

УДК 62-752

OECD 01.03 AA

Снижение вибрации стен технологического помещения

Дроздова Л.Ф.^{*1}, Кирпичников В.Ю.², Кудаев А.В.³, Куклин Д.А.⁴
^{1,2,4} Профессор кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», д.т.н.
³ Доцент кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности», к.т.н.
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1

Аннотация

Рассмотрена проблема снижения шума и вибрации в жилых, общественных и производственных помещениях от близко расположенного технического и технологического оборудования. Проведена оценка основных источников и возникновения вибрации. Разработан комплекс мероприятий по снижению вибрации стен компрессорного помещения.

Ключевые слова: уровень вибрации, технологическое помещение, стена, трубопровод, спектр.

Reducing the vibration of the walls in the technological premise

*Drozдова L.F.¹, Kirpichnikov V.Y.², Kudaev A.V.³, Kuklin D.A.⁴
^{1,2,4} Professor, of the Department 'Ecology and life safety'
³ Associate professor of the Department 'Ecology and life safety'
BSTU 'VOENMEH' named after D.F. Ustinov, 1 Krasnoarmeyskaya, 1, Saint-Petersburg, Russia*

Abstract

The problem of noise and vibration reduction in residential, public and industrial premises from closely located technical and technological equipment is considered. The main sources and the occurrence of vibration are estimated. A set of measures to reduce the vibration of the walls in the compressor premise was developed.

Key words: *vibration level, technological premise, wall, pipeline, spectrum.*

Введение

Проблема снижения шума и вибрации в жилых, общественных и производственных помещениях, несмотря на значительные успехи в развитии акустики как науки, накопленный опыт в борьбе с шумом и наличие обширного комплекса противозвуковых средств и методов, по-прежнему остается актуальной. А размещение производственных помещений в жилых кварталах, как правило, дополнительно ухудшают акустическую обстановку, что часто приводит к конфликтным ситуациям между жителями и администрацией предприятий.

Обеспечение благоприятной акустической обстановки в зданиях, особенно для жилых и офисных помещений, расположенных в непосредственной близости от инженерно-технологического оборудования, является актуальнейшей задачей строительной акустики [1].

Накопленный специалистами-акустикомы опыт показывает, что задачей снижения как шума, так и вибрации, надо заниматься в период от самых ранних стадий проектирования зданий до завершения монтажа оборудования. Однако, это условие

* E-mail: drozdovalf@yandex.ru (Дроздова Л.Ф.)

выполняется не всегда и часто возникает необходимость снижать шум и сопутствующую ему вибрацию в помещениях после строительства зданий.

Соответствующие работы, как правило, начинаются с осмотра зданий и проведения необходимых акустических измерений. Выявляются источники и причины повышенного шума. Далее разрабатываются противозумовые мероприятия, и начинается сложная, в условиях построенного здания, процедура их внедрения [2].

Целью настоящей работы являлась разработка и внедрение способов и средств уменьшения уровней вибрации стен технологического помещения, в котором были установлены два поршневых компрессора с приводными электродвигателями: поршневой холодильный и поршневой аммиачный. Кроме установленных компрессоров с внешней стороны помещения к одной из его стен был закреплён консольный фундамент, на котором жестко устанавливался вентилятор средней производительности.

1. Экспериментальное исследование вибрационных характеристик компрессорного оборудования

Компрессорное оборудование относится к группе сложных колебательных систем, создающих интенсивные вибрации как механической, так и газодинамической природы. Обеспечение требований санитарных норм вибрации [3], как на рабочих местах, так и на участках, расположенных вблизи этого оборудования, достигается лишь при условии внедрения комплекса мероприятий противовибрационной защиты.

Прежде, чем перейти к разработке мероприятий по снижению распространяющейся от компрессоров вибрации, необходимо выявить основные источники и причины возникновения вибрации.

