

УДК 699.86

Н.П. УМНЯКОВА¹, канд. техн. наук (n.umniakova@mail.ru), В.А. КУЗЬМИН², инженер (lte@zavodlit.ru)

¹ - НИИСФ РААСН 127238, г. Москва, Локомотивный пр., 21

² - ЗАО «Завод ЛИТ» (152020, Ярославская обл., г. Переславль-Залесский, ул. Советская, 1)

Применение отражательной теплоизоляции в многослойных панелях с эффектом многократного отражения теплового потока

Рассмотрены различные схемы использования отражательной теплоизоляции в энергосберегающих многокамерных панелях с эффектом многократного отражения, применяемых в качестве ограждающих конструкций при строительстве промышленных, быстровозводимых зданий общественного, производственного, специального назначения, а также бытовых помещений. Разработана программа и описан ход проведения эксперимента по исследованию образцов многокамерных панелей с использованием отражательной теплоизоляции с эффектом многократного отражения теплового потока, а также представлены результаты эксперимента по исследованию данных образцов панелей. Приведены ссылки на действующую нормативно-техническую документацию, инструменты для автоматического расчета теплотехнических характеристик зданий, ограждающих конструкций.

Ключевые слова: отражательная теплоизоляция, многократное отражение, панель, термическое сопротивление, алюминиевая фольга, энергоэффективность

AUTORS

Name

Рассмотрены различные схемы использования отражательной теплоизоляции в энергосберегающих многокамерных панелях с эффектом многократного отражения, применяемых в качестве ограждающих конструкций при строительстве промышленных, быстровозводимых зданий общественного, производственного, специального назначения, а также бытовых помещений. Разработана программа и описан ход проведения эксперимента по исследованию образцов многокамерных панелей с использованием отражательной теплоизоляции с эффектом многократного отражения теплового потока, а также представлены результаты эксперимента по исследованию данных образцов панелей. Приведены ссылки на действующую нормативно-техническую документацию, инструменты для автоматического расчета теплотехнических характеристик зданий, ограждающих конструкций.

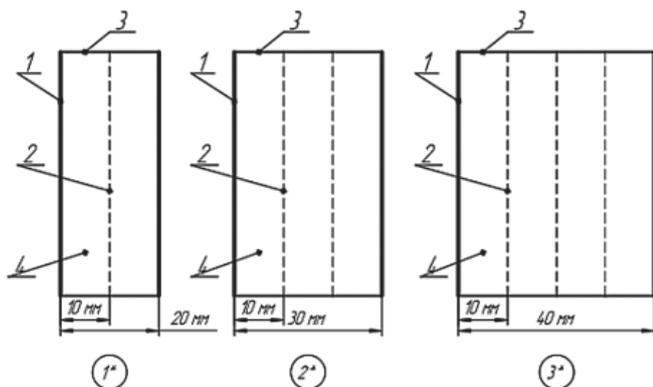
Keywords: ?????????

С возрастанием требований к тепловой защите зданий и сооружений становится очевидным, что применение конструкций с использованием традиционных видов теплоизоляции (минеральная вата, экструдированный пенополистирол и другие) при большой толщине слоя утеплителя становится не эффективным [1]. Решение может быть найдено посредством применения более доступных и до-

статочно эффективных способов утепления зданий [2–4]. К ним относится конструкция утепления с использованием отражательной теплоизоляции, которая все шире используется в ограждениях в силу ее сравнительной доступности, возможности использования в комбинации с воздушными прослойками, термическое сопротивление которых она позволяет увеличить в несколько раз. Изучению свойств и



Рис. 1. Покрытие внутренней поверхности ограждения производственного комплекса отражательной теплоизоляцией



Номер панели	Описание
1*	Сэндвич-панель с 2-мя замкнутыми воздушными прослойками
2*	Сэндвич-панель с 3-мя замкнутыми воздушными прослойками
3*	Сэндвич-панель с 4-мя замкнутыми воздушными прослойками

Номер элемента	Описание
1	Облицовка ПВХ, либо ПВХ с отражающим покрытием (внутри панели)
2	Слой пленочный (пеноизолитен или другого, либо отражающий материал)
3	Несущая рама
4	Замкнутая воздушная прослойка

