

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-3-60-67

**Плотников А.С.**

Тюменский индустриальный университет

E-mail: plotnikovas@tyuiu.ru

**РАЗНОКОНТУРНАЯ УСТАНОВКА УЗЛОВ КРЫШНЫХ КОТЕЛЬНЫХ  
УСТАНОВОК ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

**Аннотация.** Крышные котельные установки (ККУ) являются важнейшей составляющей развития генерации тепла в системе ЖКХ. Они представляют собой инженерное сооружение, расположенное на кровле объекта капитального строительства, вырабатывающее тепловую энергию для потребления одного или ограниченного числа потребителей, связанных между собой на организационно-правовой основе или технологической потребностью. Основная проблема эксплуатации ККУ – процессы передачи энергии колебаний на объекты потребления тепловой энергии, что в последствии выражается в негативном воздействии шума и вибрации на человека внутри эксплуатируемых помещений. Причинами возникающих процессов служат: процессы перемещения рабочих тел в механизмах, связанных с получением тепловой энергии; передача энергии колебаний по строительным конструкциям; жёсткие связи строительных конструкций; ошибки в проектировании инженерных мероприятий. В вопросах виброакустической защиты выделены следующие основные методы снижения воздействий: борьба со структурным шумом; снижение энергии колебаний от ККУ; снижение аэрационного шума; шумоизоляция технического этажа под ККУ. Одним из способов снижения воздействия является установка «плавающего пола» в источнике вибрации. Данный метод применяется при необходимости снижения вибрации от инженерного оборудования на строительные конструкции. Недостаток существующего метода расчета «плавающего пола» состоит в том, что оборудование котельной имеет разные частоты собственных и вынужденных колебаний, при этом находясь на одной усредненной строительной конструкции пола, что не позволяет нивелировать негативный эффект передачи вибрации в полной мере. Автором представлены результаты доработки метода с выделением отдельных контуров «плавающего пола» при применении ККУ в гражданских зданиях монолитно-каркасного исполнения.

**Ключевые слова:** крышные котельные установки, колебания, вибрация, монолитно-каркасные здания.

**Введение.** В статье представлен материал по исследованию методов снижения шума в гражданских зданиях, оборудованных крышными котельными установками.

В настоящее время обеспечение объектов капитального строительства устойчивым снабжением тепловой энергии [1] без уменьшения полезной площади здания в климатических условиях Российской Федерации [2] приводит к росту числа крышных котельных установок, как основного источника теплоснабжения.

Исследуемый объект – 19-этажное жилое здание, построенное по технологии монолитно-каркасного домостроения оборудованное крышной котельной. Отличительная черта монолитно-каркасного домостроения – создание ядра жесткости в виде лестнично-лифтового узла. Основная несущая способность каркаса обеспечивается совместной работой металлической арматуры (металл) и сделанных из бетона элементов. Используемые материалы хорошо воспринимают воздействие вибрации, которую с минимальными потерями передаются по всему ядру здания, а затем транслируют на другие строительные конструкции.

Вопросами борьбы с негативным воздействием от инженерного оборудования (шум и вибрация) занимаются крупные научные объединения НИИСФ РААСН, НИИ МЭИ, ТГАСУ, СНИУ имени Академика С.П. Королева, ОмГТУ, ТИУ и ученые В.П. Гусев [3], С.Н. Овсянников [4, 5], Б.А. Калашников [6], В.Г. Соколов [7], В.Б. Тупов [8], М.Н. Чекардовский [9] и другие [10].

Цель статьи – совершенствование существующих методов снижения показателей шума и вибрации на примере метода «плавающего пола» [11] для применения в автономных источниках теплоснабжения как на стадии проекта, так и в эксплуатационный период.

**Цель исследования.** получение модели работы «плавающего пола» при устройстве двух различных контуров в одном автономном источнике теплоснабжения (АИТ) – крышной котельной.

Задачи исследований:

– инструментальные измерения уровня и частоты собственных и вынужденных виброакустических колебаний (УЧСВВАК) узлов ККУ без «плавающего пола»;

- моделирование уровня и частоты собственных и вынужденных виброакустических колебаний (УЧСВВАК) узлов ККУ с применением «плавающего пола»

- моделирование процессов передачи виброакустического воздействия на здание;

- расчет «плавающего» пола для применения в крышной котельной;

- теоретическая оценка и прогнозирование состояния системы «ККУ - плавающий пол - здание».

**Основная часть.** Силы, действующие на здание, как на механическую систему, весьма разнообразны по роли, которую они играют в процессе передачи вибрации и шума [12,13,14] (колебательном процессе). Наиболее значимыми являются:

- Восстанавливающие силы. Основной тип восстанавливающих сил – сила упругости.

