

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ПЕРВЫХ МАССОВЫХ СЕРИЙ

С. В. Корниенко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Архитектура зданий и сооружений», профессор кафедры «Урбанистика и теория архитектуры» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Ключевые слова: жилое здание, микроклимат помещений, тепловой комфорт, теплоэнергетические характеристики, оболочка, теплоизоляция, капитальный ремонт

Повышение комфортных условий среды в помещениях и улучшение энергетических характеристик зданий – актуальная проблема современной архитектуры и строительства¹. Особое значение решение этой задачи приобретает при выполнении программы капитального ремонта жилых зданий, старт которой был дан с принятием федерального закона № 271-ФЗ². Предлагаем результаты научных исследований многоквартирных жилых зданий типовой серии 1–447с-37, проводимых для подтверждения необходимости проведения капитального ремонта за счет повышения уровня теплоизоляции оболочки.

¹ Общие вопросы повышения теплового комфорта и улучшения энергетических характеристик зданий различного функционального назначения в разных климатических условиях детально рассмотрены в монографии [1].

² Федеральный закон от 25 декабря 2012 года № 271-ФЗ «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации».



Необходимость энергоэффективного капитального ремонта большинства российских зданий обусловлена их высоким потреблением энергии в холодном климате. Зачастую здания первых массовых серий, построенные в 60–70-х годах прошлого века, имеют высокую несущую способность и отвечают требованиям механической и пожарной безопасности. Однако уровень их теплового комфорта достаточно низкий [2–4]. Потребность в тепловой энергии на отопление таких зданий составляет 150–200 кВт·ч/(м²·год), что превышает нормируемое значение в 2,0–2,5 раза.

Для уменьшения теплопотребления зданий следует обратить особое внимание на разработку и внедрение в практику современного строительства эффективных конструктивных и инженерно-технических решений [5–7].

Под энергоэффективным капитальным ремонтом здания понимается комплекс ремонтно-строительных работ, направленных на замену или восстановление строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения для улучшения теплозащитных и энергетических показателей здания. Таким образом, в отличие от обычного капитального ремонта энергоэффективный капитальный ремонт затрагивает главным образом теплозащитные свойства зданий.

Задачи исследования

Оценим необходимость проведения энергоэффективного капитального ремонта на примере типового многоквартирного жилого дома, при исследовании которого были решены следующие задачи:

- выполнено натурное освидетельствование объекта исследования для выявления строительно-эксплуатационных дефектов ограждающих конструкций;
- разработаны принципиальные схемы эффективных конструктивных решений при повышении уровня теплоизоляции ограждающих конструкций в рамках капитального ремонта;
- проведено расчетное обоснование теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и теплоэнергетических показателей здания при оценке уровня энергопотребления до и после капитального ремонта.

Объект исследования

Исследовался 5-этажный 4-секционный 90-квартирный жилой дом (типовая серия 1–447с-37), построенный в 1968 году в Волгограде (рис. 1). Здание прямоугольной формы в плане, имеет габаритные размеры 72,3×12,7 м. Имеется неотапливаемый подвал, чердак отсутствует.

Под энергоэффективным капитальным ремонтом здания понимается комплекс ремонтно-строительных работ, направленных на замену или восстановление строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения для улучшения теплозащитных и энергетических показателей здания



Рис. 1. Общий вид исследуемого здания (Волгоград)

Конструктивная система здания – бескаркасная, с продольными несущими стенами. Пространственная жесткость здания обеспечивается продольными несущими стенами, поперечными стенами-диафрагмами, а также дисками межэтажных перекрытий. Фундаменты ленточные, из сборных железобетонных блоков. Наружные стены здания кирпичные, из кладки силикатного полнотелого кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм, с наружной облицовкой силикатной модульной плиткой толщиной 40 мм. Внутри помещений стены оштукатурены известково-песчаным раствором толщиной 15 мм. Перекрытия выполнены из сборных железобетонных многопустотных плит толщиной 220 мм. Окна с двойным остеклением в отдельных деревянных переплетах (преимущественно), а также в виде стеклопакетов в ПВХ-профилях (заменены силами жильцов). Покрытие – совмещенное невентилируемое с рулонной кровлей. В здании предусмотрен наружный неорганизованный водоотвод.

