

Границы термореновации жилых зданий первых массовых серий

С. В. Корниенко, профессор кафедры «Урбанистика и теория архитектуры»

Волгоградского государственного технического университета

Введение

Необходимость термореновации зданий обусловлена высоким потреблением энергии в условиях холодного российского климата. Значительная часть российского жилищного фонда была построена в эпоху индустриального домостроения. Многие здания первых массовых серий имеют высокую несущую способность и отвечают требованиям механической и пожарной безопасности. Однако уровень теплового комфорта таких зданий, построенных в 60–70-х годах прошлого века, достаточно низкий [1–4]. Потребность в тепловой энергии на отопление зданий составляет 150–200 кВт·ч/(м²·г.), что превышает нормируемое значение в 2–2,5 раза. Указанные объекты имеют низкую устойчивость среды обитания [5–7].

Снизить расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий можно, главным образом, за счет разработки и внедрения в практику современного строительства энергоэффективных конструктивных и инженерно-технических решений [8–11]. Низкий уровень энергопотребления в зданиях может быть достигнут за счет повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, внедрения энергоэффективных конструкций окон, уменьшения воздухопроницаемости оболочки (при сохранении вентиляционной нормы), пассивного использования солнечной энергии, применения системы вентиляции с рекуперацией теплоты. Современные энергосберегающие здания активно используют энергию возобновляемых источников энергии [12].

Под термореновацией здания мы понимаем комплекс ремонтно-строительных работ, направленных на восстановление и повышение теплотехнических свойств оболочки, утраченных в процессе физического и морального износа, а также внедрение эффективных инженерных систем. Актуальность данной проблемы обусловлена необходимостью повышения устойчивости среды обитания объекта в условиях отсутствия точного научно-методического аппарата по установлению границ термореновации зданий первых массовых серий.

Анализ имеющихся в литературе данных показал, что категория «Энергосбережение и энергоэффективность» имеет наибольший удельный вес в рейтинге устойчивости среды обитания (рис. 1). Поэтому главный акцент в данной работе сделан на оценке энергетической эффективности зданий.

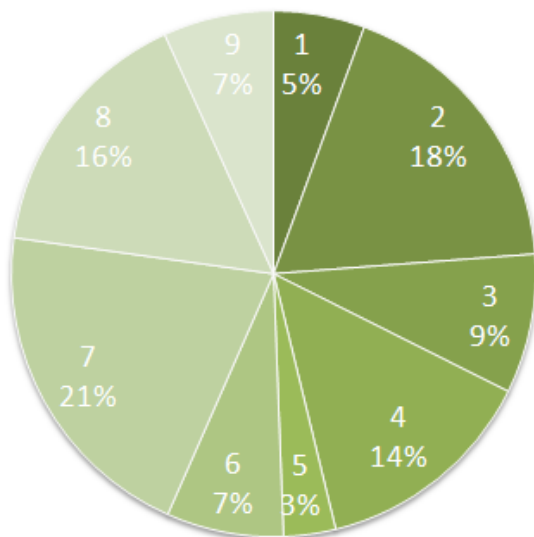


Рис. 1. Базовые категории в рейтинге устойчивости среды обитания согласно стандарту системы № RUSO 15.1–2017 (группа 1): 1 — экологический менеджмент и оптимизация проекта; 2 — инфраструктура и качество внешней среды; 3 — качество архитектуры и планировки объекта; 4 — комфорт и экология внутренней среды; 5 — качество санитарной защиты и отходы; 6 — рациональное водопотребление и регулирование ливнестоков; 7 — энергосбережение и энергоэффективность; 8 — экология создания, эксплуатации и утилизации объекта; 9 — экономическая эффективность

Целью данной работы является установление границ термореновации многоквартирных жилых зданий первых массовых серий в российских климатических условиях на основе прогнозируемого повышения уровня теплоизоляции ограждающих конструкций и совершенствования инженерных систем.