- Диссипативные силы. При колебаниях механических систем, кроме восстанавливающих сил, неизбежно развиваются силы трения. Они совершают необратимую работу, что приводит к рассеиванию механической энергии (диссипации). К этой категории относятся силы трения в опорах и сочленениях механической системы, силы сопротивления среды, в которой происходят колебания, силы внутреннего трения в материале элементов системы и силы, возникающие при нагружении амортизаторов.

Представленная на рис. 1 общая механическая система крышной котельной, состоит из элементов с разными характеристиками массы и величины колебаний. Элементы системы представлены на рис. 1.

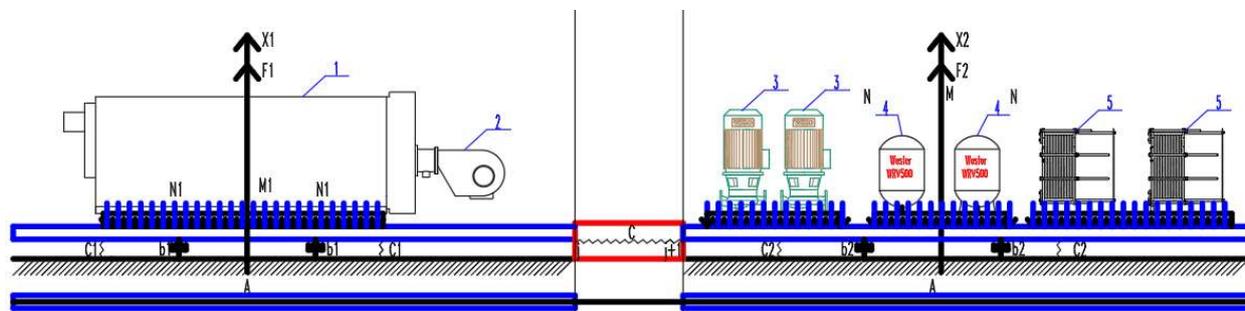


Рис. 1. Механическая система колебаний, где 1 – котельная установка; 2 – горелочное устройство; 3 – насосная техника; 4 – расширительные баки; 5 – теплообменные аппараты; М – масса элемента в механической системе, кг; N – продольная сила элемента в механической системе, Н; c – коэффициент жесткости демпфирующего основания (пружины) котельной, Н/м или кг/с<sup>2</sup>; b – коэффициент кинематической вязкости основания, м<sup>2</sup>/с; x – перемещение (колебания) основания котельной, м; F – вектор колебания системы, с<sup>-1</sup>; где, c<sub>0</sub> – приведенный коэффициент жесткости системы при частоте p<sub>i</sub>

Согласно способу разложения масс [15] в некоторых точках системы сосредоточены разные массы m<sub>i</sub>. Тогда собственная частота такой системы p:

$$p^i = \sqrt{\frac{c^i}{m_i}} \quad (1)$$

Для усреднения собственных колебаний сложной механической системы необходимо ввести понятие приведенной массы m (кг):

$$m = \frac{c_0}{c} m_i \quad (2)$$

Применение данного выражения позволяет нивелировать разные массы тел с различными показателями колебания в сложной механической системе.

Таким образом, при наличии тел разной массы и нахождение показателя общей приведенной массы в сложной системе, представленной на рис. 1 можно представить в виде:

Для распределенной массы:

$$m_o = c_0 \int_0^l \frac{m(x)dx}{c(x)} \quad (3)$$

Для сосредоточенной массы:

$$m_o = \frac{c_0}{c_1} m_1 + \frac{c_0}{c_2} m_2; \quad (4)$$

Разделив обе части полученного равенства на показатель приведенного коэффициента жесткости (c<sub>0</sub>):

$$m_o : c_0 = 1 : p^2 \quad (5)$$

где p<sup>2</sup> – квадрат частоты приведенной системы. Полученное выражение будет приближено к формуле Донкерлея:

Для сосредоточенной массы:

$$\frac{1}{p^2} = \frac{1}{p_1^2} + \frac{1}{p_2^2} \quad (6)$$

Для распределенной массы:

$$\frac{1}{p^2} = \int_0^l \frac{m(x)dx}{c(x)} \quad (7)$$

где,  $c(x)$  – коэффициент жесткости системы, Н/м или кг/с<sup>2</sup>.

Исходя из описанной выше системы необходимо описать колебания контуров котельной.

Для расчета нескольких контуров применим известные положения расчета «плавающего пола» по методике Профессора В.П. Гусева [3].

