

Повышение энергоэффективности зданий детских садов Increase of power efficiency of buildings of kindergartens

д.т.н., профессор Ватин Николай Иванович
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
декан Инженерно-строительного факультета,
+7 (921) 9643762, vatin@mail.ru

D.Sc, Professor Nikolay Ivanovich Vatin
Saint-Petersburg State Polytechnical University, Dean of Faculty of Civil Engineering,
+7 (921) 9643762, vatin@mail.ru

Немова Дарья Викторовна
инженер, ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
+7 (921) 8900267, darya.nemova@gmail.com

Darya Viktorovna Nemova
Engineer of Saint-Petersburg State Polytechnical University,
+7 (921) 8900267, darya.nemova@gmail.com

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, показатели энергоэффективности, наружные ограждения, теплоизоляция, энергосбережение в зданиях, теплопроводность, инвестиции, срок окупаемости.

В статье приводится анализ результатов энергетических обследований и поиск возможных путей решения энергосбережения и повышения энергетической эффективности бюджетных организаций (детских садов) с учетом особенности этих объектов и обоснование их экономической эффективности.

Приводится расчет сроков окупаемости энергосберегающих мероприятий, направленных на повышение уровня тепловой защиты ограждающих конструкций зданий. Анализируется экономическая эффективность вложений в энергосберегающие мероприятия и предлагается модель, позволяющая проводить указанный анализ. Приводятся рекомендации по уменьшению сроков окупаемости.

Статья также посвящена определению оптимальной, экономически обоснованной толщины утеплителя в системах навесных вентилируемых фасадов. Приводятся теплотехнические и экономические расчеты. Предлагается оптимальная толщина теплоизолирующего слоя в данных системах.

Key words: energy efficiency, energy saving, efficiency indices, external enclosure structures, insulation coating, building energy saving, heat conductivity, investment, payback period.

The analysis of results of power inspections and search of possible solutions of energy saving and increase of power efficiency of budgetary organizations (kindergartens) taking into account feature of these objects and justification of their economic efficiency is given in article.

Calculation of payback periods of the energy saving actions directed on increase of level of thermal protection of external enclosure structures of buildings is given. Economic efficiency of investments in energy saving actions is analyzed and the model allowing to carry out the specified analysis is offered. Recommendations about reduction of payback periods are provided.

Article also is devoted definition of optimum, economically well-founded thickness of an insulant in systems of rear ventilated facades. Are resulted thermotechnical and economic calculations. The optimum thickness of the insulant in the given systems is offered.

1. Актуальность работы

В России на энергопотребление зданий уходит около 43% всей вырабатываемой тепловой энергии. Энергоемкость российского ВВП на данный момент в несколько раз превышает среднемировое значение. Это можно объяснить жестким климатом, однако энергоемкость ВВП стран, расположенных в схожих географических и климатических условиях, таких как Финляндия, Канада, скандинавские страны, оказывается в среднем в 2 раза ниже общероссийской [1] (Рисунок 1.1).

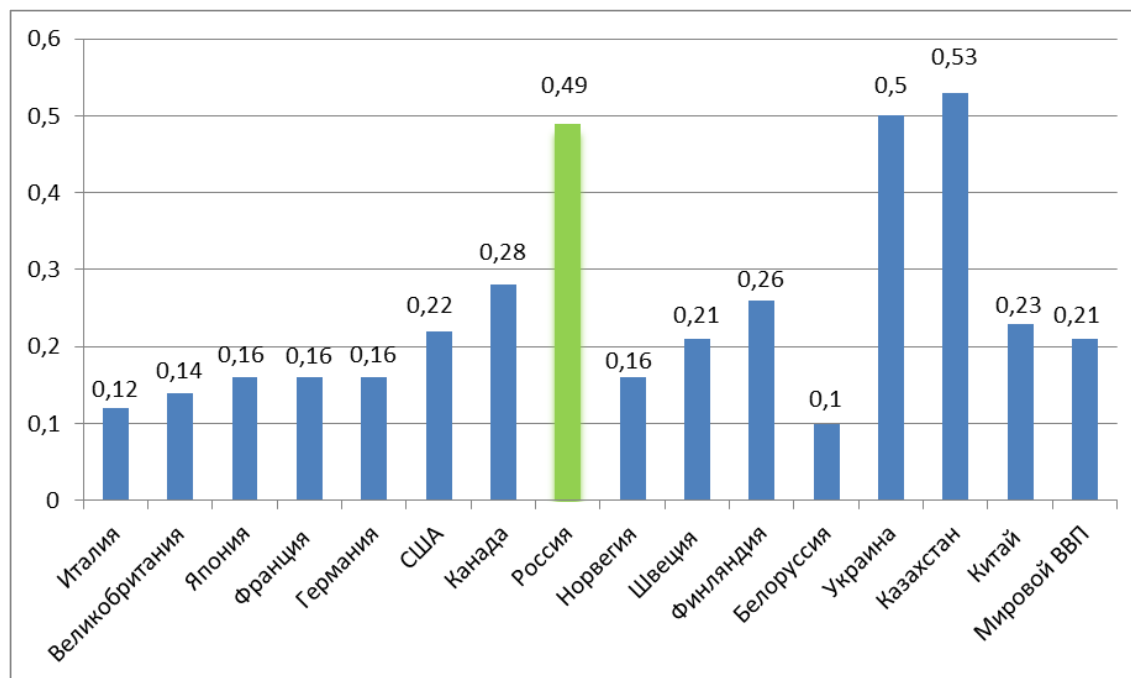


Рисунок 1.1 Энергоемкость ВВП в различных странах и в мире в 2010 г. в кг нефтяного эквивалента на доллар США [1]

Поэтому энергоэффективность и энергосбережение для России имеет высокую актуальность. Направления повышения энергетической эффективности были заданы в Послании Президента РФ Д. А. Медведева Федеральному собранию РФ от 12 ноября 2009г. Данные направления получили свое развитие и окончательное закрепление в Федеральном законе от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Согласно этому закону энергетическое обследование бюджетных учреждений проводится в обязательном порядке [1]. Благодаря этому стали доступны результаты натурных наблюдений (энергетических обследований). Результатом проведенного обязательного энергетического обследования является «Паспорт потребителя топливно-энергетических ресурсов» и «Отчет о проведении энергетического обследования». «Паспорт потребителя топливно-энергетических ресурсов» составляется энергоаудиторской организацией, являющейся членом саморегулируемой организации в области энергетических обследований, копия паспорта в обязательном порядке направляется в Министерство энергетики. Таким образом, результаты энергетических обследований регистрируются, систематизируются и хранятся в одном месте, но не анализируются. Анализ результатов энергетических обследований большого количества бюджетных организаций позволил бы более точно определять их потенциал энергосбережения и давать более точные прогнозы и рекомендации в повышении их энергетической эффективности.

В Российской Федерации имеется значительный потенциал энергосбережения, которой по оценкам ЦЕНЭФ составляет 968,7 млн. тонн условного топлива (т у.т.) (Рисунок 1.2).

Мероприятия, направленные на сокращение потерь тепла и повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций необходимо рассматривать с позиции их экономического обоснования. До конца 80-х годов в СССР основное внимание уделялось минимизации капитальных затрат и недостаточно учитывались эксплуатационные затраты ввиду низкой стоимости топлива. Положение резко изменилось в результате перехода страны к рыночной экономике в начале 90-х годов и значительного роста цен на топливо внутри страны. Осознав, что доля эксплуатационных расходов на отопление зданий относительно велика и страна расточительно расходует свои энергетические ресурсы на поддержание требуемого микроклимата в зданиях, были приняты законодательные акты, в том числе

закон «Об энергосбережении» (1996г.) и закон «О защите прав потребителя» (1996г.), направленные на энергосбережение и эффективное использование энергии.

Выполнение этих требований требует пересмотра существующего подхода к проектированию, выбору проектных решений, который осуществляется в основном интуитивно, без опоры на научно-обоснованные системы поддержки и принятия решений, и зачастую носит формально констатирующий характер. Решение этой задачи направлено на повышение эффективности капитального строительства, включая повышение эффективности инвестиционной политики, наиболее рациональное использование инвестиционных ресурсов, направление их в программы и проекты, дающие наибольшие экономические и социальные результаты, а также повышение эксплуатационной рентабельности инвестиционных проектов.

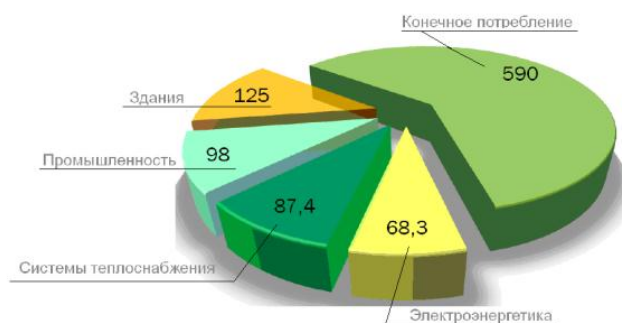


Рисунок 1.2 Возможности энергосбережения в Российской Федерации, млн. т. у. т. [1]

В развитии строительного производства, в повышении его эффективности особая роль принадлежит проектировщикам. От них в значительной мере зависят технико-экономический уровень производства и повышение эффективности капиталовложений. Это обуславливает необходимость улучшать проектно-сметное дело, осуществлять строительство по наиболее прогрессивным и экономичным проектам; предусматривать в них передовые технологии, прогрессивные конструктивные решения, современные строительные материалы. Одна из основных задач проектировщиков заключается в повышении качества планировочных, архитектурных и строительных решений, снижении стоимости строительства зданий и сооружений, сокращении удельных капитальных вложений на единицу вводимой в действие мощности.

В последнее время все чаще поднимается вопрос энергоэффективности. Разрабатываются новые методики по ее учету, вводятся новые требования и издаются законы. 27 ноября 2009г. вступил в силу Федеральный закон от № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2]. Согласно ему вводятся новые требования к зданиям, строениям и сооружениям, конструктивным и инженерно-техническим решениям, отдельным элементам, конструкциям зданий, к используемым устройствам и технологиям и др., которые планируется пересматривать каждые 5 лет с целью повышения энергоэффективности. Но уже сейчас многие объекты им не соответствуют. Через 5, 10 и более лет их станет количественно больше. Согласно этому закону энергетическое обследование бюджетных учреждений проводится в обязательном порядке. Благодаря этому стали доступны результаты натурных наблюдений (энергетических обследований). Анализ этих результатов позволил бы выявить наиболее эффективные решения для повышения энергетической эффективности зданий и сооружений бюджетных учреждений [77-85].

2. Краткий обзор и постановка задачи исследования

2.1 Меры повышения энергоэффективности зданий

Значительный вклад в решение теории и практики энергоэффективности и ограждающих конструкций внесли следующие ученые: Горшков А.С., Гагарин В.Г., Трутнева М.С., Самарин О.Д., Бутовский И.Н., Ефименко М.Н., Табунщиков Ю.А., Богуславский Л.Д., Савин В.К., Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. и многие другие. Мероприятия, направленные на сокращение потерь тепла и повышение уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций всегда требовали экономического обоснования. Окупаемость таких мероприятий исследовали Богуславский Л.Д., Гагарин В.Г., Самарин О.Д. и др. [54-75].

