

Проектирование защиты от производственного шума

И. Е. Цукерников^{1,2,*}, И. Л. Шубин^{1,†}, Т. О. Невенчанная^{1,2,‡}

¹Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук
Россия, 127238, Москва, Локомотивный проезд, д. 21

²Московский политехнический университет, Высшая школа печати и медиаиндустрии
Россия, 127550, Москва, ул. Прянишникова, д. 2А

(Статья поступила 06.07.2017; Подписана в печать 13.09.2017)

Дана историческая справка о действовавших с 1977 г. национальных нормативно-технических документах в области проектирования защиты от производственного шума. Рассмотрены основные положения и особенности свода правил СП 254.1325800.2016, введенного в России в феврале 2017 г. Приведен регламентированный сводом правил перечень работ и рекомендованные методы их выполнения при проектировании защиты от шума, создаваемого производственным оборудованием, для обеспечения санитарных норм шума на рабочих местах, расположенных в помещениях и на территории предприятий и организаций. Даны правила выполнения акустических расчетов, правила подбора и размещения малозумного оборудования, а также проектирования мероприятий по снижению шума средствами строительной акустики.

PACS: 43.50.Jh

УДК: 534.8

Ключевые слова: шум, защита, источник шума, расчет, снижение шума, проектирование.

ВВЕДЕНИЕ

Работы по подготовке и введению нормативно-технических документов в области проектирования защиты от производственного шума начаты в Советском Союзе в 70 годах прошлого века. За прошедшие 40 лет были разработаны и введены в действие основополагающие строительные нормы и правила СНиП II-12-77 «Защита от шума», СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» и свод правил СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003». В развитие СП 51.13330.2011 в 2015-16-г.г. Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) разработал свод правил СП 254.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от производственного шума», содержащий требования по обеспечению нормативных уровней шума на рабочих местах, которыми следует руководствоваться при проектировании промышленных предприятий и организаций. Свод правил утвержден приказом Минстроя России от 17.08.2016 г. № 751/пр и введен в действие с 17.02.2017 г.

В настоящей работе рассмотрена динамика развития требований к обеспечению нормативных уровней шума на рабочих местах при проектировании помещений производственных и вспомогательных зданий, а также на рабочих местах, расположенных на площадках промышленных предприятий. Приведены основные положения и особенности свода правил СП 254.1325800.2016.

*E-mail: 3342488@mail.ru

†E-mail: niisf@ipc.ru

‡E-mail: nevento@mail.ru

1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА

Первым основополагающим отечественным нормативно-техническим документом, устанавливающим обязательные требования, которые следовало соблюдать при проектировании защиты от шума для обеспечения нормативных уровней шума на рабочих местах в помещениях производственных и вспомогательных зданий и на площадках промышленных предприятий, являлись строительные нормы и правила СНиП II-12-77. В 2004 г. этот документ был заменен СНиП 23-03-2003, в котором расширена область применения документа за счет включения в нее не только проектирования, но также строительства и эксплуатации зданий различного назначения. В соответствии с накопленным практическим опытом дополнен перечень строительно-акустических методов обеспечения нормативных параметров шума на рабочих местах и указаны мероприятия по защите от шума, которые должны быть предусмотрены в различных разделах проектной документации. Введено требование выполнения акустического расчета ожидаемых уровней шума на рабочих местах и при необходимости расчета и проектирования строительно-акустических мероприятий по защите от шума. Установлена последовательность проведения акустического расчета, конкретизированы требования к шумовым характеристикам технологического и инженерного оборудования. Нормируемые значения дополнены ограничениями максимального уровня звука на рабочих местах в помещениях различного назначения. Введена категория высококомфортных условий (категория А) для офисов, рабочих помещений и кабинетов административных зданий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций с ужесточением норм шума на 5 дБ (дБА) по сравнению с предельно допустимыми уровнями, ре-

