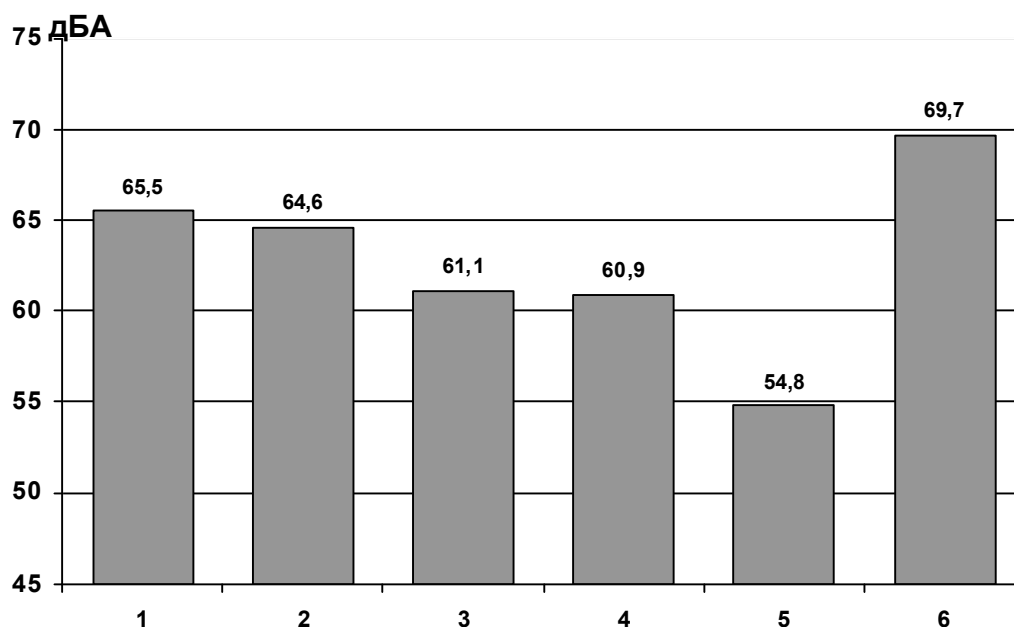


Рис. 2. Вклад источников шума погрузчика во внешнее поле, проникающего различными каналами
 1 – от вентилятора системы охлаждения; 2 – от двигателя через ограждения капота; 3 – от выпуска д.в.с.; 4 – от двигателя через нижний открытый проем капота; 5 – от всасывания д.в.с; 6 – суммарное звуковое поле

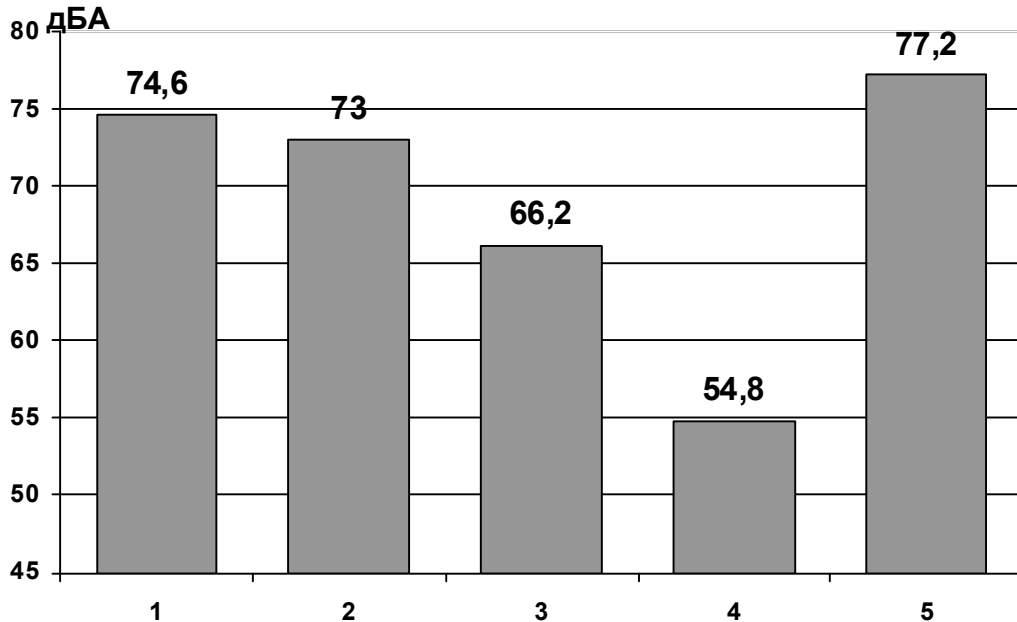


Рис 3. Вклад шума бульдозера во внешнее поле, проникающего различными каналами
1 – от гусениц; 2 – от источников, расположенных в моторном отсеке;
3 – от выпуска ДВС; 4 – от всасывания; 5 – суммарный шум