Богуславский Л.Д. предложил модель, которая позволяла оценить «экономически целесообразное», «оптимальное» сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. В его методах величины единовременных вложений на создание 1 кв. м. ограждающей конструкции и годовые затраты на компенсацию теплопотерь через 1 кв. м. ограждающей конструкции выражаются в виде функций от термического сопротивления теплоизолирующего слоя, который является независимой переменной. В его модели находится значение этой переменной, при котором производная приведенных

затрат (затраты на производство и эксплуатацию ограждающих конструкций) равна нулю, это значение сопротивления теплопередаче и считается «экономически целесообразным» [3].

Савин В.К. привел энергограмму зависимости расхода энергии на создание конструкции, затраты на эксплуатацию а также их суммарные затраты, представленные в безразмерном виде, от уровня теплозащиты ограждений. На его энергограмме присутствует точка, в которой суммарные затраты энергии при оптимальном уровне теплозащиты ограждения, имеют наименьшее оптимальное значение. Если выбрать эталонное ограждение, например, кирпичную стену, то путем расчетов можно определить сначала оптимальное значение в размерном виде, а затем в безразмерном. Путем такой процедуры можно отобрать самые энергоэффективные материалы, конструкции и изделия здания в целом [4].

Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. в своих работах определили предельный срок службы здания, при котором его термомодернизация будет безубыточна. Согласно их модели оценить эффективность в энергосбережении конкретного здания можно сравнив период их окупаемости (лет), определяемый с учетом дисконтирования доходов, с оставшимся сроком службы здания (лет) с момента реализации теплозащитных мероприятий. Равенство выше названных величин подразумевают, что мероприятия по термомодернизации как минимум окупятся [5].

Самарин О.Д., используя методики, разработанные специалистами, членами НП «АВОК», рассматривал эффективность вложений в энергосберегающие мероприятия. В своих работах он определил влияние изменения климата на окупаемость дополнительного утепления несветопрозрачных ограждений и выявил, что наблюдаемая в последнее время тенденция к потеплению климата дает дополнительные доводы к необоснованности чрезмерного повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций [6].

Наиболее последовательный и разумный подход разработан Гагариным В.Г., предложившим усовершенствованную математическую модель условий окупаемости затрат на повышение уровня тепловой защиты, которая учитывала дисконтирование экономии эксплуатационных затрат. Согласно его модели, важнейшим параметром, определяющим экономические условия повышения тепловой защиты ограждений в стране или регионе, является предельное значение для единовременных затрат. В своих работах В.Г. Гагарин сравнил значение процентных ставок, а также градусо-суток отопительного периода и цены на тепловую энергию в городах РФ и странах ЕС и СНГ и выявил, что условия для повышения тепловой защиты зданий в России менее благоприятны, чем в развитых странах [7-21].

Наибольший потенциал в энергосбережении имеет экономия тепловой энергии. Наиболее действенными будут являться мероприятия, направленные на устранение дефектов ограждающих стен и энергосбережение за счет тепловой энергии. Примерами таких мероприятий могут послужить:

- применение новых технологий, конструкций.
- применение приточно-принудительной системы вентиляции с рекуперацией
- использование возобновляемых источников тепловой энергии
- применение более энергоэффективных инженерных приборов и оборудования
- автоматическое регулирование температуры теплоносителя
- устранение дефектов и повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций за счет строительства систем навесных вентилируемых фасадов.

Строительство вентилируемых фасадов - это простой и одновременно надежный вариант для снижения энергопотерь дома и повышения его энергоэффективности [22]. Он позволяет легко и просто реконструировать уже эксплуатируемое здание и повысить сопротивление теплопередаче его ограждающих конструкций, соответствует недавно принятым тепловым требованиям и может применяться для строительства зданий, улучшает внешний вид здания, звукоизоляцию, влажностной режим ограждающих стен, сопротивляемость атмосферным воздействиям и др.

2.2 Пути совершенствования ограждающих конструкций

Совершенствование ограждающих конструкций - сложная задача, требующая детального анализа.

С появлением новых многослойных конструкций возникла необходимость учитывать теплотехническую неоднородность конструкций в расчетах, что применяется крайне редко. Современные многослойные стены имеют большое количество теплопроводных включений: анкерное армирование, кладочные швы, узлы сопряжения с перекрытиями, дюбели, кронштейны, оконные откосы, угловые соединения – все это снижает показатель теплозащиты до $2-2,5^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$.

В настоящее время недостаточно использован еще один резерв – повышение энергоэффективности за счет повышения требований по теплозащите к окнам. Есть запас и с точки зрения конструктивных и объемно-планировочных решений (уменьшение коэффициента компактности здания, регулирование планов застройки кварталов и др.).

Но сводить деятельность по минимизации энергозатрат в зданиях исключительно к поискам рациональной конструкции наружных стен недостаточно. Используя берегающие инженерные методы, можно добиться более весомой экономии – за счет оптимизации затрат энергии на отопление и освещение, утилизации тепла в системах вентиляции, внедрение приборов учета ресурсов, автоматического регулирования инженерных систем и др.[23].

Совершенствованию ограждающих конструкций за счет повышения их теплозащитных свойств всегда уделялось много внимания со стороны технических специалистов и государства. Например, в СНиП 23-02-2003 повысились требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих стен.

По мнению д.т.н., профессора зав. лабораторией НИИСФ РААСН В.Г. Гагарина, все построенные здания с повышенным уровнем теплозащиты фактически являются экспериментальными, научные исследования таких конструкций осуществляются слабо.

При проектировании новых стеновых конструкций их теплофизические свойства, в том числе теплозащита, проверяются расчетом не полностью, а зачастую вообще не проверяются. При этом почти нет изучения опыта эксплуатации зданий с новыми видами ограждающих конструкций. Не рассматривается и экономическая составляющая повышения теплозащиты зданий с учетом срока его эксплуатации. Например, не принимаются в расчет сроки службы, изменение со временем физико-механических и химических свойств, а также затраты на ремонт и замену составляющих многослойных стеновых конструкций [24].

Из-за гиперболической зависимости теплового потока от сопротивления теплопередаче с ростом сопротивления поток и связанные с ним потери тепла убывают все медленнее. При увеличении сопротивления теплопередаче с 0,5 до $3^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{Вт}$ поток уменьшается на $46 \text{ Вт}/\text{m}^2$, а при увеличении показателей с 2,5 до 3 – только на $3,1 \text{ Вт}/\text{m}^2$.

2.3 Повышение энергоэффективности за счет применения систем навесных вентилируемых фасадов

При строительстве навесных вентилируемых фасадов (НВФ) на уже существующих стенах повысить их теплозащитные свойства можно за счет увеличения толщины теплоизолирующего слоя в этих системах.

Существенное увеличение толщины теплоизоляционного слоя встречается в конструктивных решениях так называемого пассивного дома (англ. passive house). Это энергоэффективное здание, соответствующее наивысшему стандарту энергосбережения в мировой практике малоэтажного и многоэтажного строительства. Такие решения известны в России и уже долгое время находят применение в странах Западной Европы, в США [86-97]. Для пассивного дома энергопотребление составляет около 10% от удельной энергии на единицу объема, потребляемой большинством современных зданий. Незначительное отопление требуется лишь в период отрицательных температур. В наилучшем варианте пассивный дом является независимой энергосистемой, вообще не требующей расходов энергии на поддержание комфортной температуры воздуха и воды [25]. Основным принципом проектирования энергоэффективного дома является использование всех возможностей сохранения тепла. В частности, в таких зданиях предусмотрена увеличенная толщина теплоизоляции. В Швеции по стандартам для «пассивного дома» толщина изоляционного материала в стене должна быть не менее 335 мм, а в крыше – 500 мм. Однако решение применения толстой теплоизоляции для резкого сокращения потерь тепла вызывает сомнения в его экономической обоснованности. Рассмотрим на примере систем навесных вентилируемых фасадов. Стоимость подконструкции НВФ растет с ростом толщины теплоизоляции [26]. Чем больше толщина утеплителя, тем больше должен быть вынос (расстояние от стены до облицовки). Подконструкция становится более массивной, для нее требуется большее количество элементов. Возникает необходимость использования более длинных кронштейнов, удлинителей, увеличивается количество крепежей, шайб и проч. Бездумное увеличение толщины теплоизолирующего слоя таких систем по сравнению с требуемой толщиной по теплотехническому расчету экономически нецелесообразно. Необходимо найти экономически целесообразную толщину теплоизолирующего слоя в данных системах. Для этого проведем следующий анализ.

2.4 Цели и задачи исследования

На основе анализа сложившегося положения в современном проектировании определены цели работы.

Цель исследования - это анализ результатов энергетических обследований и поиск возможных путей решения энергосбережения и повышения энергетической эффективности бюджетных организаций (детских садов) с учетом особенности этих объектов и обоснование их экономической эффективности. Для достижения этой цели в работе авторы поставили перед собой следующие задачи исследования:

1. Анализ результатов энергетических обследований зданий бюджетных учреждений, в частности:

- определение удельного расхода тепловой энергии зданий за 30 лет эксплуатации с учетом капитальных вложений в строительство и эксплуатационных расходов на поддержание требуемых параметров микроклимата в зданиях за рассматриваемый период;
- анализ потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), затрат на ТЭР и изменения тарифов на ТЭР; выявление энергетического ресурса, имеющего наибольший потенциал для повышения энергоэффективности за счет его экономии.

2. Выявление эффективного решения для повышения энергоэффективности зданий бюджетных учреждений и обоснование целесообразности его применения и оценка экономически-целесообразного значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по методу приведенных затрат для выбранных климатических условий, в частности:

- теплотехнический расчет ограждающих конструкций с учетом влияния теплопроводных включений на расчетные параметры;
- определение удельного расхода тепловой энергии зданиями бюджетных учреждений за отопительный период;
- количественная оценка физического износа ограждающих конструкций по сроку службы;
- определение стоимости строительства 1м² объекта исследования (систем НВФ);
- определение затрат на возмещение энергии за отопительный период объектов исследования;
- определение затрат на возмещение энергии за 10 лет эксплуатации объектов исследования;
- определение затрат на восстановление объектов после заданного срока эксплуатации.

Результаты энергетических обследований зданий бюджетных учреждений (детских садов) в течение 2011 года нами было выполнено энергетическое обследование зданий детских садов (все объекты исследования располагались в Санкт-Петербурге, II В климатический район) и являлись дошкольными образовательными учреждениями, финансируемыми за счет местного бюджета.

В таблице 2.4.1 представлены основные температурно-влажностные параметры данной категории зданий.