Объектом исследования является многоквартирный жилой дом, построенный по типовой серии 1-447с-37 в 1968 году в Волгограде (рис. 2, 3). Здание прямоугольной формы в плане. Количество этажей — 5, секций — 4, квартир — 90. В здании имеется неотапливаемый подвал, чердак отсутствует.



Рис. 2. Общий вид здания серии 1-447с-37

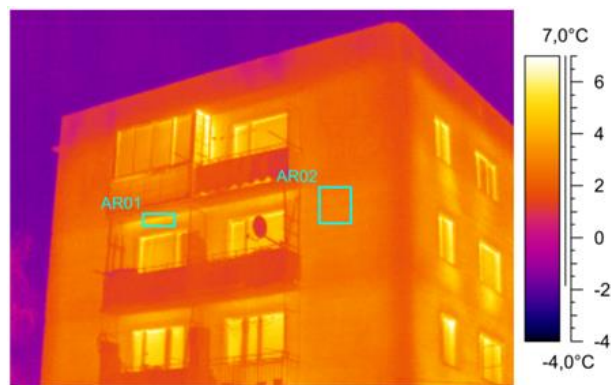


Рис. 3. Термограмма фрагмента торцевого

фасада здания

Конструктивная система здания — бескаркасная, с продольными несущими стенами. Пространственная жесткость здания обеспечивается продольными несущими стенами, поперечными стенами-диафрагмами, а также дисками междуэтажных перекрытий. Фундаменты ленточные, из сборных железобетонных блоков. Наружные стены здания кирпичные толщиной 510 мм, с наружной облицовкой силикатной модульной плиткой толщиной 40 мм. Окна с двойным остеклением в отдельных деревянных переплетах (преимущественно), а также в виде стеклопакетов в ПВХ-профилях (заменены силами жильцов). Покрытие — совмещенное неветилируемое с рулонной кровлей. В здании предусмотрен наружный неорганизованный водоотвод.

Теплоснабжение здания осуществляется по тепловым сетям централизованной системы теплоснабжения. В здании имеется естественная общеобменная вентиляция.

Основные проектные характеристики здания:

- общая площадь здания — 4089 м^2 ;
- общая площадь квартир — 3817 м^2 ;
- отапливаемый объем — $11\,354 \text{ м}^3$;
- коэффициент остекленности фасадов здания — 0,24;
- показатель компактности здания — $0,36 \text{ м}^{-1}$;
- градусо-сутки отопительного периода — $3925 \text{ К}\cdot\text{сут}/\text{г}$.

Методы

Обследование технического состояния элементов строительных ограждающих конструкций объекта выполнено в холодный период года с применением отдельных положений ГОСТ 31937.

Расчет теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и теплоэнергетических показателей обследованного здания выполнен согласно российскому стандарту СП 50.13330.

Оценка уровня теплоизоляции оболочки здания выполнена на основе удельной теплозащитной характеристики здания согласно комплексному требованию СП 50.13330. Расчетное значение удельной теплозащитной характеристики здания должно быть не больше нормируемого значения.

Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания выполнен согласно обязательному Приложению Г СП 50.13330. В этом документе удельная характеристика расхода тепловой энергии отнесена к единице отапливаемого объема здания. Расчетное значение удельной характеристики расхода

тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть меньше или равно нормируемому значению.

Расчетная оценка энергетической эффективности здания выполнена на основании приказа Минстроя России № 1550 от 17.11.2017. Согласно этому приказу выполнение требований энергоэффективности проектируемых зданий обеспечивается путем достижения значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, отнесенной к единице отапливаемого объема помещений, при соблюдении санитарно-гигиенических требований к помещениям зданий.

При оценке энергоэффективности следует четко различать понятия «отапливаемый объем здания» и «отапливаемый объем помещений» (рис. 4).

