
**ОХРАНА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ¹**© 2022 г. А. В. Кириухин^{a, b, *}, С. П. Бобров^c, В. А. Таран^c, А. П. Железнов^{a, b}^aЗАО НПВП “Турбокон”, ул. Комсомольская Роща, д. 43, г. Калуга, 248010 Россия^bКалужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,
ул. Степана Разина, д. 26, г. Калуга, 248023 Россия^cФедеральный научно-производственный центр “Прогресс”,
5-я Кордная ул., д. 4, г. Омск, 644018 Россия

*e-mail: turbocon2@kaluga.ru

Поступила в редакцию 28.12.2021 г.

После доработки 07.04.2022 г.

Принята к публикации 28.04.2022 г.

Анализируются способы снижения воздушного шума на электростанциях при наличии множественных его источников. Основные источники шума на тепловых электростанциях (ТЭС) и средства борьбы с ними довольно давно известны и подробно описаны в литературе. Несмотря на кажущуюся известность, простоту и изученность проблемы, она до сих пор не решена на ТЭС. Превышения уровней звука над требованиями могут достигать 20 дБ и более. Известны случаи, когда “малошумное” импортное оборудование (в частности, газотурбинные установки), создает повышенные уровни шума в помещениях электростанций, несмотря на применение современных средств звукоизоляции и звукопоглощения. Имеются низкочастотные составляющие в октавных полосах 63 и 125 Гц в спектре превышений шума, где плохо работают имеющиеся в наличии звукоизолирующие и звукопоглощающие материалы. Сегодня на ТЭС появились дополнительные низкочастотные инфразвуковые источники повышенного воздушного шума с частотой несколько единиц герц, связанные с применением большого числа низкооборотных мощных вентиляторов сухих градирен. Предлагается звукоизолирующее покрытие, позволяющее решить эту проблему, и приводится экспериментальное подтверждение такой возможности. Показана возможность уменьшения шума на низких частотах (начиная от 20 Гц) в 10 раз и более с помощью специальной низкочастотной звукоизоляции. Даны расчетные зависимости для оценки ее эффективности. Испытания такой звукоизоляции в лаборатории показали разницу в уровнях звукового давления внутри и снаружи звукоизоляции до 30 дБ и более в диапазоне от 20 Гц. Рассмотрена конструкция звукоизолирующего кожуха при наличии отверстий для воздушного охлаждения оборудования. Обсуждаются возможности использования подобных конструкций на тепловых электростанциях и способы повышения их эффективности. Приводятся результаты эксперимента по активному гашению дискретной составляющей шума 37.5 Гц в лаборатории.

Ключевые слова: тепловая электростанция, воздушный шум, звукоизоляция, звукопоглощение, частотный диапазон, демпфирование, звукоизолирующий кожух, активное гашение шума

DOI: 10.56304/S0040363622120049

Воздушный шум (далее шум) считается вредным и трудноустраняемым производственным фактором. Основные методы уменьшения шума — его снижение в источнике и на пути распространения от источника [1–3]. Для подавления шума в источнике применяют различные конструктивные мероприятия, направленные на уменьшение вибрации поверхностей оборудования, излучающих шум. Это балансировка ротора турбоагрегата на частоте вращения 50 Гц, улучшение качества изготовления ротора генератора для снижения вибрации на частоте вращения и ее кратных

100, 150 Гц, уменьшение скоростей движения рабочих сред в трубопроводах и арматуре, вызывающих вибрацию или непосредственно создающих шум (например, поток воздуха в вентиляторах). В настоящей работе снижение шума в источнике не рассматривается. Эта группа мероприятий приводит к увеличению массы и габаритов оборудования. Сегодня этот путь в значительной мере можно считать исчерпанным (при соблюдении наработанных правил создания малошумного оборудования, т.е. речь не идет об улучшении плохо спроектированного или небрежно изготовленного оборудования).

Для уменьшения шума на пути его распространения от источника применяют звукоизоляцию и

¹ Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-19-00311 от 20.04.2021).