Конструктивная схема основания крышной котельной без «плавающего пола» представлена на рис. 2.

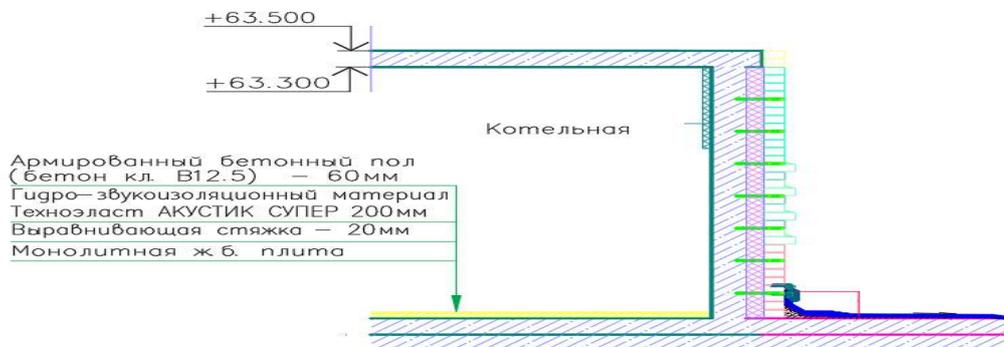


Рис. 2. Основание котельной

Для снижения вибропередачи от источников на строительные конструкции и друг друга выполнено устройство демпфирующего элемента для применения в системе «плавающего пола» (рис. 3).

Расположение демпфирующих элементов выполнено по периметру котельной и между контурами плавающего пола (рис. 4).

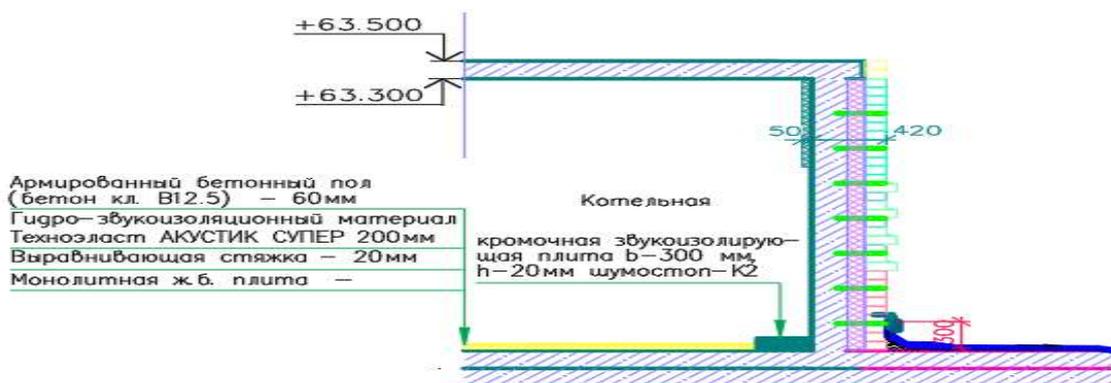


Рис. 3. Демпфирующий элемент в системе «плавающий пол»

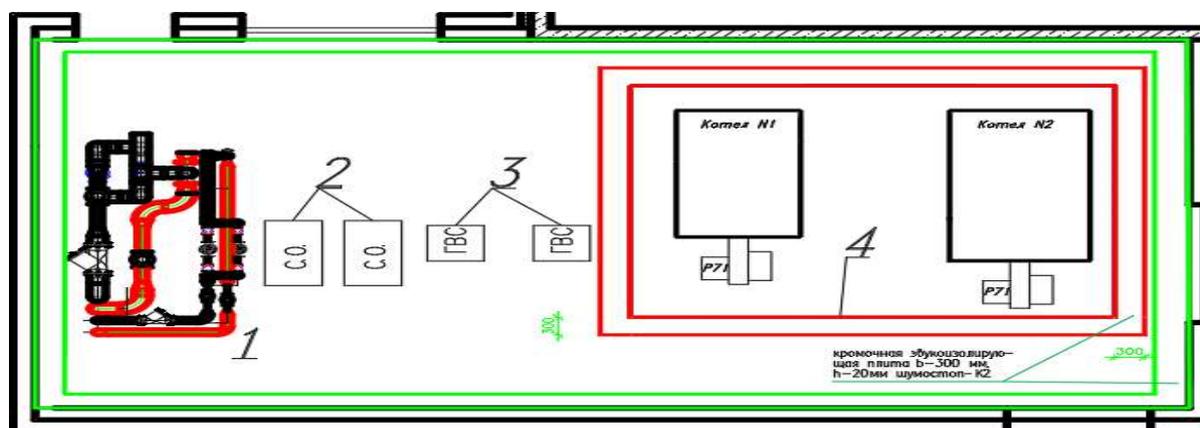


Рис. 4. Система применения по периметру здания котельной системы «плавающий пол»  
1 – блок циркуляционных насосов системы теплоснабжения и ГВС здания; 2,3 – теплообменные аппараты;  
4 – котельные установки с горелочными устройствами и обвязкой

