



ЗАВИСИМОСТЬ ПРЕДЕЛЬНОЙ СТОИМОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПОЛНЕНИЙ СВЕТОПРОЕМОВ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА

О. Д. Самарин, доцент, канд. техн. наук, Н. Н. Зайцев, аспирант (МГСУ)

Проанализируем характер изменения зависимости предельной стоимости теплоизоляционного материала в конструкциях жилых зданий массовой застройки от градусо-суток отопительного периода ГСОП и их влияние на срок окупаемости комплекса энергосберегающих мероприятий.

Вычисления проводились для 12 зданий в соответствии с современными типовыми и индивидуальными проектами с учетом их конструктивных характеристик в климатических условиях 20 городов, расположенных в различных районах РФ, с расчетной температурой наружного воздуха $t_{нв}$ от -3°C (Сочи) до -42°C (Тында). Данные по городам принимались в соответствии с [1]. Стоимость теплоизоляционного материала принималась по среднерыночным данным на середину 2008 года, а затраты на осуществление работ по утеплению — в размере 120 руб/м². Удельная стоимость замены остекления $\Delta C_{ок}$ в расчете на удвоение сопротивления теплопередаче учитывалась на уровне 400, 1200 и 2400 руб/м².

В процессе анализа сравнивались два варианта реализации мероприятий по энергосбережению: в соответствии с требованиями [2] и с методикой общественного Стандарта РНТО строителей [3]. Отличие заключается в том, что во 2-м варианте теплозащита несветопрозрачных ограждений меньше, чем в 1-м, так как документ [3] устанавливает ее уровень в экономически обоснованных пределах. Как правило, при современном соотношении стоимости теплоизоляционных материалов и работ по утеплению сопротивление теплопередаче таких ограждений в зависимости от климатических условий будет на 8-40% ниже [4], чем по требованию [1]. Наоборот, у светопрозрачных конструкций мы принимаем более высокий уровень теплозащиты — вплоть до 0.8 м²·К/Вт и даже выше. Установка автоматических терморегуляторов для учета бытовых теплоступлений и от солнечной

радиации предусматриваются в обоих вариантах, поэтому из сопоставления они исключаются. Кроме того, документ [1] не предполагает учета энергопотребления на горячее водоснабжение и, соответственно, каких-либо мероприятий в этом отношении. Поэтому во 2-м варианте мы рассматриваем простейшие решения по снижению расхода воды в системе ГВС за счет поквартирного автоматического контроля и учета потребления теплоты, снижения энергопотребления; установки смесителей с левым краном горячей воды и кранов с регулируемым напором воды.

В силу изложенного под предельной стоимостью утеплителя здесь понимается такой ее уровень, при котором экономия на теплоизоляционном материале за счет снижения теплозащиты во 2-м варианте не превышает дополнительных расходов на замену остекления. Для обоих вариантов были проведены расчеты энергопотребления и дополнительных затрат на реализацию комплекса энергосберегающих мероприятий в зависимости от конструктивных параметров зданий, стоимости материалов и работ и ГСОП с использованием специально разработанной программы для ЭВМ на языке Fortran-6.6 фирмы Compaq. Более подробно постановка такой задачи и алгоритм ее решения в простейшем варианте приведен в работе [5].

По результатам данных расчетов были вычислены значения дисконтированного срока окупаемости $T_{ок}$, лет, комплекса мероприятий, использованных во 2-ом варианте, по сравнению с 1-ым. Норма дисконта была принята равной 10% годовых, по рекомендациям [6] в соответствии с предполагаемой ставкой рефинансирования ЦБ РФ на ближайшую перспективу. Корреляционная зависимость осредненной по всем объектам величины $T_{ок}$ от ГСОП при различных значениях стоимости тепловой изоляции $C_{ит}$, руб/м², для всех рассматриваемых объектов приведена на рис.1, рис.2, рис.3 при разном уровне $\Delta C_{ок}$. Если $T_{ок}$ оказывается отрицательным, фи-

зически это означает, что в данном случае имеет место абсолютная окупаемость, т. е. совокупность инженерных решений, предусмотренная во 2-м варианте, позволяет снизить по сравнению с 1-м не только годовые расходы на теплоту, но и единовременные капитальные затраты.