Здание подключено к централизованной системе теплоснабжения. Индивидуальный тепловой пункт размещается в подвале. Ведется коммерческий учет расхода

теплоты. Трубопроводы систем отопления и горячего водоснабжения теплоизолированы.

В здании имеется естественная общеобменная вентиляция.

Основные геометрические характеристики здания (по проекту): общая площадь здания – 4 089 м²; общая площадь квартир – 3 817 м²; отапливаемый объем – 11 354 м³; коэффициент остекленности фасадов здания – 0,24; показатель компактности здания – 0,36 м⁻¹; площадь теплозащитной оболочки – 4 056 м² (наружные стены – 1 823 м²; окна и балконные двери – 586 м²; входные двери – 11 м²; совмещенное покрытие – 818 м²; перекрытие над неотапливаемым подвалом – 818 м²).

Основные климатические характеристики: средняя месячная температура в январе – –6,9 °С; средняя месячная температура в июле – 23,9 °С; расчетная температура наружного воздуха при проектировании отопления – –22 °С; средняя температура наружного воздуха за отопительный период – –2,3 °С; продолжительность отопительного периода – 176 сут. в году; градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) – 3 925 °С•сут./год.

Выявленные строительно-эксплуатационные и теплотехнические дефекты

По результатам натурного освидетельствования объекта исследования, выполненного автором в 2017 году, были выявлены многочисленные строительно-эксплуатационные дефекты ограждающих конструкций:

- полный физический износ (деструкция) утепляющих слоев крыши из керамзита и ячеистого бетона, основания под кровлю и самой кровли (рис. 2а), что требует их замены при капитальном ремонте;

- наличие следов влаги на различных участках кровли (рис. 2б) ввиду необеспечения в процессе текущих ремонтов требуемых уклонов кровли;

- разрушение в зоне примыкания отмостки к цоколю (рис. 2в), что способствует увлажнению строительных ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, и проникновению влаги в помещения подвала;

- отсутствие эффективной теплоизоляции в наружных ограждающих конструкциях (рис. 2г).



Рис. 2. Строительно-эксплуатационные дефекты ограждающих конструкций: а – деструкция элементов покрытия; б – необеспечение требуемых уклонов кровли; в – разрушение в зоне примыкания отмостки к цоколю; г – неутепленные конструкции подвала

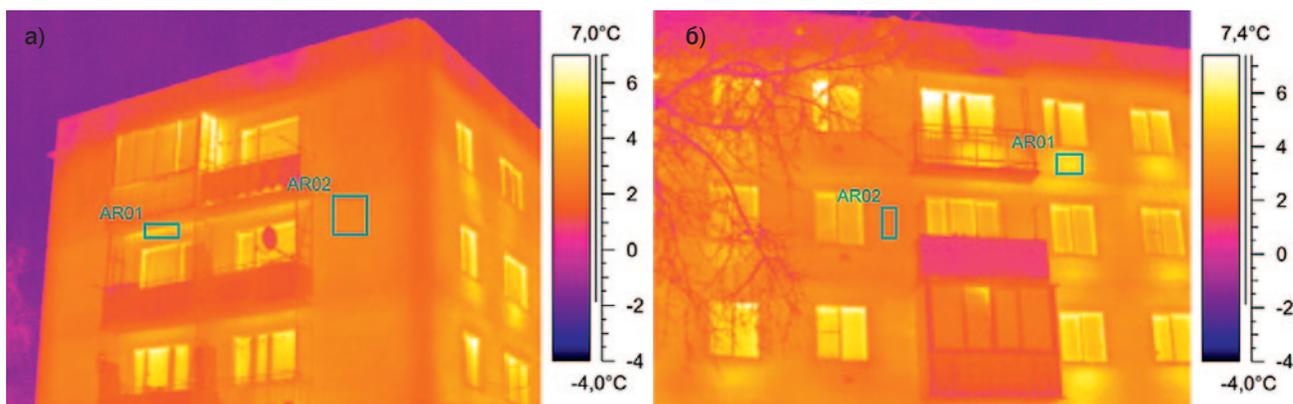


Рис. 3. Термограммы фрагментов фасадов здания (Новгородская область): а – торцевого; б – рядового

Проведенное независимыми экспертами в 2016 году тепловизионное обследование аналогичных зданий в Новгородской области показало низкий уровень теплоизоляции неутепленных ограждающих конструкций (рис. 3), что не соответствует минимально допустимым требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий.

