

## Повышение энергоэффективности панельных пятиэтажных домов на территории Республики Хакасия

*Г.Н. Шибаета, Е.Е. Ибе, Н.С. Мартынова*

*Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Абакан*

**Аннотация:** Повышение энергоэффективности панельных домов массовой застройки на территории Республики Хакасия является актуальной проблемой, т. к. типовая панельная застройка составляет большую часть жилого фонда Республики. Цель исследования – найти наиболее эффективный вариант конструктивного решения, позволяющий минимизировать потери тепла через ограждающие конструкции. В работе представлено тепловизионное обследование панельного жилого дома расположенного на территории региона, выявлены основные участки теплопотерь. Проведен анализ расчетов конструктивных узлов сопряжения, выполненных методом конечных элементов в программном комплексе Elcut Professional. Предложен наиболее эффективный вариант конструкции стены для снижения теплопотерь.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, теплопотери, эксфильтрация, инфильтрация, обследование здания, тепловизионное обследование, ограждающие конструкции, панельные пятиэтажные дома.

### Введение

Энергоэффективность зданий и сооружений в настоящее время является вопросом, который рассматривается в каждом регионе.

Неэффективность эксплуатации зданий приводит к проблемам нерационального расходования энергоресурсов [1, 2] и переплатам за коммунальные услуги. Более 20 % энергоресурсов России уходит на отопление жилых домов [3], так как панельное домостроение составляет большую часть жилого фонда страны [4] с недостаточным уровнем теплозащиты ограждающих конструкций [5, 6]. Вопрос повышения энергоэффективности панельных домов массовых серий на сегодняшний день является актуальным для Республики Хакасия, также в связи со сложной экономической ситуацией в отопительный период.

В научно-исследовательских работах [7-9] установлено, что сопротивление теплопередаче керамзитобетонных наружных стен ниже требуемого. Помимо этого, особенностью панельных зданий является большое количество стыков и углов, что указывает на то, что расчет на теплопроводность необходимо производить не только сплошной

конструкции, но и в местах ее сопряжения с другими конструкциями, в местах оконных проемов [10, 11]. По мнению автора научно-исследовательской работы [12], наиболее точным и целесообразным методом оценки теплоизолирующих свойств ограждающей конструкции является тепловизионный контроль качества, который позволяет наглядно и в короткие сроки проверить теплотехнические характеристики конструкции, так как полученные результаты наглядны и обладают большой информативны. Авторы научно-исследовательских работ [13-15] изучали вопросы снижения теплопотерь, через ограждающие конструкции, где наиболее эффективным способом устранения теплопотерь является применение утепленного вентилируемого фасада.

### **Методы исследования**

На примере Республики Хакасия путем тепловизионного обследования выявлены основные проблемы эксплуатации ограждающих конструкций панельных пятиэтажных домов. При помощи программного комплекса Elcut Professional проанализированы варианты конструктивных решений здания и их теплотехнические характеристики. Предложен вариант эффективного устранения теплопотерь.

Данная научно-исследовательская статья включает ряд этапов исследования:

Первый этап. Визуальное обследование здания для выявления видимых дефектов.

Второй этап. Инструментальное обследование. Проведение тепловизионного обследования здания для выявления скрытых дефектов.

Третий этап. Анализ теплопотерь через ограждающую конструкцию здания до и после утепления фасада с помощью расчета в программном комплексе Elcut Professional.

Четвертый этап. Обработка и анализ полученных результатов в программном комплексе Elcut Professional. Даны рекомендации по обеспечению минимизации теплопотерь.

### Результаты исследования

Объектом исследования является панельный пятиэтажный многоквартирный жилой дом 1973 года строительства, типовой серии 1-464А расположенный по адресу: Респ. Хакасия, г. Абакан, ул. Щетинкина, д. 71.

Обследование проведено 25 февраля 2021 года в 08:00. Температура наружного воздуха  $-17,0$  °С. Коэффициент теплового излучения здания 0,93. Тепловизионная съемка проводилась в отсутствии осадков и ветра тепловизором FlirB200, с чувствительностью 0,08 °С.

