

УДК 691.328.4

К.И. Лушин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены вопросы совершенствования подходов к испытанию волокнистых теплоизоляционных материалов на износ и снижение долговечности, обусловленное эмиссией волокон под действием естественной вентиляции в воздушных зазорах вентилируемых прослоек.

Ключевые слова: отопление, тепловая изоляция, ограждающие конструкции, фасадные системы, оболочка здания, тепловой контур здания, устойчивость, долговечность.

В ряде случаев при недостаточном качестве теплоизоляционных материалов, применяемых при устройстве фасадных систем, возможно постепенное, в течение нескольких лет снижение уровня теплозащиты ограждающей конструкции и соответствующее увеличение нагрузки на системы отопления и теплоснабжения зданий [1, 2]. Для волокнистых теплоизоляционных материалов, таких как каменная или минеральная вата, снижение уровня теплозащиты и энергетической эффективности всей конструкции связано во многом с наблюдающимся процессом эмиссии волокон из материала под действием набегающего потока воздуха [3] в воздушной прослойке, характерной при устройстве навесных фасадных систем (НФС) [4].

Для экспериментального исследования эмиссии волокон из минераловатных плит, применяющихся в НФС [5, 6], на протяжении ряда лет использовалась установка, представляющая собой короб в форме прямоугольного параллелепипеда (рис. 1). Такая установка, например, эксплуатировалась в НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова и в НИИСФ РААСН и использовалась в [7] для качественной оценки эмиссии волокон.

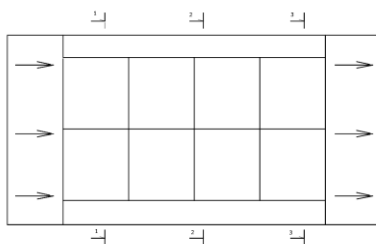


Рис. 1. Схема экспериментального стенда для исследования эмиссии волокон из минераловатных плит

K.I. Lushin

IMPROVED METHODS AND EQUIPMENT FOR TESTING FIBER THERMAL INSULATION MATERIALS

Some new approaches to testing fiber thermal insulation materials durability in cases of emission of fibers under the influence of natural ventilation in ventilated spaces are discussed. For experimental research of the emission of mineral-cotton plates fibers applied in hinged front systems for many years the installation representing a container in the form of a rectangular parallelepiped has been used.

Key words: heating, thermal insulation, protecting structures, facade systems, building envelope, thermal envelope, stability, durability.

It is possible to reduce gradually, within a few years, the level of heat-reflection and, correspondingly, to increase the load of heating systems and heat supply of buildings in cases of low quality of thermal insulating materials applied in facade systems [1, 2]. Reducing heat-reflection system and energy efficiency of the whole structure for fibrous heat-insulating materials, such as stone or mineral wool, is connected in many respects with the process of fibers emission of a material under incident air flow [3] in air space characteristic in the hinged front systems (HFS) [4].

For experimental research of the emission of mineral-cotton plates fibers applied in NFS [5, 6], for many years the installation representing a container in the form of a rectangular parallelepiped (fig. 1) has been used. Such installation, for example, was used in scientific research institute of mechanics of Moscow State University named after M.V. Lomonosov and in NIISF RAASN [7] for qualitative evaluation of fibers emission.

Fig. 1. Experimental stand scheme for mineral wool fibers emission

Короб выполнен из фанеры толщиной 10 мм и имеет размеры 1,50×0,70×0,33 м. При проведении эксперимента короб находится в горизонтальном положении. В торцевой грани 0,70×0,33 м выполнена щель для забора воздуха. В противоположную грань короба вмонтирован вентилятор WNP 70-40/31.2DM, который при проведении эксперимента обеспечивает вытяжку воздуха из пространства короба (технические и аэродинамические характеристики вентилятора приведены в таблице).