гламентированными федеральными санитарными нормами СН 2.2.2/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Метод акустического расчета ожидаемых уровней шума на рабочих местах включен в СНиП 23-03-2003 практически без изменения с расчетом акустической постоянной помещения по значениям среднего коэффициента звукопоглощения в помещении и введением выражения для граничного радиуса в случае помещения с одним источником шума. Графическое представление входящих в расчетные формулы параметров заменено их табличным заданием с целью упрощения реализации расчетов с помощью программных средств. Вместе с тем из раздела «Определение требуемого снижения уровней шума» исключена громоздкая процедура определения общего количества принимаемых в расчет источников шума. При необходимости целесообразно руководствоваться рекомендациями, приведенными в монографии [1]. Исключен раздел, содержащий методы расчета звукоизоляции ограждающих конструкций, так как одновременно с введением СНиП 23-03-2003 введен свод правил СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий», содержащий данные методы. Актуализирован раздел, содержащий рекомендации по проектированию ограждающих конструкций с целью обеспечения их нормативной звукоизоляции, а также раздел, устанавливающий требования к звукопоглощающим конструкциям. Вместе с тем исключены рекомендации по оценке эффективности и соответствующему подбору акустических экранов. Соответствующие рекомендации приведены в вышедшем в том же году учебном пособии [2]. Исключены также методы расчета шума от систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления и газодинамических установок, так как такие методы с соответствующими дополнениями содержались в вышедшем в 1982 г. руководстве [3]. Структура СНиП приведена в соответствие с требованиями системы государственной стандартизации ГОСТ Р 1.5-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения», обозначения величин приведено в соответствие с применяемыми в международных и европейских стандартах.

Однако с введением в июле 2003 г. Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» статус строительных норм и правил оказался неопределенным, так как они не были внесены этим законом в перечень документов в области стандартизации, используемых на территории Российской Федерации. Вместе с тем в соответствии с ГОСТ Р 1.5-2004 в число таких документов включены своды правил, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов. В результате в июле 2010 г. с введением в действие Федерального закона № 384-ФЗ «О безопасности зданий и сооруже-

ний» было законодательно установлено, что строительные нормы и правила, утвержденные до дня вступления в силу этого Федерального закона, признаются сводами правил. При этом постановлением Правительства Российской Федерации был утвержден перечень строительных норм и правил, подлежащих актуализации и введению в виде сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований данного Федерального закона. Во исполнении этого постановления в 2010 г. НИИСФ РААСН разработал актуализированную версию СНиП 23-03-2003, которая была введена в действие в мае 2011 г. как свод правил СП 51.13330.2011.

Этот свод правил установил обязательные требования, которые должны выполняться при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий различного назначения, планировке и застройке городских и сельских поселений с целью защиты от шума и обеспечения нормативных параметров акустической среды в производственных, жилых, общественных зданиях, на прилегающих к ним территориях и в рекреационных зонах. В нем регламентированы нормативные уровни проникающего шума в помещениях различного назначения и на территории жилой застройки, порядок проведения акустических расчетов по оценке шумового режима в этих помещениях и на территориях, порядок выбора и применения различных методов и средств для снижения расчетных или фактических уровней шума до требований санитарных норм. Установленные СП 51.13330.2011 требования в основном соответствуют положениям СНиП 23-03-2003. Вместе с тем, учитывая обязательный для применения характер основных положений свода правил, в него не включены содержащиеся в СНиП 23-03-2003 методы выполнения акустического расчета ожидаемых уровней шума и методы оценки эффективности рекомендуемых строительного-акустических мероприятий по снижению шума и в пункте 4.6 указано, что акустические расчеты должны выполняться по методикам, изложенным в соответствующих сводах правил. Такие своды правил разработаны НИИСФ РААСН в 2015-16 гг. и должны быть введены в действие в первом полугодии 2017 г. Это СП 254.1325800.2016, рассматриваемый в настоящей работе, СП 271.1325800.2016 «Системы шумоглушения воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила проектирования», СП 275.1325800.2016 «Конструкции ограждающие жилых и общественных зданий. Правила проектирования звукоизоляции» и СП 276.1325800.2016 «Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков».

Необходимо отметить, что в СП 51.13330.2011 приведены нормы проникающего шума, которые приняты равными предельно допустимым уровням шума на рабочих местах, установленным санитарными нормами СН 2.2.2/2.1.8.562-96, и применительно к производственным помещениям не учитывают того обстоятельства, что проникающий в производственные по-

мещения шум суммируется с шумом расположенного в помещениях технологического оборудования. В результате для обеспечения требований санитарных норм установленные в своде правил предельно допустимые уровни проникающего шума должны быть уменьшены на 5 дБ (дБА). Соответствующая корректировка предусмотрена в подготовленном в 2016 г. изменении 1 к СП 51.13330.2011. Наконец, в своде правил не учтена предусмотренная санитарными нормами зависимость нормативных значений от тяжести и напряженности трудового процесса.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ СП 271.1325800.2016

Свод правил содержит десять разделов и библиографию.