**Существующие методы.**

Оценка уровня работы «плавающего пола»:

$$\Delta V = \Delta V_n + 10 \lg \left( \frac{\left(1 + \frac{R_m}{Z_n}\right)^2 + \left(\frac{X_m}{Z_n}\right)^2}{\left(1 + \frac{R_m}{Z_n}\right)^2 + \left(\frac{X_m}{Z_n}\right)^2} \right), \text{дБ} \quad (8)$$

где,  $Z_n, Z_{пн}$ , н·с/м – сопротивления плиты перекрытия и покрытия пола на упругом основании;  $R_m, X_m$ , н·с/м – действительная и мнимая части сопротивления оборудования крышной котельной;  $\Delta V_n$ , дБ – уровень виброгашения конструкции плавающего пола;

$$\Delta V_n = 40 \lg \frac{f}{f_0}, \text{при } 2f_0 \leq f < f_0 \quad (9)$$

$$\Delta V_n = 20 \lg \frac{f}{f_0} + \frac{10 \lg m_n}{m_0} - 3, \text{при } f \geq f_0 \quad (10)$$

где,  $f_0$ , Гц – частота наступления волновых явлений в упругом основании;  $f$ , Гц – частота распространения колебаний;  $m_0$ , кг/м<sup>2</sup> – поверхностная плотность упругого основания.

Наиболее важной характеристикой «плавающего пола», является частота собственных колебаний, Гц:

$$f_0 = 0,16 \sqrt{\frac{E_d}{d m_n}}, \quad (11)$$

где,  $E_d$ , МПа – динамический модуль упругости основания «плавающего пола»;  $d$ , м – толщина упругого основания в обжатом состоянии;  $m_n$ , кг/м<sup>2</sup> – поверхностная плотность плиты пола.

Изменение уровня вибрации до и после устройства плавающего пола представлены на рис. 4 и 5.

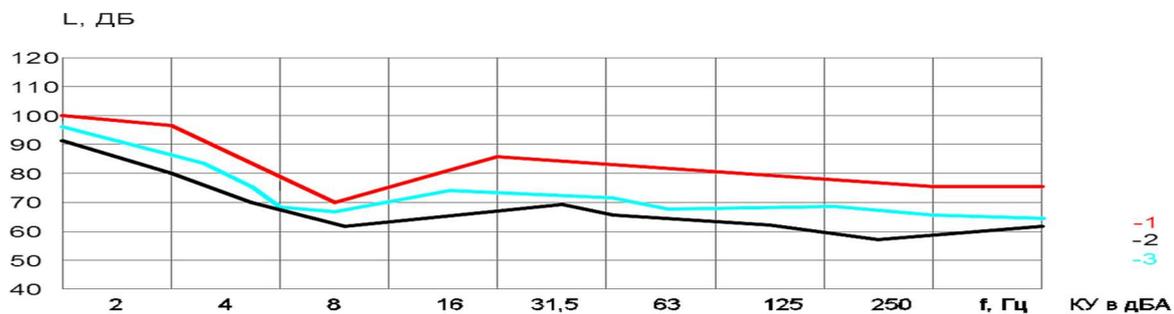


Рис. 4. Уровни вибрации до устройства плавающего пола

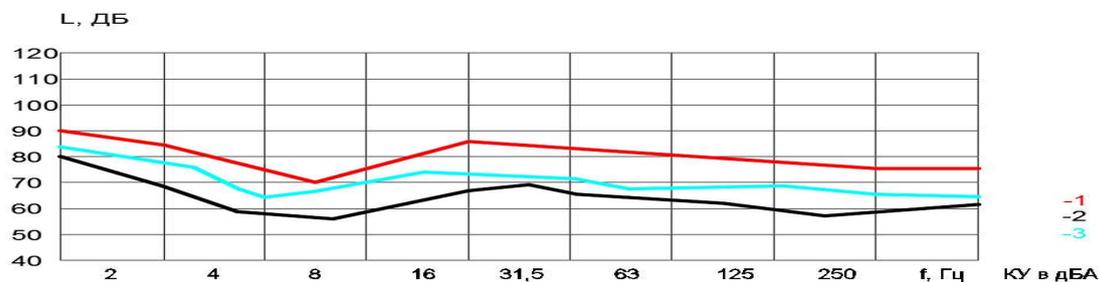


Рис. 5. Уровни вибрации после устройства плавающего пола

1 – вибрация на конструкциях котельной; 2 – на основании котельной; 3 – на кровле