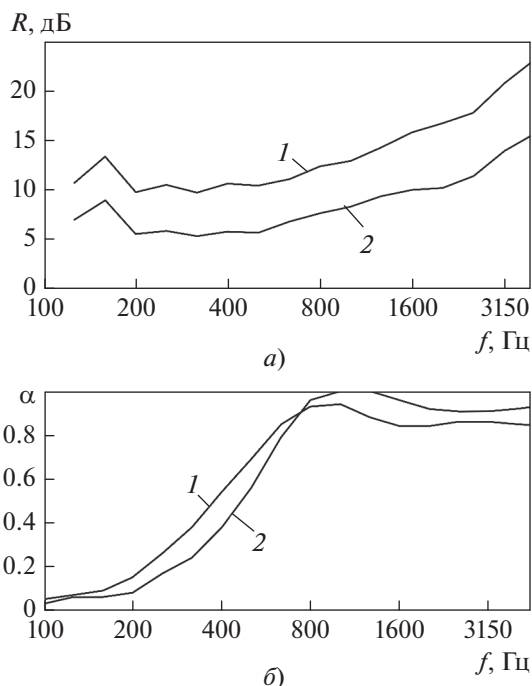


Рис. 1. Зависимость звукоизоляции R (а) и звукопоглощения α (б) материалов K-FONIK OPEN CELL 240 (1) и K-FONIK OPEN CELL 160 (2) толщиной слоя 25 мм от частоты f

звукопоглощение [1–5]. Звукоизоляция осуществляется с помощью экранов и кожухов, снижающих передачу шума от оборудования. Для звукопоглощения на стенах внутри помещения и поверхности кожухов и экранов размещают средства диссипации шума (специальные звукопоглощающие материалы). Как правило, звукоизоляция применяется совместно со звукопоглощением.

Следует упомянуть активные методы гашения шума и вибрации. С помощью системы управления излучателями создается шум, противофазный исходному. При этом уменьшается суммарный шум в окружающем пространстве – технология “Антизвук” [6], которая используется, например, для снижения шума в зоне непосредственного расположения персонала (активные наушники). Возможно активное подавление шума крупной энергетической установки с помощью звукоизоляции и звукопоглощения (активной диссипации) и активного гашения шума в источнике (например, активным подавлением вибрации источника шума) [6].

Одной из проблем является малая эффективность звукоизоляции и звукопоглощения на частотах менее 100 Гц. На рис. 1 показаны частотные зависимости звукоизоляции R и звукопоглощения α современного multifunctional инновационного материала K-FONIK OPEN CELL компании K-Flex. По информации компании, он обладает высокими звукоизоляционными и звукопоглощающими свойствами, применяется для ре-

шения различных задач, в том числе для изготовления звукоизоляционных кожухов. Однако характеристики приведены для частот ниже 100 Гц и на частотах до 300 Гц его звукоизолирующая эффективность невелика.

Восприятие шума ухом человека ослаблено на низких частотах. При измерениях шума на соответствие санитарным нормам на низких частотах вводятся корректирующие фильтры. Тем не менее, на практике сегодня существуют мощные источники низкочастотного шума, который необходимо снижать. Это низкооборотные вентиляторы сухих вентиляторных градирен и воздушных конденсаторов, мощные турбогенераторы частотой вращения 50 (60), 25 Гц и менее (для систем с частотным регулированием).

ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА НА НИЗКИХ ЧАСТОТАХ

Согласно расчету по закону массы [5] предельная звукоизоляция может быть определена как эффективность преграды (кожуха) на пути распространения звука. При нормальном падении звука на препятствие выражение для снижения шума δ можно записать в виде

$$\delta = 10 \lg(1 + \alpha^2), \quad (1)$$

где $\alpha = \pi f m / (\rho c)$; f – частота; m – масса единицы поверхности преграды; ρ – плотность воздуха; c – скорость звука в воздухе.

На рис. 2 показаны зависимости δ от частоты при различных значениях m . В случае диффузного падения звука эффективность преграды уменьшается до δ_d :

$$\delta_d = 10 \lg(\alpha^2) / [\ln(1 + \alpha^2)]. \quad (2)$$

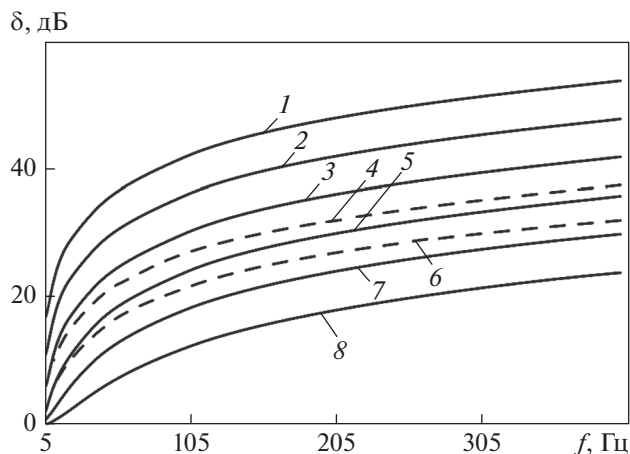


Рис. 2. Зависимость ослабления звука δ преградой от частоты f при нормальном (1–3, 5, 7, 8) и диффузном (4, 6) падении звука.
 m , кг/м²: 1 – 160; 2 – 80; 3 – 40; 4 – 80; 5 – 20; 6 – 40; 7 – 10; 8 – 5

