

LUT Scientific and Expertise Publications

Raportit ja selvitykset – Reports

8

Теро Ахонен, Мика Луоранен, Йеро Ахола, Юсси
Туунанен

ПРИМЕНЕНИЕ ПРАКТИК СЕВЕРНЫХ СТРАН ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ



Partly financed by the EU

ЛАППЕЕНРАНТСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЛТУ Технологический факультет
ЛТУ Энергия

LUT Russia-related Studies

LUT Scientific and Expertise Publications
Report 8

ПРИМЕНЕНИЕ ПРАКТИК СЕВЕРНЫХ СТРАН ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Теро Ахонен, Мика Луоранен, Йеро Ахола, Юсси Туунанен



Этот документ был подготовлен при финансовой поддержке Европейского Союза. Содержание данного документа является исключительной ответственностью Балтийского Форума Развития и ни при каких обстоятельствах не может рассматриваться как позиция Европейского Союза.

Lappeenranta 2013
Lappeenranta University of Technology 2013
ISBN 978-952-265-439-7
ISBN 978-952-265-440-3 (PDF)
ISSN-L 2243-3384
ISSN 2243-3384

Аннотация

Автор	Теро Ахонен, Мика Луоранен, Йеро Ахола, Юсси Туунанен
Название	Применение практик Северных стран по энергоэффективности и возобновляемым источникам энергии в Калининградской области
Год	2013
Ключевые слова	Здания, Энергоэффективность, Стратегии северных стран, Технические решения
ISBN	978-952-265-439-7
ISSN	2243-3384

Проект «Энергоэффективные решения и возобновляемые источники энергии в Калининградской области», RENSOL связан с изучением вопросов энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии в Калининградской области в целях борьбы с изменением климата. Общая цель деятельности Рабочей группы №1, созданной в рамках проекта - повышение осведомленности общественности касательно энергоэффективных решений для зданий и уличного освещения. Настоящий отчет описывает доступные технологии для повышения энергоэффективности зданий.

В отчете обсуждаются барьеры и возможные решения, связанные с улучшением энергоэффективности жилых зданий. Представлены технологии северных стран по повышению энергоэффективности в зданиях. В проекте также изучались вопросы энергоэффективности уличного освещения. Два пилотных объекта в Калининградской области были исследованы с применением инструмента компьютерного моделирования. Определен потенциал повышения энергоэффективности этих зданий. На основании полученных результатов даны рекомендации по улучшению энергоэффективности. Обобщенные заключения были сформированы на основе полученных результатов.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	3
1 КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЕКТЕ RENSOL.....	5
2 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	11
2.1 ПРАКТИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ	12
2.2 ПОЛИТИЧЕСКИЕ МЕРЫ В СЕВЕРНЫХ СТРАНАХ	14
2.2.1 Традиционные политические инструменты.....	17
2.2.2 Инновационные инструменты политики	18
2.2.3 Организационные структуры.....	19
2.2.4 Оценка стратегий	19
2.3 МЕХАНИЗМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ	20
2.4 РЕАЛИЗАЦИЯ УСПЕШНОГО ПРОЕКТА ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РЕМОНТА	22
3 ОБЗОР ЛУЧШИХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗ ОПЫТА СЕВЕРНЫХ СТРАН	27
3.1 ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ	27
3.2 ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОКНА И ДВЕРИ ДЛЯ ЗДАНИЙ	28
3.3 СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА	30
3.4 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ.....	36
3.5 ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ	39
3.6 КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
4 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ	43
5 ПОВЫШЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ	49
5.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗДАНИЯ	49
5.2 ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ В ЗДАНИЯХ – ТИПИЧНЫЕ ПРИМЕРЫ ИЗ ОПЫТА ФИНЛЯНДИИ.....	50
5.3 ПИЛОТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ФИНЛЯНДИИ	51
5.3.1 Пилотные исследования «VTT» в 2008 году.....	51
5.3.2 Исследовательские проекты государственного центра технических исследований и университета Восточной Финляндии.....	54
6 МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИЛОТНЫХ ЗДАНИЙ.....	57
7 АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ ДЕТСКОГО САДА В Г. СВЕТЛОМ	61
7.1 ОЦЕНОЧНЫЙ ЭФФЕКТ ОТ РАЗЛИЧНЫХ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ	64
7.2 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МЕРЫ И ИХ ОЦЕНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ	68
7.3 КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
8 АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ, РАСПОЛОЖЕННОГО НА УЛИЦЕ АРТИЛЛЕРИЙСКАЯ 33.....	75
8.1 ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ С ЦЕЛЬЮ ИЗМЕНЕНИЯ КЛАССА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ	77
8.2 РЕКОМЕНДОВАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ОЦЕНКА ИХ СТОИМОСТИ	78
9 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	85

Краткое содержание отчета

Основные выводы проведенных исследований:

- Очевидна потребность в политических и финансовых инструментах для реализации и поддержки мероприятий по повышению энергоэффективности и необходимость в разработке практического руководства для реализации успешных энергоэффективных проектов. Особая мотивация или даже побуждение к обязательному проведению капитального ремонта в целях достижения энергоэффективности, а также наличие устойчивых финансовых моделей для проведения такого рода мероприятий являются важными факторами.
- Определены обоснованные технические решения, применимые для улучшения показателей энергоэффективности. При проведении ремонта с внедрением энергоэффективных технологий необходимо разработать четкий план проведения капитального ремонта, что позволит выбрать правильные технические решения для здания. Кроме того, необходимо получить информацию обо всех предстоящих мероприятиях в пилотном муниципалитете (например, касательно модернизации системы централизованного отопления), влияющих на целесообразность различных технических решений. Инструменты компьютерного моделирования могут использоваться для получения предварительного результата по энергоэффективности здания и проведения оценки эффекта внедрения различных решений. Тем не менее, инструмент компьютерного моделирования не позволяет определить утечки из труб, потери тепла через открытые окна, нефункционирующие радиаторы и другие факторы, оказывающие воздействие на потребление энергии в здании.
- В изученных примерах улучшение функционирования системы отопления (как отопление помещений, так и подогрев воды), вентиляция и теплоизоляция были отмечены, как важные факторы для достижения улучшения эффективности и качества жизни. Однако улучшения, связанные с

теплоизоляцией, как правило, дорогостоящие и трудоемкие, поэтому они не могут быть наиболее реалистичной альтернативой для старых зданий. В этих случаях, при усовершенствовании системы теплоснабжения необходимо принимать во внимание, что некоторые части квартиры будут неоправданно сильно отапливаться и будет невозможно эффективно контролировать температуру комнаты.