Из графиков видно, что чем больше ГСОП, тем меньше $T_{ок}$ у данной серии проектов, но при больших значениях удельной стоимости замены остекления срок окупаемости растет. Иначе говоря, чем севернее район, тем целесообразнее использование рассматриваемого комплекса энергосберегающих мероприятий. В то же время при снижении ГСОП начиная с некоторого момента срок окупаемости резко возрастает и стремится к бесконечности. Физически это означает, что при использованной норме дисконта годовая экономия на затратах теплоты во 2-м варианте по сравнению с 1-м оказывается меньше, чем упущенная прибыль, которую можно было бы получить, если бы сумма, равная дополнительным капитальным вложениям, была бы вместо инвестиций в энергосбережение помещена в банк под проценты. Нетрудно заметить, что данная ситуация будет тем вероятнее, чем выше расходы на замену остекления и чем меньше ГСОП, потому что тогда сокращается разница в энергозатратах между вариантами и увеличивается превышение стоимости замены окон над экономией на теплоизоляции.

Повышение стоимости теплоизоляционного материала приводит к сокращению $T_{ок}$, так как при одной и той же разнице объема теплоизоляции в конструкциях зданий возрастает разность ее общей стоимости в пользу 2-го варианта (т. е. во 2-м варианте она меньше). В самом деле, дополнительные капитальные затраты во 2-м варианте складываются из экономии на утеплителе и расходов на замену окон, причем абсолютные значения обеих составляющих увеличиваются с ростом ГСОП [5], но с разной скоростью: экономия на утепли-



теле растет быстрее. Поэтому существует некоторое значение ГСОП, при котором сумма этих компонентов, а значит, и $T_{ок}$, оказывается равной нулю. В этом случае величина $C_{ти}$ и будет являться предельной для данных ГСОП и $\Delta C_{ок}$.

График соответствующей зависимости приведен на рис.4. Нетрудно заметить, что чем значительнее уровень $\Delta C_{ок}$, тем предельная стоимость теплоизоляционного материала у данной серии проектов в самом деле выше. В то же время с увеличением ГСОП наблюдается обратное соотношение.

Это связано с тем, что в районах с более суровым климатом выше разница между вариантами в сопротивлениях теплопередаче несветопрозрачных ограждений и, соответственно, больше снижение объема тепловой изоляции во 2-м варианте по сравнению с 1-м [5]. Следовательно, одна и та же экономия на дополнительном утеплении, в рассматриваемом предельном случае, равная по абсолютной величине расходам на замену остекления, достигается при меньшей стоимости теплоизоляционного материала.

При значительной разности в стоимости остекления прибавка капитальных затрат во 2-м варианте за счет использования дорогих заполнений светопроемов будет больше, чем снижение расходов на дополнительную теплоизоляцию, и общие капитальные затраты во 2-м варианте оказываются выше, чем в 1-м. В то же время эксплуатационные затраты во 2-м варианте в условиях применения рассматриваемого комплекса энергосберегающих мероприятий всегда меньше, так как теплотери через окна, теплотраты на подогрев инфильтрационного воздуха, а также нагрузка ГВС при этом снижаются в большей степени, чем возрастают теплотери через несветопрозрачные конструкции. Причем эта разница в северных районах будет более существенной, хотя она увеличивается в целом медленнее, чем параметр ГСОП [5].