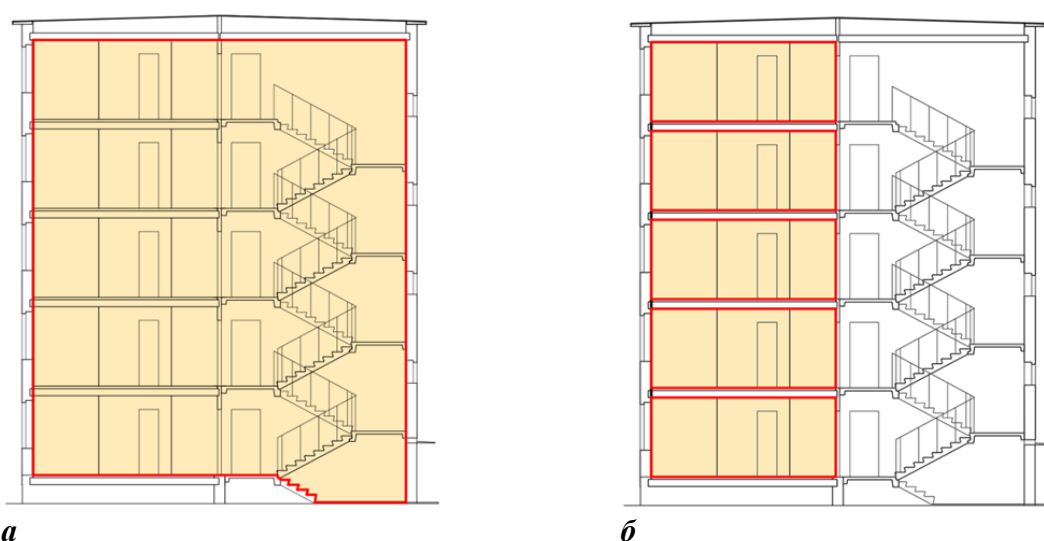


Рис. 4. Схемы к определению отапливаемого объема здания согласно СП 50.13330 (а) и отапливаемого объема помещений согласно приказу Минстроя России № 1550 (б)

Согласно СП 50.13330 отапливаемый объем здания ограничен внутренними поверхностями наружных ограждений здания (рис. 4, а), т. е. всем теплозащитным контуром здания. В этом случае теплозащитная оболочка здания является замкнутой. В отапливаемый объем здания включаются все отапливаемые помещения, а также внутренние строительные конструкции. Согласно приказу Минстроя России № 1550 отапливаемый объем помещений определяется в границах помещений квартир (рис. 4, б). Следовательно, к отапливаемому объему помещений относится объем, формируемый помещениями квартир и полезной площадью нежилых помещений многоквартирного дома. Таким образом, указанные характеристики определяются в разных границах и потому дают различные результаты расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии. Определение отапливаемого объема здания и помещений — различные целевые задачи.

Для оценки энергоэффективности объекта дополнительно использованы основные положения рейтинговой системы устойчивости среды обитания согласно стандарту № RUSO 15.1–2017.

Результаты и обсуждение

По результатам тепловизионного контроля были выявлены многочисленные температурные аномалии и теплотехнические дефекты оболочки здания (рис. 3). Определены элементы ограждающих конструкций с пониженной температурой внутренней поверхности. На некоторых из них возможна конденсация влаги при расчетной температуре холодного периода года.

Повышенные перепады температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности стен косвенно характеризуют высокие значения тепловых потоков через ограждающие конструкции. По результатам наружного термографирования оболочки выявлены повышенные тепловые потери через стены, особенно на участках размещения отопительных приборов в нишах стен. Наиболее слабым с теплотехнической точки зрения элементом являются окна и балконные двери. Тепловизионный контроль показал в целом низкий уровень теплоизоляции ограждающих конструкций, что не соответствует минимально допустимым требованиям российского стандарта СП 50.13330.2012 исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий.

Наряду с теплотехническими дефектами были установлены строительно-эксплуатационные дефекты ограждающих конструкций (рис. 5):

- полный физический износ (деструкция) утепляющих слоев крыши из керамзита и ячеистого бетона, основания под кровлю и самой кровли (рис. 5, а), что требует их замену при термореновации;
- наличие следов влаги на различных участках кровли (рис. 5, б) ввиду необеспечения в процессе текущих ремонтов требуемых уклонов кровли;
- разрушение в зоне примыкания отмостки к цоколю (рис. 5, в), что способствует увлажнению строительных ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, и проникновению влаги в помещения подвала;
- отсутствие эффективной теплоизоляции в наружных ограждающих конструкциях (рис. 5, г).