- Кроме тепла, экономия энергии может также быть получена путем эффективного использования электроэнергии (светодиодное освещение, энергосберегающие приборы, и т.д.).
- Изучаемые технологии с применением возобновляемых источников энергии: воздушные тепловые насосы, солнечные коллекторы и фотоэлектрические панели рассматриваются как возможные темы для будущих исследований. Например, отдельные электрические водогрейные котлы можно заменить, подключившись к системе централизованного отопления, в котором солнечный коллектор или тепловой насос для нагрева воды может быть использован вместо прямого электрического отопления. Вследствие чего, источники вторичного тепла (отработанный воздух, сточные воды) могут быть (по возможности) использованы в качестве источника тепла для имеющейся системы отопления. Однако применение на практике таких решений может быть ограничено из-за конструкции здания и отсутствия свободного пространства для приборов. Таким образом, возможность установки новых приборов в здании должна быть изучена в зависимости от рассматриваемых случаев.

1 Краткая информация о проекте RENSOL

Проект «Энергоэффективные решения и возобновляемые источники энергии в Калининградской области», RENSOL связан с применением энергоэффективности и возобновляемых источников энергии в Калининградской области в целях борьбы с изменением климата. Проект разделен на 5 рабочих пакетов со следующими основными целями:

- Рабочий пакет 1 Приобретение и накопление знаний: анализ и подбор энергоэффективных путей использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Дании, Финляндии и Швеции; адаптация данных решений к потребностям Калининградской области. Кроме данного отчета, весной 2012 года был организован учебный визит в Северные Страны как часть Рабочего пакета 1. Он содействовал развитию партнерских отношений и сотрудничеству. Работа в рамках Рабочего пакета 1 особенно способствовала развитию партнерских отношений между Лаппеенрантским Технологическим Университетом, государственным автономным учреждением Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» и Балтийским Федеральным Университетом им. И. Канта, которые использованы при проведении видео-конференции между финскими и российскими студентами в рамках проекта «Зеленый свет» [Norden, 2013]. Кроме того, рассматриваются возможности проведения исследовательских работ на английском и русском языках совместно Лаппеенрантским Технологическим Университетом и Балтийским Федеральным Университетом им. И. Канта.
- Рабочий пакет 2 использует накопленные знания Рабочего пакета 1, в рамках которого выполняется анализ существующих проектов по энергосберегающему (светодиодному) уличному освещению в муниципалитетах Калининградской области, и также представлены анализ наилучших доступных технологий по энергоэффективности зданий, адаптация финансовых механизмов по стимулированию внедрения энергоэффективных

технологий в зданиях.

- Рабочий пакет 3 содействует продвижению стандартов энергоменеджмента посредством проведения обучающих мероприятий для муниципалитетов Калининградской области, организованных европейскими экспертами и организации семинаров, ориентированных на теорию и стандарты энергоменеджмента в соответствии с международным энергетическим стандартом ISO 50001.
- Рабочий пакет 4 изучает возможные финансовые модели, которые необходимы для реализации предложенных мероприятий по увеличению энергоэффективности. Хорошо зарекомендовавшие себя финансовые модели Северных стран и возможность их применения в Калининградской области будет проанализирована в рамках данного Рабочего пакета. Результаты данного исследования будут задокументированы в публикациях проекта.
- В рамках Рабочего пакета 5, полученные результаты рабочих пакетов 1-4 будут мультиплицированы в других регионах Северо-Запада России. Планы мероприятий по распространению данных результатов будут разработаны в рамках данного Рабочего пакета.

Общая цель рабочего пакета №1 - повышение осведомленности общественности об энергоэффективных технологических решениях для зданий и уличного освещения. В рамках исследований для рабочего пакета № 1 подготовлен обзор литературы, содержащий как научные и маркетинговые публикации, информацию, полученную в ходе интервью с экспертами Финляндии и России, обследование пилотных объектов, результаты компьютерного моделирования, проведенного для двух пилотных объектов Калининградской области, так и анализ стоимости проведения работ по реконструкции объектов. Пилотные объекты представлены зданием детского сада, построенным в советский период, а также многоквартирным домом. Они выбраны как примеры типичных частных и общественных зданий в Калининградской области.

Государственное автономное учреждение Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» и Балтийский Федеральный Университет

им. И. Канта сотрудничает с сотрудниками задействованных в проекте муниципального образования «Светловский городской округ» и Луговского сельского поселения (Гурьевский муниципальный район), которые дали свое разрешение на проведение данных работ, а также предоставили реалистичную информацию касательно практичности применения предложенных мероприятий по реновации.

Специалистами Лаппеенрантского Технологического Университета и Балтийского Федерального Университета им. И. Канта обсуждались не только вопросы данного проекта, но также и возможность дальнейшего научного сотрудничества между вышеупомянутыми университетами. В дополнение, важно добавить, что Лаппеенрантский Технологический Университет, государственное автономное учреждение Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» и Балтийский Федеральный Университет им. И. Канта осенью 2013 года организует видео конференцию между российскими и финскими студентами на тему: «Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии» в рамках проекта «Зеленый свет» [Norden, 2013].