Ограждающая конструкция стен – керамзитобетонные панели без утепления, толщиной 350 мм. Кровля – плоская из железобетонных лотковых панелей.

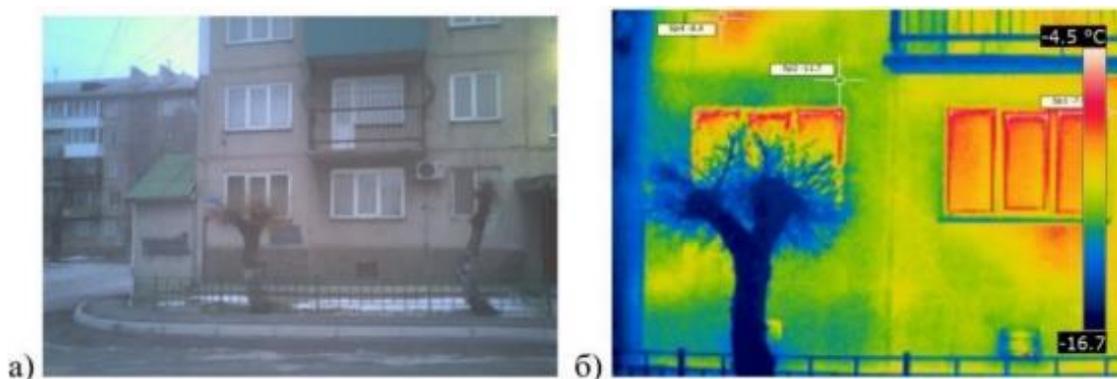


Рис. 1. – Тепловизионное обследование участка фасада панельного дома:

а) фото исследуемого участка; б) термограмма исследуемого участка

Таблица №1

#### Выделение изображений

Измеряемые объекты	Темп., °С	Излуч.	Отраж. темп., °С	Примечания
Область измерений, Sp1	-7,9	0,93	-17,0	
Область измерений, Sp2	-11,7	0,93	-17,0	
Область измерений, Sp4	-8,4	0,93	-17,0	

По рис. 1 и данным таблицы №1, видно, что происходит эксфильтрация теплого воздуха из внутренних помещений жилого дома по всей поверхности наружной стеновой панели, особенно в месте расположения радиаторов отопления (участок Sp1). Сопротивление теплопередаче наружной стеновой панели является недостаточным, в местах оконных проемов нарушена герметизация. Средняя температура поверхности наружных стен  $-9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

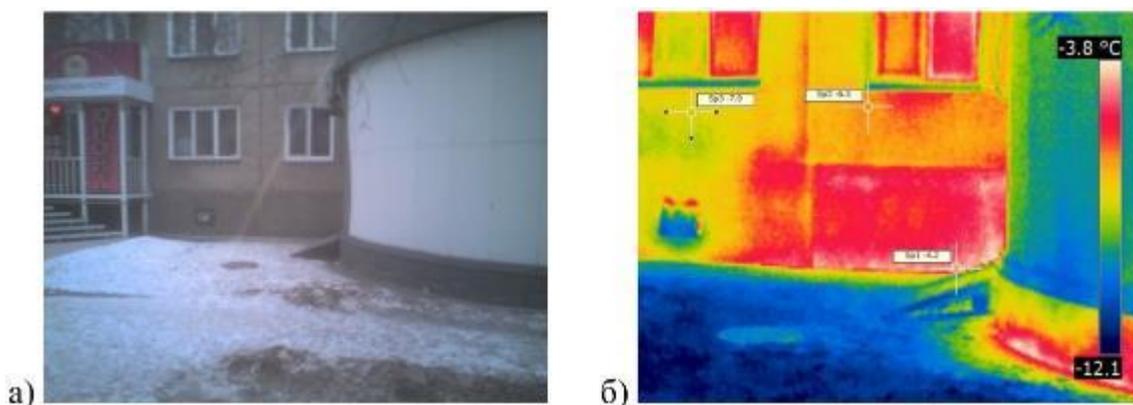


Рис. 2. – Тепловизионное обследование участка фасада панельного дома:  
 а) фото исследуемого участка; б) термограмма исследуемого участка