Технические характеристики вентилятора габаритно-го, 700×400 мм, WNP 70-40/31.2DM экспериментального стенда

Мощность установочная, кВт	1,5	Installation power, kW
Подключение к сети	3~	Network connect
Частота вращения, об/мин	2800	Rotation frequency, r/min
Производительность, м ³ /ч	до 4 750	Productivity, m ³ /h
Статическое давление, Па	до 1 075	Static pressure, Pa
Уровень звука L, дБА, на всасывании	82,5	Sound level L, dB, at intaking
Уровень звука L, дБА, на нагнетании	85,5	Sound level L, dB, at charging
Уровень звука L, дБА, в окружающее пространство через стенки корпуса	74,8	Sound level L, dBдБА, to environment through frame walls
Масса, кг	51,0	Weight, kg

Следует отметить, что задача выбора и монтажа вентилятора и его электропривода решалась в течении нескольких лет установкой и заменой вышедших из строя элементов. Наиболее уязвимой частью всей установки оказывался электродвигатель вентилятора, который выходил из строя в связи с непрогнозируемо высокими токами на обмотках. Объяснялось это тем, что аэродинамическое сопротивление пространства короба, отведенного для движения воздуха над поверхностью испытываемых образцов, было недостаточным. Объектом испытаний являются образцы плит из минеральной ваты, как каменной, так и стеклянной. Для проведения исследований образцы вырезаются из минераловатных плит в форме квадратных пластин размером 0,25×0,25 м. Толщина этих образцов может составлять от 0,05 до 0,15 м. И при малой толщине образцов, если не применять специальных мер, значительно увеличивается вероятность выхода установки из строя. Образцы укладываются в короб так, что струя воздуха, всасываемая вентилятором через воздухозаборную щель, проходит над поверхностью пластин. Образцы удерживаются в фиксированном положении натянутыми проволоками. Для обеспечения равномерности потока воздуха [8—10] над поверхностью исследуемых образцов конструкция воздухозаборной щели выполнена в виде плавного щелевого конфузора. На входе в конфузор в области

The box is made of plywood 10 mm thick and has dimensions 1,50×0,70×0,33 m. The box is experimented in horizontal situation. A crack in a side edge 0.70×0.33 m is made for air intaking. There is WNP 70-40/31.2DM fan installed in the opposite side of the box for drawing air out of the box space (technical and aerodynamic characteristics of the fan are given in the table).

Tab. Technical characteristics of experimental stand fan Channel, 700×400 mm, WNP 70-40/31.2DM

It should be noted that choosing and installation of a fan and its electric motor for many years has been solved by installation and replacement of failing elements. The most vulnerable part of the installation was the fan electric motor, which failed due to unpredictably high currents on windings. It was explained by the fact that aerodynamic resistance of space of the box withdrawn to let air move over the tested samples surface, was insufficient. Test objects are samples of plates of mineral wool, both stone, and glass. To make researches samples are cut out of mineral-cotton plates in the form of square plates of 0,25 m. The samples vary from 0,05 to 0,15 m of square plates of 0,25 thick. The probability of installation failure is considerably high considering small thickness of samples without applying special measures. The samples are kept within the box so that air absorbed by a fan through an inlet crack, passes over the surface of plates. The samples are kept in the fixed position with stretched wires. For ensuring air stream evenness [8—10] over the studied samples surface, an intaking crack is made in the form of a smooth slit-type confusor.

минимальных скоростей потока установлен фильтр, предотвращающий попадание крупнодисперсных пылевых частиц из воздуха на экспериментальные образцы.

Короб с уложенными в нем образцами (рис. 2) закрывается сверху крышкой, после чего включается вентилятор и происходит испытание образцов на эмиссию волокон. Собранный таким образом экспериментальная установка располагается в помещении, в котором и проводится эксперимент (рис. 3).



Рис. 2. Образцы для проведения эксперимента, уложенные в короб установки

Fig. 2. Experimental samples laid in installation box

Электропривод вентилятора снабжен частотным регулированием, что обеспечивает более точную подстройку характеристики вентилятора под характеристику образовавшейся сети, обусловленной формой и размерами пространства короба установки над испытываемыми образцами. Для большей глубины регулирования и обеспечения более плавного пуска электродвигателя вентилятора используется шиберующее устройство в соединительном канале стенда. В качестве шиберующих устройств наилучшим образом подошли поворотные заслонки. Также можно было применить ирисовые диафрагмы, но чисто технически и организационно это оказалось нецелесообразным. Хотя такое решение и обеспечило бы еще большую плавность регулирования, а также более ровный и симметричный профиль потока. Привод шиберующих устройств — ручной.

