

*Д.В. Кузьменко, Е.Н. Жмарин*  
г. Санкт-Петербург, СПбГПУ, ООО «БалтПрофиль»

## **ОГРАЖДАЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ - ТЕРМОПАНЕЛЬ, КАК ЭЛЕМЕНТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗДАНИЯ, ОТВЕЧАЮЩЕГО ЦЕЛЯМ МИНИМИЗАЦИИ РАСХОДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ.**

В последнее время энерго- и ресурсосбережение является задачей мирового масштаба. Расход невозобновляемых видов сырья повышается, вследствие этого проблема энергосбережения становится все более актуальной и неразрывно связанной с проблемой экологии. Актуальность работы определяется необходимостью исследования энергосберегающих решений в области строительства и определение экономической эффективности их применения. Необходимо разработать современные ограждающие термопанели на базе термопрофилей и эффективного утеплителя.

Основным путем экономии энергии в строительстве является возведение зданий с эффективным использованием энергии – это такое здание, в котором предусмотрены оптимальные на перспективу инженерные методы и средства по эффективному использованию и экономии энергии.

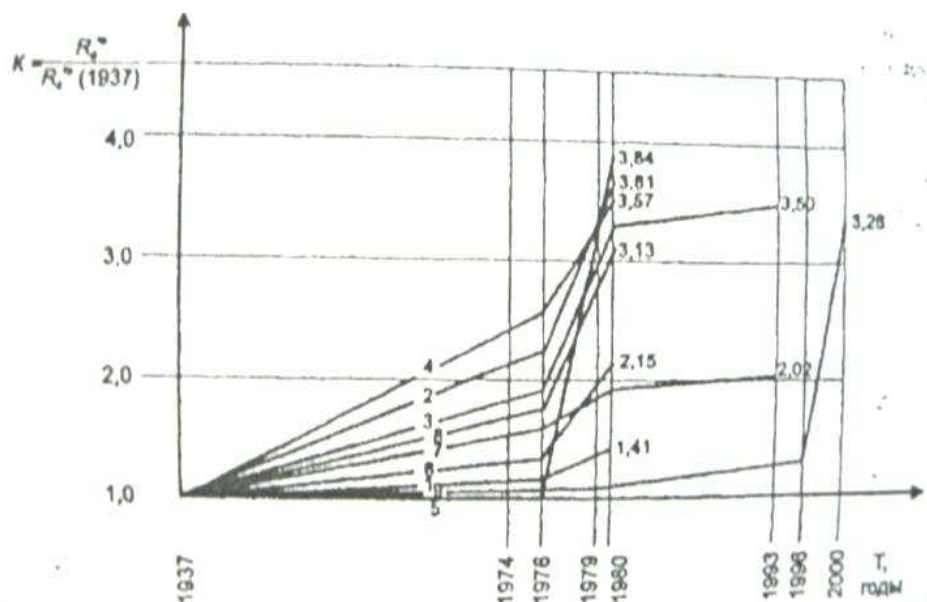
Прежде всего, необходимо стремиться, чтобы здание, его теплозащитные свойства были бы в энергетическом отношении наилучшими. Нет смысла бороться за эффективное использование энергии на отопление в здании, которое имеет недостаточную теплозащиту, плохо герметизировано. Расчеты и опыт эксплуатации показывают, что выгоднее дополнительно утеплить и герметизировать здание, чем пытаться в плохо защищенном здании достичь такого же результата за счет совершенствования эффективности только инженерных систем. Есть такое выражение, что самой дешевой является энергия, которую не надо расходовать.

В 1954 году правительством страны принято решение - обеспечить население страны благоустроенным жильем. Во внедрении этих решениях были заложены принципиальные недостатки: массовое строительство тонкостенных жилых зданий; неразвитость и второстепенность инженерных систем и приборов контроля ЖКХ. С 1 января 1955 г. в стране были введены СНиПы, которые разделили методики расчета тепловых потерь элементов конструкции здания и параметров вентиляции помещения (температура внутреннего воздуха и кратность воздухообмена). Уровень теплозащиты зданий, предусмотренный СНиП 1955 г., допускал в периоды наиболее низких температур 100% тепловые потери с наружных стен здания, то есть нулевое энергосбережение. И это в масштабах всей страны!

Энергопотребление в жилых зданиях на единицу градусосуток в разных городах России в 1,9 раза больше, чем в США, и в 2,5 раза больше, чем в Швеции. [12]. Добавим, что в России на жителя приходится два погонных метра труб систем отопления и горячего водоснабжения («батарея отопления в квартире и еще одна, вроде запасной, - на улице»).

Одно из направлений энергосбережения - повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов потребителями. На что расходуется тепловая энергия, вырабатываемая отопительными системами? Очевидно, на компенсацию потерь тепла через ограждающие конструкции. Но не только на это. Не меньше тепла может уносить отработанный воздух при вентиляции помещений, если конечно обеспечены санитарные нормы по воздухообмену. Поэтому, совершенствование ограждающих систем – не единственное направление обеспечения энергоэффективности здания.