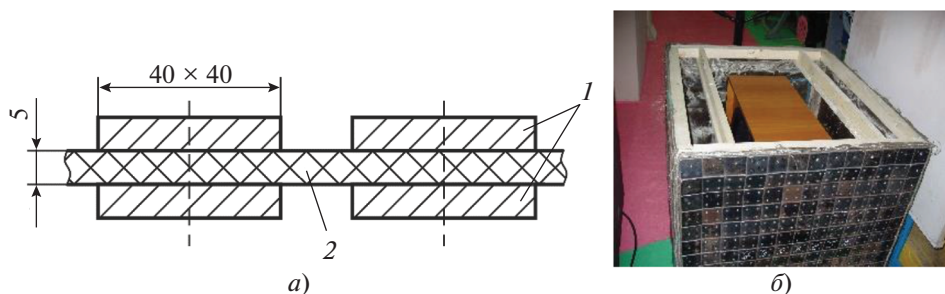


Рис. 3. Поперечный разрез (а) и модель низкочастотного звукоизолирующего кожуха без верхней крышки со звуковой колонкой внутри (б).

1 – металлические пластины; 2 – резиновый лист

Резонансы преграды (кожуха) приводят к снижению ее звукоизолирующей эффективности, определенной по зависимостям (1), (2). На резонансах шум проходит через преграду, которая может его усиливать. Введение потерь (демпфирования) в материал преграды увеличивает ее эффективность на резонансах. Для повышения звукоизолирующей эффективности кожух выполняется массивным, но одновременно податливым, таким, чтобы его низшая резонансная частота была менее 10 Гц. На частотах выше этого резонанса кожух работает как массовая преграда, обеспечивая эффективность в соответствии с зависимостями (1), (2).

В [5] сделано предположение, что можно создать приемлемую по массогабаритным характеристикам конструкцию (покрытие), в которой с достаточно низких частот звукоизолирующая эффективность подчиняется наиболее оптимальному закону звукоизоляции – закону массы [формулы (1), (2)]. Покрытие изготавливается из материала, имеющего минимальную изгибную жесткость, например из ткани или резины. На эту основу крепятся металлические массивные пластины. На рис. 3, а показана схема такой опытной конструкции. Погонная масса пластин составля-

ет примерно 40 кг/м^2 , частота первого резонанса пластины размерами $1000 \times 1000 \text{ мм}$ по контуру менее 9 Гц. По периметру пластины крепятся к жесткому каркасу (рис. 3, б). Разность между уровнями воздушного шума внутри и снаружи такого герметичного звукоизолирующего кожуха, установленного в помещении лаборатории на пол с положенной на него поролоновой прокладкой, составляет до 30 дБ на частотах от 20 до 100 Гц и 30–40 дБ на более высоких частотах (рис. 4). Эффективность такого покрытия, определяемая авторами как разность между звуковыми давлениями внутри и снаружи герметичного звукоизолирующего кожуха (ЗИК), составила более 20 дБ начиная с частот примерно 20 Гц (см. рис. 4), что заметно выше, чем звукоизоляция на этих частотах современного многофункционального инновационного материала K-FONIK OPEN CELL (см. рис. 1). Хотя сравнивать перепад звукового давления и звукоизоляцию не совсем корректно, некоторая некорректность этого сравнения идет в запас в пользу эффективности нового покрытия. В [7] отмечается, что перепад звукового давления для звукоизолирующей преграды может составить 5–10 дБ. Уменьшение эффективности на частотах 40, 160 и 280 Гц обусловлено резонансами каркаса. Для снижения влияния этих резонансов на эффективность кожуха целесообразно исследовать вариант крепления пластин к каркасу через виброизоляцию.

ПРОВЕРКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОЧАСТОТНОГО ПОКРЫТИЯ НА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРЕ

Эффективность низкочастотного звукоизолирующего покрытия проверяли на дизель-генераторе мощностью 60 кВт в звукоизолирующем кожухе с демонтированными верхними панелями, установленном в помещении межведомственной научно-исследовательской лаборатории НПВП “Турбокон” (рис. 5).