Таблица №2

Выделение изображений

Измеряемые объекты	Темп., $^{\circ}\text{C}$	Излуч.	Отраж. темп., $^{\circ}\text{C}$	Примечания
Область измерений, Sp1	-4,2	0,93	-17,0	
Область измерений, Sp2	-6,5	0,93	-17,0	
Область измерений, Sp4	-7,9	0,93	-17,0	

По рис. 2 и данным таблицы №2 видно, что происходит значительная эксфильтрация теплого воздуха из внутренних помещений жилого дома, особенно в той части подвала, где расположен узел учета тепловой энергии жилого дома. Сопротивление теплопередаче наружной стеновой панели является недостаточным. Средняя температура поверхности наружных стен  $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

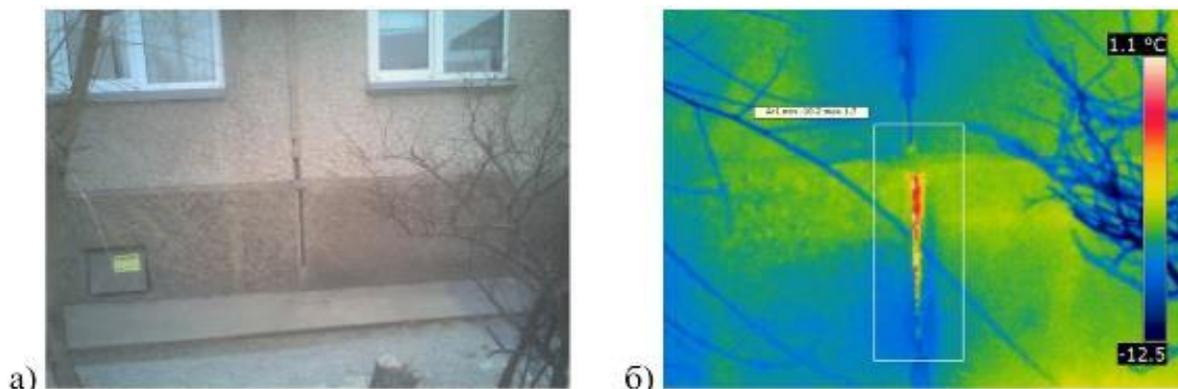


Рис. 3. – Тепловизионное обследование участка фасада панельного дома:  
а) фото исследуемого участка; б) термограмма исследуемого участка

Таблица №3

#### Выделение изображений

Измеряемые объекты	Темп., °С	Излуч.	Отраж. темп., °С	Примечания
Область измерений, Ar1	-10,2(min) 1,7(max)	0,93	-17,0	

По рис. 3 и данным таблицы №3, видно, что в результате разгерметизации стыкового шва между цокольными панелями наружной стены происходит эксфильтрация теплого воздуха из подвального помещения. Последствием данного дефекта является попадание влаги в шов, которая может привести сварное соединение к разрушению.

Для определения температурных переходов в границе толщи ограждения был применен метод расчетного моделирования. Проведен сравнительный анализ термограмм до и после утепления.

При расчете были выбраны следующие характеристики: температура внутреннего воздуха  $T_{в} = 20$  °С; температура наружного воздуха  $T_{н} = -37$  °С; коэффициент теплопередачи внутренней поверхности стены  $\lambda_{в} = 8,7$  Вт/°С · м<sup>2</sup>; коэффициент теплопередачи наружной поверхности стены  $\lambda_{н} = 23$  Вт/°С · м<sup>2</sup>.

Таблица №4

Анализ теплопроводности узла 1

Конструкция узла	Температурное поле	Темп. T, °C						
Узел 1 – Примыкание перекрытия к наружной стене								
Вариант А. До утепления								
Вариант Б. После утепления								
<table border="1" data-bbox="239 1568 558 1792"> <tr><td>Штукатурка, 20 мм</td></tr> <tr><td>Керамзитобетонные наружные панели</td></tr> <tr><td>Минвата, 200 мм</td></tr> <tr><td>Ветрозащита</td></tr> <tr><td>Воздушная прослойка, 70 мм</td></tr> <tr><td>Керамзитобетонные плиты, 10 мм</td></tr> </table>	Штукатурка, 20 мм	Керамзитобетонные наружные панели	Минвата, 200 мм	Ветрозащита	Воздушная прослойка, 70 мм	Керамзитобетонные плиты, 10 мм		
Штукатурка, 20 мм								
Керамзитобетонные наружные панели								
Минвата, 200 мм								
Ветрозащита								
Воздушная прослойка, 70 мм								
Керамзитобетонные плиты, 10 мм								