В первом разделе определено назначение и область применения свода правил. Указано, что свод правил устанавливает правила выполнения акустических расчетов, правила подбора и размещения малозумного оборудования, а также проектирования мероприятий по снижению шума на рабочих местах в помещениях и на территории промышленных предприятий и организаций средствами строительной акустики (применением звукопоглощающих конструкций и облицовок, звукоизолирующих конструкций и пр.). В нем изложены требования к собственной звукоизоляции ограждений, учитывающие специфику решения вопросов защиты от шума в производственных помещениях промышленных предприятий. Отмечено, что правила расчета и проектирования звукоизоляции ограждающих конструкций зданий, защиты от шума систем вентиляции и кондиционирования воздуха в настоящем своде правил не рассматриваются, так как они изложены в указанных выше самостоятельных сводах правил.

Во втором разделе дан перечень нормативных и технических документов, ссылки на которые использованы в своде правил. Он включает 33 действующих документа: своды правил, национальные и межгосударственные стандарты.

В третьем разделе указано, что в своде правил применены термины с соответствующими определениями, данными в СП 51.13330, национальном стандарте России ГОСТ Р 52797.1-2007 «Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малозумных рабочих мест производственных помещений. Часть 1. Принципы защиты от шума» и межгосударственных стандартах ГОСТ 27409-97 «Шум. Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования. Основные положения», ГОСТ 31296.1-2005 «Шум. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки».

Четвертый раздел содержит общие требования к проектированию защиты от производственного шума. В нем даны соответствующие требования к разработ-

ке и содержанию проектной документации предприятий и организаций, выполнению акустических расчетов ожидаемых уровней шума на рабочих местах, указаны основные мероприятия, позволяющие обеспечить снижение шума до нормативных уровней на рабочих местах производственных цехов и участков.

В пятом разделе рассмотрены характеристики звука в помещении и установлены требования к определению уровней прямого и отраженного звука, заданию акустических характеристик помещений. Приведены соответствующие расчетные формулы и указания по определению входящих в них величин. При этом значения отдельных параметров уточнены с учетом накопленного практического опыта. Расширен перечень акустических характеристик помещений с включением в него наименования группы, к которой относится помещение в зависимости от соотношения его размеров, среднего коэффициента звукопоглощения α_0 поверхностей в помещении и средней длины свободного пробега \bar{l}_m звуковых лучей между последовательными отражениями. Даны методы расчета акустических характеристик не только соразмерных помещений, как в СНиП 23-03-2003, но также плоских и длинных помещений, разработанные М. В. Сергеевым в 80-х годах прошлого века (см. монографию [4], справочник [5]). Учтено также затухание звука в воздушном пространстве помещения, дающее заметный вклад в значения среднего коэффициента звукопоглощения α_{cp} в помещении в области высоких частот (октавные полосы со среднегеометрическими частотами 2000–8000 Гц) для помещений больших размеров. Используемые расчетные выражения и указания по определению входящих в них величин приведены в виде, удобном для программирования.

В шестом разделе установлен порядок расчета требуемого снижения шума на рабочих местах в помещениях и на территории промышленных предприятий, даны правила выбора расчетных точек, определения нормативных уровней шума в них, выявления источников шума и определения их шумовых характеристик, определения ожидаемых уровней шума в расчетных точках и требуемого снижения уровней шума в них. Указано, что требуемое снижение шума в расчетных точках определяют на основании акустического расчета, проводимого в восьми октавных полосах звукового диапазона со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц с точностью до десятых долей децибела. Расчет включает: выбор точек в помещениях, для которых производят расчет (расчетных точек), определение нормативных значений уровней шума в расчетных точках, определение акустических характеристик помещений, выявление источников шума и определение их шумовых характеристик, определение ожидаемых уровней шума в расчетных точках, определение требуемого снижения уровней шума в расчетных точках.

Расчетные точки выбирают в соответствии с требованиями СП 51.13330.2011 внутри помещений на

рабочих местах и/или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,5 м от уровня пола или рабочей площадки.