На рис. 6 показаны кривые зависимости звукового давления внутри звукоизолирующего кожуха и в помещении лаборатории от частоты при

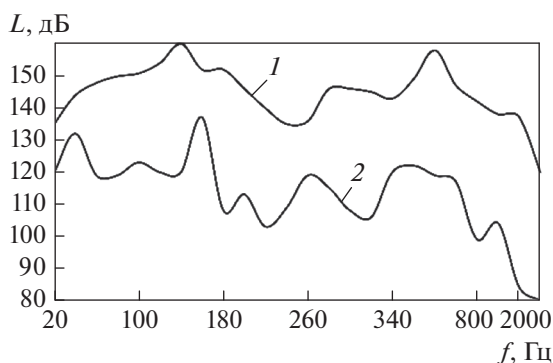


Рис. 4. Зависимость звукового давления L в помещении с опытным низкочастотным звукоизолирующим покрытием от частоты.

1 – внутри помещения; 2 – снаружи звукоизоляции



а)



б)

Рис. 5. Внешний вид дизель-генератора в звукоизолирующем кожухе (верхние панели и одна из передних панелей демонтированы) (а) и вид сверху на выхлоп (б)

работающем в стационарном холостом режиме дизель-генераторе и открытой щели для трубопроводов выхлопа дизеля и его охлаждения площадью 4% суммарной площади поверхности ЗИК. Дизель и ЗИК жестко установлены на фундаменте. Эффективность такого звукоизолирующего кожуха на основе опытного покрытия “тяжелая резина” составила примерно 10 дБ в полосе частот от 10 до 3200 Гц. Это заметно меньше, чем эффективность этого же материала на опытном звукоизолирующем кожухе (см. рис. 3, 4) при искусственном возбуждении. Снижение эффективности обусловлено наличием отверстия под выхлоп, жесткой установкой рамы кожуха и генератора на фундаменте и размерами кожуха и рамы, существенно превышающими размеры кожуха (см. рис. 3). Это и привело к уменьшению частот резонансов рамы, ухудшающих звукоизоляцию.

Причинами снижения эффективности могут быть переизлучение шума трубопроводами выхлопа дизеля и через фундамент и пол лаборатории (дизель установлен жестко на фундаменте), податливость несущей рамы ЗИК, имеющей существенно большие размеры по сравнению с размерами ЗИК, приведенными на рис. 3, б, а также влияние на шум в лаборатории отверстия (щели) для трубопроводов выхлопа дизеля и его охлаждения.

На рис. 7 показаны кривые экспериментально измеренного звукового давления в помещении лаборатории при различной площади отверстий в ЗИК и искусственном возбуждении шума звуковой колонкой внутри кожуха. На рис. 8 представлены внешний вид и схема расположения излучателей системы активного гашения шума. При увеличении площади отверстий до 4 и 8% эффективность кожуха повышается с 10 до 20 дБ в широкой полосе частот. Это известный факт, описанный в [1–5].

Для повышения эффективности ЗИК следует в первую очередь установить устройства шумоглушения в отверстиях (щелях) для охлаждения дизель-генератора и проходки трубопроводов вы-

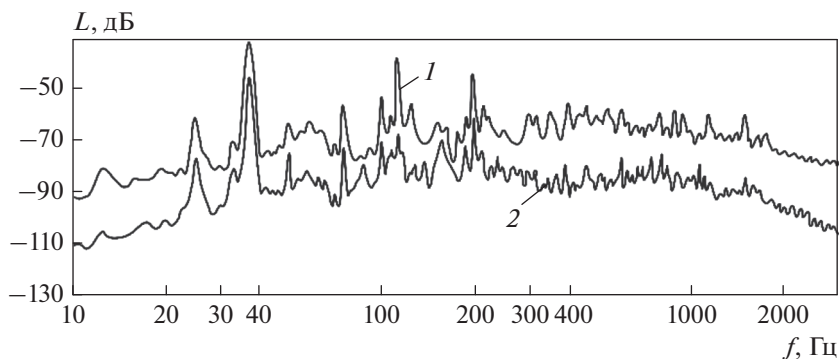


Рис. 6. Зависимость звукового давления внутри звукоизолирующего кожуха (1) и в помещении лаборатории (2) при работающем дизель-генераторе и открытой щели для трубопроводов выхлопа дизеля от частоты

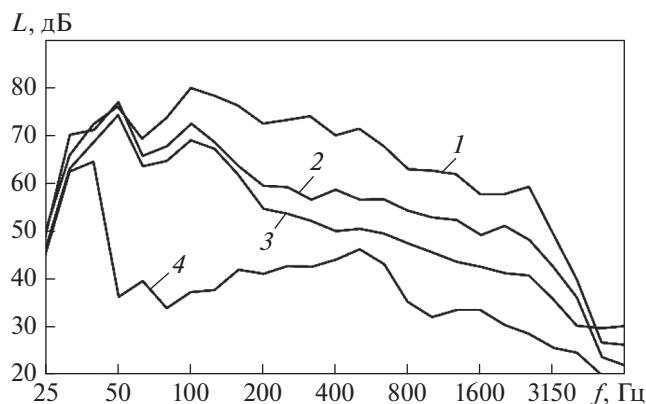


Рис. 7. Зависимость звукового давления в помещении лаборатории от частоты при искусственном возбуждении шума звуковой колонкой внутри кожуха дизель-генератора.