Выявленные строительно-эксплуатационные и теплотехнические дефекты определяют необходимость восстановления и улучшения эксплуатационных свойств наружных ограждающих конструкций.

Результаты исследования

Расчет теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и теплоэнергетических показателей обследованного здания выполнен согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

По результатам расчета сделан вывод о необходимости повышения теплозащиты ограждающих конструкций многоквартирного дома до действующих норм и на перспективу. В качестве дополнительной теплоизоляции предпочтительно использовать долговечные материалы и изделия, например минераловатные плиты из базальтового волокна. Толщина теплоизоляции внешней стены составляет 150 мм, смещенного покрытия – 180 мм, перекрытия над неотапливаемым подвалом – 80 мм. Коэффициент теплопередачи окон и балконных дверей – 1,23 Вт/(м²·К).

Применение для теплоизоляции наружных стен навесной фасадной системы способствует значительному улучшению эксплуатационных показателей. Для снижения инфильтрации воздуха в лестничные клетки рекомендуется уплотнение входных дверей в подъездах с установкой доводчиков. Фактическая воздухопроницаемость оболочки здания не должна превышать требуемое значение.

Результаты расчетов показывают принципиальную возможность достичь высокого уровня теплоизоляции ограждающих конструкций после капитального ремонта здания (см. таблицу).

Выполнено сравнение величин удельных тепловых потерь ограждающих конструкций до и после капитального ремонта здания (рис. 4), из которого видно, что максимальные удельные потери теплоты до капитального ремонта отмечаются через фасады здания: стены – 44%, а также окна и балконные двери – 30%. Дополнительная теплозащита оболочки здания способствует значительному снижению удельных тепловых потерь (в 2,6 раза) и улучшению их структуры.

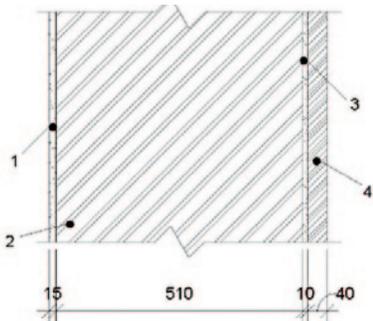
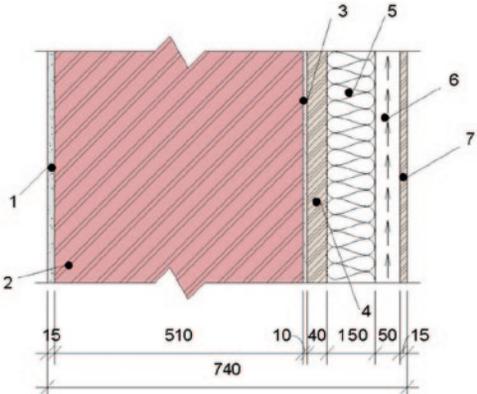
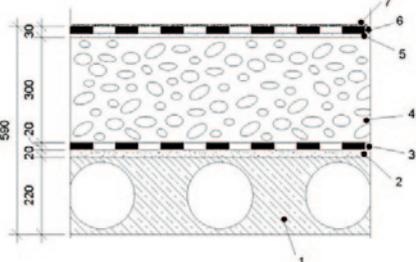
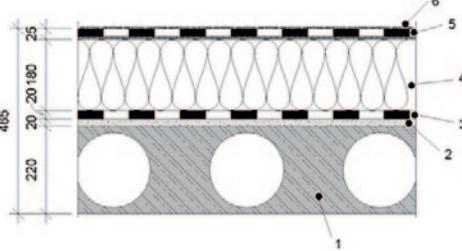
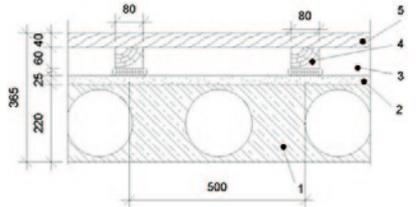
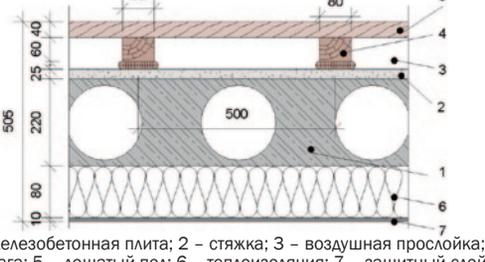
Анализ вариантов повышения теплозащиты оболочки здания