К основным факторам, влияющим на формирование вибрационных полей повышенной интенсивности, можно отнести:

- жесткое крепление компрессоров к фундаментам;
- использование фундаментов, не удовлетворяющих требованиям к их вибрационным параметрам;
- отсутствие виброразвязки компрессоров с трубопроводами;
- отсутствие подкреплений длинно-пролётных трубопроводов;
- опирание труб на консольные кронштейны, жёстко связанные со стенами;
- изгибы и соединение трубопроводов под прямым углом.

На первом этапе измерений вибрации пола и стен компрессорной была получена информация о пространственном распределении уровней вибрации в полосе частот от 2 до 10000 Гц. Измерения выполнялись в 33 точках (8 – на полу и 25 – на стенах) на двух режимах: 1 режим – одновременная работа обоих компрессоров и 2 режим – работа каждого компрессора в отдельности.

В процессе измерений были получены следующие результаты:

- наибольшие уровни вибрации пола имеют место на участке между холодильным компрессором и ближайшей к нему стеной (№1); вклад компрессора аммиачного типа в уровни вибрации указанного участка пола оказался пренебрежимо мал;

- уровни вибрации остальных стен оказались меньше уровней вибрации стены №1 в среднем на величину 20÷25 дБ в исследуемом диапазоне частот;

- максимальные уровни вибрации стены №1 отмечались в местах крепления к ней опорных кронштейнов;

- уровни вибрации кронштейнов в местах опирания трубопроводов превосходили уровни вибрации в районе стен на величину до 20 дБ.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что наиболее вероятной причиной повышенной вибрации стены №1 является её возбуждение не опорными связями компрессоров, опирающимися на резонирующие опорные кронштейны.

Спектральный анализ вибрации участков стены №1 вблизи кронштейнов показал следующее:

-узкополосные ($\Delta f=0,25$ Гц) спектры вибрации имеют много резонансную структуру; они содержат ряд максимумов на звукоряде оборотной частоты ($f=24,5$ Гц) холодильного компрессора;

-достаточно высокие уровни вибрации стены №1 у кронштейнов наблюдаются также на частотах приблизительно до 10 Гц, где роль компрессоров в формировании суммарных уровней вибрации оказалась примерно одинаковой.

Определение вклада опорных и не опорных связей в суммарные уровни вибрации участков стены у кронштейнов производилось с использованием расчетно-экспериментального метода. Создавались искусственные вибрации поля на фундаментах и фланцевых соединениях неработающих компрессоров с трубопроводами и определялись коэффициенты передачи вибрации от районов возбуждения, на участки стены с повышенным уровнем вибрации. Вклады опорных и не опорных связей компрессоров в j -х точках стены рассчитывались вычитанием значений K_{ij} от уровней вибраций в i -х точках этих связей при последовательно включённом оборудовании. Результаты расчёта сопоставлялись с уровнем вибрации в i -х точках, измеренной при работе обоих компрессоров [4].

2. Результаты эксперимента

Анализ полученных результатов измерений показал следующее:

-на частотах наибольшей вибровозбудимости стены №1 (звукоряд оборотной частоты 24,5 Гц холодильного компрессора) вклады колебаний фундамента и трубопроводов, как правило, соизмеримы;

-на частотах приблизительно до 10 Гц вклады колебаний фундаментов превосходят вклады колебаний трубопроводов, а суммарные расчетные уровни вибрации, создаваемой фундаментами и трубопроводами, оказываются меньше её фактических уровней в j -х точках стены; соответствующий результат свидетельствует о наличии другого достаточно виброактивного источника, возбуждающего стену №1, которым, по всей видимости, является вентилятор, устанавливаемый с внешней стороны стены;

-на частотах $f>100$ Гц суммарные уровни вибрации стены №1 определяются, в основном, колебаниями трубопроводов.

В результате проведённых измерений и выполненных расчётов был разработан комплекс следующих мероприятий антивибрационной защиты:

1. Ужесточение опорных кронштейнов нижнего и верхнего магистральных трубопроводов; установка под этими трубопроводами дополнительных опорных кронштейнов (рис. 1).