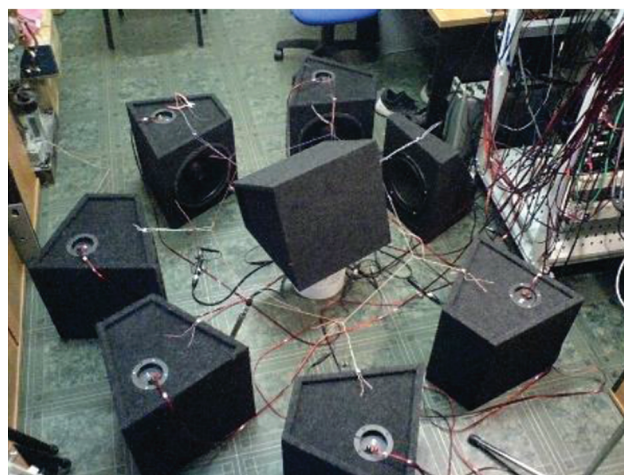
1 – площадь отверстий в кожухе 8% (демонтирована одна передняя панель и открыт выхлоп); 2 – площадь отверстий в кожухе 4% (открыт выхлоп); 3 – кожух без отверстий; 4 – фон при выключенной колонке

хлопа. Следующими мероприятиями могут быть звукоизоляция трубопроводов выхлопа, установка дизель-генератора на низкочастотную (менее 10 Гц) виброизоляцию (наиболее активная низкочастотная гармоника шума составляет 37.5 Гц при работе дизеля), ужесточение рамы ЗИК и/или виброизоляция пластин ЗИК от рамы. Возможно также применение активных методов гашения шума в дополнение к установке ЗИК [8].

АКТИВНОЕ СНИЖЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ШУМА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

В настоящее время возможности снижения передачи шума от установок во внешнюю среду традиционными пассивными методами, уменьшением уровней вибрации установки в источнике, пассивными средствами виброзащиты, звукоизоляции и звукопоглощения в значительной мере исчерпаны. Последние несколько десятилетий за рубежом быстро развиваются активные методы гашения шума и вибрации как в источнике, так и на путях их распространения. В [6] приведено описание активной системы гашения шума газотурбинной энергетической установки, работающей в центре Лондона.

В научно-исследовательской лаборатории НППВ “Турбокон” им. В.А. Федорова совместно с НЦВИ ИОФ им. А.М. Прохорова РАН была проведена работа по активному пространственному гашению шума от дизель-генератора, сравнимого по размерам с помещением, где он находится. Решение такой задачи важно для снижения шума в котлотурбинных цехах тепловых электростанций, корабельных отсеках с энергетическим оборудованием. Это особенно необхо-



а)



б)

Рис. 8. Внешний вид излучателей системы активного гашения шума (а), схема расположения системы активного гашения и дизель-генератора в лаборатории (б)

димо на низких частотах, при которых средства пассивной шумозащиты малоэффективны.

Поскольку иногда ЗИК не обеспечивает требуемое снижение шума, проводили поисковые исследования возможности активного подавления пространственного шума в помещении лаборатории, имеющей размеры $6 \times 30 \times 5$ м, сравнимые с размерами дизель-генератора и его кожуха: $3.0 \times 1.8 \times 1.8$ м. В литературе не удалось найти данных по подобным исследованиям, когда размеры источника шума сопоставимы с размерами помещения, в котором он находится, при значительном отражении звука от стен, пола и потолка, хотя публикаций по активному гашению шума в других, более простых условиях имеется довольно много. Например, можно отметить работу [6] по