Таблица 2.4.1. Основные температурно-влажностные параметры

Наименование населенного пункта	Расчетные температуры, оС			Относительная влажность внутреннего воздуха φ_{int} , %	Градусо-сутки $Dd, \text{oC} \cdot \text{сут}$ / продолжительность отопительного периода $z_{ht}, \text{сут}$
	Наиболее холодной пятидневки, t_{ext}	Внутренняя температура воздуха	Средняя за отопительный период t_{ht} для зданий		
1	2	3	4	5	6
Санкт-Петербург	-26	20	-0,9	55	5473/239

Краткая характеристика результатов обследования объектов сведена в таблицу 2.2

Таблица 2.4.2. Краткая характеристика результатов обследования объектов

Наименование объекта	Год постройки	Отдельно стоящее здание	Удельная тепловая характеристика по базовому году	Удельная тепловая характеристика, средняя за 5 лет	Строительный объем, куб м	Площадь, кв м	Площадь остекления, кв. м	Тип окон	Материал ограждающих стен	Процент износа, %	Этажность
Детский сад № 25	1953	+	0,349	0,388	3379	674,5	68	Пластик, дерево	Кирпич	22	2
Детский сад № 43	1963	+	1,087	1,250	3544	844,7	125	Пластик, дерево	Кирпичные	43	3
Детский сад № 62	1940	+	0,479	0,424	2830	672	90	Пластик, дерево	Кирпичные	36	2
Детский сад № 64	1938	+	0,669	0,601	4450	907	87	Пластик, дерево	Кирпичные	34	2, 1
Детский сад № 70	1938	+	0,390	0,385	4123	897,9	100	Пластик, дерево	Кирпичные	40	2
Детский сад № 90	1905	+	0,740	0,626	4958	901,9	130	Пластик	Кирпичные	41	2
Детский сад № 16	1869	*	0,420	0,381	4034	758	100	Пластик	Кирпичные	26	3
Детский сад № 30	1954	+	1,330	1,210	3434	797	90	Пластик	Кирпичные	28	2
Детский сад № 83	1935	+	1,632	1,396	4447	929,5	85	Пластик, дерево	Кирпичные	38	1,2
Детский сад № 20	1958	*	0,105	0,119	7531	438,4	55	Пластик	Кирпичные	15	1

*Встроенное в жилой дом

Теплоснабжение всех объектов осуществляется от тепловых сетей ООО «Петербургтеплоэнерго» Источники теплоснабжения – городские котельные. В 2010-2011гг. на объектах были введены в эксплуатацию коммерческие узлы учета тепловой энергии. Отопительные приборы в детских садах преимущественно представлены чугунными радиаторами.

По каждому объекту были проведены расчеты тепловых нагрузок на отопление с использованием методики для коммунальных служб. При этом нагрузки определялись по следующим формулам:

Часовая присоединенная нагрузка отапливаемого объема здания

$Q_{\text{прис.}} = Q_{\text{омах}}$ (Гкал/ч), где $Q_{\text{омах}}$ - расчетная часовая отопительная нагрузка зданий Гкал/ч;

Расчетная часовая отопительная нагрузка зданий $Q_{\text{омах}}$, при отсутствии проектной информации на здание, определяется по укрупненным показателям, по [16]:

$Q_{\text{омах}} = \alpha V q_0 (t_j - t_0) (1 + K_{\text{и.р.}}) \cdot 10^{-6}$ (Гкал/ч), где t_j - расчетная температура воздуха в отапливаемом здании, 20°C;

$t_0 = -26^\circ\text{C}$ расчетная температура наружного воздуха для г. Санкт-Петербурга, согласно СНиП 23-01-99;

1,67 - поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления $t_0 = -26^\circ\text{C}$ от $t_0 = -5^\circ\text{C}$, при которой определено соответствующее значение q_0 ;

V - объем здания по наружному обмеру, м³;

q_0 - удельная отопительная характеристика здания при $t_0 = -26^\circ\text{C}$, ккал/м³ ч °C;

$K_{\text{и.р.}}$ - расчетный коэффициент инфильтрации, обусловленной тепловым и ветровым напором;

Расчетный коэффициент инфильтрации $K_{и.р}$ определяется по формуле:

$$K_{и.р} = 10^{-2} \sqrt{2gL \left(1 - \frac{273+t_o}{273+t_j} \right) + w_o^2}$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

L - свободная высота здания, м;

$w_o = 2,8 \text{ м/с}$ расчетная скорость ветра в отопительный период для г. Санкт-Петербург; принимается по СНиП 23-01-99.

Результаты расчётов присоединённых нагрузок сведены в таблицу 8.

Количество тепловой энергии, необходимое на отопительный период:

$$Q_{\text{теп.}} = Q_o, \text{ Гкал};$$

где Q_o - количество тепловой энергии, необходимой для отопления зданий на отопительный период, Гкал;

$Q_{\text{оmax}}$ - расчетное значение часовой тепловой нагрузки отопления, Гкал/ч;

t_j - усредненное расчетное значение температуры воздуха внутри отапливаемых зданий, °С;

$t_o = -26 \text{ °С}$ - расчетное значение температуры наружного воздуха для проектирования отопления г. Санкт-Петербурга;

$t_{\text{от}} = -1,8 \text{ °С}$ - среднее значение температуры наружного воздуха за планируемый период;

$n = 239 \text{ сут.}$ - фактическая продолжительность отопительного периода. Все результаты расчетов сведены в таблицу 2.4.3

Таблица 2.4.3. Расчет потребности в тепловой энергии на отопления зданий

№	Наименование здания	Унар Объем здания, м3	qо удельная отопительная характеристика Вт/м3.°С	tj расчетная температура воздуха в отапливаемом здании	L высота здания, м	Ки.р Коэффициент инфильтрации	Qоmax Расчетная часовая тепловая нагрузка Гкал/ч	Qо Годовое количество т/энергии на отопление Гкал/год	Qо Годовое количество т/энергии на отопление Гкал/год
1	ГДОУ ДС № 25	3379	0,349	20	10,15	0,0625	0,105	284,88	161,30
2	ГБДОУ ДС №43	3544	1,087	20	12,72	0,0685	0,129	350,67	526,82
3	ГДОУ ДС № 62	2830	0,380	20	8,68	0,059	0,087	237,78	146,40
4	ГБДОУ ДС №64	4450	0,669	20	7,81	0,0565	0,137	373,00	317,08
5	ГБДОУ ДС №70	4123	0,390	20	7,09	0,0545	0,147	401,00	174,51
6	ГБДОУ ДС №90	4958	0,626	20	7,00	0,0542	0,1775	482,51	362,32
7	ГДОУ ДС № 16	4034	0,420	20	16,75	0,0770	0,147	401,20	181,71
8	ГБДОУ ДС №30	3434	1,330	20	7,29	0,0550	0,189	515,00	521,76
9	ГДОУ д/с № 83	4447	1,632	20	10,00	0,0622	0,1604	436,03	716,52
10	ГДОУ ДС № 20	7531	0,105	20	8,68	0,059	0,2021	301,24	176,30

Из таблицы следует, что удельная тепловая характеристика большинства детских садов превышает или значительно превышает нормативное значение. Необходима экономия тепловой энергии.

3. Финансовые затраты на топливно-энергетические ресурсы

Затраты на топливно-энергетические ресурсы и воду составляют значительную долю от общего бюджета учреждения и, как показывает статистика, с каждым годом эти затраты увеличиваются. Для определения потенциала в энергосбережении и наиболее затратного топливно-энергетического ресурса был проведен анализ затрат на ТЭР по 10 объектам исследования. В таблице 4.1. представлены затраты на каждый вид ТЭР, водопотребление и отведение стоков, по 10 объектам исследования за базовый 2010 год (суммарно) в денежном выражении и процентном соотношении от суммарных затрат на ТЭР и водопотребление и отведение стоков.

Таблица 3.1 Затраты на топливно-энергетические ресурсы за базовый год по всем объектам

Показатели по лимитам/год	2010
Суммарные затраты на ТЭР, тыс. руб.	6677,39
Затраты на электроэнергию, тыс. руб.	1254,85
Затраты на электроэнергию, %	19
Затраты на теплоэнергию, руб.	4322,95
Затраты на теплоэнергию, %	65
Затраты на водопотребление и отведение стоков, тыс. руб.	1099,59
Затраты на водопотребление и отведение стоков, %	16

Анализ таблицы 4.1 показывает, что самые высокие доли затрат на ТЭР составляют затраты на тепловую энергию - 65% от суммарных затрат на топливно-энергетические ресурсы. Затраты на электрическую энергию, а также водопотребление и отведение стоков составляют 19% и 16% соответственно от суммарных затрат на ТЭР. Из данного вывода можно сделать заключение, что сокращение потребления тепловой энергии является основным источником для экономии финансовых затрат детских садов на ТЭР.

Из проведенного анализа результатов энергетических обследований бюджетных учреждений и выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Есть значительные резервы энергосбережения (преимущественно за счет экономии тепловой энергии).

2. Наибольший процент от затрат на топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) составляет тепловая энергия. Затраты на тепловую энергию составляют от 40 до 78% от суммарных затрат на ТЭР (65% в среднем).

3. Стоимость тепловой энергии с каждым годом возрастает. Согласно постановлениям Комитета по тарифам (Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 14.12.2009 № 199-р; Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 19.11.2008 № 141-р; Распоряжение от 31 октября 2007 г. № 139-р; Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 15.11.2006 № 123-р; Распоряжение от 16 ноября 2005 г. № 100-р) [32]. Стоимость тепловой энергии за последние 5 лет:

- В 2010 году 931 руб./Гкал
- В 2009 году 806 руб./Гкал
- В 2008 году 650 руб./Гкал
- В 2007 году 575,46 руб./Гкал
- В 2006 году 500,4 руб./Гкал

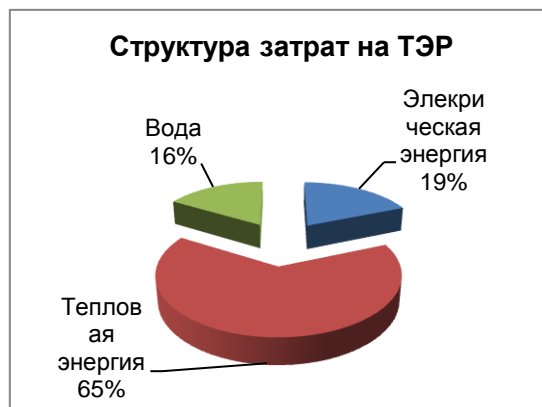


Рисунок 3.1 Структура затрат на топливно-энергетические ресурсы всех объектов исследования

Из данных выводов можно сделать заключение, что наибольший потенциал в энергосбережении имеют инженерно-технические мероприятия по экономии тепловой энергии.

Одним из параметров оценки энергоэффективности здания является удельная тепловая характеристика здания q . Ее фактическое значение может быть определено по формуле:

$$q = \frac{1000 \times Q \times 4187}{D_d \times V_{зд}} \times 0,0116 \text{ (Вт/куб.м}^{\circ}\text{C)},$$

где Q - фактическое потребление тепловой энергии в Гкалл, D_d - градусо-сутки отопительного периода, 1000, 4187 и 0,0116 – переводные коэффициенты, $V_{зд}$ - отапливаемый объем здания (куб. м).

По всем объектам была определена расчетно-нормативная и фактическая удельная тепловая характеристика здания, а также зависимость ее фактического значения от качества строительства и эксплуатации здания (процент износа), степени остекления фасада, площади здания, года ввода в эксплуатацию здания и других параметров, влияющих на потребление тепловой энергии. Полученные в результате анализа зависимости представлены на рисунках 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.