Анализ графиков 4 и 5 показывает снижение уровня вибрации в котельной до и после устройства плавающего пола на 10%. Помимо контроля за показателями шума в котельной дополнительно проведены измерения уровня шума в тех-

ническом этаже, жилых помещениях под котельной и дополнительно зафиксированы фоновые показатели шума 19-этажного жилого здания. Результат измерений до появления «плавающего пола» представлены на рис. 6.

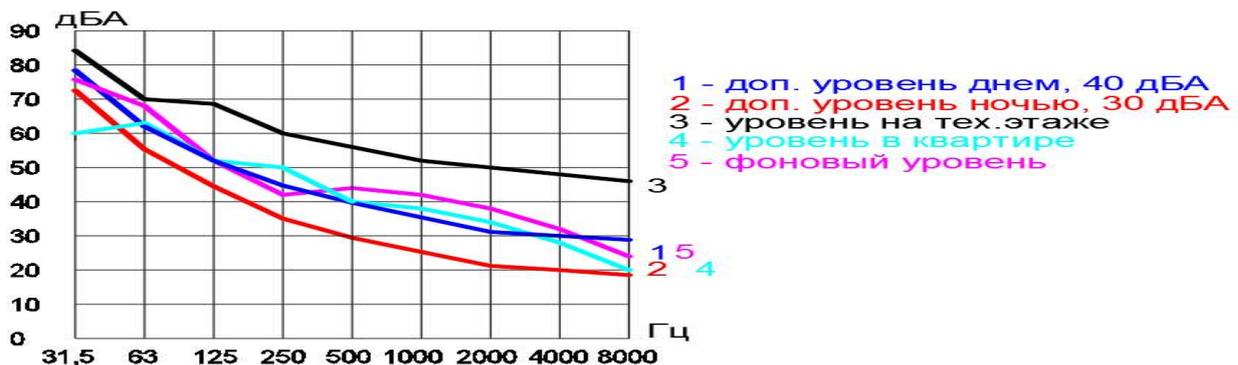


Рис. 6. Уровень шума в помещениях 19-этажного жилого здания

После анализа полученных данных был предложен метод «плавающего пола» для вибро-

акустической защиты здания от воздействия котельной. Результат после появления плавающего пола представлен на рис. 7.

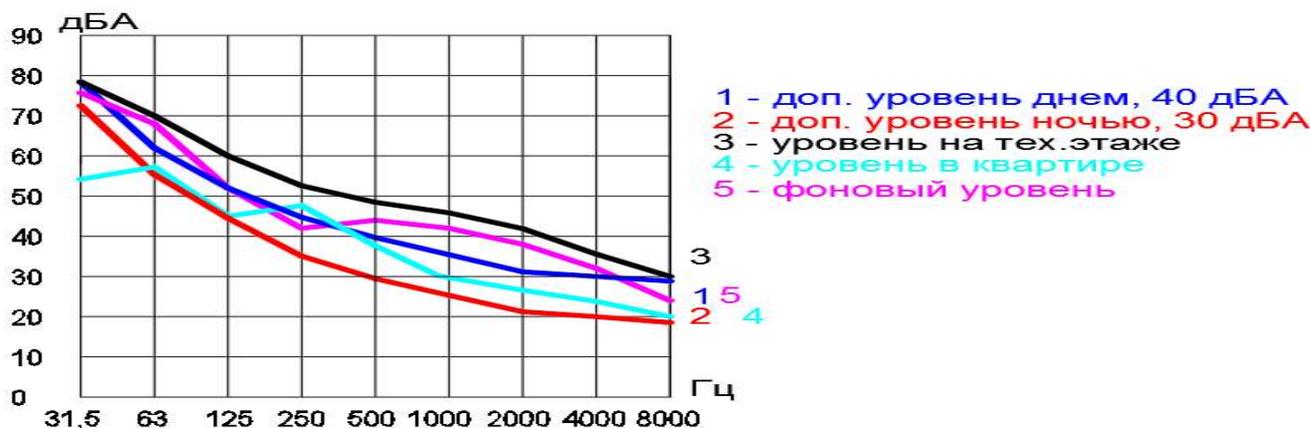


Рис. 7. Уровень шума в помещениях 19 этажного жилого здания после устройства «плавающего пола»

Согласно данным рисунками мы видим превышение уровня звука в диапазоне 125–500 Гц [16]. Данные частоты соответствуют громкости процесса горения в котельных установках.