Поэтому для сохранения желательного срока окупаемости принятой совокупности инженерных решений при изменении затрат на один из элементов этого комплекса расходы на остальные элементы должны варьироваться в том же соотношении. Конечно, можно обеспечить необходимые приращения капитальных затрат так, что расходы на

Рис. 1. Корреляционная зависимость $T_{ок}$ от ГСОП при $\Delta C_{ок} = 400$ руб/м²

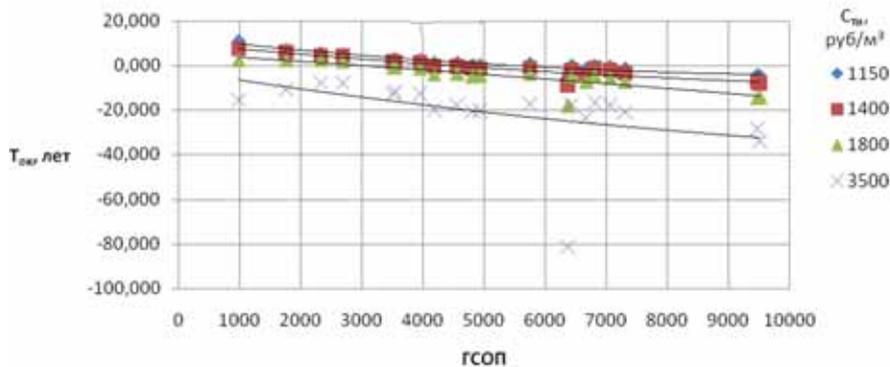


Рис. 2. Корреляционная зависимость $T_{ок}$ от ГСОП при $\Delta C_{ок} = 1200$ руб/м²

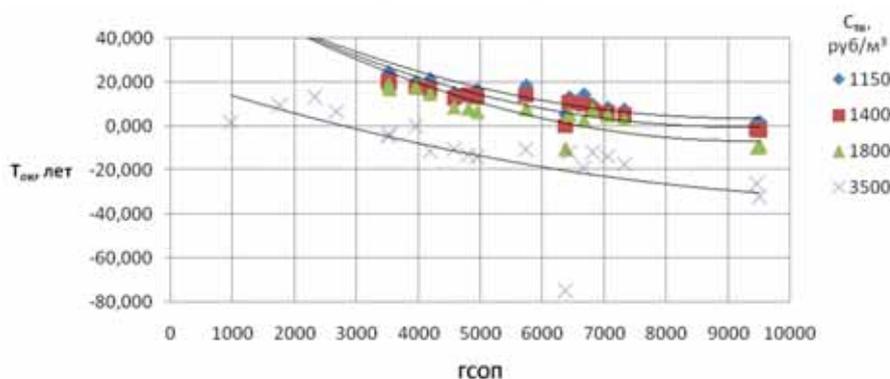


Рис. 3. Корреляционная зависимость $T_{ок}$ от ГСОП при $\Delta C_{ок} = 2400$ руб/м²