а



б



в



г

Рис. 5. Строительно-эксплуатационные дефекты ограждающих конструкций: а — деструкция элементов покрытия; б — обеспечение требуемых уклонов кровли; в — разрушение в зоне примыкания отмостки к цоколю; г — неутепленные конструкции подвала

Выявленные строительно-эксплуатационные и теплотехнические дефекты являются основным фактором, снижающим безопасность здания, и диктуют необходимость восстановления и улучшения эксплуатационных свойств наружных ограждающих конструкций.

По результатам теплотехнического 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, совмещенного покрытия — 180 мм, перекрытия над неотапливаемым подвалом — 80 мм. Коэффициент теплопередачи окон и балконных дверей — 1,23 Вт/(м²·К), что достигается применением энергоэффективных конструкций стеклопакетов, имеющих стекло с низкоэмиссионным мягким покрытием и заполнение криптоном. 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 термореновации здания.

Для поиска наиболее эффективного конструктивного решения рассмотрены следующие варианты повышения теплозащиты оболочки здания:

- 1 — без дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций (базовый вариант);
- 2 — установка энергоэффективных конструкций окон и балконных дверей;
- 3 — к мероприятиям варианта 2 добавляется теплоизоляция наружных стен;
- 4 — выполняются мероприятия варианта 3, а также проводится теплоизоляция совмещенного покрытия;
- 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. 6. Нормируемое значение этой характеристики, равное $0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, показано пунктирной линией.

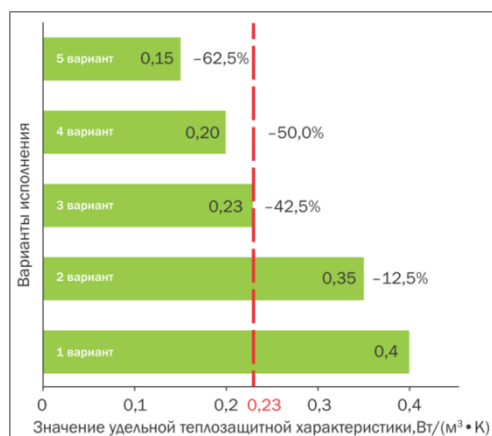


Рис. 6. Удельная теплозащитная характеристика здания по вариантам расчета

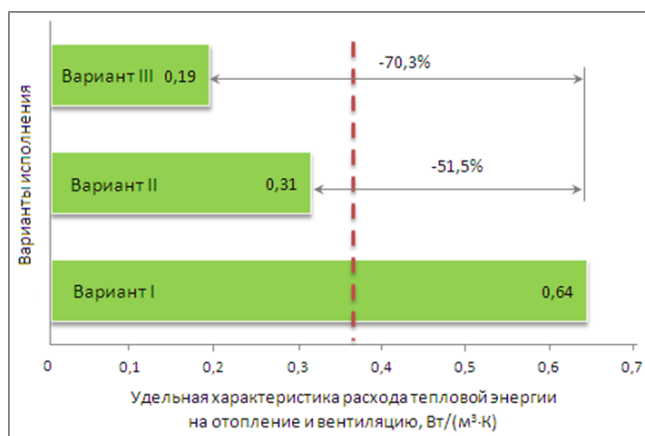


Рис. 7. Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

Как видно (рис. 6), максимальное значение удельной теплозащитной характеристики, равное $0,40 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, отмечается по базовому варианту, то есть без дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций. До термореновации 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.

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

При оценке энергоэффективности рассмотрены следующие варианты исполнения оболочки здания и инженерных систем:

I — без термореновации оболочки здания и инженерных систем;

II — с термореновацией оболочки здания, но без термореновации инженерных систем;

III — с термореновацией оболочки здания и инженерных систем (с авторегулированием подачи теплоты на вводе).