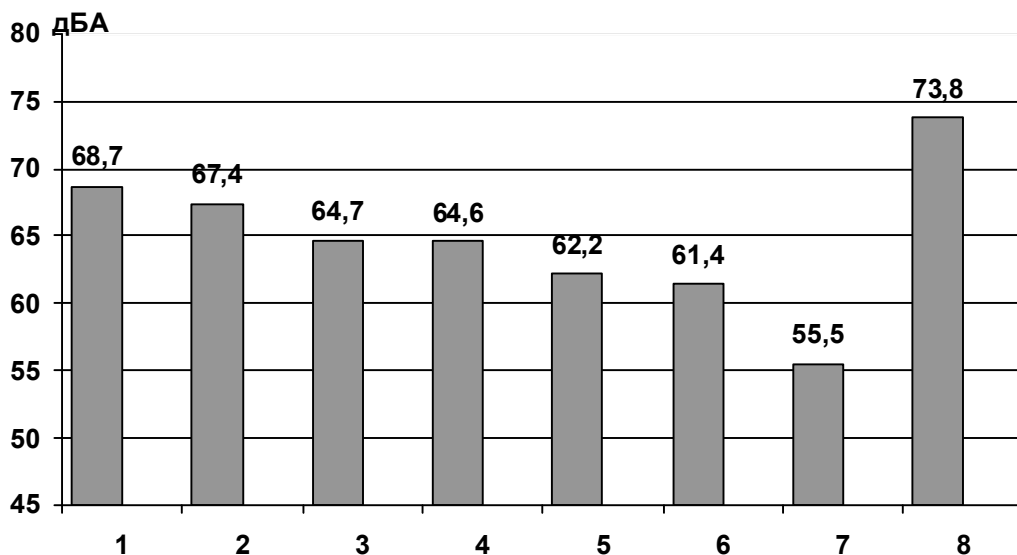


Рис. 4. Вклад шума автогрейдера во внешнее поле, проникающего различными каналами
1 – от двигателя через нижний открытый проем капота; 2 – от вентилятора через ограждения капота; 3 – от выпуска д.в.с.; 4 – от гидронасоса; 5 – от двигателя через ограждения капота; 6 – от вентилятора через нижний открытый проем капота; 7 – от всасывания д.в.с; 8 – суммарное звуковое поле.

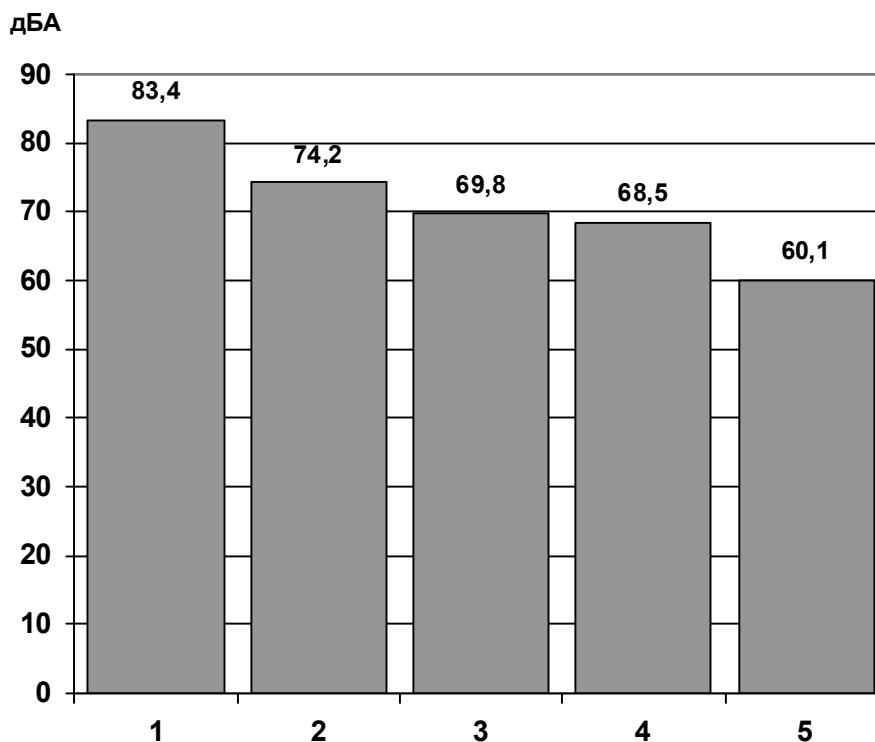


Рис. 5. Вклад шума виброратка во внешнее поле, проникающий различными каналами.

1 – от привода эксцентрика; 2 – из моторного отсека через нижний проем капота; 3 – из моторного отсека через панели ограждения капота; 4 – от выпуска; 5 – от всасывания.