В отличие от поэлементного нормирования теплозащиты применение удельной теплозащитной характеристики здания дает проектировщику большую свободу в выборе элементов оболочки и является при разработке проекта



Рис. 4. Удельные тепловые потери, Вт/К, через ограждающие конструкции

Таблица Расчетные значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций R_o , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

Ограждающая конструкция	До капитального ремонта	После капитального ремонта
Наружные стены	 <p>1 – внутренняя штукатурка; 2 – кирпичная кладка; 3 – цементно-песчаный раствор; 4 – наружная облицовка</p> <p style="text-align: center;">$R_o = 0,92 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$</p>	 <p>1 – внутренняя штукатурка; 2 – кирпичная кладка; 3 – цементно-песчаный раствор; 4 – наружная облицовка (до капитального ремонта); 5 – теплоизоляция; 6 – вентилируемая воздушная прослойка; 7 – фасадный экран</p> <p style="text-align: center;">$R_o = 2,89 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$</p>
Окна и балконные двери	$R_o = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$R_o = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$
Совмещенное покрытие	 <p>1 – железобетонная плита; 2 – стяжка; 3 – пароизоляция; 4 – керамзитовый гравий; 5 – стяжка; 6 – гидроизоляция; 7 – защитный слой</p> <p style="text-align: center;">$R_o = 1,55 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$</p>	 <p>1 – железобетонная плита; 2 – стяжка; 3 – пароизоляция; 4 – теплоизоляция; 5 – гидроизоляция; 6 – защитный слой</p> <p style="text-align: center;">$R_o = 4,56 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$</p>
Перекрытие над подвалом	 <p>1 – железобетонная плита; 2 – стяжка; 3 – воздушная прослойка; 4 – лага; 5 – дощатый пол</p> <p style="text-align: center;">$R_o = 0,79 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$</p>	 <p>1 – железобетонная плита; 2 – стяжка; 3 – воздушная прослойка; 4 – лага; 5 – дощатый пол; 6 – теплоизоляция; 7 – защитный слой</p> <p style="text-align: center;">$R_o = 2,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$</p>

одним из контрольных ориентиров. Поэтому проверка теплозащитной оболочки здания по комплексному требованию является технически целесообразной мерой, особенно на стадии предпроектной подготовки, с целью технико-экономического обоснования вариантов проектного решения. Для поиска наиболее эффективного конструктивного решения рассмотрены следующие варианты повышения теплозащиты оболочки здания:

- вариант 1 – без дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций (базовый вариант);
- вариант 2 – установка энергоэффективных конструкций окон и балконных дверей;
- вариант 3 – к мероприятиям варианта 2 добавляется теплоизоляция наружных стен;
- вариант 4 – выполняются мероприятия варианта 3, а также проводится теплоизоляция совмещенного покрытия;