В результате исследования термограмм узла стыка наружной панели и перекрытия после утепления (узел 1 вариант Б) тепловой поток по внутренней поверхности наружной стеновой панели снижается на 88,51 % и

88,73 %, а температура повышается на 13,3 °С и 11,4 °С. Происходит равномерное распределение температуры по внутренней поверхности.

Таблица №5

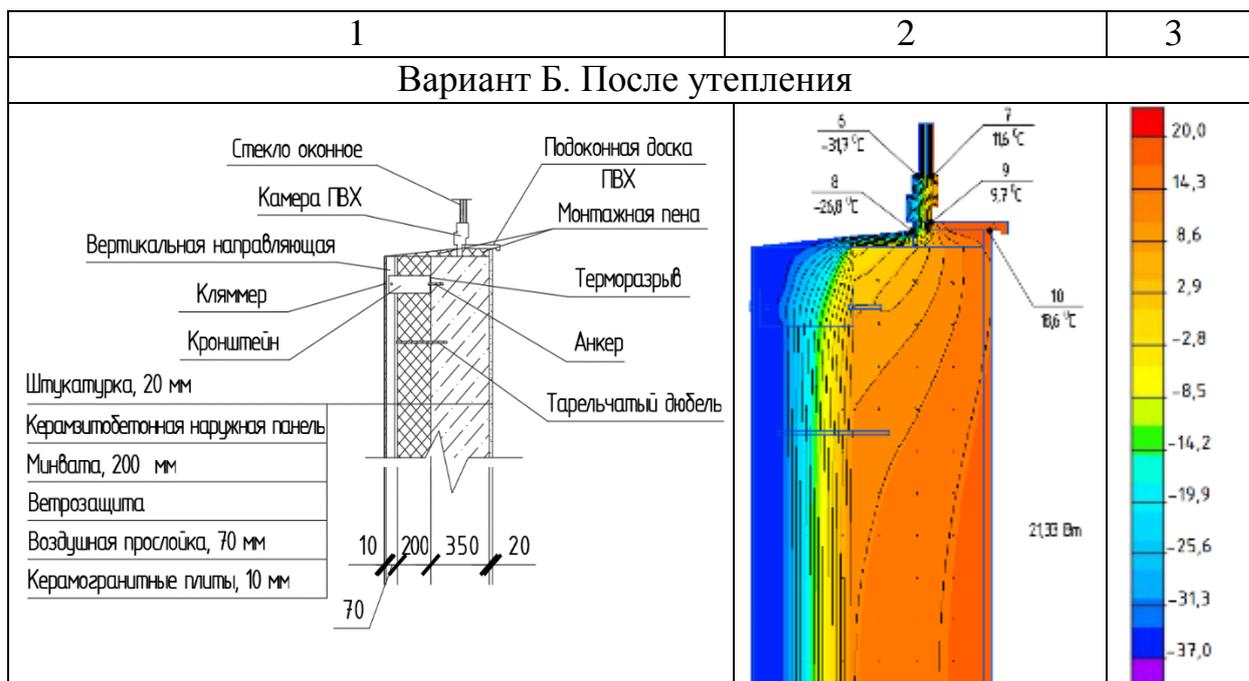
Тепловые характеристики исследуемых точек узла 1

№ поз. исследуемой точки	Температура исследуемой точки до утепления, °С	№ поз. исследуемой точки	Температура исследуемой точки после утепления, °С	Перепад температур, °С
1	-33,4	4	13,0	20,4
2	4,7	5	18,0	13,3
3	7,0	6	18,4	10,4

Таблица №6

Анализ теплопроводности узла 2

Конструкция узла	Температурное поле	Температура T, °С
1	2	3
Узел 2 – Наружной стены с оконным проемом		
Вариант А. До утепления		



После утепления узла наружной стены с оконным проемом (узел 2 вариант Б) тепловой поток по внутренней поверхности наружной стеновой панели снижается на 79,8 %.