За рубежом улучшение теплозащиты эксплуатируемых зданий возникло как следствие кризиса 70х годов. Это было связано с большим потреблением энергоресурсов, идущих на отопление зданий, что составляло в некоторых странах до 50% общей расходуемой энергии. Данные обстоятельства привели к тому, что в большинстве зарубежных стран с 1976г. нормируемые величины теплозащиты конструкций увеличились в 2-3,5 раза (рис.1)



**Динамика изменения сопротивления теплопередаче в различные периоды в различных странах : 1 - Дания (tн=-15 0С); 2 - Франция (tн=-15 0С); 3 - Германия (tн=-18 0С); 4 - Нидерланды (tн=-17 0С); 5 - Италия (tн=-10 0С); 6 - Норвегия (tн=-35 0С); 7 - Швеция (tн=-30 0С); 8 - Великобритания (tн=-19 0С); 9 - Россия (tн=-26 0С, для Санкт-Петербурга).**

В нашей стране уровень тепловой защиты здания наружными стенами оставался почти без изменений до 1994 года. Минстрой России постановлением № 18-81 от 11 августа 1995 г., утвердил и ввел в действие

с 1 сентября 1995 г. «Изменение №3 СНиП П-3-79 «Строительная теплотехника», требующего существенного повышения уровня теплозащиты новых и реконструируемых зданий путем увеличения сопротивления теплопередачи в 2-3,5 раза, что позволяет снизить теплопотребление в зданиях на 20...30%. На рисунке 2 показан результат введения изменений СНиП. Данные изменения в СНиП привели к необходимости совершенно новых подходов в конструировании, технологии изготовления и монтажа ограждающих конструкций.

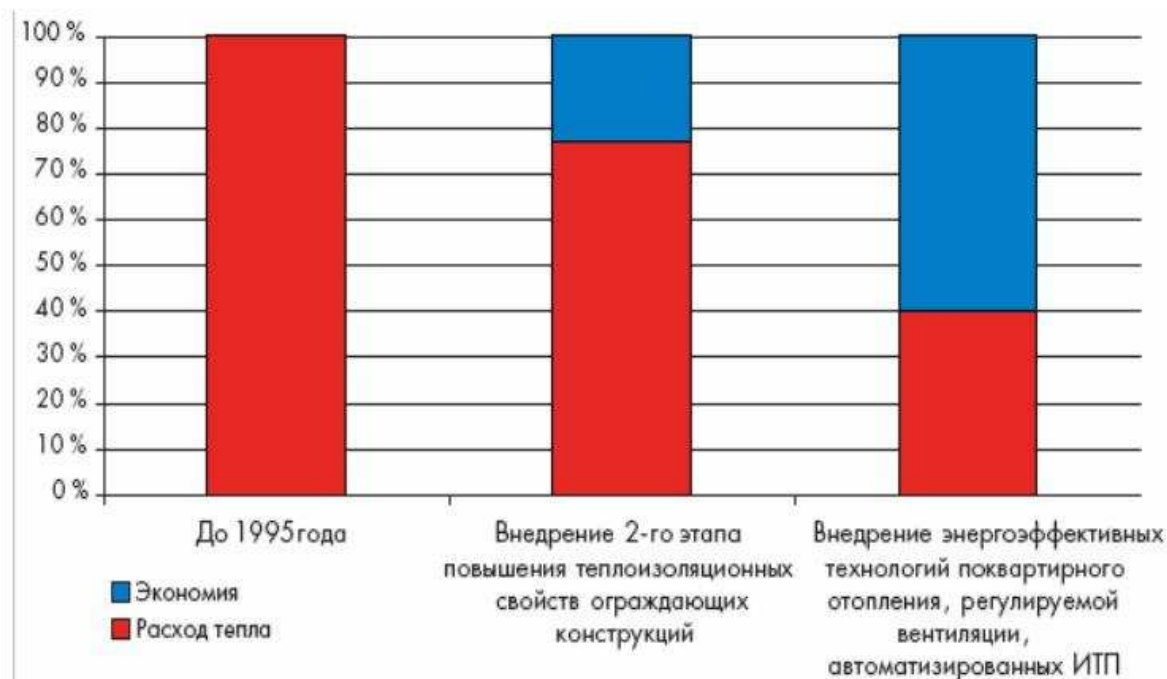


Рисунок 2. Результат введения изменений СНиП

За последние годы в нашей стране существенно изменились архитектурно-конструктивные решения и технология строительства зданий, номенклатура и характеристики применяемых строительных материалов. Все это обусловило необходимость изучения конструкций и инженерных решений с учетом результатов новых теоретических и экспериментальных исследований.

Таким образом, задача построения энергоэффективного здания, как совокупности архитектурных и инженерных решений, наилучшим образом отвечающих целям минимизации расходования энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания поставлена, но не решена. Ценность энергии как стратегического сырья и как собственность будущих поколений не определена законодательным образом.

Выполненный анализ теплопотерь в среднестатистическом жилом здании методом расчетных температур, показал, что основные теплопотери приходятся на внешние стены и окна, они превосходят 85% суммарных потерь через ограждающие конструкции, без учета потерь тепла вентиляционным воздухом, с численной оценкой потерь крыши и перекрытий. Полученный результат представлен на рисунке 3.