В рамках Рабочего пакета 1 были разработаны предложения по реконструкции пилотных объектов в Калининградской области при сотрудничестве между Лаппеенрантским Технологическим Университетом, государственным автономным учреждением Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» и Балтийским Федеральным Университетом им. И. Канта. Проведенные в рамках данного пакета исследования будут в дальнейшем использованы государственным автономным учреждением Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» в Рабочем пакете 2 при применении практических знаний в небольших пилотных проектах. Этот рабочий пакет тесно связан с взаимодействием и вопросами коммуникаций с вовлеченными местными муниципальными учреждениями и их персоналом, так как здание детского сада и система уличного освещения находятся под юрисдикцией муниципалитетов. На практике хорошее информационное взаимодействие необходимо для гарантированного активного участия муниципалитетов в проекте, а также чтобы удостовериться, что

предложенные решения по улучшению эффективности понятны и приемлемы для персонала муниципалитета.

Кроме того, исследования возможных финансовых моделей и практических барьеров, могут быть использованы для работы в рамках Рабочих пакетов 4 и 5.

Данный отчет представляет собой материалы исследований и предложений в рамках Рабочего пакета 1 проекта RENSOL, содержащие примеры мероприятий северных стран по повышению энергоэффективности в зданиях. На основе имеющихся знаний впервые разъясняется базовая основа для успешной реализации проектов энергетической эффективности. Два объекта пилотных проектов в Калининградской области изучены с применением инструмента компьютерного моделирования, определен их энергетический потенциал и потенциал повышения энергоэффективности. Основываясь на полученных результатах, разработаны рекомендации для последующих мероприятий. Настоящий доклад состоит из девяти основных разделов со следующими после введения главами:

В главе 2 представлено описание основных барьеров и проблем, препятствующих повышению энергоэффективности в зданиях. Также глава содержит общие рекомендации для дальнейших действий и обзор технологических решений для улучшения энергоэффективности, принимая во внимание опыт северных стран. Особое внимание уделяется изучению политических и финансовых механизмов. В главе также представлены основные этапы, необходимые для реализации успешного проекта по проведению ремонтных работ с учетом применения мероприятий по улучшению энергоэффективности зданий.

Глава 3 представляет технологии и решения, позволяющие улучшить энергоэффективность зданий. В главе изучаются возможности улучшения параметров энергоэффективности, включая энергоэффективность электрических приборов.

В главе 4 обсуждаются вопросы энергоэффективного освещения улиц. Глава содержит основные рекомендации для реализации проектов реконструкции систем освещения и представляет несколько пилотных примеров улучшения энергоэффективности освещения при использовании технологии светодиодного освещения.

Глава 5 описывает основные этапы реализации проекта по проведению ремонта зданий с целью улучшения энергоэффективности. Примеры проведения ремонта с целью достижения энергоэффективности в Финляндии и их результаты представлены в этой главе.

В главе 6 представлена методология исследования и инструменты, которые применялись для оценки двух пилотных зданий, изученных в рамках данного проекта. Кроме того, в этой главе описаны причины, по которым выбраны именно указанные примеры наилучших практик.

В главе 7 изложены результаты исследования здания детского сада, для которого проводилось изучение энергоэффективной теплоизоляции и рекомендовались дальнейшие мероприятия с приблизительной оценкой их стоимости.

В главе 8 представлены результаты исследования пятиэтажного жилого дома с соответствующей оценкой энергоэффективности при применении теплоизоляции.

В главе 9 изложен краткий обзор всех глав данного отчета и представлены полученные результаты.

2 Факторы, влияющие на энергоэффективность

Потребление энергии в здании зависит от технических характеристик, оборудования, состояния здания, его местоположения и климата, а также людей, проживающих в здании. Поэтому улучшение энергоэффективности зданий требует не только технических усовершенствований, но и изменений в поведении людей.

Мероприятия по улучшению энергоэффективности зданий могут быть реализованы при помощи нормативно - правовых актов и мотивации владельцев зданий, а также при использовании финансовых стимулов. Данная тема детально изучалась в рамках проекта «Энергоэффективность в зданиях», организованного Советом предпринимателей для устойчивого развития [WBCSD, 2009], где предлагаются три механизма улучшения энергоэффективности в зданиях:

- 1) Правильно подобранные финансовые механизмы и взаимоотношения, которые могут придать особую важность процессу использования энергии, для тех, кто вовлечен в процессы строительства и эксплуатации зданий, а также стимулирование инвестиций в энергоэффективность.
- 2) Целостный подход к вопросам проектирования, начиная от уровня городского планирования и заканчивая индивидуальными домами, позволит стимулировать взаимозависимость и солидарную ответственность среди многих участников, вовлеченных в цепочку строительных и эксплуатационных работ здания. Это касается комплексного проектирования, применения стимулов, которые ведут к реализации мероприятий для всего здания в целом, а не к изменениям индивидуальных элементов, а также к использованию современных технологий как части интегрированного решения, направленного на снижение энергопотребления.
- 3) Изменение поведения профессиональных специалистов в сфере строительства и тех, кто будет эксплуатировать эти здания, в целях

достижения энергоэффективности. Потребуется применение множества подходов, которые необходимы не только для привлечения внимания общественности, но и стимулирования населения, включая информационные кампании, четкую мотивацию, обучение.

Настоящая глава описывает барьеры, которые необходимо преодолевать при реализации практических мероприятий для улучшения энергоэффективности в зданиях. Также в главе представлены практические шаги для дальнейшей деятельности в рамках концепций энергоэффективных зданий.