Как видно из рис. 1-5 источниками, дающими основной вклад во внешнее поле являются выпуск и корпус ДВС. Снижение шума выпуска можно обеспечивать установкой более совершенного глушителя и тогда основным источником остается корпус ДВС.

Остановимся подробнее на мерах, связанных со снижением шума СДМ (рис. 6).

К таким мерам относятся: виброизоляция, капотирование, установка акустических экранов и глушителей шума выпуска ДВС и др. Виброизоляция ДВС является обязательной мерой, обеспечивающей снижение структурного звука, и в настоящей статье не рассматривается. Глушители шума выпуска являются самостоятельной конструкцией, обеспечивающей снижение шума локального источника, и также не рассматриваются в настоящей работе.

Для снижения шума корпуса ДВС в настоящее время применяются различные конструкции. Наибольшее распространение получили звукоизолирующие капоты.

В современных установках ЗИК могут быть различны по форме, например, в США запатентована наружная герметизированная оболочка для холодильного компрессорного агрегата, выполненная в виде сферы, для придания оболочке большей жёсткости и снижения уровня шума и вибраций [4].

При изготовлении ЗИК нередко огромную роль играет целостность его конструкции, т.е. отсутствие соединений, например швов. Так в Германии исследования показали, что замена сварных конструкций на литые позволяет снизить уровень шума на 4-6 дБ [5].

Для снижения шума ДВС предпринимаются попытки капсулирования двигателя без снижения эффективности его охлаждения. Рассматриваются направления разработки и применения шумоизоляционных капсул и ее отдельных панелей. При этом важно применение композиционных материалов с функциями демпфирования [6].

Увеличение эффективности теплоотвода от капсулы возможно путем ее перфорирования. Патентуется система с перфорированными участками обшивки. В системе используются различные форма и размеры отверстий, изменение направления выдуваемых или всасываемых струй и объема воздуха [7].

В некоторых случаях для снижения шума тяжелых автомобильных дизелей нет конструктивной возможности или целесообразности закрывать дизель ЗИК целиком. Как вариант предлагается применение двухслойного кожуха, наружный тонкостенный слой которого создает прочность, а внутренний пористый толстостенный непосредственно прилегает к поддону и создает эффект шумоглушения. Кожух крепится к поддону дизеля с помощью кронштейнов и входящих в отверстия этих кронштейнов пружинных прижимов, захватывающих верхнюю часть периферийной отбортовки кожуха [8].

Так в заявке на патент по шумоизоляции капота с целью снижения внутреннего и внешнего шумов, в частности, моторного отсека двигателя, многослойный шумоизоляционный материал на основе пластика. Структура состоит из не менее трех слоев: внутренняя пористая прокладка толщиной 2-30 мм из волокон PET-термопласта плотностью 50-1200 г/м³; тонкий пористый слой толщиной 1 мм из нетканого полипропилена с плотностью 15-250 г/м² и воздухопроницаемостью 250-2500 Н с/м³; верхняя тонкая непроницаемая фольга из полипропилена плотностью 20-100 г/м². Даны структура и варианты материала, его акустические характеристики, а также пример панели капота.

Следует отметить, что на некоторых строительных машинах эффективность капота является недостаточной, чтобы обеспечить необходимое снижение шума в окружающей среде. Создание новых, более эффективных по шумозащите капотов связано не только с увеличением их эффективности, но и с отработкой теплового режима под капотом. Эти два свойства капота являются взаимосвязанными, так как достигнуть увеличения акустической эффективности капота, закрывающего силовую установку с повышенным выделением тепла, возможно, лишь при решении вопросов его отвода в окружающую среду. Такой теплообмен достигается применением как вентиляторов, радиаторов и пр., так и использованием в конструкции капота различных щелей, отверстий, проемов и пр. Появление же проемов в капоте ведет к снижению его акустической эффективности. Таким образом, задача конструирования в приемлемом с акустической точки зрения, капоте является компромиссной.



Рис. 6 Схема шумовиброзащиты при проектировании СДМ.

Литература

1. ГОСТ 25646-95: Эксплуатация строительных машин. Общие требования.
2. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96.
3. Международный стандарт: ISO 6393 Акустика – Измерение внешнего шума, производимого землеройными машинами – Условия статического испытания
4. Патент 6276906 США. Герметичный кожух для компрессорного агрегата. – Опубликовано в 2001 году.
5. Vollraih Klaus. Guss ermöglicht Fortschritt bei Schraubenverdichtern. *Konstr. + Giessen*. 2003, 28, № 3, str. 15-16.
6. Гаухштейн И. С., Корсаков В. В., Куновский Э. Б., Минюкович С. М. Капсулирование силового агрегата автомобилей «МАЗ». *Автомоб. пром-сть*. 2003, № 4, с. 10-12.
7. Патент 6772856, США. Fine jet control-type sound absorption system. – Опубликовано в 2004 году.
8. Патент 5452693, США. Oil pan noise enclosure and attachment system for same. – Опубликовано в 1995 году.