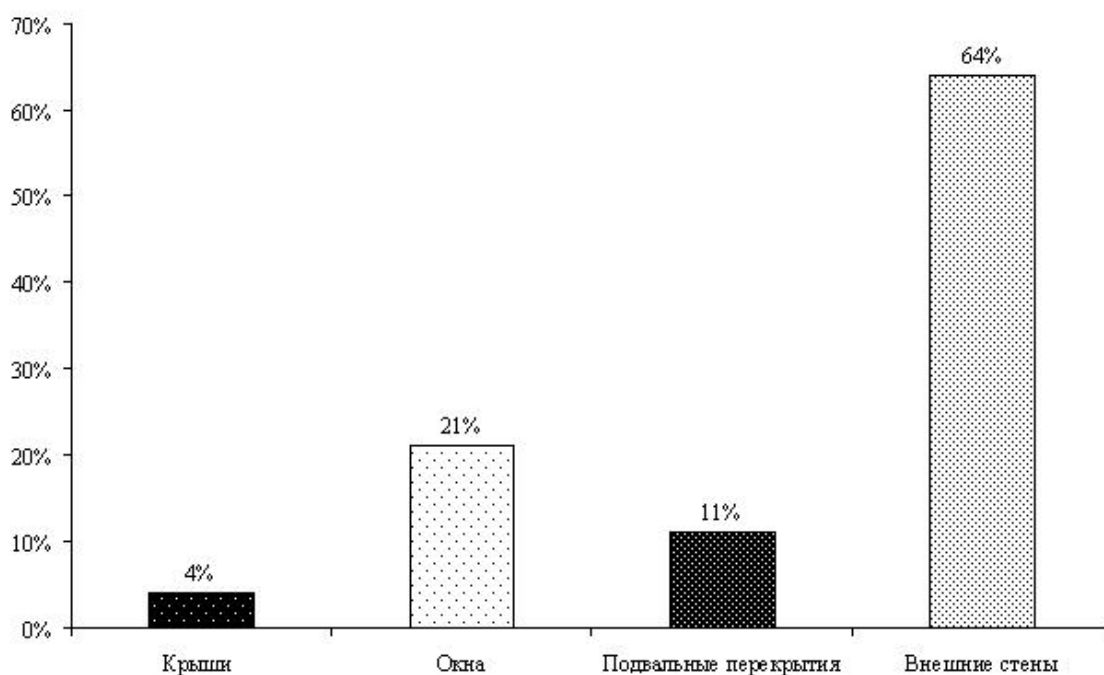


Рисунок 3. Распределение тепловых потерь.

Как видно, большую роль играет степень остекленности фасадов зданий. Обычно ее стремятся сократить до минимальной по условию допустимой естественной или смешанной освещенности помещений. Следует также применять окна с многослойным остеклением. Стеновые ограждения должны иметь повышенную теплоизоляцию. В энергоэкономичных зданиях коэффициент теплопередачи стен должен быть уменьшен по сравнению с обычными решениями. При условии соблюдения нормативного воздухообмена установлено, что  $108 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$  тепловой энергии требуется для обогрева конструкции здания, для компенсации кондуктивных теплопотерь с поверхности ограждающих конструкций,  $161 \text{ кВт} \cdot \text{час}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$  тепловой энергии требуется на нагрев воздуха, закачиваемого в отапливаемые помещения здания.

Рассмотрим в качестве ограждающих конструкций – термопанель, на основе термопрофиля и эффективного утеплителя. Термопрофили изготавливаются из высокопрочной конструкционной стали толщиной от 0.8 до 2 мм. Сталь характеризуется очень высоким значением отношения прочности материала к плотности. Например, для дерева этот параметр почти вдвое, а для железобетона — в 20 раз меньше, чем для стали. Это дает возможность создавать легкие конструкции большой несущей способности. Недостаток стали – низкая коррозионная стойкость и высокая теплопроводность. Коррозионная стойкость в термопрофиле обеспечивается применением горячеоцинкованной стали с толщиной покрытия от 18 до 40 мкм включительно. Для радикального уменьшения

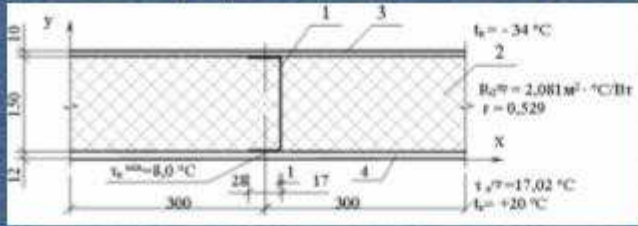
теплопроводности в термопрофиле в шахматном порядке прорезаны сквозные отверстия для увеличения пути прохождения теплового потока. Это позволяет уменьшить эффективную теплопроводность металла на 90-80%. Смещенный шаг прорезей позволяют ликвидировать так называемые «мостики холода». Теплопроводность конструкций наружных стен с термопрофилем становится, примерно равна теплопроводности древесины. В отличие от древесины, термопрофили не подвержены разрушительному влиянию биологических процессов. Благодаря прорезям, профили обладают и хорошими виброакустическими свойствами.