Оценка уровня «работы» контура №1 «плавающего пола»:

$$\Delta V_1 = \Delta V_{n1} + 10 \lg \left( \frac{(1 + \frac{R_{m1}}{Z_{n1}})^2 + (\frac{X_{m1}}{Z_{n1}})^2}{(1 + \frac{R_{m1}}{Z_n})^2 + (\frac{X_{m1}}{Z_n})^2} \right), \text{дБ} \quad (12)$$

Оценка уровня «работы» контура №2 «плавающего пола»:

$$\Delta V_2 = \Delta V_{n2} + 10 \lg \left( \frac{(1 + \frac{R_{m2}}{Z_{n2}})^2 + (\frac{X_{m2}}{Z_{n2}})^2}{(1 + \frac{R_{m2}}{Z_n})^2 + (\frac{X_{m2}}{Z_n})^2} \right), \text{дБ} \quad (13)$$

где,  $Z_n, Z_{n1}, n \cdot c/m$  – сопротивления плиты перекрытия и покрытия пола на упругом основании;  $R_m, X_m, n \cdot c/m$  – действительная и мнимая части сопротивления оборудования крышной котельной;  $\Delta V_n, \text{дБ}$  – уровень виброгашения (работы) конструкции плавающего пола;

$$\Delta V_n = 40 \lg \frac{f}{f_0}, \text{ при } 2f_0 \leq f < f_e \quad (14)$$

$$\Delta V_n = 20 \lg \frac{f}{f_0} + \frac{10 \lg m_n}{m_0} - 3, \text{ при } f \geq f_e \quad (15)$$

где,  $f_e, \text{Гц}$  – частота наступления волновых явлений в упругом основании;  $f, \text{Гц}$  – частота распространения колебаний;  $m_0, \text{кг/м}^2$  – поверхностная плотность упругого основания.

Наиболее важной характеристикой «плавающего пола», является частота собственных колебаний,  $\text{Гц}$ :

$$f_0 = 0,16 \sqrt{\frac{E_d}{dm_n}}, \quad (16)$$

где  $E_d, \text{МПа}$  – динамический модуль упругости основания «плавающего пола»;  $d, \text{м}$  – толщина

упругого основания в обжатом состоянии;  $m_n, \text{кг/м}^2$  – поверхностная плотность плиты пола.

Передачу энергии между демпферами контурами «плавающего пола» опишем по известной методике [17] через потерю мощности при передаче энергии вибрации между энергетическими системами:

$$P_i^b \text{ diss} = \omega \cdot \eta_i^b \cdot W_i^b \quad (17)$$

где  $\eta_i^b, \text{рад/с}$  – коэффициент внутренних потерь в подсистеме при распространении изгибных волн;  $\omega$  – круговая частота;  $W_i^b, \text{Дж}$  – средняя энергия колебания в элементе.

Тогда, энергетическая взаимосвязь систем:

$$P_{ij}^{bl} - P_{ji}^{lb} = \omega \cdot \eta_{ij}^{bl} \cdot \eta_i^b \left( \frac{W_i^b}{n_i^b} \right) - \left( \frac{W_j^l}{n_j^l} \right) \quad (18)$$

Внутренние потери энергии при реверберации в помещениях можно представить, как зависимости объема помещения и звукопоглощения:

$$\eta_k^a = \frac{2,2}{f \cdot T_k} = 13,5 \cdot \frac{A_k}{f \cdot V_k} \quad (19)$$

где  $f, \text{Гц}$  – среднегеометрическая полоса частоты;  $T_k, \text{с}$  – время реверберации в помещении;  $A_k, \text{дБ}$  – эквивалентное звукопоглощение материалов в помещении;  $V_k, \text{м}^3$  – объем помещения.

**Результаты:**

- Внедрение нескольких контуров «плавающего пола» снижает уровень вибрации на 10 %;
- Анализ графика (рисунок 7) демонстрирует снижение уровня шума на 12 %;
- Анализ применения нескольких контуров плавающего пола в крышной котельной позволяет локально снизить вибрацию от работающего оборудования.

**Выводы:**

1. Система «плавающего пола» необходима для обеспечения виброакустической защиты жилых зданий с инженерным оборудованием крышных котельных.

2. Разложение механической системы, состоящей из тел разной массы позволяет достоверно оценить «вклад» каждой системы в виброакустический уровень здания.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. Утр. распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 г. № 1715-р / Институт энергетической стратегии. [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 20.04.2019).