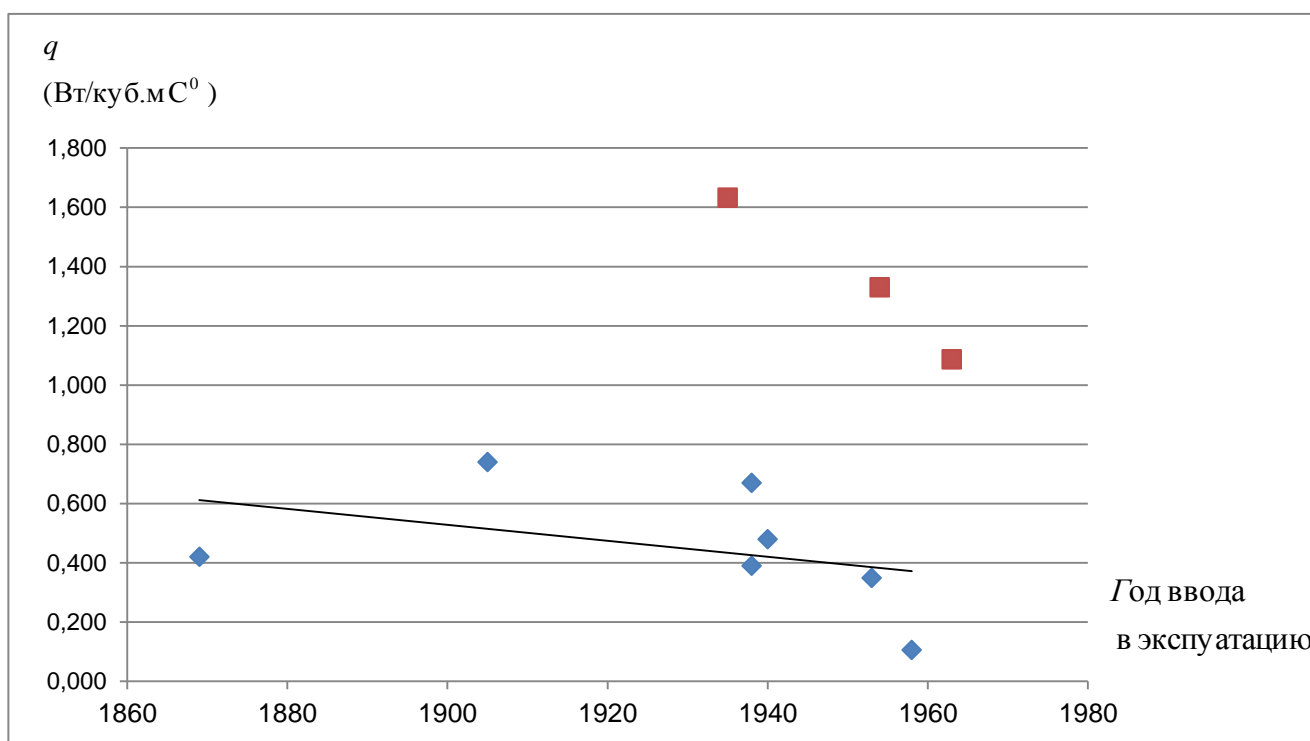


Рисунок 3.2 Зависимость удельной тепловой характеристики от года постройки здания

Как видно из рисунка 3.3, чем «старше» здание, тем больше потребление тепловой энергии. Это связано с деградацией свойств ограждающих конструкций со временем и с применением новых, более энергоэффективных строительных материалов [34-36, 38-52].

Удельная тепловая характеристика здания зависит также и от площади самого объекта (рисунок 3.3). Большое влияние на теплотребление оказывает коэффициент компактности. Здания, имеющие прямоугольную форму в плане, имеют тепловую характеристику ниже, чем здания разной этажности с большей площадью ограждающих конструкций.

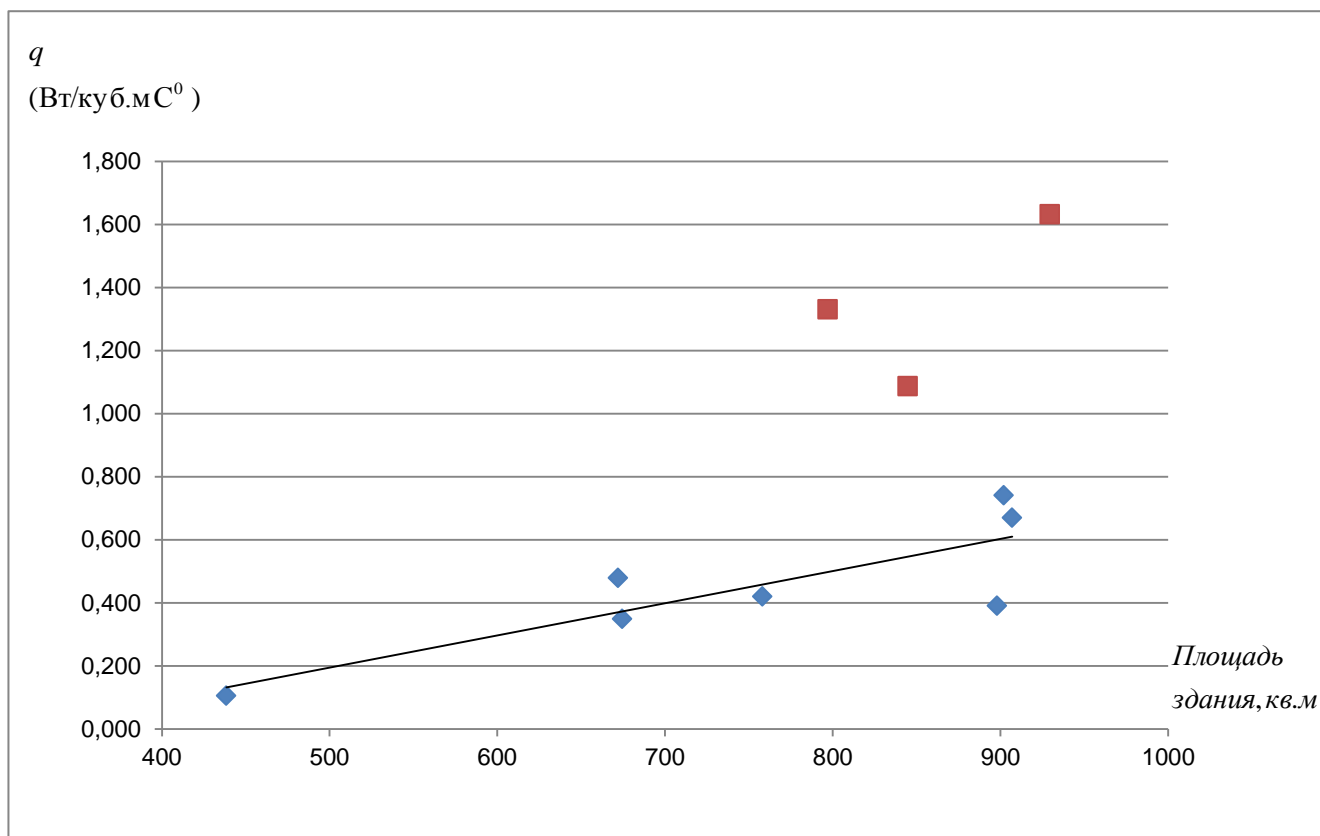


Рисунок 3.3 Зависимость удельной тепловой характеристики от площади здания

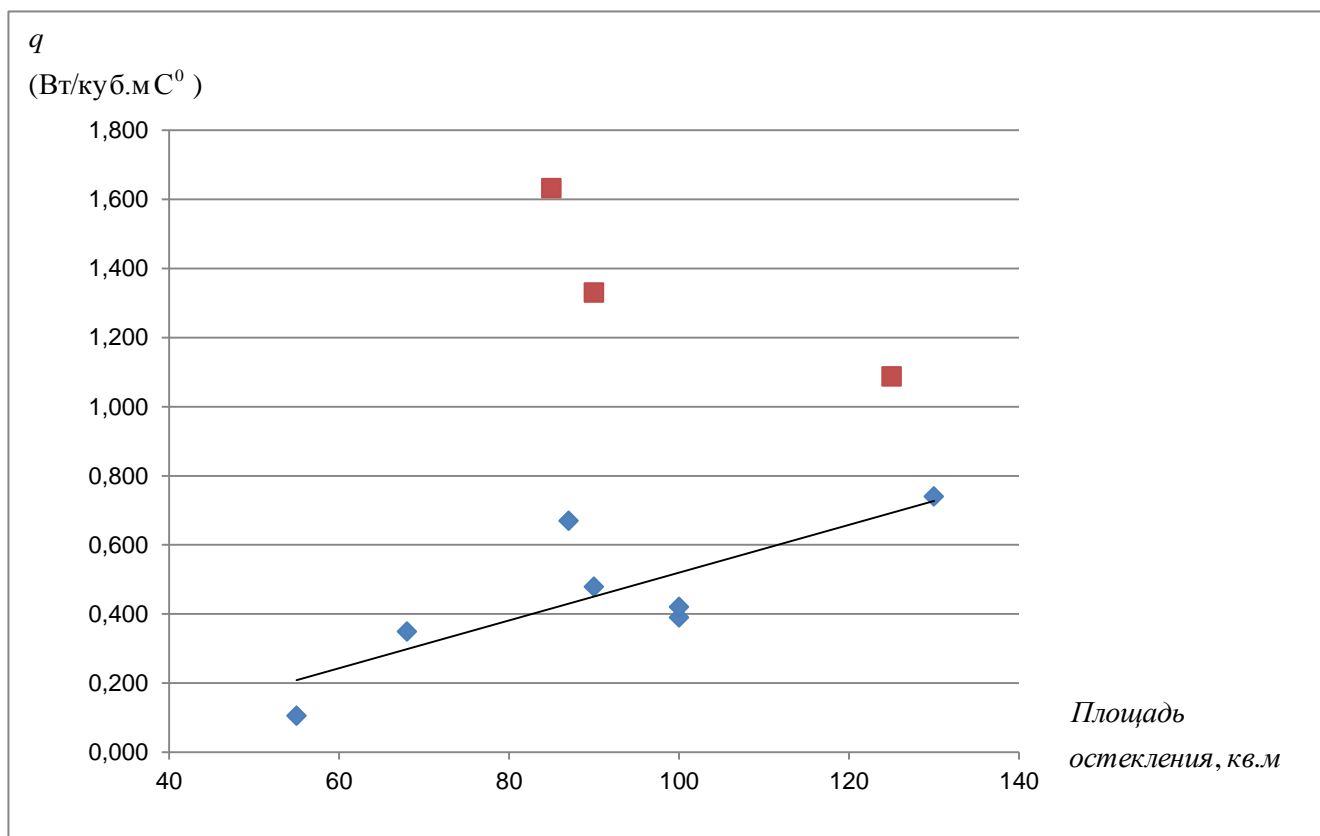


Рисунок 3.4 Зависимость удельной тепловой характеристики от площади остекления

При проведении энергетических обследований было выявлено, что до 20% тепловой энергии расходуется на обогрев инфильтрированного через неплотные стыки дверных и оконных блоков воздуха. И чем больше площадь остекления, тем больше потребление тепловой энергии (рисунок 3.4). Оконные блоки в зданиях большинства детских садов находятся в плохом состоянии и требуют замены на энергосберегающие двойные стеклопакеты.