Проведем оценку теплозащитных качеств термопанели для условий Сибири, города Хабаровск, сравним их с деревянным каркасом и каркасом со сплошным профилем. Расчетная температура наружную температуру минус  $34^{\circ}\text{C}$ , температура внутри помещения плюс  $20^{\circ}\text{C}$ . Суровый климат Сибири предъявляет повышенные требования к уровню комфортабельности зданий и повышенным свойствам их ограждающих конструкций. Различные районы Сибири имеют свои специфические природно-климатические особенности, которые необходимо учитывать при расчете и проектировании легких ограждающих конструкций.

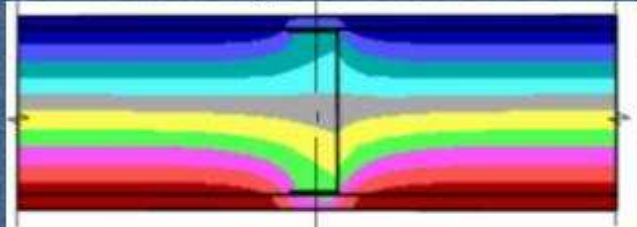
По I-d диаграмме определим, что температура точки росы  $10,7^{\circ}\text{C}$ . Расчет проведен с использованием программного комплекта «Temper 3D». В расчетах рассматривается модель с толщиной утеплителя 150 мм с расчетным коэффициентом теплопроводности  $0,044 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$ , которая является наименее эффективной из всего ряда термопанелей.

Из полученных результатов (рис.4, 5,6) видно, что термопанель по теплофизическим свойствам сравнима с деревянным каркасом.

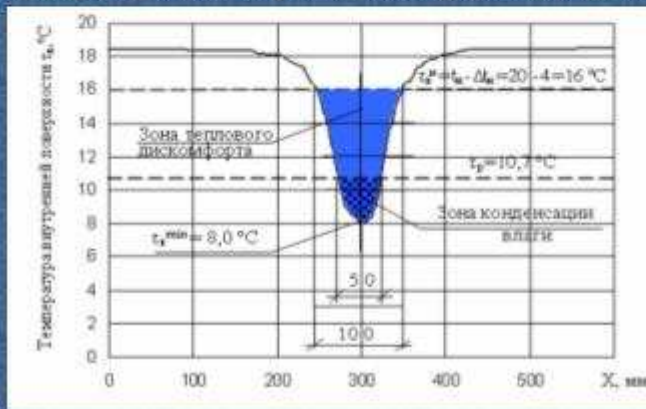
## Каркас из профиля сплошного сечения



Расчетная схема фрагмента стены



температурное поле расчетного фрагмента стены



температурный режим внутренней поверхности стены

18.4205



13.2381



8.05562



2.87313



-2.3093



-7.4918



-12.674



-17.856



-23.039



-28.221

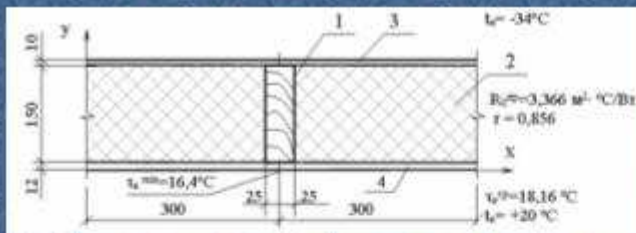


-33.404

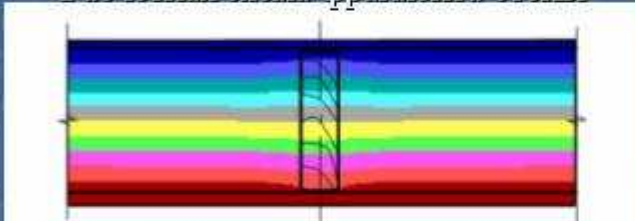
Рисунок 4. Каркас из профиля сплошного сечения.