Нормативные уровни шума на рабочих местах в виде предельно допустимых уровней звука $AL_A^{доп}$ и эквивалентных уровней звука $AL_{АЭКВ}^{доп}$ определяют в соответствии с санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 с учетом напряженности и тяжести трудового процесса. В число нормируемых параметров наряду с уровнями звука A включены соответствующие им предельные спектры, под которыми понимают значения уровней звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, и 8000 Гц. Предельный спектр обозначают двумя буквами ПС и значением уровня звукового давления в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц (ПС- N). Номер N нормативного предельного спектра принимают равным значению предельно допустимого уровня звука A , уменьшенному на 5 дБ. В своде правил приведена таблица с значениями предельных спектров ПС-45–ПС-75, соответствующими нормативным значениям уровней звука A на рабочих местах. Необходимо отметить, что такой подход органично дополняет санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», вводящие с 01.01.2017 г. новые санитарно-эпидемиологические требования к акустическим факторам (шум, вибрация, инфразвук, ультразвук) на рабочих местах. В соответствии с этим документом спектральные характеристики исключены из перечня устанавливаемых им нормируемых параметров.

В данном разделе свода правил впервые регламентирована процедура подбора маломощного оборудования, основанная на предварительном расчете предельно допустимых шумовых характеристик запроектированного технологического оборудования. Расчет выполняют по методу ГОСТ 30530-97 «Шум. Методы расчета предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин», основанному на решении обратной акустической задачи.

Ожидаемые уровни звукового давления L , дБ, в расчетных точках в помещении рассчитывают в октавных полосах частот по формуле

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n (a_{npi} + a_{ompi}) 10^{0.1L_{Wi}} \right) \quad (1)$$

где L_{Wi} — октавный уровень звуковой мощности i -го источника, дБ; a_{npi} и a_{ompi} — коэффициенты, описывающие распространение прямого и отраженного звука в помещении от i -го источника, определяемые по формулам раздела 5 свода правил; n — число одновременно работающих источников шума в помещении.

Для расчетных точек, расположенных на территории, расчет октавных уровней звукового давления вы-

полняют по ГОСТ 31295.2-2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета». При этом для источников шума располагаемых в помещении, определяют октавные уровни звуковой мощности L_{W}^{np} , дБ, шума, прошедшего через наружное ограждение (или несколько ограждений) на территорию, по формуле

$$L_{W}^{np} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n a_{ompi} 10^{0.1L_{Wi}} \right) + 10 \lg \frac{S}{S_0} - R, \quad (2)$$

где L_{Wi} , a_{ompi} — те же величины, что в формуле (1); S и R — площадь ограждения, м², через которое шум проникает на территорию, и изоляция воздушного шума, дБ, этим ограждением; $S_0 = 1$ м².

Сравнивать с нормативными уровнями шума в расчетных точках следует ожидаемые уровни шума L_{sh} , рассчитанные за базовое значение длительности рабочего дня, принимаемое в соответствии с нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 равным 8 часам. Если эффективная длительность номинального рабочего дня T_e , ч, определяемая по ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» как период времени, в течение которого наблюдается воздействие шума, существенного и представительного для данного рабочего места, отличается от базовой длительности, уровни шума L_{sh} в расчетных точках определяют по формуле

$$L_{sh} = L + 10 \lg \left[\frac{T_e}{8} \right], \quad (3)$$

где L — ожидаемый октавный уровень звукового давления, дБ, и уровень звука A , дБА, в расчетной точке, рассчитанные для номинального рабочего дня, характеризующегося эффективной длительностью T_e .

В седьмом разделе приведены правила выбора мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума. Дан перечень строительно-акустических мероприятий, которые следует использовать при проектировании. При этом указано, что выбор типа конструкций, применяемых для снижения шума (звукоизолирующих, звукопоглощающих и т. п.) в производственных помещениях с источниками шума, а также выбор необходимых размеров этих конструкций следует производить на основе расчета, правила которого изложены в последующих разделах свода правил.