2.1 Практические барьеры

В рамках проекта ЕЕВ были идентифицированы барьеры, встречающиеся на пути к улучшению энергоэффективности в муниципальных зданиях и многоквартирных жилых домах, что также может быть применимо к ситуации в России:

- Несбалансированная система мотивации – означает, что прибыль от экономии энергии не поступает человеку, осуществившему данные инвестиции. Это особо очевидно для тех зданий, где за отопление платит не собственник здания или собственник не является нанимателем жилья, жильцом данного здания.
- Наниматели жилья не заинтересованы или не имеют мотивации, чтобы экономить энергию, к примеру, стоимость отопления может быть фиксированной или может отсутствовать возможность контролировать систему отопления. В России возможность экономить тепловую энергию весьма ограничена, так как здания подключены напрямую к централизованной системе отопления (при этом отсутствует возможность контролировать температуру в отдельных комнатах, так как система является общей для всех комнат) и стоимость энергоресурсов не вызывает заинтересованности в мероприятиях по энергоэффективности.
- Финансовые ограничения. Обычно люди, проживающие в многоквартирных домах, обладают низким доходом. Несмотря на то, что они стремятся экономить определенный процент своего дохода, они, по

всей вероятности, при попытках платить за усовершенствования в сфере энергоэффективности столкнутся с огромными трудностями.

- Ошибочные представления. Энергоэффективный многоквартирный дом все еще представляется на современном рынке как более дорогостоящее здание, нежели здание стандартной конструкции. Об этом стоит помнить при проектировании новых зданий. В случае с более старыми зданиями, стоимость мероприятий по модернизации, связанных с утеплением, может стать значительной, принимая во внимание, что реновация с учетом вопросов энергоэффективности бывает такой же дорогостоящей, как и строительство нового здания.
- Строительный сектор, в общем, очень разнообразный и сложный, поэтому в реализацию типичного строительного проекта вовлечено несколько участников с разными ролями. Следовательно, мероприятия по улучшению энергоэффективности должны быть поддержаны на разных уровнях.

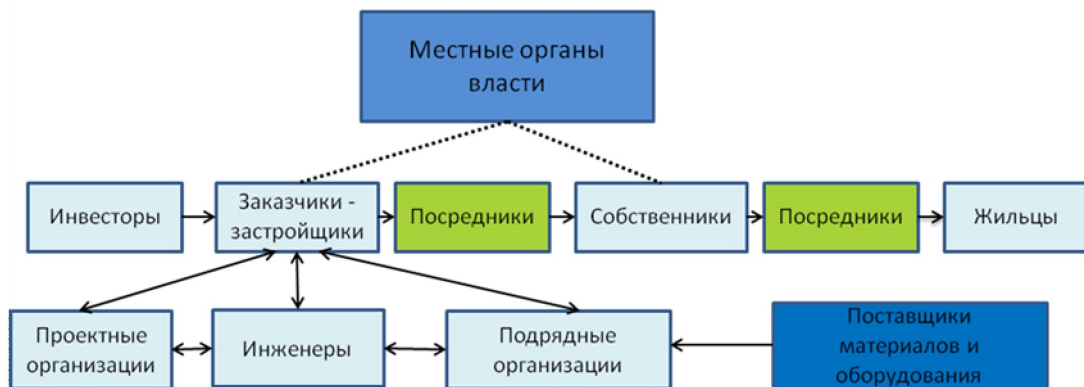


Рис. 2.1 Коммерческие взаимоотношения в строительстве. Сложность взаимодействий между участниками обуславливает один из барьеров на пути к энергоэффективности. [WBCSD, 2009].

Помимо общих механизмов, в результате реализации проекта ЕЕВ были выработаны шесть рекомендаций, основная цель которых - преодолеть вышеуказанные барьеры для улучшения энергоэффективности зданий:

- 1) Усовершенствовать строительные нормы и правила и систему маркировки зданий с целью достижения большей прозрачности.

- 2) Стимулировать инвестиции в энергоэффективность.
- 3) Содействовать внедрению методов интегрированного проектирования и инноваций.
- 4) Развивать и использовать современные технологии с целью воспитания энергоэффективного поведения населения.
- 5) Развивать кадровый потенциал, квалифицированный для выполнения работ по энергоэффективности.
- 6) Пропагандировать культуру поведения, направленную на энергосбережение.

Создание возможностей для применения стимулов для инвестиций в энергоэффективность и применение оправданных энергосберегающих технологий рассматриваются далее.



Рис. 2.2 Рекомендации ЕЕВ проекта. В проекте изучаются обоснованные энергосберегающие технологии и финансовые инструменты для достижения энергоэффективности зданий. [WBCSD, 2009].

2.2 Политические меры в северных странах

Скандинавские страны всегда рассматривались как передовые страны в сфере работы с энергоэффективностью зданий, не только в вопросах внедрения

политических инструментов, но и в вопросах оценки эффектов этих процессов. Начиная с 1970-х годов, Скандинавские страны представили ряд политических инструментов для энергосбережения в зданиях. Спектр инструментов и накопленных знаний различен для разных стран. В главе представлены данные, взятые из следующего источника [Kiss, 2010].

В течение нескольких десятилетий в Скандинавских странах было представлено множество политических инструментов, направленных на более эффективное использование энергии в зданиях, к примеру, строительные нормы и правила, субсидии, маркировка и декларации, информационные кампании и налоги на потребление энергии. Тем не менее, в разных странах применяются различные инструменты и накапливается свой практический опыт: мы можем говорить о шведском опыте использования субсидий, финском опыте с фокусом на добровольное участие в мероприятиях по энергосбережению, датском способе активного внедрения политических механизмов, включая оценку и норвежском методе подготовки и обучения. Примеры политических действий в Скандинавских странах представлены в Таблице 2.1. и на рисунке 2.3.