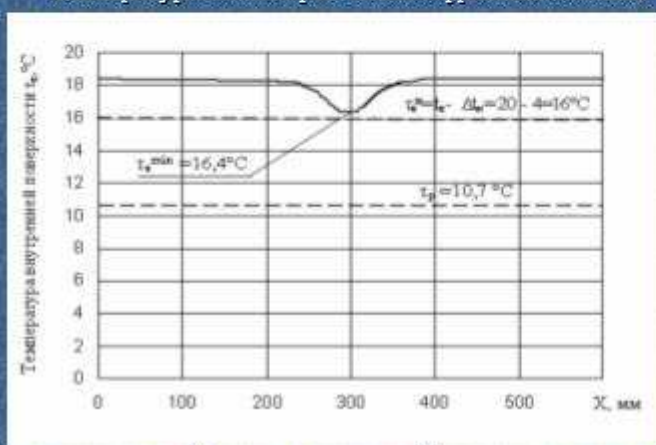
## Деревянный каркас



Расчетная схема фрагмента стены



температурное поле расчетного фрагмента стены



температурный режим внутренней поверхности стены



Рисунок 5. Деревянный каркас

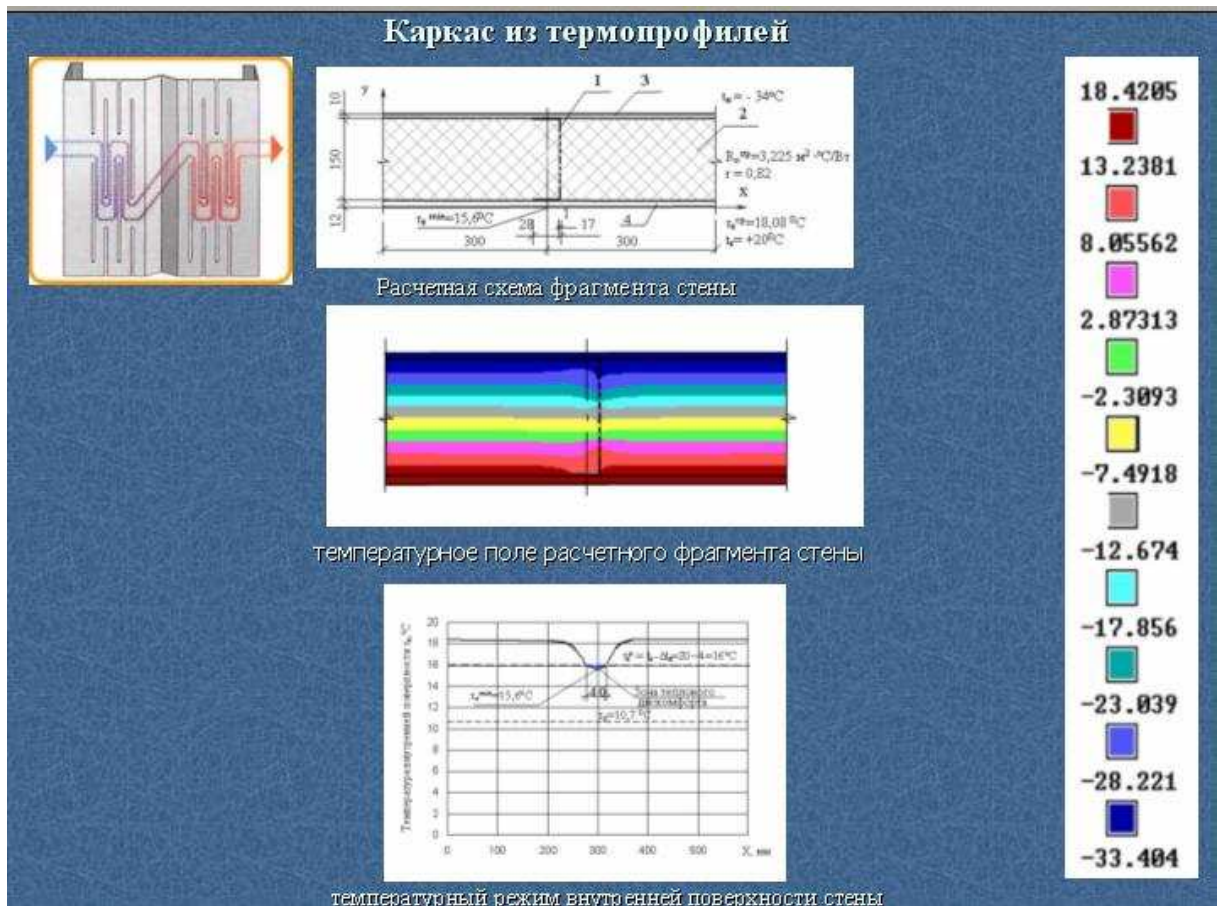


Рисунок 6. Каркас из термопрофилей

Выполнив расчет теплопотерь с учетом нормативного воздухообмена можно сделать вывод, что применение термопанелей в качестве ограждающих конструкций, сопровождается значительным сокращением тепловых потерь (Рис. 7).