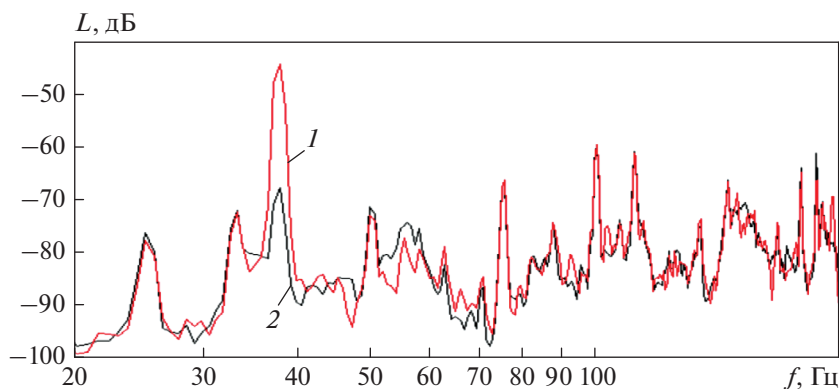


Рис. 9. Спектр шума в лаборатории при выключенной (1) и включенной (2) системе активного гашения шума на частоте 37.5 Гц при работе дизель-генератора

гашению шума от газотурбинной установки в открытом пространстве, а также исследования по активному гашению шума в одномерных воздуховодах, локальных объемах пространства вокруг оператора, активных наушниках и т.п.

Активное подавление шума, создаваемого дизель-генератором в помещении лаборатории, осуществляли системой активного гашения, излучатели которой были установлены внутри ЗИК, изображенного на рис. 5. В дополнение к звукоизолирующему покрытию эффективность активного гашения шума в помещении лаборатории на дискретной частоте 37.5 Гц, которая определяла общий уровень шума при работе дизель-генератора, составила более 20 дБ (рис. 9). Настройку каналов гашения производили вручную по амплитуде и фазе при установившемся холостом режиме работы дизель-генератора. При изменении режима работы генератора и возможных изменениях амплитуды и фазы шума в точках активного гашения может потребоваться подстройка амплитуды и фазы сигнала гашения.

Вопрос создания адаптивной (следающей) системы активного гашения выходит за рамки настоящей статьи. Результаты приведены для иллюстрации принципиальной возможности активного гашения шума в описанных ранее условиях дополнительно к пассивному гашению шума кожухом (если его недостаточно).

КОНСТРУКЦИЯ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕГО КОЖУХА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Источниками повышенного шума часто являются насосы различного назначения, узлы турбогенераторов, например щеточный аппарат возбуждателя электрогенератора (рис. 10). Поскольку в характерных спектрах шума присутствуют частоты вращения кратные 50 Гц, целесообразно рассмотреть возможность установки локальных ЗИК с низкочастотным звукоизолирующим покрытием на эти агрегаты. При звукоизоляции реального

энергетического объекта может потребоваться наличие отверстий в кожухе для прохода трубопроводов различного назначения, валопроводов, а также в некоторых случаях отверстий для охлаждения оборудования окружающим воздухом. Однако известно, что даже небольшие отверстия заметно уменьшают эффективность ЗИК (см. рис. 7). Уплотнение в местах прохода трубопроводов и валопроводов через кожух обычно не вызывает сложностей. При этом необходимо учитывать, что трубопровод может и сам служить источником шума [9].

Отверстия для воздушного охлаждения должны обеспечивать требуемый расход воздуха и могут недопустимо снизить эффективность ЗИК. Для устранения отрицательного влияния отверстий на звукоизоляцию возможна установка в них шумоглушителей, например пластинчатого типа, необходимой суммарной площадью проходного сечения. Длину глушителей выбирают с учетом обеспечения требуемого шумоглушения. Конструкция звукоизолирующего кожуха щеточного возбудителя турбогенератора показана на рис. 11.

В состав ЗИК возбудителя входит каркас с навешенными, открывающимися для доступа персонала к щеточному аппарату створками. На каркасе крепятся листы низкочастотного звукоизолирующего покрытия [10]. Внутри кожуха может дополнительно устанавливаться звукопоглощающее покрытие из базальтового супертонкого войлока. По оси щеточного аппарата в торцевых щитах кожуха предусмотрены отверстия под выход вала.

Циркуляция охлаждающего воздуха внутри кожуха и шумоподавление в отверстиях для циркуляции обеспечиваются с помощью пластинчатых шумоглушителей эффективностью свыше 20 дБ. С учетом того что эффективность кожуха без отверстий составляет более 20 дБ, суммарная эффективность ЗИК в любом случае не будет выше нее. Четыре шумоглушителя для забора охлаждающего воздуха расположены горизонтально на уровне