При выполнении расчета теплотехнические показатели стального кронштейна были применены с учетом его изоляции в утеплитель. А также были учтены теплотехнические показатели терморазрыва между анкером и наружной стеновой панелью.

Таблица №7

Тепловые характеристики исследуемых точек узла 2

№ поз. исследуемой точки	Температура исследуемой точки до утепления, °C	№ поз. исследуемой точки	Температура исследуемой точки после утепления, °C	Перепад температур, °C
1	-31,7	6	-31,7	0,0
2	10,58	7	11,6	1,02
3	-30,5	8	-26,8	3,7
4	7,3	9	9,7	2,4
5	16,1	10	18,6	2,5

Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий узла 1

№ поз.	Материал	Плотность материала $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Расчетный коэффициент теплопроводности и $\lambda$ , Вт/(м·°С)
1	Анкер	7850	0,021
2	Болт	7850	58,0
3	Вертикальный направляющий профиль	7850	58,0
4	Штукатурка	1600	0,93
5	Воздушная прослойка	0,525	0,18
6	Керамзитобетонная панель	1800	0,92
7	Керамогранит	1400	1,2
8	Кляммер	7850	58
9	Кронштейн	7850	0,037
10	Утеплитель минераловатный	100	0,045
11	Тарельчатый дюбель	7850	0,021
12	Терморазрыв (Бален)	900	0,08
13	Плита перекрытия	2400	0,08
14	Ц/п раствор	1800	0,93
15	Конструкция пола	180	0,048

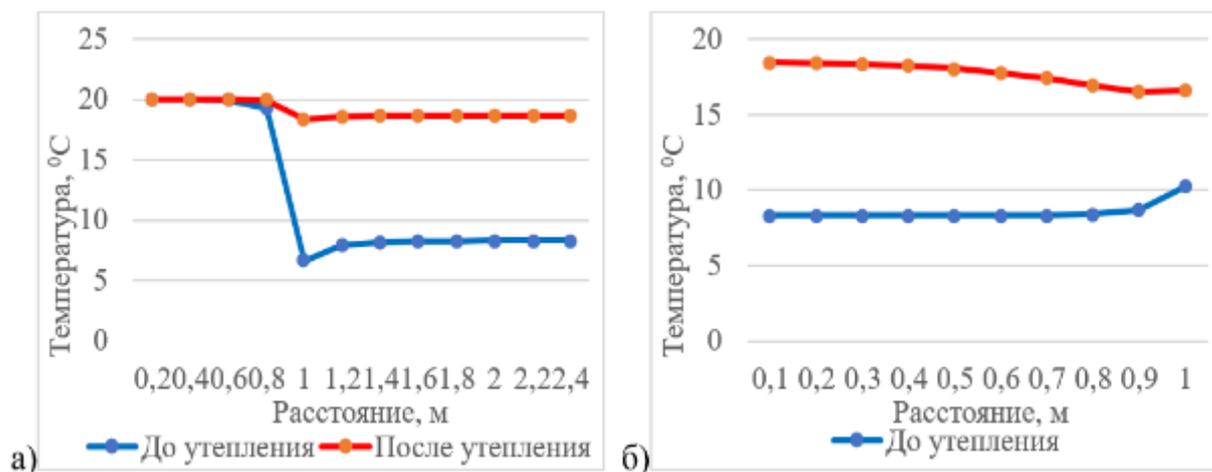


Рис. 4. – График распределения температур по внутреннему контуру до и после утепления: а) показатели узла 1; б) показатели узла 2.