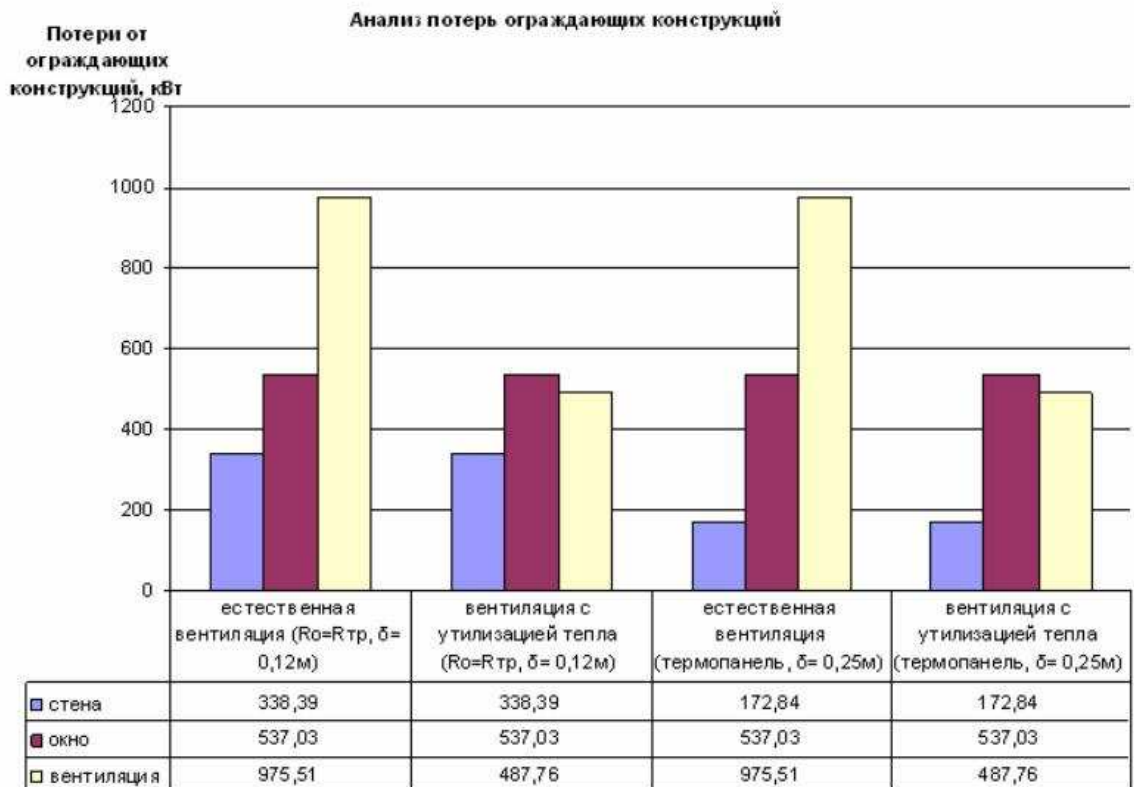


Рисунок 7. Анализ потерь ограждающих конструкций.

Для разработки методики выбора толщины термопанели построим график зависимости общих тепловых потерь от толщины теплозащитного слоя с учетом естественной и механической вентиляции (рис.8, 9). График показывает, что увеличение термопанели больше 250 мм нецелесообразно, так как сокращение тепловых потерь незначительное. Требуемое значение сопротивления теплопередачи обеспечивает термопанель толщиной теплозащитного слоя 120 мм.

## Вентиляция естественная

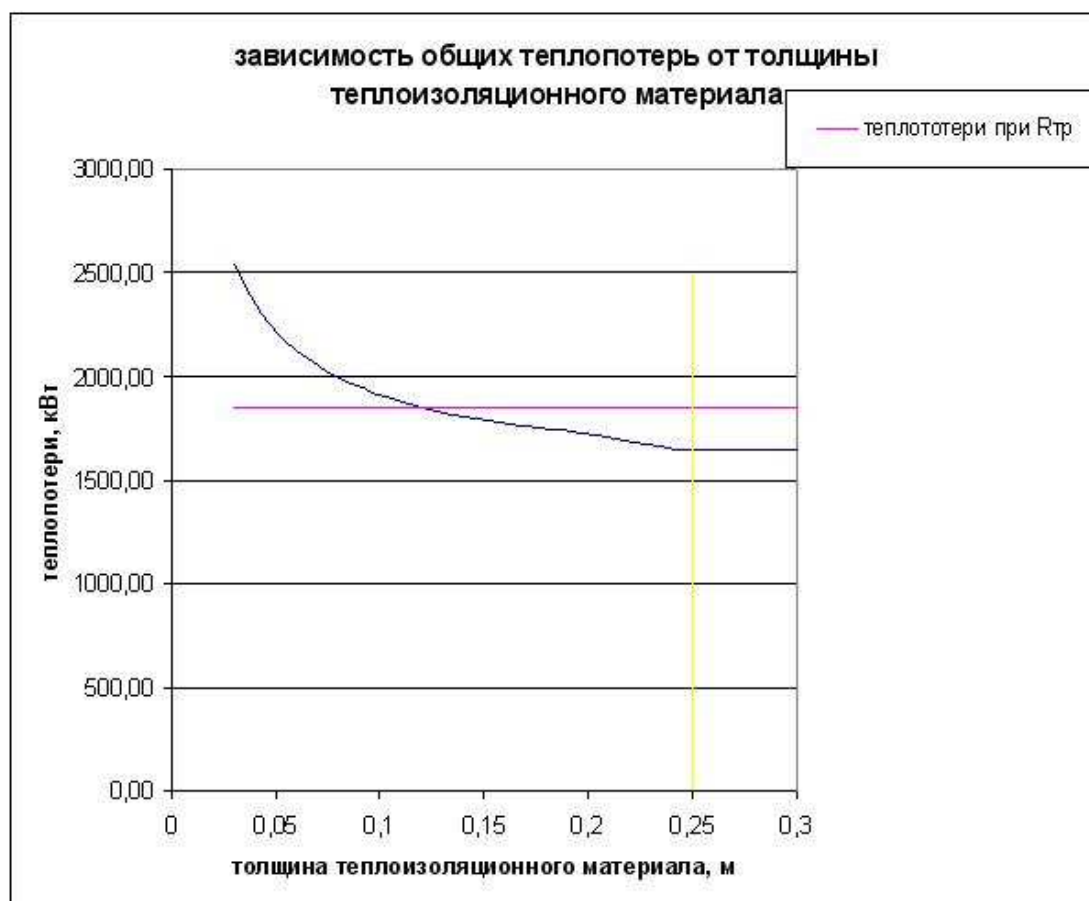


Рисунок 8. Зависимость общих теплотерь от толщины теплоизоляционного материала при естественной вентиляции.