Таблица 2.1 Некоторые из директивных мер для улучшения энергоэффективности в жилых домах в северных странах [Nordic Council of Ministers, 2007].

Страна	Меры
Финляндия	Программа по энергосбережению в муниципалитетах и неприбыльных жилищно-строительных организациях (объектах) (2002)
	Программа энергоэффективности для зданий, отапливаемых с применением жидкого топлива (2002)
Дания	Мероприятия по энергосбережению для организаций, снабжающих электричеством, природным газом и обеспечивающих подключение к системе централизованного отопления (2001)
	Энергетическая маркировка больших зданий (1997)
	Энергетическая маркировка маленьких зданий (1987)
	Энергетическая маркировка электроприборов (1993)
Норвегия	Гранты для энергосбережения в жилых домах (2003)
	Маркировка и требования к энергоэффективности электробытовых приборов (1996)
Швеция	Грант для осуществления перевода систем с электричества и ископаемого топлива к системам централизованного отопления или тепловым насосам (2006)
	Информационная кампания (2006)
	Энергетические декларации (2006)

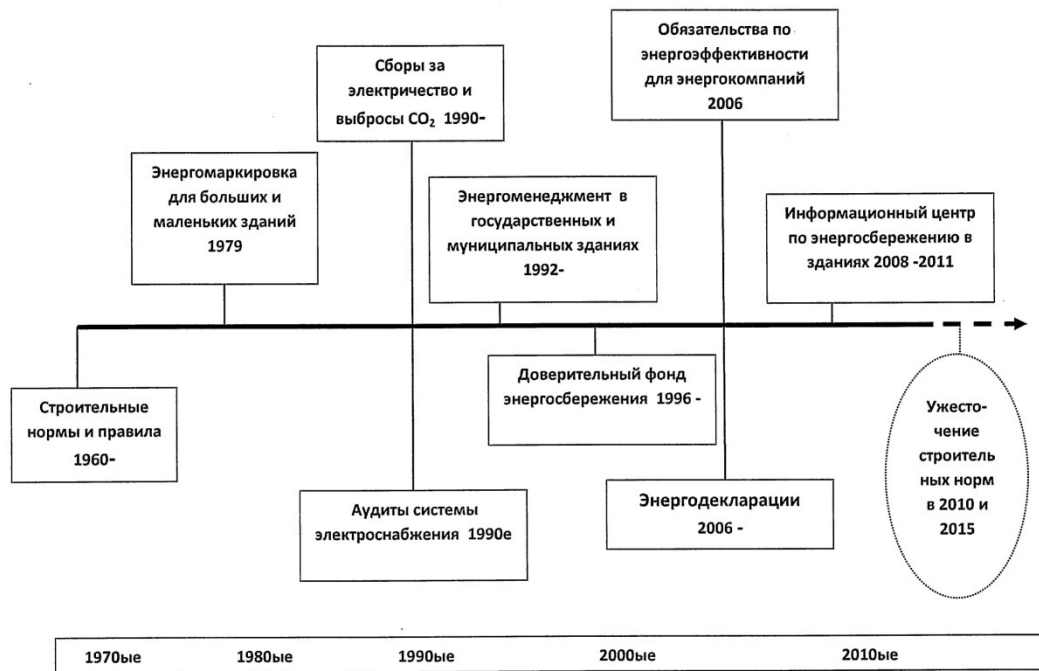


Рис. 2.3: Хронология развития основных директивных инструментов в Дании [Kiss, 2010].

Инструменты могут классифицироваться как:

- Традиционные политические инструменты, включающие строительные нормы и правила, законодательные акты, субсидии и налоги, информационные кампании и образовательные мероприятия.
- Инновационные политические инструменты, такие как инициативы по сотрудничеству между различными участниками, задействованными в строительном секторе, добровольное стремление к высокому проценту соответствия строительным нормам и правилам, правильные технологии закупок, маркировка, декларации и профессиональные тренинги по вопросам энергоэффективности.
- Оценка методик (оценка политики).
- Организационные вопросы.

Типичные примеры политических инструментов: налоги на использование энергии и налог на выброс углекислого газа, различные меры (проведение кампаний, объединение в сетевые организации, соответствие строительным нормам и правилам), направленные на энергоэффективность и финансовую поддержку при

использовании возобновляемых источников энергии и энергоэффективного оборудования. [Nordic Council of Ministers, 2007].

2.2.1 Традиционные политические инструменты

Регулятивные меры, такие, как применение строительных норм и правил, законодательных актов, рассматриваются как один из наиболее эффективных путей для достижения энергоэффективности в зданиях, при условии, что существует возможность обеспечить их исполнение. В Дании, оценка, проводимая организациями Energy Analysis, Niras, RUC и 4-Fact, свидетельствует о том, что строительные нормы и правила являются очень важными в вопросах сокращения энергопотребления в новых зданиях. Существуют ожидания касательно долгосрочных и стратегически обоснованных, ужесточенных требований строительных норм и правил в 2010 и 2015 годах в Дании. Финляндия также приняла более строгие строительные нормы и правила в 2012 году.

В общем, экономические инструменты демонстрируют разную результативность. Они могут привести к значительной экономии и выступить хорошим бизнес-стартом в рыночных условиях, но также эти инструменты могут оказаться неэффективными. Применяя налоговые механизмы, мы можем провести интернализацию негативных эффектов (по характеру воздействия на окружающую среду), увеличивая цены на энергоносители.