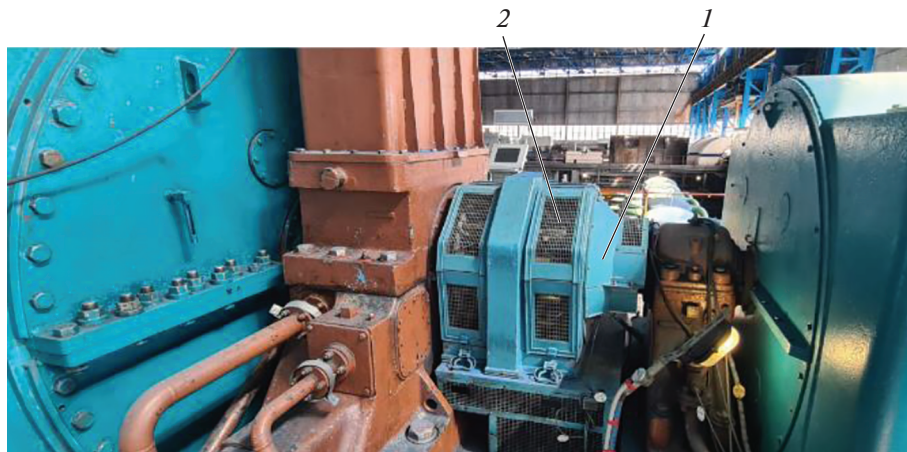


Рис. 10. Внешний вид щеточного аппарата возбуждителя электрогенератора.
1 – щеточный аппарат возбуждителя; 2 – отверстия для воздушного охлаждения

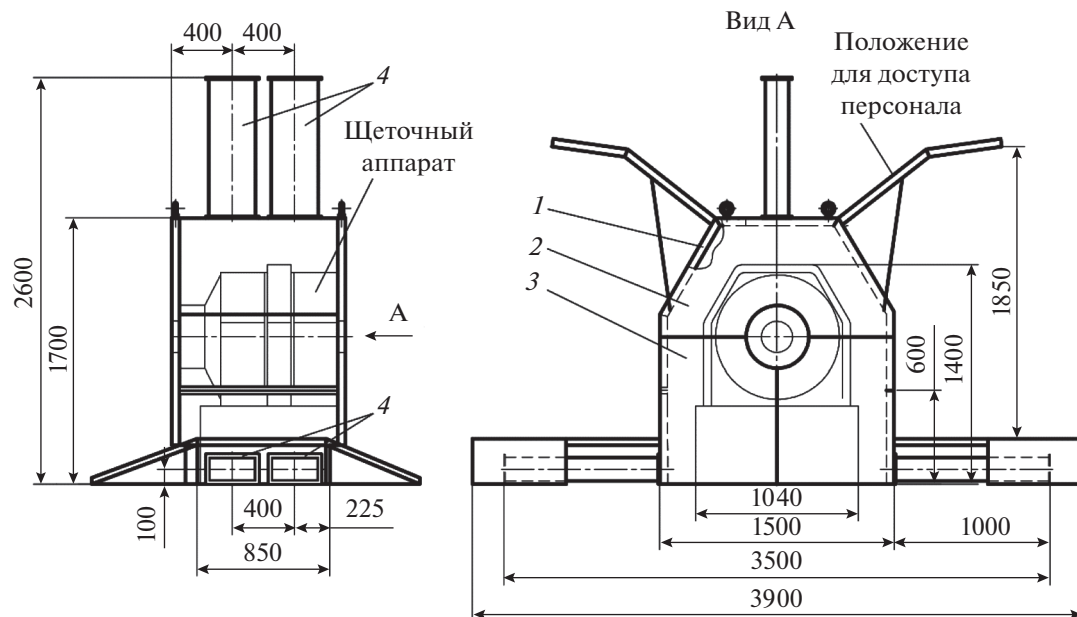


Рис. 11. Звукоизолирующий кожух щеточного аппарата возбуждителя турбогенератора электростанции.
1 – отверстия для доступа персонала; 2 – звукоизолируемое пространство внутри кожуха; 3 – поверхность кожуха; 4 – пластинчатые шумоглушители

пола – по два с каждой стороны щеточного аппарата, и два – вертикально с веру кожуха для обеспечения отвода нагретого воздуха путем его естественной циркуляции под действием теплового напора. Шумоглушители, расположенные на уровне пола, защищены от повреждения площадками обслуживания. Возможна установка вентиляторов на выходе шумоглушителей для повышения эффективности охлаждения.

Такая конструкция звукоизолирующего кожуха является достаточно универсальной и может быть использована для звукоизоляции других источников повышенного шума на электростанциях, на-

пример для насосов различного назначения. Говорить о практическом применении методов активного гашения на отечественном оборудовании пока не приходится. Предварительно следует решить вопрос о создании (восстановлении) отечественной производственной базы процессоров с высоким быстродействием, необходимых для осуществления эффективного активного многоканального пространственного гашения, а также высококачественных усилителей мощности и звуковых колонок с требуемыми амплитудно-частотными характеристиками.