Таблица №9

Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий  
узла 2

№ поз.	Материал	Плотность материала $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Расчетный коэффициент теплопроводности и $\lambda$ , Вт/(м·°С)
1	Анкер	7850	0,021
2	Аргон	1,7839	0,01
3	Болт	7850	58,0
4	Вертикальный направляющий профиль	7850	58,0
5	Штукатурка	1600	0,93
6	Воздушная прослойка	0,525	0,18
7	Камера ПВХ	1,40	0,15
8	Керамзитобетонная панель	1800	0,92
9	Керамогранит	1400	1,2
10	Кляммер	7850	58
11	Кронштейн	7850	0,037
12	Утеплитель минераловатный	100	0,045
13	Подоконная доска из ПВХ	1,35	0,15
14	Пенополиуретан	60	0,041
15	Стекло оконное	2500	0,76
16	Тарельчатый дюбель	7850	0,021
17	Терморазрыв (Бален)	900	0,08

Таблица №10

Теплотехнические характеристики по внутреннему контуру ( $T_{в}=20\text{ °С}$ )

Модель	Тепловой поток Q, Вт		Снижение теплового потока, %	Средняя температура поверхности $T_s$ , °С	
	Вариант А. До утепления	Вариант Б. После утепления		Вариант А. До утепления	Вариант Б. После утепления
Узел 1	160,99/159,42	18,49/17,96	88,51/88,73	5,9	18
Узел 2	105,58	21,33	79,80	7,0	18,6

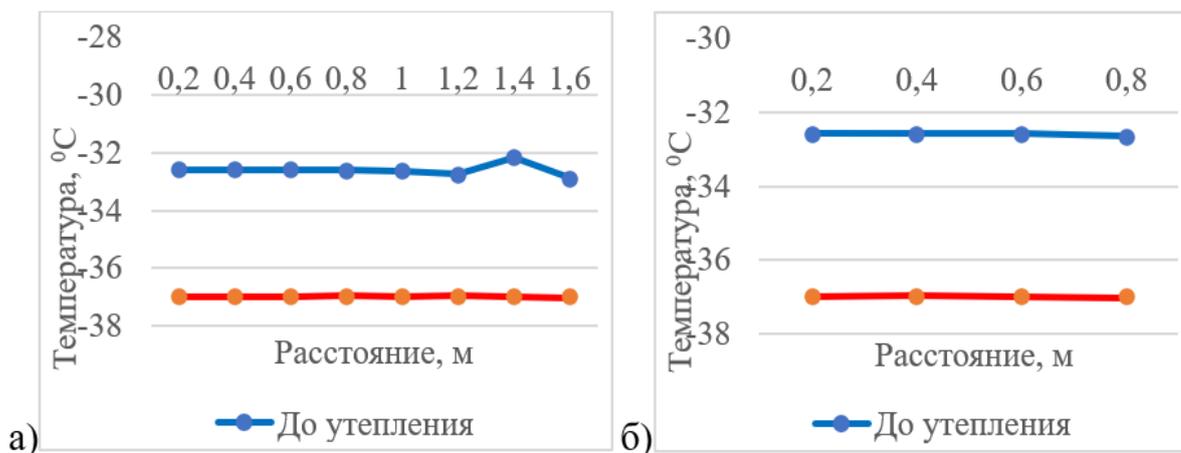


Рис. 5. – График распределения температур по наружному контуру до и после утепления: а) узел 1; б) узел 2.

Таблица №11

Теплотехнические характеристики по наружному контуру ( $T_n = -37\text{ °C}$ )

Модель	Тепловой поток Q, Вт		Снижение теплового потока, %	Средняя температура поверхности $T_s$ , °C	
	Вариант А. До утепления	Вариант Б. После утепления		Вариант А. До утепления	Вариант Б. После утепления
Узел 1	166,22	7,20	95,67	-32	-37
Узел 2	103,32	0,40	99,61	-32	-36

Из графиков, приведенных на рис. 4, 5 и таблицы №10, 11, видно, что температура по внутреннему контуру после утепления повышается, а по наружному снижается и распределяется равномерно по всей длине (высоте) контура, тепловой поток снижается, в совокупности это позволяет избежать конденсата и снизить расходы на затраты ресурсов в процессе эксплуатации.

### Выводы

В ходе исследования при помощи расчета методом конечных элементов в программном комплексе Elcut Professional было выявлено:

1. Керамзитобетонные панели толщиной 350 мм в условиях Республики Хакасия являются неэффективным конструктивным решением и имеют недостаточное термическое сопротивление.