2. Виброразвязка магистральных трубопроводов от стен в местах их прохода через стены; рекомендованные узлы виброразвязки выполнялись из двух слоев: пластика и рыхловолокнистого теплоизоляционного материала (рис. 2).

3. Замена консольного фундамента для вентилятора на ферменную опорную конструкцию с повышенной жёсткостью (рис. 3).

4. Виброотключение стены №1 от пола с помощью реза в полу.

5. Установка массовых антивибраторов в местах наибольшей вибрации участков трубопроводов.

6. Проведение дополнительной центровки компрессоров с приводными электродвигателями и дополнительной балансировкой агрегатов.

Заключение

Требуемое снижение уровней вибрации стен, составляющее не менее 10 дБ, было достигнуто внедрением первых трёх мероприятий, указанных в разделе 2. Внедрение последующих трёх мероприятий, описанных в разделе 2, должно позволить получить дополнительное снижение уровней вибрации в нормируемом диапазоне частот.

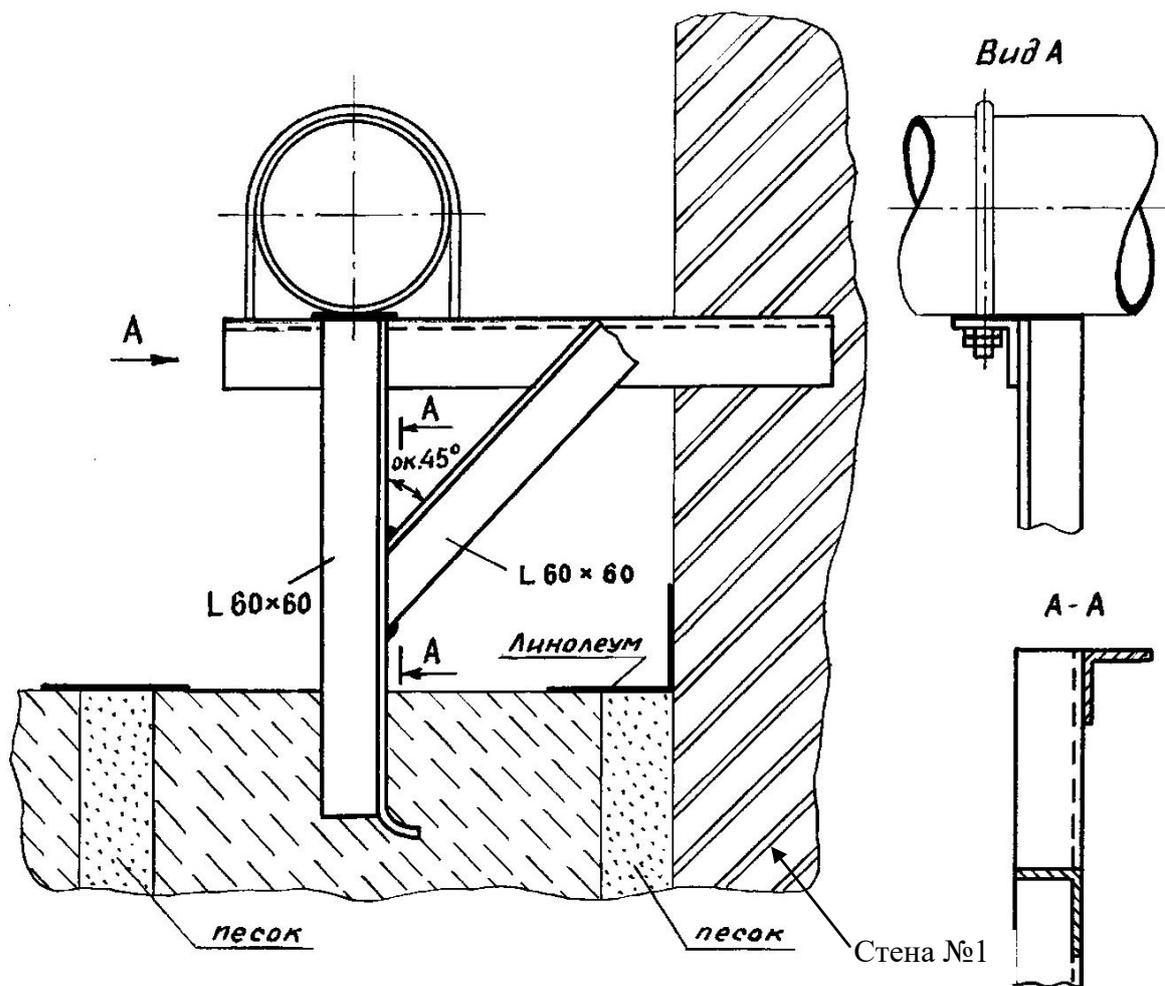


Рис. 1. Схема подкрепления опорных кронштейнов

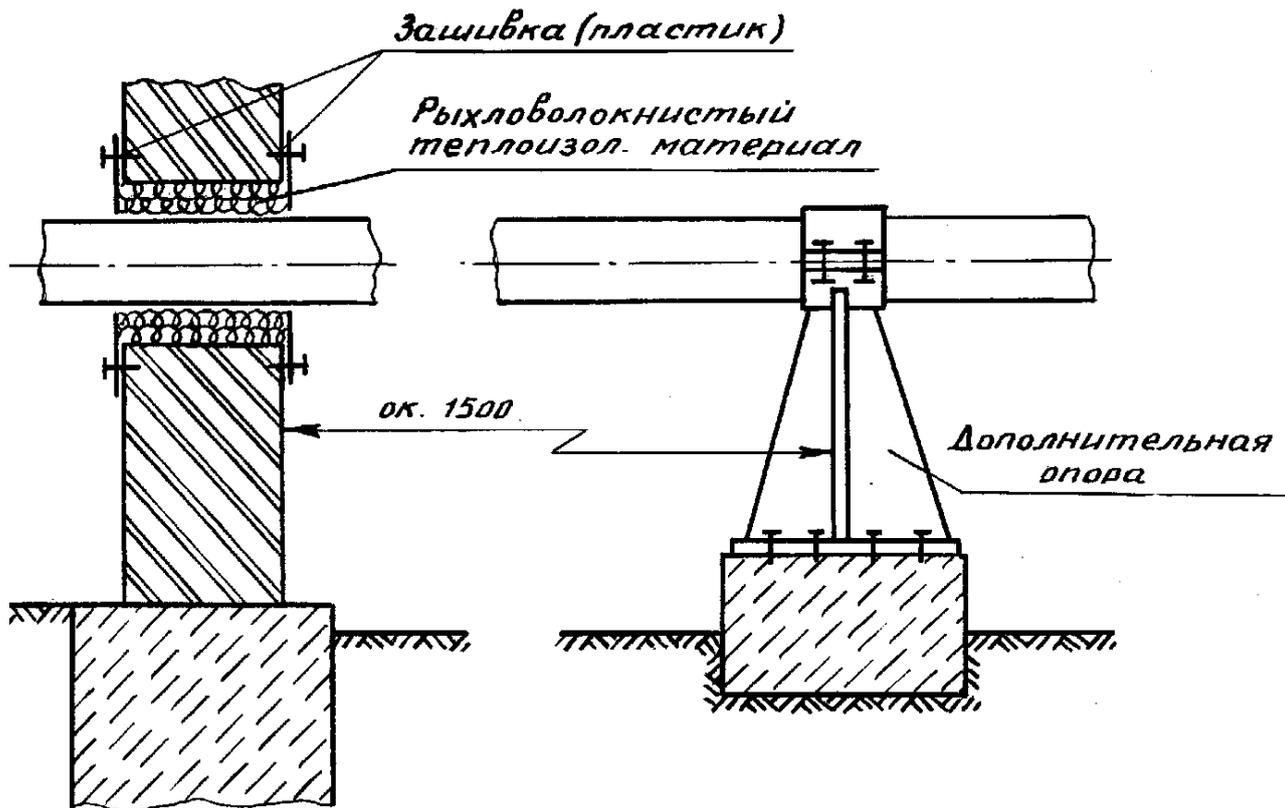


Рис. 2. Схема виброразвязки трубопроводов

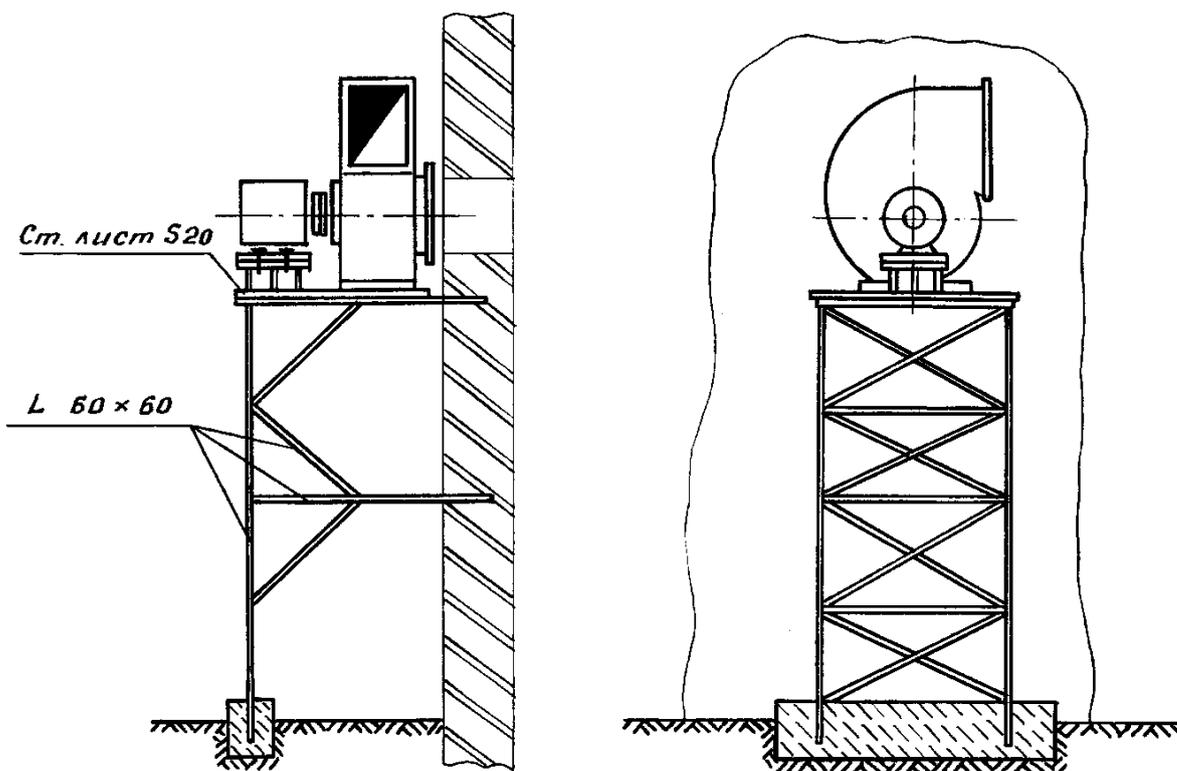


Рис. 3. Схема опорной конструкции для вентилятора

Список литературы

1. Кирпичников В. Ю., Дроздова Л. Ф., Яковлева Е. В. Исследование вибрационных и шумовых характеристик междуэтажного перекрытия жилого здания // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – №8. – С. 15-21
2. Кирпичников В.Ю. и Дроздова Л.Ф. Практика снижения шума от работы инженерно-технологического оборудования // «Защита населения от повышенного шумового воздействия»: Труды IV Всероссийской научн.-практ. конф. – СПб.: 2013 г. – С. 89-104.
3. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», Минздрав России, М., 1997.
4. Клюкин И.И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах. Издательство «Судостроение», Ленинград, 1971.