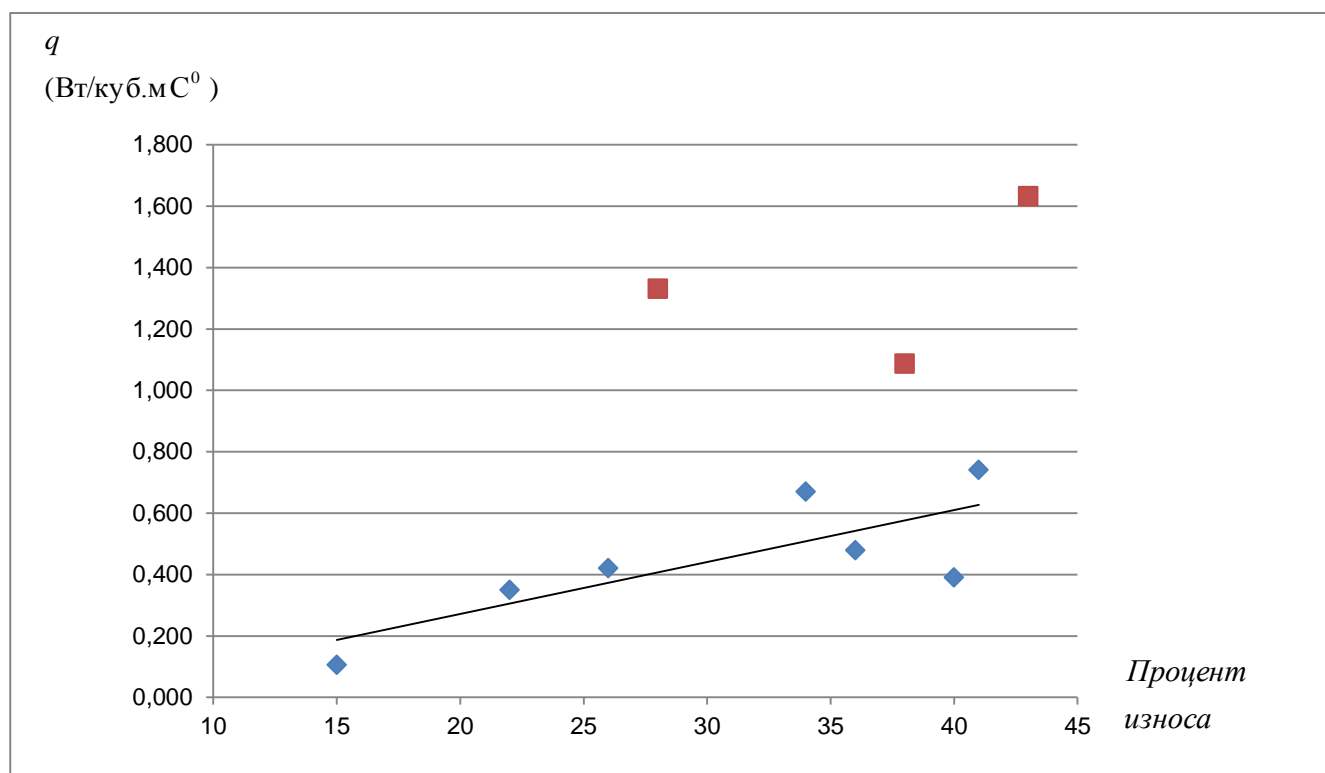


Рисунок 3.5 Зависимость удельной тепловой характеристики от процента износа

На всех графиках можно выделить три объекта с высоким значением q , которые не укладываются в общие закономерности. В каждом случае этому можно найти объяснение. Во всех организациях, в которых проводилось обследование можно отметить следующие недостатки: недостаточный контроль энергоснабжающих служб за соблюдением необходимых параметров систем теплоснабжения, отсутствие автоматизированного отпуска тепловой энергии в узлах управления и отопительных приборов, отсутствие приборов учета тепловой энергии и индивидуальных тепловых пунктов, аварийное состояние систем теплоснабжения. Перечисленные недостатки существенно влияют на потребление тепловой энергии, в большинстве зданий температура внутреннего воздуха превышала рекомендуемые значения, в некоторых она доходила до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом, организации тратили больше тепловой энергии, чем требовалось на обогрев зданий и поддержания требуемых параметров микроклимата.

По результатам энергоаудита был сделан вывод: фактические теплопотери зданий детских садов превышают расчетно-нормативные в среднем на 30-40%. Основная причина такого расхождения нормативных и фактических показателей связана с дефектами ограждающих конструкций. Чем выше процент износа здания, тем больше таких дефектов и тем выше теплопотери (рисунок 3.5). Дефекты были выявлены при проведении тепловизионной съемки: из-за плохого состояния ограждающих стен, на термограммах фасадов отчетливо прослеживаются мостики холода, на некоторых объектах «сквозь стены» видны отопительные приборы.

Для экономии тепловой энергии необходим ряд энергосберегающих мероприятий, позволяющих устранить дефекты ограждающих конструкций или снизить их влияние на теплопотребление здания. Примерам инженерного решения по повышению теплозащитных свойств ограждающих стен может стать строительство навесных вентилируемых фасадов при одновременном внедрении автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов с погодозависимой автоматикой [76].

3.1 Экономически целесообразная толщина теплоизолирующего слоя в системах НВФ

3.1.1 Принятые допущения

Анализ производится исходя из следующего допущения:

Отопление в здании, в рамках ниже следующего анализа, принято электрическим. В действительности чаще отопление водяное. Связано это с тем, что для расчета затрат на отопление зданий необходимо определить стоимость тепловой энергии во времени. Из-за отсутствия точных данных (вернее данных за длительный период), показатель получится приближенным. В связи с этим было принято решение считать отопление в здании электрическим. Так как тарифы на электроэнергию легче поддаются прогнозированию.

Модель исследования.

Для расчета в качестве объекта исследования принимается следующая конструкция ограждающей стены.

В качестве несущей подконструкции фасада принимается решение компании «Юкон Инжиниринг» ATS 234а с видимым методом крепления облицовки. И следующая конструкция внешней стены с различной толщиной теплоизолирующего слоя [53].

- кирпичная кладка (250 мм)
- утеплитель ROCKWOOL ВЕНТИ БАТТС Д (80-250мм)
- Воздушная прослойка (60мм)
- Плитки керамогранита 600х600 (10мм)

3.1.2 Теплотехнический расчет

Для анализа необходимо провести теплотехнический расчет, методика которого базируется на требованиях СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [27] и СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», а также на рекомендациях для систем НВФ [28-31].

Полученные по теплотехническому расчету результаты сводим в таблицу.

Таблица 3.1.1 Результаты теплотехнического расчета

Наименование	Ед. изм.	Показатель
Градусо-сутки отопительного периода, D_d	°С·сут	5473
Требуемое сопротивление теплопередаче, R_{req}	м ² ·°С/Вт	3,08
Термическое сопротивление ограждающей конструкции, Rk^*	м ² ·°С/Вт	2,526-6,304
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, R_0^*	м ² ·°С/Вт	2,684-6,462
Потери теплоты, P на 1 м ² *	Вт	17-8
Минимальная величина сопротивления теплопередаче, R_{min}	м ² ·°С/Вт	1,94

* для каждой толщины утеплителя от 80 до 250 мм.

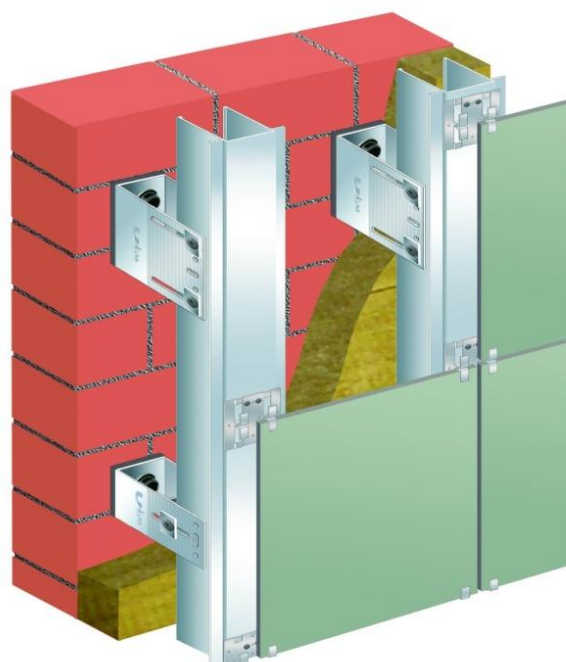


Рисунок 3.1.1 Модель исследования

Таблица 3.1.2. Результаты теплотехнического расчета для каждой толщины утеплителя

Толщина утеплителя (м)	Кэф. теплопроводности, λ (Вт/м°C)	Термическое сопротивление ограждающей конструкции, R_k (м ² °C/Вт)	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, R_o (м ² °C/Вт)	Приведенное сопротивление теплопередаче с учетом коэф. однородности
0,08	0,045	2,526	2,684	1,88
0,09	0,045	2,748	2,906	2,03
0,1	0,045	2,970	3,128	2,19
0,11	0,045	3,192	3,350	2,35
0,12	0,045	3,415	3,573	2,50
0,13	0,045	3,637	3,795	2,66
0,14	0,045	3,859	4,017	2,81
0,15	0,045	4,081	4,239	2,97
0,16	0,045	4,304	4,462	3,12
0,17	0,045	4,526	4,684	3,28
0,18	0,045	4,748	4,906	3,43
0,19	0,045	4,970	5,128	3,59
0,2	0,045	5,192	5,350	3,75
0,23	0,045	5,859	6,017	4,21
0,25	0,045	6,304	6,462	4,52

3.1.3 Расчет затрат на отопление

Далее делаем расчет затрат на отопление. Для этого находим потери теплоты за 10 лет по формуле [14]:

$$Q_{n-(n-1)} = \int_{n-1}^n P(t) dt$$

Где: P - теплотери, Вт; n - срок (10 лет); Q - теплотери за определенный срок (10 лет).

При этом изменение теплотерь со временем имеет следующую зависимость:

$$P = 13 + 1,7\sqrt{t} \quad [37]$$

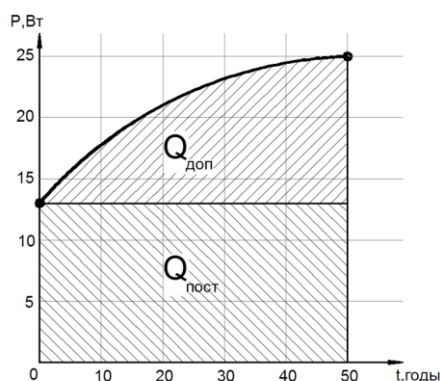


Рисунок 3.1.3.1 Изменение теплотерь со временем [37]

Где $Q_{пост}$ - постоянные теплотери, $Q_{доп}$ - теплотери, связанные с деградацией утеплителя.

Зависимость была определена на 50 лет, что соответствует безремонтному сроку эксплуатации систем навесных вентилируемых фасадов [37].

Таблица 3.1.3 Потери теплоты в Вт для каждой толщины утеплителя

Толщина утеплителя (м)	Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, R ₀ (м ² ·°C/Вт)	Потери теплоты, P (Вт)	Потери теплоты P (Вт) окр. На 7,5 м ²	Потери теплоты P (Вт) на 1 м ²
0,08	2,684	134,97	130	17
0,09	2,906	124,66	120	16
0,01	3,128	115,81	120	16
0,11	3,350	108,13	110	15
0,12	3,573	101,39	100	13
0,13	3,795	95,45	100	13
0,14	4,017	90,18	90	12
0,15	4,239	85,46	90	12
0,16	4,462	81,19	80	11
0,17	4,684	77,34	80	11
0,18	4,906	73,84	70	9
0,19	5,128	70,64	70	9
0,2	5,350	67,71	70	9
0,23	6,017	60,20	60	8
0,25	6,462	56,06	60	8

Далее, учитывая изменения тарифа определяем затраты на электроэнергию (отопление, как упоминалось ранее, нами упрощенно принимается как электрическое) за 10 лет [37]:

$S_n = (1,13(n^3 - (n-1)^3) + 13) \cdot (0,32n + 1,62)$. Стоимость за электроэнергию за любой год Sn определяется как произведение тарифа на электроэнергию, израсходованную за n-ый год.