2. При расчете потерь тепла необходимо учитывать узлы сопряжений конструкций, элементы крепежа конструкций и материалов, т.к. они являются мостиками холода, даже полностью изолированные в утеплитель.

3. Эффективным способом снижения потерь тепла является применение утепленного вентилируемого фасада, с толщиной утеплителя 200 мм, теплопотери удалось снизить в среднем на 90 %.

### Литература

1. Сеферян Л.А., Воронцова О.В., Швец Ю.С. Методы повышения энергоэффективности жилых зданий // Инженерный вестник Дона, 2018, № 2. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_22\\_Seferyan\\_vorontsova\\_shvets.pdf\\_b8684b1524.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_22_Seferyan_vorontsova_shvets.pdf_b8684b1524.pdf).
2. Шеина С.Г., Стародубцева А.С. Исследование показателей энергетической эффективности территорий реконструкции города Ростова-на-Дону // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_77\\_Sheina\\_Starodubtceva.pdf\\_b416753d77.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_77_Sheina_Starodubtceva.pdf_b416753d77.pdf).
3. Арнгольд А.А., Халимов О.З. Эффективность работы теплоизоляции в многослойных конструкциях // Перспективы науки, 2019, №5 (116). URL: [elibrary.ru/item.asp?id=39186626](http://elibrary.ru/item.asp?id=39186626).
4. Попова Е.Е., Городилова А.Е., Куколев М.И. Повышение энергоэффективности домов с помощью навесных вентилируемых фасадов // Ростовский научный журнал, 2017, №12. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=32388611](http://elibrary.ru/item.asp?id=32388611).

5. Agis M. Papadopoulos. Forty years of regulations on the thermal performance of the building envelope in Europe: Achievements, perspectives and challenges // *Energy and Buildings*, 2016, Volume 127. Pp. 942 - 952.
  6. Mavlyuberdinov A., Mukminov R. Research on problems of panel buildings // *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2019, Volume 687, №3 URL: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/3/033035/pdf](https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/3/033035/pdf).
  7. Логинова В.В., Смирнова Ю.О. Анализ проблем эксплуатации панельных жилых домов и определение повреждений в результате износа на примере жилого дома по у. Бородина, 17 // *Аллея Науки*, 2017, №9 URL: [elibrary.ru/item.asp?id=29448397](http://elibrary.ru/item.asp?id=29448397).
  8. Малышева В.А., Фризен Е.Г., Адигамова З.С. Модернизация фасада существующих зданий в соответствии с техническими нормами // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*, 2020, №4 (35), URL: [elibrary.ru/item.asp?id=44547964](http://elibrary.ru/item.asp?id=44547964).
  9. Плотникова С.В. Влияние ограждающих конструкций на обеспечение энергоэффективности и экологической безопасности панельных домов // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*, 2017, №4 (126) URL: [elibrary.ru/item.asp?id=30480496](http://elibrary.ru/item.asp?id=30480496).
  10. Новосельцева Е.Л., Шалгинова Н.В., Чарушина М.С. Повышение энергоэффективности стыков панельных домов новых и старых серий // *Общество. Наука. Инновации (НПК – 2017)*, 2017, URL: [elibrary.ru/item.asp?id=32630669](http://elibrary.ru/item.asp?id=32630669).
  11. Кисляков М.А., Симакова У.Ф. Выбор объемно – планировочных решений для строительства энергоэффективных жилых зданий // *Социально – экономическое управление: теория и практика*, 2018, №3 (34) URL: [elibrary.ru/item.asp?id=35691045](http://elibrary.ru/item.asp?id=35691045).
  12. Кабанова Т.В., Енюшин В.Н. Ануфриев С.Э. Тепловизионная съемка как способ оперативного контроля теплозащитных свойств ограждающих конструкций // *Известия казанского государственного архитектурно –*
-

---

строительного университета, 2019, №3 (49) URL:  
elibrary.ru/item.asp?id=40801154.