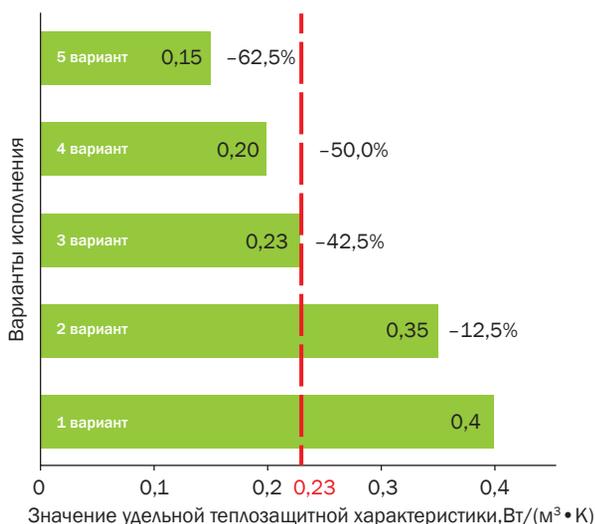


Рис. 5. Удельная теплозащитная характеристика здания по вариантам расчета

■ вариант 5 – теплоизоляция всей оболочки здания, то есть внедряются мероприятия варианта 4 и проводится теплоизоляция перекрытия над неотапливаемым подвалом.

Результаты расчета удельной теплозащитной характеристики по всем пяти вариантам приведены на рис. 5. Нормируемое значение этой характеристики [$k_{от}^н = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$] показано пунктирной линией. Как видно (рис. 5), максимальное значение удельной теплозащитной характеристики [$k_{от}^{макс} = 0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$] отмечается по базовому варианту, то есть без дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций. До капитального ремонта комплексное требование теплозащиты здания согласно СП 50.13330 не обеспечено. Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики здания превышает нормируемое значение на 74%. Замена окон и балконных дверей на более энергоэффективные конструкции (вариант 2) приводит к снижению удельной теплозащитной характеристики здания на 12,5% по сравнению с базовым вариантом 1, однако в этом случае комплексное требование теплозащиты здания также не обеспечено.

Выполнение энергоэффективных мероприятий по варианту 3 способствует значительному снижению удельной теплозащитной характеристики здания – на 42,5% по сравнению с базовым вариантом, что удовлетворяет комплексному требованию теплозащиты. Наиболее эффективное конструктивное решение обеспечивается при теплоизоляции всей оболочки здания.

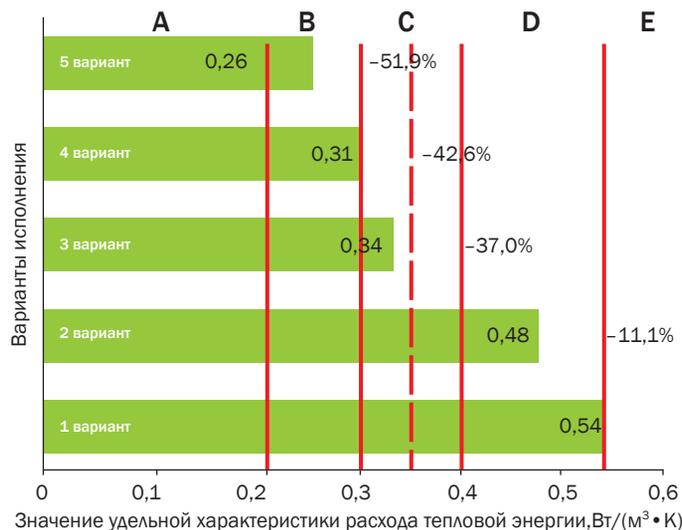


Рис. 6. Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (классы энергосбережения: А – очень высокий; В – высокий; С – нормальный; D – пониженный; Е – низкий; подклассы условно не показаны)

Оценка энергоэффективности

Согласно СП 50.13330.2012 на основе удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания выполнена оценка энергоэффективности (рис. 6). Нормируемое значение этой характеристики [$q_{от}^н = 0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$] показано пунктирной линией (рис. 6), а сплошными линиями – границы классов энергосбережения. Удельная характеристика расхода тепловой энергии определена с учетом следующих расчетных показателей:

- до капитального ремонта здания общий коэффициент теплопередачи оболочки равен $1,11 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- после капитального ремонта общий коэффициент теплопередачи оболочки равен $0,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период равна $0,62 \text{ ч}^{-1}$. Удельная мощность бытовых тепловыделений в здании принята равной $17 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

По результатам расчета установлено, что до капитального ремонта расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания превышает нормируемое значение на 50%. Проект здания не соответствует нормативному требованию СП 50.13330.2012. Класс энергосбережения – D (пониженный). Замена окон и балконных дверей на более энергоэффективные конструкции (вариант 2) не приводит к повышению класса энергосбережения.