Таблица 3.1.3.1. Стоимость подконструкции и утеплителя за 1 м²

Толщина утеплителя (м)	Потери теплоты P (Вт) на 1м ²	Стоимость энергии за 1-ый год	Стоимость энергии за 2-ой год	Стоимость энергии за 3-ий год	Стоимость энергии за 4-ый год	Стоимость энергии за 5-ый год	Стоимость энергии за 6-ой год	Стоимость энергии за 7-ой год	Стоимость энергии за 8-ой год	Стоимость энергии за 9-ый год	Стоимость энергии за 10-ый год	Итого за 10 лет	Стоимость подконструкция+ утеплит. (за м ²)
0,08	17	34,11	40,49	46,54	52,46	58,33	64,16	69,94	75,70	81,44	87,16	610,33	1008
0,09	16	32,17	38,23	43,96	49,56	55,11	60,62	66,08	71,52	76,94	82,34	576,53	1022
0,1	16	32,17	38,23	43,96	49,56	55,11	60,62	66,08	71,52	76,94	82,34	576,53	1045
0,11	15	30,23	35,97	41,38	46,66	51,89	57,08	62,22	67,34	72,44	77,52	542,73	1065
0,12	13	26,35	31,45	36,22	40,86	45,45	50,00	54,50	58,98	63,44	67,88	475,13	1131
0,13	13	26,35	31,45	36,22	40,86	45,45	50,00	54,50	58,98	63,44	67,88	475,13	1280
0,14	12	24,41	29,19	33,64	37,96	42,23	46,46	50,64	54,80	58,94	63,06	441,33	1320
0,15	12	24,41	29,19	33,64	37,96	42,23	46,46	50,64	54,80	58,94	63,06	441,33	1350
0,16	11	22,47	26,93	31,06	35,06	39,01	42,92	46,78	50,62	54,44	58,24	407,53	1370
0,17	11	22,47	26,93	31,06	35,06	39,01	42,92	46,78	50,62	54,44	58,24	407,53	1391
0,18	9	18,59	22,41	25,90	29,26	32,57	35,84	39,06	42,26	45,44	48,60	339,93	1427
0,19	9	18,59	22,41	25,90	29,26	32,57	35,84	39,06	42,26	45,44	48,60	339,93	1448
0,2	9	18,59	22,41	25,90	29,26	32,57	35,84	39,06	42,26	45,44	48,60	339,93	1469
0,23	8	16,65	20,15	23,32	26,36	29,35	32,30	35,20	38,08	40,94	43,78	306,13	1619
0,25	8	16,65	20,15	23,32	26,36	29,35	32,30	35,20	38,08	40,94	43,78	306,13	1689

3.1.4 Расчет стоимости подконструкции НВФ для каждой толщины утеплителя

Стоимость подконструкции НВФ напрямую зависит от толщины теплоизоляции [88]. Чем больше толщина утеплителя, тем больше должен быть вынос (расстояние от стены до облицовки). Подконструкция становится более массивной, для нее требуется большее количество элементов. Возникает необходимость использования более длинных кронштейнов, удлинителей, увеличивается количество заклепок, шайб и проч. Далее рассчитываем стоимость подконструкции системы НВФ для каждой толщины утеплителя прибавляем к ней затраты на теплоизоляцию [33].

Таблица 3.1.4.1. Стоимость подконструкции для утеплителя толщиной 80,90 мм

№ п.п.	Наименование	Марка	Кол-во на секцию	Ед.изм.	Общее кол-во	Цена за ед. в руб.	Ст-ть в руб.
1	Алюминиевый профиль	А-24	8,98	м	107,76	218,24	23517,54
2	Кронштейн несущий	АД-О31/120	3	шт.	36,00	98,00	3528,00
3	Кронштейн опорный	АД-032/120	6	шт.	72,00	83,05	5979,60
4	Салазка крепежная	АД-022	6	шт.	72,00	19,76	1422,72
5	Шайба направляющей	АД-0511	12	шт.	144,00	6,08	875,52
6	Шайба кронштейна	АД-053	9	шт.	108,00	6,87	741,96
7	Пластиковый терморазрыв	ПД-131	3	шт.	36,00	17,02	612,72
8	Пластиковый терморазрыв	ПД-132	6	шт.	72,00	16,41	1181,52
9	Кляммер	НД-01у	15	шт.	180,00	39,82	7167,60
10	Заклепка	К11 5x12	24	шт.	288,00	3,50	1008,00
11	Заклепка	К6 3x8	30	шт.	360,00	3,55	1278,00
Стоимость подконструкции на фрагмент фасада площадью 64,80 м ²						ИТОГО	47313,18
Стоимость подконструкции U-коп на 1 м ²							730,14

Таблица 3.1.4.2. Стоимость подконструкции для утеплителя толщиной 100,110 мм

№ п.п.	Наименование	Марка	Кол-во на секцию	Ед.изм.	Общее кол-во	Цена за ед. в руб.	Ст-ть в руб.
1	Алюминиевый профиль	А-24	8,98	м	107,76	218,24	23517,54
2	Кронштейн несущий	АД-031	3	шт.	36,00	110,03	3961,08
3	Кронштейн опорный	АД-032	6	шт.	72,00	90,58	6521,76
4	Салазка крепежная	АД-022	6	шт.	72,00	19,76	1422,72
5	Шайба направляющей	АД-0511	12	шт.	144,00	6,08	875,52
6	Шайба кронштейна	АД-053	9	шт.	108,00	6,87	741,96
7	Пластиковый терморазрыв	ПД-131	3	шт.	36,00	17,02	612,72
8	Пластиковый терморазрыв	ПД-132	6	шт.	72,00	16,41	1181,52
9	Кляммер	НД-01у	15	шт.	180,00	39,82	7167,60
10	Заклепка	К11 5x12	24	шт.	288,00	3,50	1008,00
11	Заклепка	К6 3x8	30	шт.	360,00	3,55	1278,00
Стоимость подконструкции на фрагмент фасада площадью 64,80 м ²						ИТОГО	48288,42
Стоимость подконструкции U-коп на 1 м ²							745,19

Таблица 3.1.4.3. Стоимость подконструкции для утеплителя толщиной 120 мм

№ п.п.	Наименование	Марка	Кол-во на секцию	Ед.изм.	Общее кол-во	Цена за ед. в руб.	Ст-ть в руб.
1	Алюминиевый профиль	А-24	8,98	м	107,76	218,24	23517,54
2	Кронштейн несущий	АД-О31/190	3	шт.	36,00	138,00	4968,00
3	Кронштейн опорный	АД-032/190	6	шт.	72,00	118,24	8513,28
4	Салазка крепежная	АД-022	6	шт.	72,00	19,76	1422,72
5	Шайба направляющей	АД-0511	12	шт.	144,00	6,08	875,52
6	Шайба кронштейна	АД-053	9	шт.	108,00	6,87	741,96
7	Пластиковый терморазрыв	ПД-131	3	шт.	36,00	17,02	612,72
8	Пластиковый терморазрыв	ПД-132	6	шт.	72,00	16,41	1181,52
9	Кляммер	НД-01у	15	шт.	180,00	39,82	7167,60
10	Заклепка	К11 5x12	24	шт.	288,00	3,50	1008,00
11	Заклепка	К6 3x8	30	шт.	360,00	3,55	1278,00
Стоимость подконструкции на фрагмент фасада площадью 64,80 м ²						ИТОГО:	51286,86
Стоимость подконструкции U-коп на 1 м ²							920,22
Стоимость подконструкции U-коп на 1 м ²							791,46

Таблица 3.1.4.4. Стоимость подконструкции для утеплителя толщиной 130,140 мм

№ п.п.	Наименование	Марка	Кол-во на секцию	Ед.изм.	Общее кол-во	Цена за ед. в руб.	Ст-ть в руб.
1	Алюминиевый профиль	А-24	8,98	м	107,76	218,24	23517,54
2	Кронштейн несущий	АД-О31/80	3	шт.	36,00	78,73	2834,28
3	Кронштейн опорный	АД-032/80	6	шт.	72,00	65,66	4727,52
4	Удлинитель несущего кронштейна	АДУ-031	3	шт.	36	106,39	3830,04
5	Удлинитель опорного кронштейна	АДУ-032	6	шт.	72	82,68	5952,96
6	Салазка крепежная	АД-022	6	шт.	72,00	19,76	1422,72
7	Шайба направляющей	АД-0511	12	шт.	144,00	6,08	875,52
8	Шайба кронштейна	АД-053	45	шт.	540,00	6,87	3709,80
9	Пластиковый терморазрыв	ПД-131	3	шт.	36,00	17,02	612,72
10	Пластиковый терморазрыв	ПД-132	6	шт.	72,00	16,41	1181,52
11	Кляммер	НД-01у	15	шт.	180,00	39,82	7167,60
12	Заклепка	К11 5x12	60	шт.	720,00	3,50	2520,00
13	Заклепка	К6 3x8	30	шт.	360,00	3,55	1278,00
Стоимость подконструкции на фрагмент фасада площадью 64,80 м ²						ИТОГО:	59630,22

Таблица 3.1.4.5. Стоимость подконструкции для утеплителя толщиной 150,160,170 мм

№ п.п.	Наименование	Марка	Кол-во на секцию	Ед.изм.	Общее кол-во	Цена за ед. в руб.	Ст-ть в руб.
1	Алюминиевый профиль	А-24	8,98	м	107,76	218,24	23517,54
2	Кронштейн несущий	АД-О31/120	3	шт.	36,00	98,00	3528,00
3	Кронштейн опорный	АД-032/120	6	шт.	72,00	83,05	5979,60
4	Удлинитель несущего кронштейна	АДУ-031	3	шт.	36	106,39	3830,04
5	Удлинитель опорного кронштейна	АДУ-032	6	шт.	72	82,68	5952,96
6	Салазка крепежная	АД-022	6	шт.	72,00	19,76	1422,72
7	Шайба направляющей	АД-0511	12	шт.	144,00	6,08	875,52
8	Шайба кронштейна	АД-053	45	шт.	540,00	6,87	3709,80
9	Пластиковый терморазрыв	ПД-131	3	шт.	36,00	17,02	612,72
10	Пластиковый терморазрыв	ПД-132	6	шт.	72,00	16,41	1181,52
11	Кляммер	НД-01у	15	шт.	180,00	39,82	7167,60
12	Заклепка	К11 5x12	60	шт.	720,00	3,50	2520,00
13	Заклепка	К6 3x8	30	шт.	360,00	3,55	1278,00
Стоимость подконструкции на фрагмент фасада площадью 64,80 м ²						ИТОГО:	61576,02
Стоимость подконструкции U-коп на 1 м ²							950,25