13. Пермяков М.Б., Краснова Т.В., Давыдова А.М. Капитальный ремонт и реконструкция крупнопанельных домов постройки 50 – 70 годов // Li international correspondence scientific and practical conference "International scientific review of the problems and prospects of modern science and education", 2018, URL: elibrary.ru/item.asp?id=36623025&selid=36623170.
14. Шибеева Г.Н., Ибе Е.Е., Баев М.В., Редина Е.В. Анализ тепловой защиты зданий, построенных с применением вентилируемых фасадных систем // Вестник Евразийской науки, 2018, №5 URL: elibrary.ru/item.asp?id=36768695&.
15. Шибеева Г.Н., Ибе Е.Е., Гоголь Д.Д., Крещук А.А., Никитин А.Д. Комплексный анализ нормативного регулирования тепловой защиты зданий с позиции теплотехнических неоднородностей // Вестник Евразийской науки, 2021, №3 URL: elibrary.ru/item.asp?id=46582226.

### References

1. Syefyeryan L.A., Vorontsova O.V., Shvyecz Yu.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\_22\_Seferyan\_vorontsova\_shvets.pdf\_b8684b1524.pdf.
2. Shyeina S.G., Starodubtsyeva A.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, № 4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\_77\_Sheina\_Starodubtceva.pdf\_b416753d77.pdf.
3. Arngold A.A., Khalimov O.Z. Perspektivy nauki, 2019, №5 (116) URL: elibrary.ru/item.asp?id=39186626.
4. Popova Ye.Ye, Gorodilova A.Ye, Kukolyev M.I. Rostovskij nauchnyj zhurnal, 2017, №12. URL: elibrary.ru/item.asp?id=32388611.

5. Papadopoulos Agis M. Energy and Buildings, 2016, Volume 127. Pp. 942 - 952.
6. Mavlyuberdinov A., Mukminov R. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2019, Volume 687, №3. URL: [iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/3/033035/pdf](http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/3/033035/pdf).
7. Loginova V.V., Smirnova Yu.O. Alleya Nauki, 2017, №9. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=29448397](http://elibrary.ru/item.asp?id=29448397).
8. Malyshyeva V.A., Frizyen Ye.G., Adigamova Z.S. Izvestiya vuzov. Investicii. Stroitelstvo. Nedvizhimost, 2020, №4 (35). URL: [elibrary.ru/item.asp?id=44547964](http://elibrary.ru/item.asp?id=44547964).
9. Plotnikova S.V. Vestnik Donbasskoj nacionalnoj akademii stroitelstva i arxitektury, 2017, №4 (126). URL: [elibrary.ru/item.asp?id=30480496](http://elibrary.ru/item.asp?id=30480496).
10. Novoseltseva Ye.L., Shalginova N.V., Charushina M.S. Obshhestvo. Nauka. Innovacii (NPK – 2017), 2017. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=32630669](http://elibrary.ru/item.asp?id=32630669).
11. Kislyakov M.A., Simakova U.F. Socialno – ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika, 2018, №3 (34). URL: [elibrary.ru/item.asp?id=35691045](http://elibrary.ru/item.asp?id=35691045).
12. Kabanova T.V., Yenyushin V.N. Anufriyev S.Ye. Izvestiya kazanskogo gosudarstvennogo arxitekturno – stroitel'nogo universiteta, 2019, №3 (49) URL: [elibrary.ru/item.asp?id=40801154](http://elibrary.ru/item.asp?id=40801154).
13. Pyermyakov M.B., Krasnova T.V., Davydova A.M. Li international correspondence scientific and practical conference "International scientific review of the problems and prospects of modern science and education", 2018. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=36623025&selid=36623170](http://elibrary.ru/item.asp?id=36623025&selid=36623170).
14. Shibayeva G.N., Ibye Ye.Ye., Bayev M.V., Ryedina Ye.V. Vestnik Evrazijskoj nauki, 2018, №5. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=36768695&](http://elibrary.ru/item.asp?id=36768695&).
15. Shibayeva G.N., Ibye Ye.Ye., Gogol D.D., Kryeshhuk A.A., Nikitin A.D. Vestnik Evrazijskoj nauki, 2021, №3. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=46582226](http://elibrary.ru/item.asp?id=46582226).