В то же время применение энергоэффективных светопрозрачных конструкций в сочетании с дополнительной теплоизоляцией наружных стен (вариант 3) способствует



Рис. 7. Сравнение удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, кВт·ч/(м³·год), в России и Финляндии

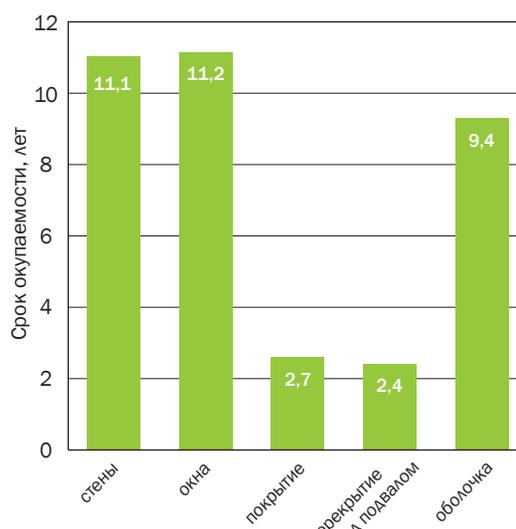


Рис. 8. Прогнозируемый срок окупаемости энергосберегающих мероприятий

переходу в более высокий класс энергоэффективности С, что соответствует нормативному требованию. Повышение уровня теплозащиты всех ограждающих конструкций приводит к снижению удельной характеристики расхода на 51,9% по сравнению с базовым вариантом и повышению класса энергосбережения до уровня В (высокий).

Таким образом, теплоизоляция всей оболочки способствует снижению расчетного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию до высоких нормативных требований к тепловой защите зданий.

Для сравнения полученных результатов с данными европейских стран (на примере Финляндии [9]) выполнен пересчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на удельный расход тепловой энергии, отнесенный к отапливаемому объему, по стандартной методике. Результаты сравнения (рис. 7) показывают, что уровень потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания после проведения энергоэффективного капитального ремонта соответствует стандарту низкоэнергосберегающего европейского здания.

Результаты технико-экономического расчета подтверждают целесообразность теплоизоляции всей оболочки здания (рис. 8). В этом случае прогнозируемый срок окупаемости энергосберегающих мероприятий составляет 9–10 лет.

По результатам выполненных научных исследований показана необходимость проведения капитального ремонта многоквартирных жилых зданий типовой серии 1–447с-37 на основе повышения уровня теплоизоляции оболочки.

Литература

1. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М. : АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.
2. Ватин Н. И., Горшков А. С., Немова Д. В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8).
3. Gumerova E., Gamayunova O., Meshcheryakova T. Energy Efficiency Upgrading of Enclosing Structures of Mass Housing of the Soviet Union. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. No. 692.
4. Borodinets A., Zemitis J., Sorokins J., Baranova D.V., Sovetnikov D.O. Renovation need for apartment buildings in Latvia. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 68(8).
5. Statsenko E., Ostrovaia A., Musorina T., Sergievskaya N. Thermal Properties of the Building with Low Energy Consumption (LEB). *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. No. 692.
6. Корниенко С. В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплотерь в краевых зонах ограждающих конструкций. Волгоград : ВолГАСУ / С. В. Корниенко; М-во образования и науки Российской Федерации, Волгоградский гос. архитектурно-строит. ун-т. Волгоград, 2011.
7. Корниенко С. В. Термореновация жилых зданий первых массовых серий // Энергосбережение. 2018. № 5.
8. Kauskale L., Geipele I., Zeltins N., Lecis I. Energy Aspects of Green Buildings – International Experience. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2016. No. 53(6). Pp. 21–28.
9. Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 10. ■