ВЫВОДЫ

1. Предложенная и экспериментально исследованная конструкция для улучшения звукоизоляции оборудования в низкочастотном диапазоне обеспечивает разницу уровней шума внутри и снаружи звукоизолирующего кожуха 15–20 дБ на частотах от 20 до 100 Гц и свыше 20 дБ на более высоких частотах.

2. Повышения эффективности звукоизоляции рассмотренной конструкции можно достичь путем виброизоляции пластин от каркаса, демпфирования балок рамы каркаса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Справочник** по технической акустике / под ред. М. Хекла и Х.А. Мюллера. Л.: Судостроение, 1980.
2. **Юдин Е.Я., Борисов Л.А., Горенштейн И.В.** Борьба с шумом на производстве: справ. М.: Машиностроение, 1985.
3. **Тупов В.Б.** Снижение уровня шума от энергетического оборудования. М.: Изд-во МЭИ, 2005.
4. **Осипов Л.Г., Бобылев В.Н.** Звукоизоляция и звукопоглощение. М.: АСТ, 2004.
5. **Боголепов И.И.** Промышленная звукоизоляция. Л.: Судостроение, 1986.
6. **Стэнселл Д.** Антизвук // Англия. 1986. № 100. С. 40–48.
7. **Клюкин И.И., Боголепов И.И.** Справочник по судовой акустике. Л.: Судостроение, 1978.
8. **Кирюхин А.В., Мильман О.О., Птахин А.В.** Снижение передачи вибрации от энергетических установок активными методами // Теплоэнергетика. 2017. № 12. С. 58–66.
<https://doi.org/10.1134/S0040363617120049>
9. **Экспериментальные** и расчетные исследования возможностей совершенствования виброизоляции трубопроводов энергетических установок / А.В. Кирюхин, О.О. Мильман, А.В. Птахин, И.С. Сербин, Л.Н. Сережкин // Теплоэнергетика. 2020. № 7. С. 14–25.
<https://doi.org/10.1134/S0040363620070048>
10. **Пат. № RU 2 457 123 C1.** Панель звукоизолирующая и способ ее изготовления / В.А. Адонин, С.П. Бобров, В.Д. Денисов, В.В. Бохан, В.А. Гидион // Б.И. 2012. № 18.

Improving the Efficiency of Acoustic Insulation for Power Equipment

A. V. Kiryukhin^{a, b, *}, S. P. Bobrov^c, V. A. Taran^c, and A. P. Zheleznov^{a, b}

^a ZAO Scientific Production and Innovation Enterprise Turbokon, Kaluga, 248010 Russia

^b Tsiolkovskii Kaluga State University, Kaluga, 248023 Russia

^c Federal Scientific and Production Center Progress, Omsk, 644018 Russia

*e-mail: turbocon2@kaluga.ru

Abstract—Methods are analyzed for decreasing the airborne noise at power plants in the presence of many noise sources. The main sources of noise at thermal power plants (TPPs) and means of their control have been known for a long time and are described in detail in the literature. Despite the apparent knowledge, simplicity, and recognition of the problem, it has not yet been solved at TPPs. Sound levels can exceed the standard limits by as much as 20 dB or more. Cases are known when “low-noise” imported equipment (in particular, gas turbine units) emit elevated noise levels in the rooms of power plants, despite the application of modern acoustic insulation and sound absorption means. There are low-frequency components in the octave bands of 63 and 125 Hz in the noise excess spectrum in the case of poor performance of available soundproofing and sound-absorbing materials. Today, additional low-frequency infrasonic sources of elevated airborne noise with a frequency of several hertz have appeared at TPPs. They are related with the application of many large low-speed fans of dry cooling towers. A soundproof coating is proposed for solving this problem, and experimental confirmation of this option is given. The possibility of reducing noise at low frequencies (starting from 20 Hz) by ten times or more using special low-frequency sound insulation is demonstrated. Correlations for the estimation of its efficiency are given. Laboratory tests of this sound insulation have revealed that a difference in sound pressure levels inside and outside the sound insulation is as great as 30 dB or more in the range above 20 Hz. The design of an acoustic enclosure with holes for equipment air cooling is examined. The possibilities of the application of these structures at thermal power plants and ways for improving their efficiency are discussed. The results of a laboratory experiment on the active suppression of the discrete noise component at 37.5 Hz are reported.

Keywords: thermal power plant, airborne noise, acoustic insulation, noise absorption, frequency band, damping, acoustic enclosure, active noise suppression