2. О ситуации с теплоснабжением в РФ: отчет // Фонд энергетического развития. 2016 г. Москва. URL: <http://www.energsovet.ru/stat880.html> (15.04.2018).

3. Гусев В.П. Из опыта борьбы с шумом оборудования инженерных систем // АВОК. 2012. № 3. С. 64–76.

4. Лелюга О.В., Овсянников С.Н., Шубин И.Л. Исследование звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций с учетом структурной звукопередачи // Бюллетень Строительной техники. Москва: БСТ. 2018. №7 (1007). С. 39–43.

5. Овсянников С.Н., Лымарева Е.А. Исследование распространения структурного шума на моделях фрагментов здания // Инвестиции, строительство и недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: сб. материалов V Всероссийской научно-практической конференции. 2015. С. 340–348.

6. Калашников Б.А., Рассказова Н.Н. Влияние массы объекта на частотные характеристики при поддержании постоянства его положения // Омский научный вестник. 2011. №2 (100). С. 134.

7. Соколов В.Г., Дмитриев А.В. Свободные колебания подземных прямолинейных участков тонкостенных участков газопроводов // Вестник гражданских инженеров. 2019. №2 (73). С.29–34.

8. Тупов В.Б. Снижение шума от объектов большой и малой энергетики // Доклады V Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: Айсинг, 2015. С. 55–64.

9. Чекардовский М.Н., Илюхин К.Н., Чекардовский С.М. Методы контроля и диагностики // Мегапаскаль. 2009. №3. С. 18.

10. Bottega W.J. Engineering Vibrations (Taylor & Francis Group, 2015)

11. Свод Правил «51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1)» от 20.05.2011. М.: Минстрой России, 2017.

12. Fernando B., Trombetta Z.P.H., Noise Control Engineering Journal. 2015. Vol. 63. No.1

13. Ermann M., Wiley J., Architectural Acoustics (John Wiley & Sons Inc, 2017)

14. Brown, Alan Lex, INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, InterNoise. 2016. 16. Pp. 550–556.

15. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. М: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1967.

16. Plotnikov A., Zhilina T. Criteria of choosing buildings structures for rooftop boiler rooms, 4th international young researches conference on youth, science, solutions: ideas and prospects. 2018. 17. 01010.

17. Овчинников С.Н. Распространение структурного звука в гражданских зданиях: дис. ... д-р техн. наук: 05.23.01. Томск, 2001.

*Информация об авторах*

**Плотников Артём Сергеевич**, старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции. E-mail: [plotnikovas@tyuiu.ru](mailto:plotnikovas@tyuiu.ru). Тюменский индустриальный университет. Россия, 625000, Тюмень, ул. Володарского, д. 38.

*Поступила в августе 2019 г.*

© Плотников А.С., 2020

**Plotnikov A.S.**

*Industrial University of Tyumen*

*E-mail: [plotnikovas@tyuiu.ru](mailto:plotnikovas@tyuiu.ru)*

**MULTI-CONTOURED INSTALLATION OF ROOF BOILER PLANTS NODES IN CIVIL BUILDINGS**

**Abstract.** *Roof boiler plants are the crucial components in development of heat generation within housing and utilities sector. They are given as engineering structures located on the roof of a construction project generating thermal energy for one or a limited number of consumers, interconnected on a legal basis or by*

process requirements. The main problem of roof boiler plant operation is the processes of vibrational energy transmission to the objects of thermal energy consumption. Subsequently it results in negative impact of noise and vibration on person inside the building. The reasons for these processes are: the processes of moving working bodies in mechanisms associated with the production of heat energy; the transfer of energy of vibrations through building structures; rigid connections of building structures; errors in the design of engineering measures. In terms of vibroacoustic protection, the following main methods of reducing impacts are identified: fighting structural noise; reducing the energy of vibrations from the roof boiler plants; reducing aeration noise; noise insulation of the technical floor under the roof boiler plants. One way to reduce the impact is to install a "floating floor" in the vibration source. This method is used when it is necessary to reduce vibration from engineering equipment on building structures. Disadvantage of the existing method for calculating "the floating floor" is that boiler plant equipment has various frequencies of natural and induced vibrations while being on the same averaged building floor structure. This does not allow mitigating the negative effect of vibration transfer to the full extent. The author presents results of further improvement of the method with the allocation of separate circuits of "the floating floor" when using roof boiler plants in civil buildings of cast-in-place construction.