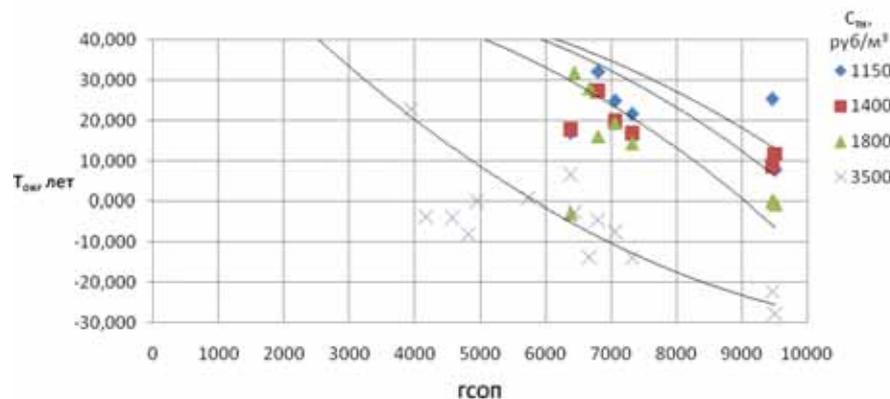


Рис. 4. Корреляционная зависимость $C_{ти}$ от $\Delta C_{ок}$

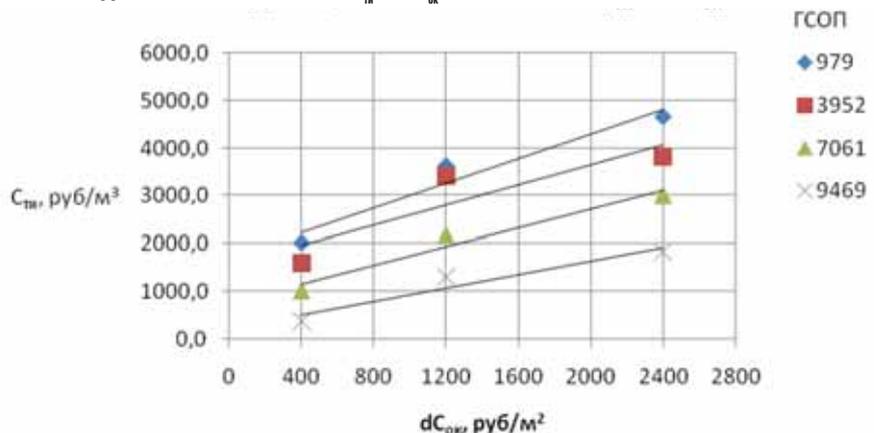
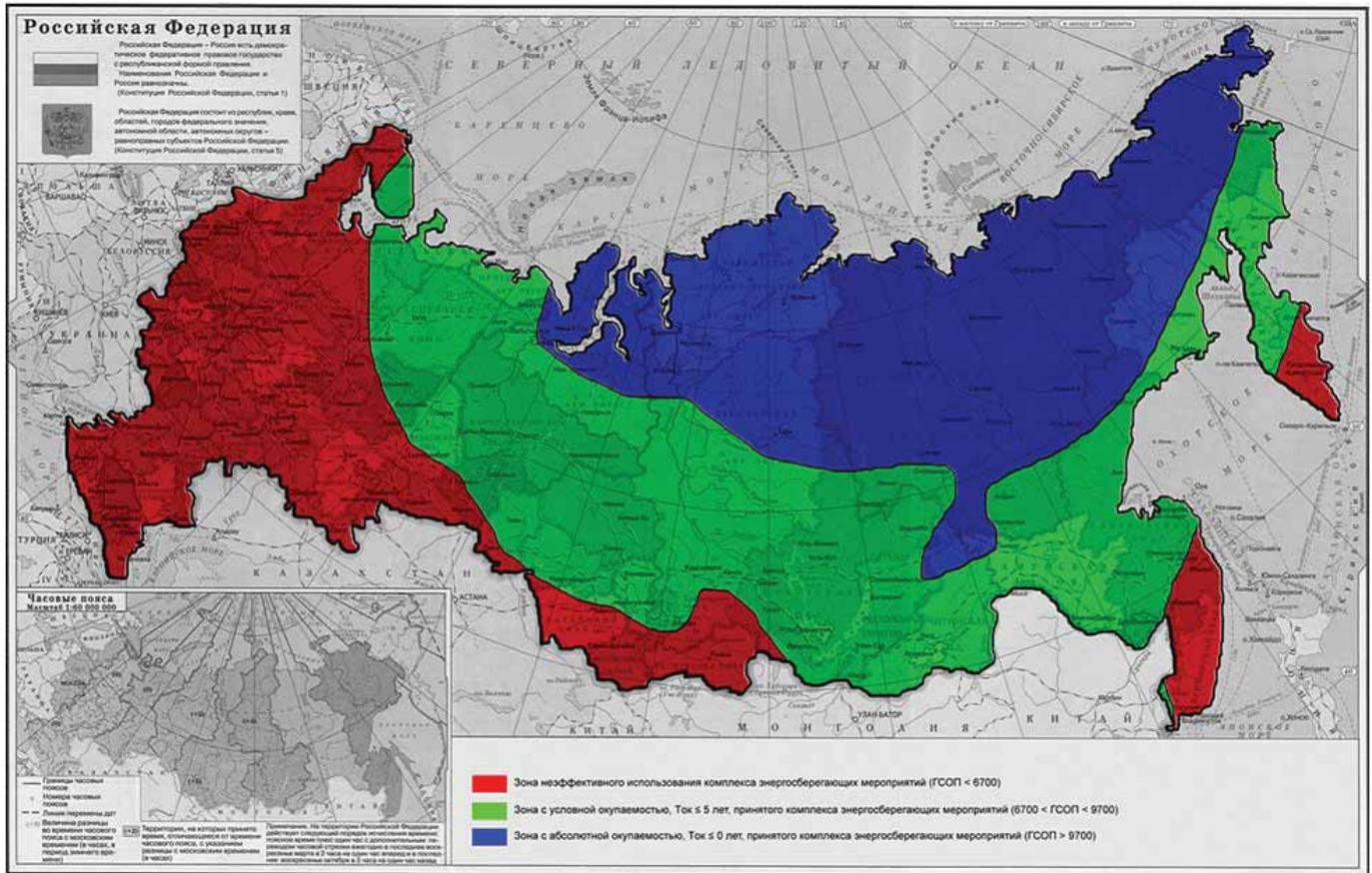