Для снижения вибрации передаваемой вентилятором на установку, соединение вентилятора с выходным отверстием рабочей части было выполнено с помощью гибкого патрубка, а сам вентилятор установлен на виброизолирующее основание. При выборе типа вентилятора по признаку подключения к сети целесообразно было остановиться

There is a filter at the confuser entrance in the field of minimal stream speeds. It prevents falling of large sized dust particles from air on experimental samples.

A cover closes from above the box with the samples (fig. 2). Then the fan turns on and there is a samples test for fibers emission. Thus, experimental installation is in the room where the experiment (fig. 3) is taking place.



Рис. 3. Работающая установка в лаборатории кафедры отопления и вентиляции МГСУ

Fig. 3. The installation working in the laboratory of heat supply and ventilation department of MGSU

The fan electric motor is supplied with frequency regulator that provides finer adjustment of fan characteristic to the characteristic of the formed network caused by the form and the sizes of an installation box space over tested samples. Deeper regulation and smoother start of the fan electric motor are achieved by the use of control damper and stand connecting channel. Swinging dampers were taken in the quality of control dampers. It was also possible to apply iris apertures, but it was inexpedient from technical and economical point of view. In spite of the fact that it would provide smoother regulation, and more even and symmetric flux contour. Damper gear is manual.

To decrease vibration transferred by the fan on the installation, the fan is connected with an outlet by a flexible branch pipe, and the fan is installed on the anti-vibration basis. Choosing a fan on the basis of network connect, it is expedient to stop on three-phase supply model. Its characteristic is smoother, and the operating mode is

на модели с трехфазным присоединением. Его характеристика более плавная, а режим работы лучше прогнозируем и в меньшей степени зависит от качества источника электропитания.

more predictable and less depended on power supply quality.

Static pressure, Pa

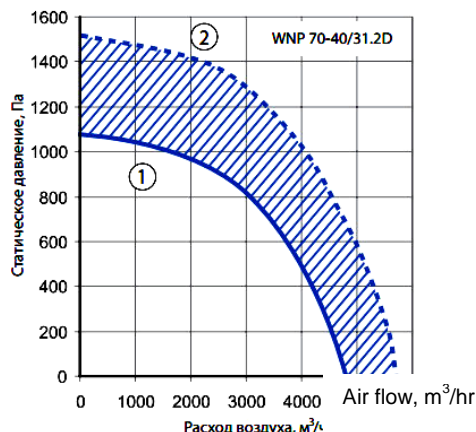


Рис. 4. Аэродинамическая характеристика вентилятора экспериментального стенда: 1 — на номинальных оборотах без использования частотного регулятора ($n_{ном}=2840 \text{ мин}^{-1}$); 2 — на максимальных оборотах при использовании частотного регулятора ($n_{max}=3420 \text{ мин}^{-1}$); заштрихована область характеристик вентилятора, снабженного частотным регулятором

Fig. 4. Aerodynamic characteristic of experimental desk fan: 1 — at nominal speed without frequency regulator ($n_{nom} = 2840 \text{ min}^{-1}$); 2 — at maximum speed with frequency regulator ($n_{max}=3420 \text{ min}^{-1}$); The area of frequency regulator fan characteristics is dashed

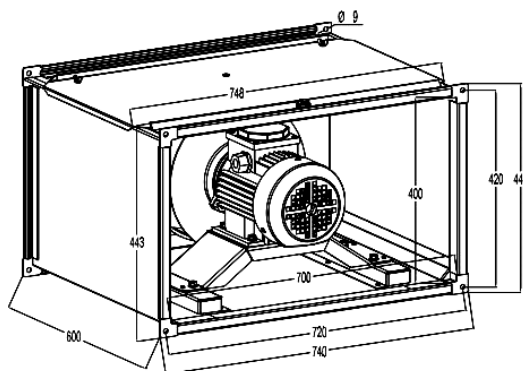


Рис. 5. Схема исполнения и присоединительные размеры вентилятора экспериментального стенда

Fig. 5 Installation scheme and experimental desk fan connecting dimensions

Взвешивание образцов проводится в том же помещении на электронных весах. По результатам периодических взвешиваний, делаются соответствующие выводы [11—13].

The samples are weighed on electronic scales in the same room. The corresponding conclusions are made according to the results of periodic weighing, [11—13].