## Вентиляция механическая

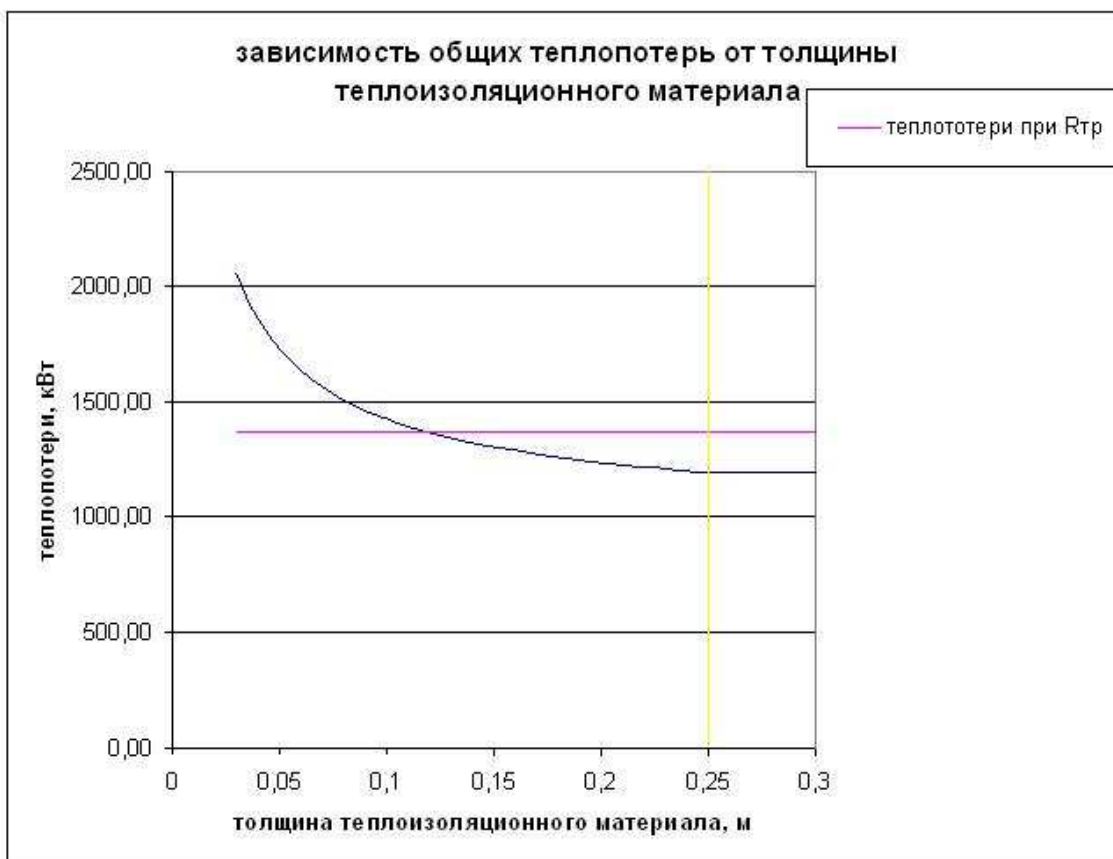


Рисунок 9. Зависимость общих теплотерь от толщины теплоизоляционного материала при механической вентиляции

Проведем оценку экономической целесообразности увеличения толщины термопанели. Принимаем следующие допущения: не учитывается изменение стоимости термопанели при увеличении ее толщины, стоимость 1 Гкал - 328,60 руб.

Подход к таким расчетам зависит от задач инвестора и заказчика-застройщика в инвестиционном проекте строительства здания. Если задача заключается в минимизации себестоимости квадратного метра площади, то требуется и минимальная толщина термопанели. Если инвестор и заказчик-застройщик исходят из интересов собственника или пользователя жилых помещений, то увеличение толщины термопанели следует рассматривать как инвестиционный проект, направленный на экономию теплотерь. Для расчетов необходимо задаться внутренней нормой рентабельности, прогнозной ценой на тепловые ресурсы и многим другим.

Ни первая (относительно простая), ни вторая задача не являлись целью данной работы. Чтобы показать возможность обеспечения приемлемых характеристик ограждающей конструкции, определим стоимости теплоты на отопление и вентиляцию. По фактическому распределению и времени стояния температуры в течение года получаем следующий результат (Рис.10).

№ п/п	Толщина панели, мм	Расход теплоты на отопление, кВт x Ч/ (год x м <sup>2</sup> )	Расход теплоты на вентиляцию, кВт x Ч/ (год x м <sup>2</sup> )	Всего, расход теплоты кВт x Ч/ (год x м <sup>2</sup> )	Всего, расход теплоты Гкал/(год x м <sup>2</sup> )	Стоимость теплоты, руб.
1.	120	54,04	39,2	93,24	0,08	26,28
2.	150	51,8	39,2	91	0,0783	25,72
3.	200	49,4	39,2	88,6	0,0762	25,04
4.	230	48,43	39,2	87,63	0,0754	24,78
5.	250	47,9	39,2	87,1	0,0749	24,61
6.	280	47,3	39,2	86,5	0,0744	24,55

Рисунок 10.

По полученным результатам построим график зависимости стоимости тепловой энергии от толщины термопанели. График показывает, что увеличение толщины термопанели больше 250 мм экономически нецелесообразно (Рис.11).