К примеру, налоги могут быть использованы для регулирования энергопотребления при применении политики более высоких цен. Тем не менее, существуют ограничения уровня налогов, которыми можно облагать налогоплательщиков, и также лимитировать воздействие более высоких цен, особенно в долгосрочной перспективе. Налоги также можно комбинировать с сильными информационно-пропагандистскими методами, при помощи которых возможно распространять знания об энергоэффективности и обеспечивать руководство над проведением мероприятий по энергоэффективности. Налоговые механизмы и работа по информированию общественности также могут быть комбинированы с инструментами, которые поддерживают внедрение новых технологий, а именно с

такими, как исследовательские и проектно-конструкторские работы, закупки технологий, государственные закупки, стратегические инвестиции. Налог на потребление энергии совместно с поддержанием использования энергоэффективных решений доказали свою эффективность для продвижения энергоэффективности в Скандинавских странах.

Касательно информационных мероприятий, часто очень трудно оценить их воздействие и реальный эффект. Тем не менее, это не должно приуменьшать роль информационных мероприятий в вопросах оказания поддержки другим политическим инструментам и повышения значимости концепции энергоэффективности.

2.2.2 Инновационные инструменты политики

Множество инновационных политических инструментов создается и развивается в последнее время в Скандинавских странах. Такие инструменты включают предложения по созданию сети полезных деловых связей и контактов. Сотрудничество с различными организациями, работающими в строительном секторе, крайне необходимо для улучшения показателей энергоэффективности, в особенности для продвижения и строительства зданий с низким потреблением энергии.

Для того, чтобы в дальнейшем продвигать усовершенствованные модели энергоэффективности в зданиях, рекомендуется побуждать добровольную инициативу, в максимальной степени соответствовать строительным нормам и правилам. В дополнение к этому, в Скандинавских странах развиваются добровольные стандарты для «пассивных» домов и домов с низким потреблением энергии.

Более серьезная и целевая поддержка профессионального обучения и обучения по вопросам энергоэффективности, организованного для архитекторов, инженеров, и профессионалов строительной индустрии, является важным элементом для создания базы рыночных отношений в сфере энергоэффективности.

2.2.3 Организационные структуры

В Скандинавских странах структуры, в ведении которых находятся вопросы энергоэффективности, обычно рассредоточены по разным организациям. Исключением может стать Датский Трест Сохранения Энергии. Для того, чтобы лучше координировать информационную деятельность и мероприятия по энергоэффективности, можно инвестировать в подобный энергетический трест. Такой трест координирует стратегическую деятельность по энергоэффективности в общем, и в частности, работает над проведением различных кампаний, с вопросами субсидирования и обеспечения качественным консалтингом и организует обучение для населения и предприятий. Более того, подобный трест может скоординировать деятельность разных участников рыночных отношений. Мероприятия такого рода финансируются из государственных или частных фондов или даже при помощи взимания сбора, который можно затем включить в платежные документы за потребление электроэнергии.

Исследовательские центры, изучающие проблемы зданий и вопросы энергоэффективности, такие как Исследовательский центр зданий с нулевым энергопотреблением, открытый в Норвегии, является очень важным для регулярного проведения огромного количества экспертиз, детальных научных исследований и оценки. Открытие этого центра является удивительным шагом в продвижении исследований нулевых эмиссий в зданиях Норвегии, а также других Скандинавских стран. Амбициозная цель деятельности данного центра – исключить эмиссии парниковых газов, выделяющихся при эксплуатации зданий.

2.2.4 Оценка стратегий

Улучшение энергоэффективности в долгосрочной перспективе потребует применения различных инструментов на разных этапах. Как изложено в [Kiss, 2010], (за исключением опыта Дании, где проводилась оценка общей политики) не существует методологии для оценки стратегии с особым фокусом на накопление полученного опыта. В Финляндии проводятся как исследования прогнозируемых сценариев, так и фактические исследования, в основном, касающиеся возможной экономии энергии и снижения выбросов парниковых газов, также анализируются

результаты реализации требований Европейских директив, но все эти исследования проводятся в единичных случаях. Большинство исследований применяемых стратегий фокусируется на оценке эффективности затрат и экономической целесообразности, с меньшим акцентом на инновационные эффекты. Более того, в Скандинавских странах, существующие инструменты реализации принятых стратегий в целом оказывают незначительное воздействие на инновационные процессы, обычно привнося постепенно нарастающие в своем количестве изменения в существующие строительные практики и распространение существующей технологии.

2.3 Механизмы финансирования капитального ремонта и повышения энергоэффективности многоквартирных жилых домов

Возможности и практические барьеры для улучшений в сфере энергоэффективности жилых зданий в России детально были исследованы в «Программе капитального ремонта и повышения энергоэффективности многоквартирных жилых домов Российской Федерации». В отчете изложены ключевые мероприятия для проведения капитального ремонта жилых многоквартирных домов [EBRD, 2012b] и предложены три различных пакета концепций, которые могут быть применены в жилых домах. В рамках пакетов энергоэффективных альтернативных концепций содержатся следующие мероприятия:

1. Меры, предусмотренные для улучшения теплоизоляции ограждающих конструкций здания.
2. Меры, направленные на полную реконструкцию (полную замену) внутридомовых сетей (сетей водо- и теплоснабжения).
3. Меры для улучшения систем тепловых сетей и водоснабжения в зданиях, позволяющие контролировать расход ресурсов для отопления и снабжения горячей водой. В этом случае, сокращаются потери тепла, возникающие вследствие отсутствия баланса между объемом подаваемых и фактически требуемых ресурсов.
4. Мероприятия по установке общедомовых приборов учета (теплосчетчиков, счетчиков потребления электричества, счетчиков потребления холодной и горячей воды).

5. Энергосберегающие мероприятия, состоящие из установки сенсоров в местах общего пользования. Эта мера позволяет автоматически контролировать интенсивность освещения мест общего пользования.