**Keywords:** Roof boiler plants, fluctuations, vibration, monolith-frame buildings

## REFERENCES

1. Energy strategy of Russia for the period until 2030. Morning. By order of the Government of the Russian Federation [Energeticheskaya strategii Rossii na period do 2030 g. Utr. rasporyazheniem Pravitel'stva RF ot 13.11.2009 g.] dated November 13, 2009 No. 1715-r / Institute for Energy Strategy. [Electronic resource]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (accessed: 04/20/2019)
2. On the situation with heat supply in the Russian Federation: report [O situacii s teplosnabzheniem v RF: otchet]. Energy Development Fund. 2016 Moscow. URL: <http://www.energoso- vet.ru/stat880.html> (04/15/2018)
3. Gusev V.P. From the experience of dealing with noise of equipment of engineering systems [Iz opyta bor'by s shumom oborudovaniya inzhenernyh sistem]. ABOK. 2012. No. 3. Pp. 64–76 (rus)
4. Lelyuga O.V., Ovsyannikov S.N., Shubin I.L. Research of sound insulation of internal fencing constructions taking into account structural sound transfer [Issledovanie zvukoizolyacii vnutrennih ograzhdayushchih konstrukcij s uchetom strukturnoj zvukoperedachi]. Bulletin of Construction Equipment. Moscow: BST. 2018. No7 (1007). Pp. 39–43 (rus)
5. Ovsyannikov S. N., Lymareva E. A. Research of the distribution of structural noise on models of buildings fragments [Issledovanie rasprostraneniya strukturnogo shuma na modelyah fragmentov zdaniya]. Investments, construction, and real estate as a material basis for modernization and innovative development of the economy: coll. materials of the V All-Russian scientific-practical conference. 2015. Pp. 340–348 (rus)
6. Kalashnikov B.A., Rasskazova N.N. Influence of the object's mass on frequency characteristics while maintaining the constability of its position [Vliyanie massy ob'ekta na chastotnye harakteristiki pri podderzhanii postoyanstva ego polozheniya]. Omsk Scientific Herald. 2011. No. 2 (100). P. 134. (rus)
7. Sokolov V.G., Dmitriev A.V. Free oscillations of straight thin walled underground pipelines [Svobodnye kolebaniya podzemnyh pryamolinejnyh uchastkov tonkostennyh uchastkov gazoprovodov]. Bulletin of civil engineers. 2019. No.2 (73) Pp. 29–34. (rus)
8. Tupov V.B. Decrease in noise from objects of large and small energy [Snizhenie shuma ot ob'ektov bol'shoj i maloj energetiki]. Doklady V Vseros. Scientific practical conf. SPb. : Iceing, 2015. Pp. 55–64. (rus)
9. Chekardovskiy M.N., Ilyukhin K.N., Chekardovskiy S.M. Monitoring and diagnostic methods [Metody kontrolya i diagnostiki]. Megapascal. 2009. No. 3. P. 18 (rus)
10. Bottega W.J., Engineering Vibrations (Taylor & Francis Group, 2015)
11. Code of Practice «51.13330.2011 Noise protection. The updated version of SNiP 23-03-2003 (with Amendment No. 1)» dated 05/20/2011. M: Ministry of Construction of Russia, 2017.
12. Fernando B., Trombetta Z.P.H., Noise Control Engineering Journal. 2015. Vol. 63. No.1
13. Ermann M., Wiley J., Architectural Acoustics (John Wiley & Sons Inc, 2017)
14. Brown, Alan Lex, INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, InterNoise. 2016. Vol. 16. Pp 550-556
15. Panovko Y.G. Fundamentals of the applied theory of elastic vibrations [Osnovy prikladnoj teorii uprugih kolebanij]. M: Mechanical engineering, 1967. (rus)
16. Plotnikov A., Zhilina T. 4th international young researchers conference on youth, science, solutions: ideas and prospects, YSSIP. 2017. 17. 01010
17. Ovchinnikov S.N. Distribution of structural sound in civil buildings [Rasprostranenie strukturnogo zvuka v grazhdanskih zdaniyah]: dis. ... Dr. tech. Sciences: 05.23.01. Tomsk, 2001. (rus)

*Information about the authors*

**Plotnikov, Artyom S.** Senior lecturer. E-mail: plotnikovas@tyuiu.ru. Industrial University of Tyumen. Russia, 625000, Tyumen, st. Volodarskogo, 38.

---

*Received in August 2019*

**Для цитирования:**

Плотников А.С. Разноконтурная установка узлов крышных котельных установок гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 3. С. 60–67. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-3-60-67

**For citation:**

Plotnikov A.S. Multi-contoured installation of roof boiler plants nodes in civil buildings. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 3. Pp. 60–67. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-3-60-67