Рис. 5. Зоны территории РФ с различной окупаемостью принятого комплекса энергосберегающих мероприятий при $\Delta C_{ок} = 1200$ руб/м²


теплоизоляцию и на замену остекления увеличиваются с разной скоростью. Но в этом случае практически невозможно, оставаясь в рамках заданного приращеня затрат, подобрать теплоизоляцию и остекление таким образом, чтобы обеспечить их требуемые теплотехнические показатели, в первую очередь, их сопротивления теплопередаче, поскольку между уровнем теплозащиты остекления и его удельной стоимостью в современных условиях существует непосредственная зависимость, которую в первом приближении мы приняли прямо пропорциональной.

На рис.5 для наглядности представлена карта территории РФ, на которой обозначены зоны различных значений срока окупаемости $T_{ок}$ при средней стоимости теплоизоляционного материала $C_{ти} = 1400$ руб/м³ и характерном уровне $\Delta C_{ок} = 1200$ руб/м². Положение изолиний на карте получается, исходя из анализа графиков на рис.2 и распределения уровня ГСОП по данным [1].

Хорошо видно, что можно выделить три основные зоны окупаемости. Для пер-

вой $T_{ок} < 0$ — это область абсолютной окупаемости, включающая северные и северо-восточные регионы России (на рис.5 выделена синим цветом). Для второй $0 < T_{ок} < 5$ лет, т.е. это районы, где рассматриваемый комплекс инженерных решений является малозатратным и быстроокупаемым. Легко видеть, что они занимают значительную часть нашей страны, кроме крайних западных и юго-западных территорий, расположенных в основном в Европейской части РФ (на рис.5 выделена зеленым). В третьей зоне $T_{ок} > 5$ лет (выделена красным). При увеличении $C_{ти}$ и $\Delta C_{ок}$ границы зон смещаются в противоположные стороны — соответственно в область более низких и более высоких ГСОП, при уменьшении — в обратном направлении.

Таким образом, мы получили зависимость предельной стоимости теплоизоляции от климатических параметров районов строительства и расходов на замену остекления. Знание этой связи позволит более обоснованно принимать решения по энергосбережению в таких объектах.

Литература:

1. СНиП 23-01-99* «Строительная климатология». — М.: ГУП ЦПП, 2004.
2. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». — М.: ГУП ЦПП, 2003.
3. СТО 17532043-001-2005. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий. Стандарт общественной организации — РНТО строителей. М.: ГУП ЦПП, 2006.
4. О.Д. Самарин. Теплофизические и технико-экономические основы теплотехнической безопасности и энергосбережения в здании. — М.: МГСУ — Тисо-принт, 2007, 160 с.
5. О.Д. Самарин, Н.Н. Зайцев. Влияние климатических параметров района строительства на эффективность энергосберегающих мероприятий в жилых зданиях. //Монтажные и специальные работы в строительстве, 2009, №2, с.11-14.
6. А.Н. Дмитриев, Ю.А. Табунчиков, И.Н. Ковалев, Н.В. Шилкин. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2005, 120 с.