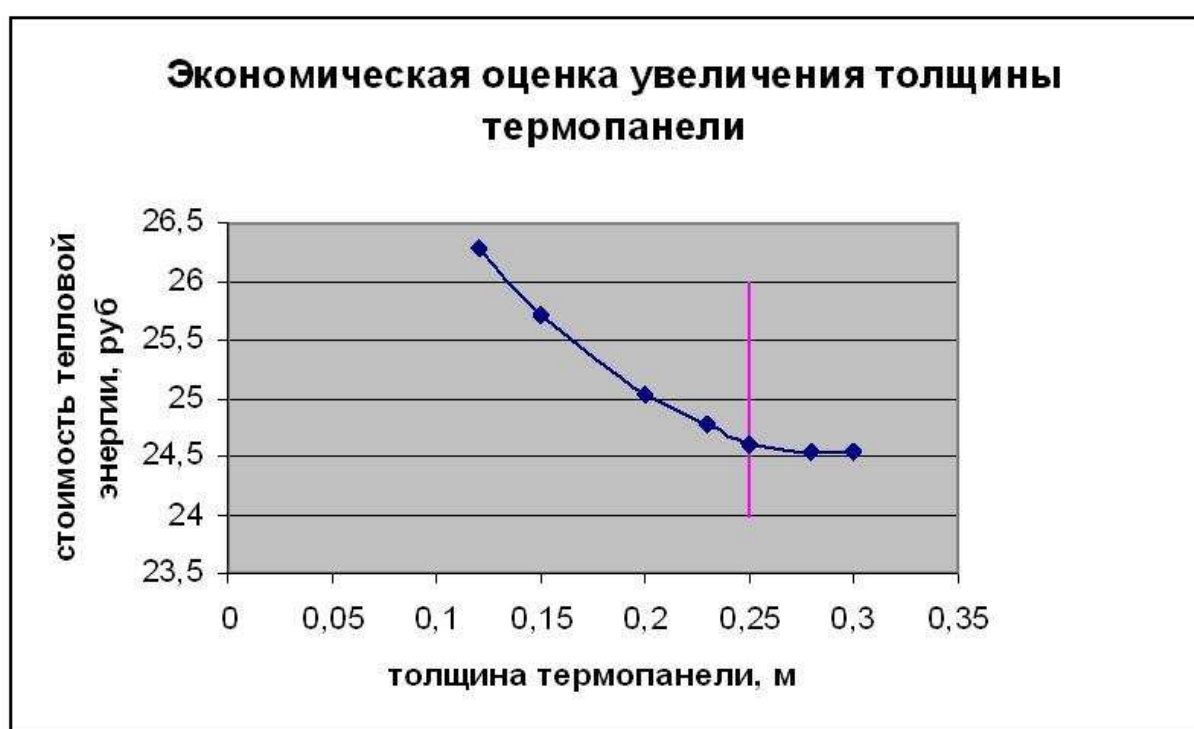


Рисунок 11. Экономическая оценка увеличения толщины термопанели.

Выше изложенное позволяет сделать следующие выводы: при расчете тепловых потерь с использованием средней температуры  $-1,8^{\circ}\text{C}$ , и продолжительности 220сут отопительного периода со среднесуточной температурой воздуха ниже или равной  $8^{\circ}\text{C}$ , нет объективной оценки расхода тепловой энергии. Фактического распределения температур по времени стояния в течение времени, дает более полное представление о

расходе теплоты на отопление и вентиляцию в жилых зданиях. Применение термопанелей как ограждающих конструкций позволяет существенно снизить потребление тепла. Рекомендовано использование самонесущих термопанелей в строительстве жилых многоквартирных домов толщиной до 250 мм.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция, кондиционирование. Госстрой России, М. 1999, -72 с.
2. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника. М.:Госстрой России, 1998 –28 с.
3. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. М.: Госстрой России, 2000, - 57с.
4. СНиП 2.08-01 – 89\* Жилые здания М.:Госстрой России
5. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Межгосударственный стандарт. 1999, - 14 с.
6. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Госстрой России. М.: 1999-16 с.
7. Шембаков В.А. Сборно-монолитное каркасное домостроение. - Чебоксары, 2005. — 120 с.:
8. Жмарин Е.Н. Технология будущего - строительство облегчённых зданий и сооружений с применением термопрофилей и лёгких балок / Стройпрофиль, 2004, №5(35). — С.83.
9. Табунщиков Ю.А. Энергосбережение - дефицит знаний и мотиваций / АВОК, 2004, №5.
10. Земцов А.Н. Сколько стоит отопление / Строительство и Бизнес, 2005, №1 (53).
11. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий / АВОК, 1998, №1.
12. «Строительство и Бизнес» №6 (34), октябрь 2004
13. А.Н. ЗЕМЦОВ, канд. геол.-мин. наук, Институт истории естествознания и техники Российской академии наук / газета «Строительство и Бизнес», №1 (53), январь 2005 г.
14. Отопление и вентиляция: Учеб. Пособие для строит. вузов и фак. по спец. «Теплогазоснабжение и вентиляция». В 2-х ч. Ч.2. Вентиляция. - М.: Высш. шк., 1984.-263с., ил.
15. Б.М.Яворский, А.А.Детлаф. Справочник по физике для инженеров и студентов ВУЗов. Москва, 1968.
16. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981.