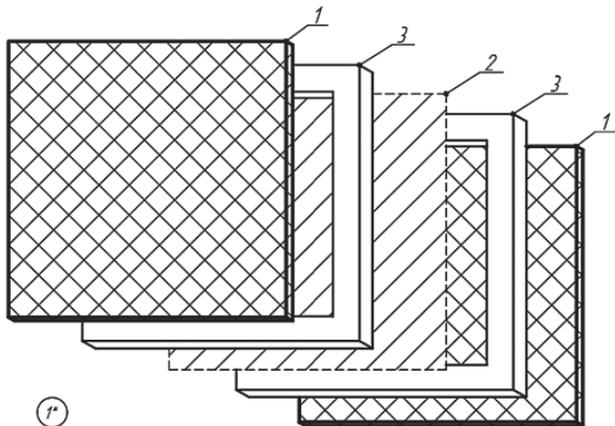


Рис.2. Конструктивная схема экспериментальных образцов

Структура образцов для проведения испытаний

№	Структура образца								
1	ПВХ	ЗВП20	ФФ	ЗВП20	ПВХ				
2	ПВХФ	ЗВП20	ФФ	ЗВП20	ФПВХ				
3	ПВХФ	ЗВП20	ПЭП	ЗВП20	ФПВХ				
4	ПВХ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПВХ				
5	ПВХФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФПВХ				
6	ПВХФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФПВХ				
7	ПВХ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПВХ
8	ПВХФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФПВХ
9	ПВХФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФПВХ
10	ПВХ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ПВХ
11	ПВХ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ПВХ		
12	ПВХФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФФ	ЗВП10	ФПВХ		
13	ПВХФ	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ПЭП	ЗВП10	ФПВХ		

Обозначения: ПВХ-облицовка из поливинилхлорида толщиной 2 мм; ПВХФ, ФПВХ-облицовка из поливинилхлорида толщиной 2 мм, оклеенная отражающим слоем (фольгой) внутри панели (Армофол тип С); ЗВП10-замкнутая воздушная прослойка толщиной 10 мм; ЗВП20-замкнутая воздушная прослойка толщиной 20 мм; ФФ-двусторонне-фольгированный материал Армофол тип В; ПЭП-полиэтиленовая пленка толщиной 50 мкм



Рис. 3. Изготовление экспериментального образца сэндвич-панели для исследований

преимуществ применения отражательной теплоизоляции в строительстве посвящено большое количество работ [5–12], однако она все еще остается мало исследованным материалом.

Применение отражательной теплоизоляции возможно в качестве дополнительной системы утепления изнутри ограждающей конструкции. В этом случае фольга не только препятствует потере теплоты за счет отражения инфракрасного теплового потока, но и выполняет роль пароизоляции, которая предотвращая влагоперенос, обеспечивает меньшую эксплуатационную влажность материалов в ограждении.

Также, отражательную изоляцию можно использовать в качестве теплового экрана при покрытии внутренней поверхности ограждений. Такое решение очень актуально для целого ряда помещений: складов, ангаров, производственных цехов, зданий специального назначения (рис.1). В этом случае отпадает необходимость в воздушной прослойке. Сопротивление теплопередаче конструкции ограждения из профилированного листа и отражающей теплоизоляции Пенофол Супер NET толщиной 15 мм составляет 0,7 м²·°С/Вт [6].

Таблица 1

Для исследования теплозащитных качеств отражательной теплоизоляции в НИИСФ РААСН исследу-



Рис. 4. Установка ПИТ-2.1 для измерения теплопроводности и термического сопротивления

Таблица 2
Результаты испытаний образцов на установке ПИТ-2.1

N образца	Размеры, мм	Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, при $t_{\text{ср}} = 15^\circ\text{C}$	Термическое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, при $t_{\text{ср}} = 25^\circ\text{C}$
1	250×250×46,4	1,44	0,969
2	250×250×47,1	1,85	1,28
3	250×250×46,6	1,59	1,29
4	250×250×25,8	0,81	0,739
5	250×250×26	0,85	0,82
6	250×250×25,7	0,82	0,81
7	250×250×48,1	2,1	1,206
8	250×250×48,3	2,2	1,37
9	250×250×47,2	1,57	1,36
10	250×250×45,5	1,63	0,92
11	250×250×37	1,82	1,03
12	250×250×37	1,86	1,08
13	250×250×37	1,47	1,08

дованы экспериментальные образцы с 2–4 воздушными прослойками, которые созданы за счет установки в образец разделительных слоев из отражательной теплоизоляции или полиэтиленовой пленки (рис. 2). Структура образцов представлена в табл.1. Для предварительных испытаний были изготовлены образцы размером 250х250 мм (рис. 3), с различным сочетанием слоев из полиэтиленовой пленки и отражательной теплоизоляции, и у каждого образца было определено термическое сопротивление на установке ПИТ-2.1 при средней температуре образцов равной 15°C и 25 °C (рис. 4).

Результаты испытаний образцов представлены в таблице 2. Анализ полученных результатов подтверждает эффективность применения отражательной теплоизоляции в составе замкнутых воздушных прослоек: лучшими характеристиками обладают образцы с четырьмя воздуш-

ными прослойками №7, 8, с тремя воздушными прослойками №11, 12, с двумя воздушными прослойками №5, 6. Так, для образца №8 при толщине 48 мм конструкция обладает термическим сопротивлением $R=1,37 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ при средней температуре 25°C, и при средней температуре 15 °C $R = 2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Кроме того, прослеживается зависимость: увеличение термического сопротивления конструкций при уменьшении средней температуры образца. Можно предположить, что в суровых климатических условиях – при отрицательных температурах, замкнутые воздушные прослойки, находящиеся в зоне пониженных температур, будут обладать повышенным термическим сопротивлением, «динамически» изменяющимся.