После проведенной доработки конструкции испытательный стенд может обеспечить более точную настройку параметров проведения эксперимента и большую глубину регулирования, а также гибкость взаимодействия персонала лаборатории. Ожидается увеличение надежности функционирования и обеспечение бесперебойности процесса выполнения запланированных работ. Кроме того, имеются все необходимые предпосылки для снижения себестоимости проведения исследований за счет большей энергоэффективности используемой схемы включения электродвигателя вентилятора.

After the structure being reworked, test desk provides finer adjustment of experiment parameters and deeper regulation, and also flexibility of interaction of laboratory personnel. The increase in functioning reliability and ensuring uninterrupted performance of planned works is expected. Besides, there are all necessary prerequisites for reducing the researches costs due to bigger energy efficiency of the used fan electric motor switching circuit.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

REFERENCES

1. Самарин О.Д., Лушин К.И. О распределении энергозатрат жилых зданий и исследовании температурного графика в их системах теплоснабжения // Энергосбережение и водоподготовка. 2008. № 1. С. 56—59.
2. Samarina O., Lushin K., Paulauskaite S. Energy savings efficiency in public buildings under market conditions in Russia // Technological and economic development of economy. 2007. Vol. XIII. № 1. P. 67—72.
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И. Скорость движения воздуха в прослойке навесной фасадной системы, при естественной вентиляции // Жилищное строительство. 2013. № 10. С. 14—17.
4. The numerical and analytical methods of calculations of two-dimensional temperature fields in dangerous members of building enclosures / N. Parfentyeva, O. Samarina, K. Lushin, S. Paulauskaite // Pap. of conf. of VGTU. 2008. P. 854—858.
5. Рубцов И.В., Самарин О.Д. Математическое моделирование температурного поля в конструкциях вентилируемых фасадов со специальными креплениями // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2005. № 8. С. 54—55.
6. Умнякова Н.П. Элементы навесных вентилируемых фасадов, определяющие их теплозащитные качества // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 372—380.
7. Ивакина Ю.Ю. Повышение эффективности вентилируемых фасадов с минераловатным утеплителем : дисс. ... канд. техн. наук. М., 2007.
8. Mingottia N., Chenvidyakarna T., Woodsb A.W. The fluid mechanics of the natural ventilation of a narrow-cavity double-skin facade // Building and Environment. 2011. Vol. 46. Pp. 807—823.
9. Hensen J., Bartak M., Drkal F. Modeling and Simulation of a Double-Skin Facade System // ASHRAE Transactions. 2002. Vol. 108. Part 2. P. 1251—1259.
10. Щербак Н.Н. Оптимальное сечение вентилируемых воздушных прослоек стен с защитными экранами // Совершенствование конструкций стен промышленных зданий. М. : Стройиздат, 1977. С. 42—53.
11. К вопросу о применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, К.И. Лушин, П.П. Пастушков // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 3. С. 120—122.
12. О применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, К.И. Лушин, 1. Samarina O.D., Lushin K.I. O raspredelenii energozatrat zhilykh zdaniy i issledovaniy temperaturnogo grafika v ikh sistemakh teplosnabzheniya [Distribution of Energy Demands on Public Buildings and Temperature Graph in Power Supply System]. *Energosberezhenie i vodopodgotovka* [Energy Efficiency and Water Treatment]. 2008, no. 1, pp. 56—59.
2. Samarina O., Lushin K., Paulauskaite S. Energy Savings Efficiency in Public Buildings under Market Conditions in Russia. *Technological and Economic Development of Economy*. 2007, vol. XIII, no. 1, pp. 67—72.
3. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I. Skorost' dvizheniya vozdukh v prosloyke navesnoy fasadnoy sistemy, pri estestvennoy ventilyatsii [Air Speed in High Angle Façade System Layer at Natural Ventilation]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Civil Engineering]. 2013, no. 10, pp. 14—17
4. Parfentyeva N., Samarina O., Lushin K., Paulauskaite S. The Numerical and Analytical Methods of Calculations of Two-Dimensional Temperature Fields in Dangerous Members of Building Enclosures. *Pap. of conf. of VGTU*. 2008, pp. 854—858.
5. Rubtsov I.V., Samarina O.D. Matematicheskoe modelirovanie temperaturnogo polya v konstruktivnykh ventiliruemyykh fasadov so spetsial'nymi krepleniyami [Mathematical Modeling of Temperature Field in Ventilated Facades Structures with Special Fastenings]. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Building Materials, Equipment and Technologies of the 20th century]. 2005, no. 8, pp. 54—55.
6. Umnyakova N.P. Elementy navesnykh ventiliruemyykh fasadov, opredelyayushchie ikh teplozashchitnye kachestva [High Angle Ventilated Facades Elements Defining their Thermal Protective Characteristics]. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo* [Academy. Architecture and Engineering]. 2009, no. 5, pp. 372—380.
7. Ivakina Yu.Yu. *Povyshenie effektivnosti ventiliruemyykh fasadov s mineralovatnym uteplitelem* [Raising the Efficiency of Ventilated Facades with Mineral Thermal Insulation Materials]. *Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk* [Dissertation of a Candidate of Technical Sciences]. Moscow, 2007.
8. Mingottia N., Chenvidyakarna T., Woodsb A.W. The Fluid Mechanics of the Natural Ventilation of a Narrow-Cavity Double-Skin Façade. *Building and Environment*. 2011, vol. 46, pp. 807—823.
9. Hensen J., Bartak M., Drkal F. Modeling and Simulation of a Double-Skin Facade System. *ASHRAE Transactions*. 2002, vol. 108, part 2, pp. 1251—1259.
10. Shherbak N.N. *Optimal'noe sechenie ventiliruemyykh vozdushnykh prosloek sten s zashchitnymi ekranami* [Optimal Cross Section of Wall Ventilated Air Layers with Protection Screens]. *Sovershenstvovanie konstruktivnykh sten promyshlennyykh zdaniy* [Improving the Wall Structures of Industrial Buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1977, pp. 42—53.
11. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I., Pastushkov P.P. K voprosu o primenenii vetrogidrozashchitnykh membran v navesnykh fasadnykh sistemakh s ventiliruemoy vozdushnoy prosloykoy [Using Wind Water Shield Membranes in High Angle Façades with Ventilated Air Layer]. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Proceedings of the Volga Region]. 2013, no. 3, pp. 120—122.
12. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I., Pastushkov P.P. O primenenii vetrogidrozashchitnykh membran v navesnykh fasadnykh sistemakh s ventiliruemoy vozdushnoy prosloykoy [Using Wind Water Shield Membranes in High Angle Façades with Ventilated Air Layer]. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya*