Результаты расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии представлены на рис. 7. Пунктирной линией показано нормируемое значение этой характеристики, равное $0,36 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$.

Рис. 7 показывает, что до термореновации расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии превышает нормируемое значение на 78%. Проект здания не соответствует нормативному требованию приказа Минстроя России № 1550. Термореновация оболочки здания приводит к снижению удельной характеристики расхода тепловой энергии на 52% по сравнению с базовым вариантом. Наиболее высокая энергоэффективность достигается при термореновации оболочки здания и инженерных систем.

Полученный результат качественно подтверждается расчетом по стандарту № RUSO 15.1–2017. Суммарное снижение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания (по сравнению с нормируемым значением) составляет 47%, что обеспечивает высокий балл в категории «Энергосбережение и энергоэффективность».

Таким образом, термореновация многоквартирных жилых зданий первых массовых серий актуальна и перспективна в условиях холодного российского климата.

Заключение

Показана необходимость проведения термореновации многоквартирных жилых зданий первых массовых серий. Определены расчетные теплотехнические показатели ограждающих конструкций реконструируемых зданий типовой серии 1-447с-37 в Волгограде. Толщина теплоизоляции внешней стены составляет 150 мм, совмещенного покрытия — 180 мм, перекрытия над неотапливаемым подвалом — 80 мм. Коэффициент теплопередачи окон и балконных дверей — $1,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, что достигается применением энергоэффективных конструкций стеклопакетов, имеющих стекло с низкоэмиссионным мягким покрытием и заполнение криптоном. Требуемая толщина теплоизоляции ограждающих конструкций должна быть вычислена применительно к каждому региону энергоэффективного строительства. Результаты расчета подтверждают принципиальную возможность достижения высоких требований по тепловой защите и энергосбережению в холодном климате России. Наиболее высокие энергетические показатели можно обеспечить только при теплоизоляции всей оболочки здания и применении высокоэффективных инженерных систем с автоматическим регулированием, что обеспечивает снижение затрат тепловой энергии на отопление и вентиляцию на 70%.

Литература

1. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ИРЕСС, 2003. 200 с.
2. Hamid A. A., Farsäter K., Wahlström A., Wallentén P. Literature review on renovation of multifamily buildings in temperate climate conditions. *Energy and Buildings*. 2018. No. 172. Pp. 414–431.
3. Dotzler C., Botzler S., Kierdorf D., Lang W. Methods for optimising energy efficiency and renovation processes of complex public properties. *Energy and Buildings*. 2018. No. 164. Pp. 254–265.
4. Grøn Bjerneboe M., Svendsen S., Heller A. Evaluation of the renovation of a Danish single-family house based on measurements. *Energy and Buildings*. 2017. No. 150. Pp. 189–199.
5. Корниенко С. В. Термореновация жилых зданий первых массовых серий // *Энергосбережение*. 2018. № 5. С. 24–30.
6. Корниенко С. В. Энергоэффективный капитальный ремонт жилых зданий первых массовых серий // *Энергосбережение*. 2018. № 6. С. 12–19.
7. Корниенко С. В., Попова Е. Д. Повышение устойчивости среды обитания в жилой

застройке // Энергосбережение. 2018. № 7. С. 38–51.

8. Colinart T., Bendouma M., Glouannec P. Building renovation with prefabricated ventilated façade element: A case study. *Energy and Buildings*. 2019. No. 186. Pp. 221–229.
9. Fotopoulou A., Semprini G., Cattani E., Schihin Y., Ferrante A. Deep renovation in existing residential buildings through façade additions: A case study in a typical residential building of the 70s. *Energy and Buildings*. 2018. No. 166. Pp. 258–270.
10. 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.
11. Korniyenko S. V. The experimental analysis and calculative assessment of building energy efficiency. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. No. 618. Pp. 509–513.
12. Borodinecs 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). Pp. 58–64.