Таблица 3.1.4.6. Стоимость подконструкции для утеплителя толщиной 180,190,200 мм

№ п.п.	Наименование	Марка	Кол-во на секцию	Ед.изм.	Общее кол-во	Цена за ед. в руб.	Ст-ть в руб.
1	Алюминиевый профиль	А-24	8,98	м	107,76	218,24	23517,54
2	Кронштейн несущий	АД-031	3	шт.	36,00	110,03	3961,08
3	Кронштейн опорный	АД-032	6	шт.	72,00	90,58	6521,76
4	Удлинитель несущего кронштейна	АДУ-031	3	шт.	36	106,39	3830,04
5	Удлинитель опорного кронштейна	АДУ-032	6	шт.	72	82,68	5952,96
6	Салазка крепежная	АД-022	6	шт.	72,00	19,76	1422,72
7	Шайба направляющей	АД-0511	12	шт.	144,00	6,08	875,52
8	Шайба кронштейна	АД-053	45	шт.	540,00	6,87	3709,80
9	Пластиковый терморазрыв	ПД-131	3	шт.	36,00	17,02	612,72
10	Пластиковый терморазрыв	ПД-132	6	шт.	72,00	16,41	1181,52
11	Кляммер	НД-01у	15	шт.	180,00	39,82	7167,60
12	Заклепка	К11 5x12	60	шт.	720,00	3,50	2520,00
13	Заклепка	К6 3x8	30	шт.	360,00	3,55	1278,00
Стоимость подконструкции на фрагмент фасада площадью 64,80 м ²						ИТОГО:	62551,26
Стоимость подконструкции U-коп на 1 м ²							965,30

Таблица 3.1.4.7. Стоимость подконструкции для утеплителя толщиной 230 мм

№ п.п.	Наименование	Марка	Кол-во на секцию	Ед.изм.	Общее кол-во	Цена за ед. в руб.	Ст-ть в руб.
1	Алюминиевый профиль	A-24	8,98	м	107,76	218,24	23517,54
2	Кронштейн несущий	АД-О31/190	3	шт.	36,00	138,00	4968,00
3	Кронштейн опорный	АД-032/190	6	шт.	72,00	118,24	8513,28
4	Удлинитель несущего кронштейна	АДУ-031	3	шт.	36	106,39	3830,04
5	Удлинитель опорного кронштейна	АДУ-032	6	шт.	72	82,68	5952,96
6	Салазка крепежная	АД-022	6	шт.	72,00	19,76	1422,72
7	Шайба направляющей	АД-0511	12	шт.	144,00	6,08	875,52
8	Шайба кронштейна	АД-053	45	шт.	540,00	6,87	3709,80
9	Пластиковый терморазрыв	ПД-131	3	шт.	36,00	17,02	612,72
10	Пластиковый терморазрыв	ПД-132	6	шт.	72,00	16,41	1181,52
11	Кляммер	НД-01у	15	шт.	180,00	39,82	7167,60
12	Заклепка	К11 5x12	60	шт.	720,00	3,50	2520,00
13	Заклепка	К6 3x8	30	шт.	360,00	3,55	1278,00
Стоимость подконструкции на фрагмент фасада площадью 64,80 м ²						ИТОГО:	65549,70
Стоимость подконструкции U-коп на 1 м ²							1011,57

Таблица 3.1.4.8 Таблица 3.1.3.1. Стоимость подконструкции и утеплителя за 1 м²

Толщина утеплителя	Стоимость утеплителя за м ²	Стоимость подконструкции за м ²	Стоимость подконструкции с утеплителем (за м ²)
0,08	278,00	730,14	1008,14
0,09	291,51	730,14	1021,65
0,1	300,00	745,19	1045,19
0,11	319,99	745,19	1065,18
0,12	339,99	791,46	1131,45
0,13	359,58	920,22	1279,80
0,14	399,60	920,22	1319,82
0,15	399,60	950,25	1349,85
0,16	420,00	950,25	1370,25
0,17	441,15	950,25	1391,40
0,18	461,52	965,30	1426,82
0,19	482,79	965,30	1448,09
0,2	503,20	965,30	1468,50
0,23	607,45	1011,57	1619,02
0,25	676,95	1011,57	1688,52

Зависимость стоимости одного квадратного метра подконструкции и утеплителя и затрат на электроэнергию от толщины утеплителя (рисунок 3.1.4.1) имеет следующий вид:

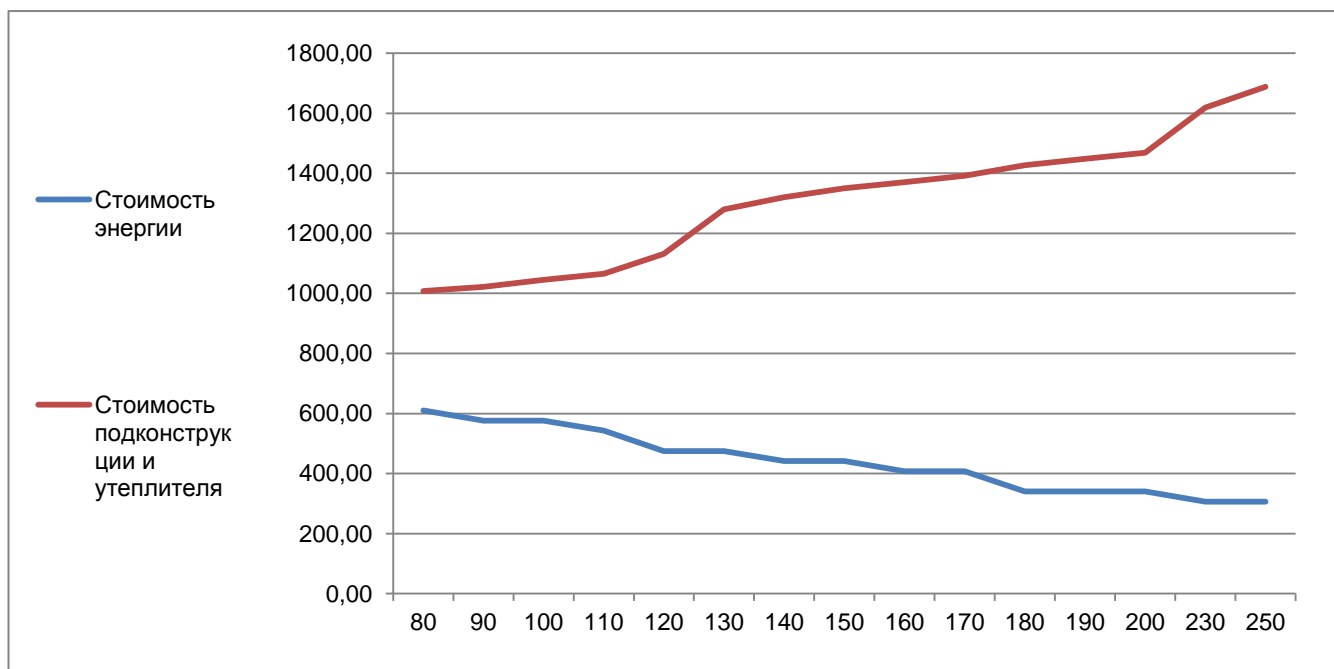


Рисунок 3.1.4.1 Зависимость стоимости одного квадратного метра подконструкции и утеплителя и затрат на электроэнергию от толщины утеплителя

Начиная с некоторой толщины утеплителя, возникает потребность в использовании дополнительных элементов подконструкции, таких как удлинители кронштейнов, заклепки, из-за этого стоимость подконструкции НВФ резко возрастает, о чем объясняется немонотонность кривой стоимости подконструкции и утеплителя.

Отсюда видно, что толщина утеплителя, равная 160 мм – это оптимальная толщина утеплителя в рассматриваемой системе, при описанной выше конструкции внешней стены. Сопротивление теплопередаче стены с такой толщиной теплоизоляции соответствует требованиям нормативных документов. Соответственно, если увеличивается толщина теплоизоляции, повышается сопротивление теплопередаче, снижаются затраты на отопление и повышается стоимость подконструкции и утеплителя. И как можно увидеть из рисунка 1, в результате на подконструкцию и теплоизоляцию мы потратим больше, чем сэкономим на электроэнергии за 10 лет.

4. Основные результаты и выводы

В настоящей работе проведен анализ результатов энергетических обследований и предложены возможные пути решения энергосбережения и повышения энергетической эффективности бюджетных учреждений (детских садов) с учетом особенности этих объектов и обоснование их экономической эффективности.

В рамках анализа систематизированы и проанализированы результаты проведенных энергетических обследований детских садов (бюджетных учреждений): потребление ТЭР, затраты на ТЭР, тарифов на ТЭР.

Определено, что наибольшие возможности для энергосбережения имеет экономия тепловой энергии. Определен показатель энергоэффективности обследованных зданий и определена его зависимость от степени износа здания, площади остекления, года ввода здания в эксплуатацию.

Проведен расчет тепловых нагрузок, фактические значения сравнены с нормативными. Проведен обзор мер по повышению энергоэффективности зданий и сооружений. Выявлена актуальность расчетов сроков их окупаемости и определения их затратности или эффективности; Получены результаты теплотехнического расчета, проведенного по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и СП 23-101-

2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» для каждой толщины утеплителя от 80 - 250 мм, учитывающего теплотехническую неоднородность рассматриваемой конструкции;

Определены затраты на отопление, учитывающие ежегодное изменение тарифа на электроэнергию. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- Показано, что стоимость подконструкции систем навесных фасадов с воздушным вентилируемым зазором зависит от толщины утеплителя, кроме того, с ее увеличением возрастает необходимость в использовании дополнительного количества элементов подконструкции и возрастает расход материалов.

- Стоимость подконструкции, утеплителя и затрат на отопление значительно зависит от толщины утеплителя.

- Предложено применение систем НВФ для тепловой защиты здания с целью повышения его энергоэффективности в пределах обеспечения требуемого уровня тепловой защиты здания согласно нормативным документам.

- Оптимизированный по затратам уровень тепловой защиты здания – соответствующий требованиям нормативных документов. В рассматриваемой задаче 160 мм. Дальнейшее его увеличение приведет необоснованным материальным затратам.

- Экономически обоснованная толщина утеплителя в конструкции НВФ, учитывая деградацию свойств утеплителя на протяжении всего срока службы этих систем (50 лет) и связанные с этим дополнительные теплотери, а также принимая во внимание ежегодное изменение тарифа на электроэнергию в рассматриваемой конструкции ограждающей стены равна 160 мм.

- Показано, что дальнейшее увеличение теплоизолирующего слоя, больше найденной оптимальной толщины, лишь незначительно снизит теплотери здания через ограждающие конструкции

- Предложен подход к расчетам, способствующий принятию правильного проектного решения:

1. Проведение теплотехнического расчета по СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [9] и СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» с обязательным учетом коэффициента теплотехнической неоднородности.

2. Проведение расчета затрат на отопление с учетом повышения тарифов на ТЭР и с учетом деградации систем НВФ.

3. Проведение расчета стоимости подконструкции НВФ для каждой толщины утеплителя.

- Установлено, что экономия энергетических затрат при применении конструкций НВФ с оптимальной толщиной утеплителя будет составлять 30%. Факт установлен при обследовании зданий в 2011 году в Санкт-Петербурге.

Литература

1. Млынчик В.И., Ерастров А.Е., Вишневская И.А. Методика определения потенциала энергосбережения и перечня типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности // СРО НП «ТРИ-Э». 2011. 76 с.
2. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» - Москва, Кремль, 23 ноября 2009.
3. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции // Москва, Стройиздат. 1985. 336 с.
4. Савин В.К. Упрощенная модель минимизации расхода суммарной энергии, идущей на строительство и эксплуатацию зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 1. С. 80-84.
5. Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. Методика определения предельного срока службы здания, обеспечивающего безубыточность его термомодернизации // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 357-362.
6. Самарин О.Д. О влиянии изменения климата на окупаемость дополнительного утепления нецветопрозрачных ограждений // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 561-563.

7. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций здания // Труды 1 Всероссийской научно-технической конференции 26-27 июня 2008 года. Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования. С. 5-51.
8. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки / Гагарин В. Г., Козлов В. В., Крышов С. И., Пономарев О. И. // АВОК, 2009. URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4388 (дата обращения: 07.09.2012)
9. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Сборник «Труды I Всероссийской научно-технической конференции». 2008. С. 24-62.
10. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство. 2011. № 8. С. 2-6.
11. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 4-12.
12. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 8-16.
13. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2010. № 4. С. 52-61.
14. Гагарин В.Г. К обоснованию повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Стройпрофиль. 2010. № 1. С. 21.
15. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплопотерь через оболочку здания // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 279-286.
16. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2009. № 1-3.
17. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций - Ч. 2. // АВОК: вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2009. № 2. С. 14.
18. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2008. № 8. С. 41-47.
19. Гагарин В.Г. Об окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Новости теплоснабжения. 2002. № 1. С. 3.
20. Гагарин В.Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях рыночной экономики // Светопрозрачные конструкции. 2002. № 3. С. 2.
21. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 7-11.
22. Горшков А.С., Кнатько М.В., Ефименко М.Н. Энергоэффективность современных зданий: от проблемы к решению (часть 1) // Кровельные и изоляционные материалы, №1. 2009. С.46-48.
23. Колотилкин Б.М. Долговечность жилых зданий. М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. С. 254.
24. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М., 1999. 17 с.
25. Руководство по расчету теплопотребления эксплуатируемых жилых зданий // Руководство АВОК-8-2007. М.: «Авок-Пресс». 2007. С. 22.
26. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Госстрой России. М., 2004. 30 с.
27. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. Госстрой России. М., 2003. 107 с.
28. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника. Госстрой России. М., 1998. (не действует) 49 с.
29. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Госстрой России. М., 2003. 54 с.
30. ГОСТ 530-2007. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2007. 40 с.
31. Комитет по тарифам Санкт-Петербурга // Распоряжение Комитета по тарифам СПб от 14.12.2009 №199-р. Об установлении тарифов для расчета размера платы за коммунальную услугу по отоплению и коммунальную услугу по горячему водоснабжению, предоставляемые гражданам, и тарифа на тепловую энергию для граждан, проживающих в индивидуальных жилых домах, на территории Санкт-Петербурга на 2010 год. СПб., 2010. С. 3-9.

32. М.В. Комаринский Сметный расчет стоимости в строительстве (базисно-индексный метод): методические указания. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2006г. – 91с.
33. Горшков А.С., Кнатько М.В., Рымкевич П.П. Лабораторные и натуральные исследования долговечности (эксплуатационного срока службы) стеновой конструкции из автоклавного газобетона с облицовочным слоем из силикатного кирпича // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 8. С. 20-26.
34. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий. М., 1990. 71 с.
35. ВСН 53-88(р). Пособие по оценке физического износа жилых и общественных зданий. М., 1990. С. 3-89.
36. Сапегина Е.А. Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентилируемым зазором. Дисс. на соискание квалификации магистр техники и технологии по направлению строительство. СПбГПУ, 2009. – 67с.
37. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. М.: РААСН, 2004. 332 с.
38. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М.: 1982. 412 с.
39. А.С.Горшков, М.Н.Ефименко. К вопросу об оценке долговечности ограждающих конструкций // Труды 1 Всероссийской научно-технической конференции 26-27 июня 2008 года // Строительная теплотехника: актуальные вопросы нормирования. С. 9-15.
40. Ежелева Л. Конструкции для малоэтажек // Промышленно-строительное обозрение. №107. 2008. С. 7-12.
41. Неуловимая энергоэффективность // Промышленно-строительное обозрение. №123. 2010. С. 30-34.
42. За какой стеной надежней и теплей // Промышленно-строительное обозрение. №100. 2007. С. 21-27.
43. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Теплоэнергетические нормативы для теплозащиты зданий // АВОК. №4. 2001. С. 13-22.
44. Табунщиков Ю.А., Ливчак В.И., Гагарин В.Г., Шилкин Н.В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // АВОК. №5. 2009. С. 17-25.
45. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективное здание учебного центра // АВОК. №5. 2002. С. 16-23.
46. Рекомендации по применению стеновых мелких блоков из ячеистого бетона // ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко. М., 1987. С.127.
47. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М., 2004. С. 3-50.
48. «Ценообразование и сметное нормирование в строительстве 03-2009». С. 15-43.
49. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1993. 208 с.
50. СТО 501-52-01-2007. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. М., 2007. 41 с.
51. Бобров Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов. М.: Стройиздат. 1987. 168 с.
52. Овчаренко Е.Г. Теплоизоляционные материалы и конструкции: Учебник для средних профессионально-технических учебных заведений. М.: ИНФРА-М. 2003. 268 с.
53. Горшков А.А. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 9-13.
54. Папунидзе П.Н. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих проектных решений : Автореф. дис. канд. экон. наук. – Ижевск, 2005. – 22 с.
55. Доля малоэтажного домостроения составит 65–70% // Строительный вестник Дона, 2009. – №18-19
56. ГОСТ Р 52106-2003. Ресурсосбережение. Общие положения. М., 2003.
57. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Учебник для вузов 3-е изд. // СПб.: Изд-во «АВОК – Северо – Запад», 2006. 400 с.
58. Горшков А.С. Энергоэффективные здания: задачи строительной теплотехники и инженерного обеспечения // Инженерные системы, №4 (37). 2008. С. 60-62.
59. Горшков А.С. Оценка долговечности стеновой конструкции на основании лабораторных и натуральных испытаний // Строительные материалы, №8. 2009. С. 12-16.

60. Гетц А.П., Громоковский А.В., Ватин Н.И. Сравнение эффективности применения различных видов ограждающих конструкций // XXXVIII Неделя науки СПбГПУ: материалы международной научно-практической конференции. Ч.1. - СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2009. С.197-198.
61. Ватин Н.И., Кузьменко Д.В. Обоснование нового типа ограждающей конструкции на базе ЛСТК // Наука и инновации в технических университетах: Материалы Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб: Изд-во Политехн.ун-та, 2008. С.111-112.
62. Власова Е.А., Ватин Н.И. Выявление экономической эффективности: увеличение квадратных метров жилой площади за счет уменьшения толщины ограждающей стены // Материалы конференции-выставки «Инновационные разработки молодых ученых». 28 июня 2008 г. С. 24-27.
63. Ватин Н.И., Кузьменко Д.В. Ограждающие конструкции «нулевой» толщины для каркасных зданий // Материалы круглого стола «Инженерные системы в малоэтажном строительстве и агропромышленном комплексе. 26 августа 2008 г., СПб. – С.72-74.
64. Сокольский В. А. Принципы Экономичности и их выражение в современном строительстве. С.-Петербург. 1910. 538 с.
65. Справочное пособие «Расчет и проектирование ограждающих конструкций» к СНиП 2-3-79 «Строительная теплотехника». НИИ строит, физики. - М.: Стройиздат, 1990. С. 3-29.
66. Горшков А.С., Gladких А.А. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 246-250.
67. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 9-13.
68. Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2. С. 50-53.
69. Немова Д.В. Анализ целесообразности увеличения толщины теплоизолирующего слоя в системах навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в целях повышения энергоэффективности // Вестник Московского государственного строительного университета. 2011. № 7. С. 98-103.
70. Гошка Л.Л. К вопросу об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности в зданиях // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 38-42.
71. Гошка Л.Л. Системный подход к энергосбережению в инженерных сетях зданий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1. С. 66-71.
72. Табунщиков Ю.А. Лицом к проблеме энергосбережения // Архитектура и строительство Москвы. 2010. Т. 554. № 6. С. 2-13.
73. Дацюк Т.А. Инженерные аспекты энергосбережения зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 326-328.
74. Савин В.К. Новые подходы к оценке энергосбережения и энергетической эффективности в строительной отрасли // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 241-245.
75. Грызлов В.С. Техничко-экономическая оценка повышения теплозащиты ограждающих конструкций в регионе // Вестник Череповецкого государственного университета. 2010. № 3. С. 74-78.
76. Тепловая эффективность эксплуатируемых жилых зданий / Береговой А.М., Береговой В.А., Мальцев А.В., Петрянина М.А. // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 107-111.
77. Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. Влияние параметров теплоизоляции элементов жилого дома на расход тепловой энергии // Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 291-296.
78. Бутовский И.Н. Особенности теплотехнического расчета теплозащиты и энергопотребления современных жилых и общественных зданий при оценке их энергоэффективности // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 356-361.
79. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Формирование интегрального показателя энергетической эффективности зданий // Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством. 2011. № 3. С. 92-95.
80. Ерофеев П.Ю. Особенности и основные направления ресурсосбережения в концепции устойчивого развития экономики // Экономическое возрождение России. 2006. № 3. С. 31-32.
81. Федяева П.В., Шеина С.Г. Комплексная оценка энергосберегающих мероприятий при эксплуатации объектов недвижимости. // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 165-166.
82. Аверьянова О.В. Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 5. С. 53-59.

83. Самарин О.Д., Зайцев Н.Н. Влияние ориентации остекленных фасадов на суммарное энергопотребление жилых зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8. С. 16-20.
84. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. // Москва, АВОК-ПРЕСС. 2005. 122 с.
85. H. Ehringer, G. Hoyaux, P. Zegers. Energy Conservation in Buildings Heating // Ventilation and Insulation. Springer. 1983. 512 p.
86. F.A. Govan. Thermal Insulation, Materials, and Systems for Energy Conservation in the '80s. Astm Intl. 1983. 890 p.
87. D. Eastop, D.R. Croft. Longman. Energy Efficiency. 1990. 400 p.
88. Raymond C. Bryant. Managing Energy for Buildings. Government Inst. 1983. 807 p.
89. Richard R. Vaillencourt. Simple Solutions to Energy Calculations // Fourth Edition. Fairmont Press. 2007. 225 p.
90. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone / W. Guoa, X. Qiaoa, Y. Huang, M. Fanga, X. Hanb. // Energy and Buildings, Volume In Press, Corrected Proof. 2012. Pp. 43-53.
91. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theor // Energy Procedia. Volume 17, Part A. 2012. Pp. 227–232.
92. Na Na Kanga, Sung Heui Choa, Jeong Tai Kimb. The energy-saving effects of apartment residents' awareness and behavior // Energy and Buildings. Volume 46. 2012. Pp. 112–122.
93. Xinhong Zhaoa, Congyu Mab, Pingdao Gub. Energy Saving Methods and Results Analysis in the Hotel // Energy Procedia. Volume 14. 2012. Pp. 1523–1527.
94. Tayfun Uygunođlua, Ali Keçebaşb. LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks // Energy and Buildings. Volume 43, Issue 9. 2011. Pp. 2077–2085.
95. Johannes Reichla, Andrea Kollmann. The baseline in bottom-up energy efficiency and saving calculations – A concept for its formalisation and a discussion of relevant options // Applied Energy. Volume 88, Issue 2. 2011. Pp. 422–431.
96. A.G. Entropa, H.J.H. Brouwersb, A.H.M.E. Reindersc. Evaluation of energy performance indicators and financial aspects of energy saving techniques in residential real estate // Energy and Buildings. Volume 42, Issue 5. 2010. Pp. 618–629.