П.П. Пастушков // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 128—131.

13. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Лушин К.И. Определение эмиссии волокон из минераловатного утеплителя навесной фасадной системы с вентилируемой прослойкой // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 9. С. 29—31.

[Scientific and Technical Proceedings of the Volga Region]. 2012, no. 5, pp. 128—131.

13. Gagarin V.G., Guvernyuk S.V., Lushin K.I. Opredelenie emissii volokon iz mineralovatnogo uteplatelya navesnoy fasadnoy sistemy s ventiliruemoй prosloykoy [Calculating Emission of Mineral Wool Fibers in High Angle Façades with Ventilated Air Layer]. *Zhurnal Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2013, no. 9, pp. 29—31.

Поступила в редакцию в феврале 2014 г.

Об авторе: **Лушин Кирилл Игоревич**, старший преподаватель кафедры отопления и вентиляции, **Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ»)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, +8 (499) 188-36-07, tgvmgsu@mail.ru

About the author: **Lushin Kirill Igorevich**, Senior Lecturer, Department of Heating and Ventilation, **Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; +7 (499) 188-36-07; tgvmgsu@mail.ru

Для цитирования:

Лушин К.И. Совершенствование методов и оборудования для испытания волокнистых теплоизоляционных материалов [Электронный ресурс] // Строительство: наука и образование. 2014. № 1. Ст. 4. Режим доступа: <http://www.nso-journal.ru>.

For citation:

Lushin K.I. Sovershenstvovanie metodov i oborudovaniya dlya ispytaniya voloknistykh teploizolyatsionnykh materialov [Improved methods and equipment for testing Fiber Thermal Insulation Materials]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2014. no. 1, paper 4. Available at: <http://www.nso-journal.ru>.