Проект также предлагает устойчивые решения по финансированию капитального ремонта:

1. Модель, при которой осуществляется регулярное внесение средств (на обязательной основе, всеми собственниками жилья) в специально предусмотренный фонд для аккумуляции средств на эксплуатацию и ремонт зданий («коллективный фонд капремонта здания») является важной предпосылкой развития многоквартирного дома.
2. Кредитные программы, предоставляемые коммерческими банками товариществам собственников жилья (ТСЖ), кооперативам, управляющим компаниям, обеспечение кредита осуществляется через регулярные отчисления собственников на ремонт и эксплуатацию зданий, которые аккумулируются в специальном фонде или на счете, специально открытом с этой целью.
3. Финансовая поддержка государства, обеспечивающая софинансирование проектов по проведению капитальных ремонтов и предоставление государственных гарантий через специально учрежденные кредитно-финансовые организации (гарантийные агентства, специализированные государственные банки).

В отчете по проекту также изложены практические вопросы, требующие рассмотрения, такие как законодательство РФ, в рамках которого невозможно обязать собственников жилья вступать в ТСЖ или другую форму коллективной организации собственников жилья [EBRD, 2012с]. В дополнение, в проекте представлена финансовая модель, которая может быть использована для улучшения возможностей проведения ремонта с применением энергоэффективных технологий (рис. 2.4.).



Рис. 2.4: Основные организации и их функции в рамках предложенной модели капитального ремонта зданий [EBRD, 2012c].

2.4 Реализация успешного проекта по проведению энергоэффективного ремонта

Основные этапы проекта по проведению энергоэффективного ремонта в соответствии с [RIL 249-2009] представлены на рисунке 2.5. Домовладельцам рекомендуется разработать долгосрочный план проведения ремонта (стратегию для здания), который станет базой для ремонтных работ.

Перед планированием начала проектных работ по проведению ремонта следует изучить текущее состояние здания. Инспекция здания может обеспечить информацию о техническом состоянии здания и необходимых мероприятиях капремонта. В зависимости от потребности в капремонте инспекция может состоять из отдельных детальных исследований состояния здания (к примеру, практические исследования бетонных стен) или исследование может быть общим, визуальным. На практике в визуальном исследовании могут быть также рассмотрены существующие способы использования и характеристики здания, и как результат данного исследования может быть представлен перечень необходимых мероприятий для улучшения условий и проведения ремонта в здании. В любом случае, результатом такой инспекции должен стать отчет по техническому состоянию здания и долгосрочный план или список рекомендаций по проведению капитального ремонта. При возможности, инспекция проводится независимым

профессиональным специалистом, так как информация, изложенная непрофессионалами с неточностями, может привести к ненужным или неэффективным мероприятиям по капремонту.

На практике эти рекомендации необходимо рассматривать с точки зрения ранее указанных целей капремонта. Если цель – сделать энергопотребление здания низким, тогда требуемые мероприятия будут более затратными, чем в случае со зданиями энергокласса В и С. Тем не менее, это может быть компенсировано со временем при более низком энергопотреблении, что приведет к снижению затрат полного срока эксплуатации.

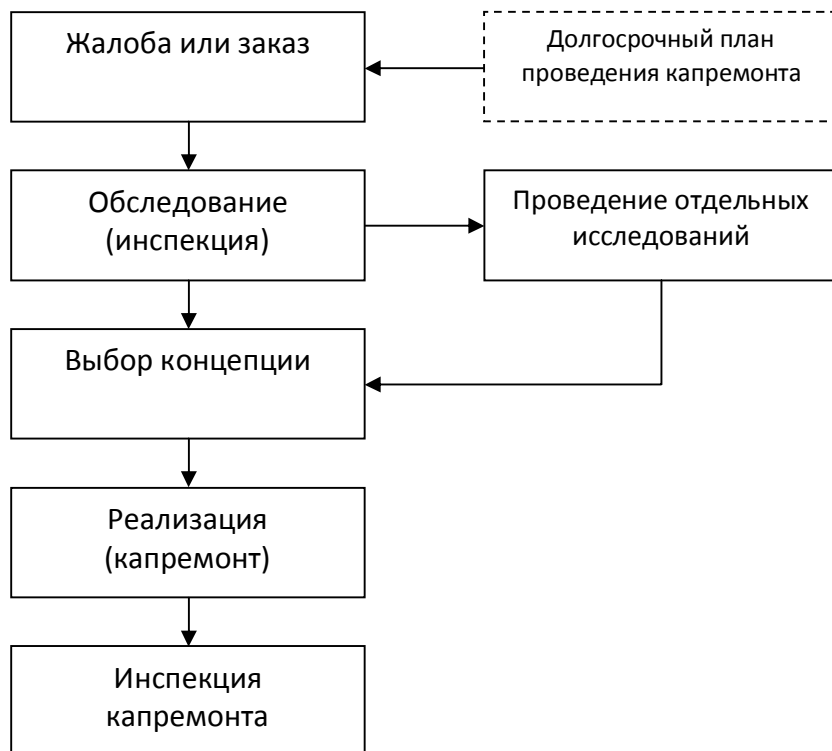


Рис. 2.5: Схема мероприятий проекта по проведению капитального ремонта [RIL 249-2009].

Когда собственник здания или консультант имеет представление об общей цели ремонтных работ и текущем техническом состоянии здания, он может выбрать различные концепции для достижения этой цели. Энергореновация может включать улучшение теплоизоляции элементов зданий (стен, пола, крыши), замену окон, улучшение системы вентиляции с рекуперацией тепла, уменьшение потребления воды и электроэнергии с различными вариантами применяемых материалов и

различные уровни затрат. Эту часть работ рекомендуется поручить опытной консалтинговой компании, которая может предложить и подготовить сравнительный анализ различных возможных концепций и обеспечить подготовку основной проектной документации по энергореновации, кроме того, примерные вычисления могут быть сделаны на основе существующих расчетов сравнительных таблиц технических характеристик. Также очень важно, чтобы консалтинговая компания хорошо ориентировалась в местных технологиях, к примеру, улучшение изоляции может не снизить потребление тепла зданием, в случае, если система центрального отопления с водяными радиаторами не оснащена термостатами. Соответственно, система вентиляции с рекуперацией тепла бесполезна, если в здании серьезные утечки воздуха. Для выбора концепции может потребоваться детальный анализ влияния различных элементов энергореновации на повышение энергоэффективности здания, например, выбор мероприятий для обновления ограждающих конструкций и системы вентиляции, как это предусматривается проектом на данной стадии. Собственник здания должен понимать главные мотивы (как экономические, так и технические) для реализации выбранной концепции и проведения ремонтных работ.