Методики расчета сопротивления теплопередаче многослойных ограждающих конструкций с применением отражающей теплоизоляции с учетом многократного отражения, приведены в ГОСТ Р 56734.2015 «Здания и сооружения. Расчет показателя теплосащиты ограждающих конструкций с отражающей теплоизоляцией». Расчет ограждающих конструкций согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» в автоматическом режиме можно проводить с помощью расчетной программы «LIT THERMO ENGINEER Ограждающие конструкции» (свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2014617857).

Таким образом, проведенные исследования образцов многокамерных панелей подтвердили эффективность применения отражательных слоёв в составе замкнутых воздушных прослоек, что позволяет получить экономию в затратах тепла на отопление и создать надежную теплозащитную оболочку здания. Анализ результатов эксперимента показал, что применение многокамерных панелей с отражательной теплоизоляцией перспективно для строительства жилых, промышленных, быстровозводимых зданий общественного, производственного, специального назначения, а так же бытовых помещений

Список литературы

1. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*. 2011 №8. С. 2–6.
2. Кузьмин В.А., Шабанин Д.А., Цирлин А.М., Цыганков В.М., Ахременков Ан.А. Техно-экономическое сравнение методов экономии энергии за счет утепления зданий // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. № 9–10, 2014. С. 82–90.
3. Кузьмин В.А., Шабанин Д.А., Цирлин А.М. Математическое и компьютерное моделирование температурного и влажностного режима ограждений в строительстве. Материалы XVIII ежегодной молодежной научно-практической конференции «Наукоемкие информационные технологии» SIT-2014. С. 43–59.
4. Кузьмин В.А., Ахременков А.А., Цирлин А.М., Цыганков В.М. Энергетическая эффективность покрытия внутренней поверхности помещений отражательной теплоизоляцией // *Строительные материалы*. 2013. № 12. С. 65–67.

References

1. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for thermal performance and energy efficiency in the project actualized SNiP «Thermal protection of buildings». *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 8, pp. 2–6. (In Russian).
2. Kuzmin V.A., Shabanin D.A., Tsirlin A.M., Tsygankov V.M., Akhremenkov An.A. Techno-economic comparison of methods of energy saving by insulation of buildings. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy energetiki*. 2014. No. 9-10, pp. ????.(In Russian).
3. Kuzmin V.A., Shabanin D.A., Tsirlin A.M. Mathematical and computer modeling of temperature and moisture mode of fencing in construction. Papers of XVIII annual youth scientific and practical conference «High Information Technologies» SIT-2014, pp. ????. (In Russian).
4. Kuzmin V.A., Akhremenkov A.A., Tsirlin A.M., Tsygankov V.M. The energy efficiency of coatings for the internal surface areas of the reflective insulation. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 12, pp. ????. (In Russian).

5. Умнякова Н.П. Теплозащита замкнутых воздушных прослоек с отражательной теплоизоляцией // *Жилищное строительство*. 2014. № 1-2. С. 16–20.
6. Умнякова Н.П. Теплопередача через ограждающие конструкции с учетом коэффициентов излучения внутренних поверхностей помещения // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 14–17.
7. Умнякова Н.П. Снижение теплототерь поверхности радиаторной стенки // *Жилищное строительство*. 2015. № 2. С. 21–24.
8. Мананков В.М. Отражающая теплоизоляция в энергосберегающем строительстве // *Вестник МГСУ*. 2011. №3. С. 319–326.
9. Мананков В.М. Отражающая теплоизоляция в энергосберегающем строительстве // *Все о ЖКХ*. 2011. №2. С. 57–59.
10. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 226 с.
11. Андреев Д.А., Могутов В.А. Теплотехнические характеристики многослойных ограждающих конструкций со слоями отражающей изоляции. Сборник трудов НИИСФ. 2002. С. 139–146.
12. Андреев Д.А., Могутов В.А., Цирлин А.М. Выбор расположения слоев ограждающей конструкции с учетом предотвращения внутренней конденсации // *Строительные материалы*. 2001. № 1. С. 42–45.
5. Umnyakova N.P. Thermal protection of closed air layers with reflective insulation. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. № 1-2, pp. 16-20. (In Russian).
6. Umnyakova N.P. Heat transfer through the building envelope taking account of the emissivity of the internal surfaces of the room. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 14-17. (In Russian).
7. Umnyakova N.P. Decrease of a heat loss surface radiometry wall. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 2, pp. 21-24. (In Russian).
8. Manankov V.M. Reflective insulation in energy-efficient construction. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3, pp. ????. (In Russian).
9. Manankov V.M. Reflective insulation in energy-efficient construction. *Vse o ZhKhK*. 2011. No. 2, pp. ????? (In Russian).
10. Fokin K.F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastei zdaniy*. [Building heat engineering of enclosing parts of buildings.] Moscow: ABOK-PRESS, 2006. ??? p. (In Russian).
11. Andreev D.A., Mogutov V.A. Thermal performance of multilayer enclosing structures with layers of reflective insulation. *Sbornik trudov NIISF*, 2002. Pp. ????? (In Russian).
12. Andreev D.A., Mogutov V.A., Tsirlin A.M. The choice of location of the layers enclosing structures subject to prevent internal condensation. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 1, pp. ????. (In Russian).