Восьмой раздел содержит правила определения требуемой звукоизоляции ограждающих конструкций зданий и элементов зданий. Проектирование ограждающих конструкций с требуемой по расчету звукоизоляцией следует производить в соответствии с рекомендациями СП 51.13330.2011 и СП 23-103-2003 (с июля 2017 г. СП 275.1325800.2016). Подбор необходимых и достаточных по звукоизоляции ограждающих конструкций производят по заявляемым изготовителями перекрытий, ограждений, окон и дверей значениям звукоизоляции от воздушного шума по ГОСТ

Р 56235-2014 «Заявление и проверка характеристик изоляции воздушного шума звукоизоляционных изделий» или справочным данным (указаны справочник [6] и альбом [7]).

В девятом, десятом, одиннадцатом и двенадцатом разделах установлены требования и правила проектирования снижения шума строительными-акустическими средствами: звукоизолирующими кабинами, кожухами, звукопоглощающими облицовками и акустическими экранами, а также методы оценки эффективности запроектированных мероприятий.

В библиографии приведены нормативный и методический документы Роспотребнадзора и справочные источники, на которые даны ссылки в тексте свода правил.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Свод правил СП 254.1325800.2016 является основополагающим документом, устанавливающим соответ-

ствующие современному уровню технического развития требования и правила проектирования защиты от производственного шума строительными-акустическими методами. Применение свода правил обеспечит возможность определения на единой методической основе ожидаемых уровней шума при проектировании предприятий и отдельных производственных помещений, подбора на основании выполненных расчетов оборудования с требуемыми шумовыми характеристиками, разработки и реализации на этапе строительства требуемых мероприятий по снижению шума на рабочих местах до нормативных уровней. Для действующих предприятий применение свода правил позволит обоснованно подбирать мероприятия по снижению шума и до их реализации расчетным путем оценивать эффективность запроектированных средств шумозащиты.

-
- [1] Кацнельсон М. У., Селиверстов Б. А., Цукерников И. Е. Снижение шума машин пищевых производств. М.: Агропромиздат, 1986.
- [2] Осипов Г. Л., Бобылев В. Н., Борисов Л. А. и др. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. Г. Л. Осипова, В. Н. Бобылева. М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2004.
- [3] Руководство по расчету и проектированию шумоглушения вентиляционных установок. НИИ строительной физики, ГПИ «Сантехпроект». М.: Стройиздат, 1982.
- [4] Осипов Г. Л., Юдин Е. Я., Г. Хюбнер и др. Снижение шума в зданиях и жилых районах. Под ред. Г. Л. Осипова, Е. Я. Юдина. М.: Стройиздат, 1987.
- [5] Юдин Е. Я., Борисов Л. А., Горенштейн И. В. и др. Борьба с шумом на производстве: Справочник. Под общ. ред. Е. Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985.
- [6] Справочник проектировщика. Защита от шума. Под ред. Е. Я. Юдина. М.: Стройиздат, 1974.
- [7] Альбом типовых инженерных решений тонких звукоизолирующих конструкций. М.: НИИСФ РААСН, 2014.

Designing of industrial sound protection

I. E. Tsukernikov^{1,2,a}, I. L. Shubin^{1,b}, T. O. Nevenchannaya^{1,2,c}

¹Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Building Science. Moscow, 127238, Russia

²Press and Media Industry Higher School, Moscow Polytechnic University, Moscow, 127550, Russia

E-mail: ^a3342488@mail.ru, ^bniisf@ipc.ru, ^cnevento@mail.ru

The historical inquiry on national normative and technical documents operating since 1977 in the field of designing of protection against industrial noise is given. Substantive provisions and features of the code of rules CP 254.1325800.2016 are considered which was entered into Russia in February, 2017. It is resulted the list of operations and the recommended methods of their performance regulated by the code at designing of protection against the noise created by industrial equipment to meet the noise sanitary regulations at workplaces located in premises and on territory of enterprises and organizations. Rules of performance of acoustic calculations, rules of quiet equipment selection and placing, and also designing of actions for decreases in noise by means of building acoustics are given.

PACS: 43.50.Jh

Keywords: noise, protection, noise source, calculation, noise decrease, designing.

Received 06 July 2017.

Сведения об авторах

1. Цукерников Илья Евсеевич — доктор техн. наук, профессор, гл. науч. сотрудник; , e-mail: 3342488@mail.ru.
2. Шубин Игорь Любимович — доктор техн. наук, директор; тел.: e-mail: niisf@ipc.ru.
3. Невенчанная Татьяна Олеговна — доктор техн. наук, профессор, профессор; e-mail: nevento@mail.ru.