Когда концепция выбрана и определены дальнейшие мероприятия по реновации, основные проектные документы могут быть использованы в качестве шаблона для окончательной проектной документации, а также в качестве основы для проведения торгов по определению подрядчика на проведение ремонтных работ. Часто, наиболее выгодно, чтобы одна и та же консалтинговая компания взяла на себя разработку проектной документации и выбор строительной компании – подрядчика. Консалтинговая компания должна владеть информацией о компаниях, представленных на рынке строительных услуг. Если в реконструкции участвует несколько подрядчиков, консалтинговая компания должна координировать их действия при проведении ремонта.

Когда ремонт с целью повышения энергоэффективности был проведен в соответствии с требованиями местного законодательства, соответствие этим нормам и правилам должно быть подтверждено уполномоченным органом. Это

позволит подтвердить тот факт, что не только проведена техническая инспекция объекта, но и определить, в действительности ли реализованные мероприятия позволили повысить энергоэффективность данного здания.

3 Обзор лучших технологий в сфере энергоэффективности из опыта

Северных стран

В данной главе представлены различные способы и технические решения, применяемые в странах Северной Европы, для повышения уровня энергоэффективности зданий. Технические решения могут применяться и в проектах реновации. Речь здесь также идет о возобновляемых источниках энергии, в первую очередь, о системах, работающих на солнечной энергии, которые можно индивидуально устанавливать в отдельных зданиях.

3.1 Технологии повышения энергоэффективности зданий

Широко известными и уже доказавшими свою состоятельность решениями по повышению энергоэффективности зданий являются такие меры как замена теплоизоляции, систем отопления, рекуперация тепла в системах вентиляции и модернизация электрических приборов, включая осветительные. Практическое применение этих решений, экономящих энергию, стало возможным благодаря продукции ряда производителей из стран Северной Европы, некоторые из которых (виды продукции и их изготовители) представлены в данной главе с частичным использованием информации из отчета «Энергетика Северных стран – чистая, разумная и конкурентоспособная» [Norden, 2008год].

В Европейском Союзе 40% всей энергии потребляется зданиями, что превышает объемы, приходящиеся на транспорт (32%) и промышленность (28%). В связи с такой большой долей в общем энергопотреблении наиболее эффективными с точки зрения затрат мерами экономии являются меры, касающиеся повышения энергоэффективности жилых домов (27%) и зданий коммерческого назначения (30%), при этом:

- В жилых домах самую большую экономию обеспечивает замена теплоизоляции стен и крыши, а в коммерческих зданиях такой мерой является совершенствование системы энергетического управления.

- В Европе 2/3 энергии, потребляемой зданиями, приходится на домовладения, и этот уровень с каждым годом растет за счет повышения качества жизни, выражающегося в более интенсивном использовании систем кондиционирования и отопления. Половина прогнозируемого роста спроса на электроэнергию, который предположительно должен удвоиться к 2020 году для кондиционирования воздуха, может быть сэкономлена за счет применения более жестких стандартов для электрооборудования, прежде всего в системах охлаждения воздуха. Кроме того, потребность в электроэнергии может быть значительно снижена посредством минимизации энергопотребления в здании (освещение, кухонная техника и т.д.) или использования методов охлаждения воздуха без применения электричества.
- 10 миллионов котлов в домах европейцев были изготовлены более 20 лет назад, и только их замена может сэкономить 5% тепла. Переход к возобновляемым источникам энергии принесет еще большую экономию.
- 30-50% электроэнергии в зданиях офисного, коммерческого и досугового назначения может быть сэкономлено за счет использования современных систем и технологий, таких как светоизлучающие диоды.

Производители из Северной Европы предлагают умные, эффективные и комплексные решения для снижения энергопотребления в зданиях, системе отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, автоматизации зданий, освещения, горячего водоснабжения и обращения с отходами. Во многих случаях возможны комплексные индивидуальные решения, соответствующие потребностям заказчика, часто спроектированные под использование возобновляемых источников энергии (прежде всего геотермальных), таких как тепловые насосы, использующие тепло земли, или системы, работающие на солнечной энергии.

3.2 Изоляционные материалы, окна и двери для зданий

В связи с произошедшим за последние годы ужесточением законодательства по энергопотреблению зданий, возросли требования к качеству теплоизоляции, которая общепризнанно является основным компонентом энергосбережения.

Среди производителей из стран Северной Европы есть и такие («Paroc» и «Isover»), которые предлагают энергоэффективные **теплоизоляционные материалы** для зданий, применяемые при модернизации фасада и крыши.

В качестве примера можно привести реализуемый в Финляндии проект «Innova» с участием компании «Paroc», в рамках которого ведется ремонт многоквартирного дома постройки 1970-х с применением готовых теплоизолированных фасадных панелей с целью превращения его в здание, «пассивное» (со сниженным энергопотреблением и минимальным ущербом для окружающей среды) (см. рисунок 3.1). Используемый в данном случае подход имеет несколько преимуществ, включая более низкую себестоимость, более короткие сроки ремонта, отсутствие строительных лесов и полную изоляцию здания. «Paroc» также предлагает своим клиентам продукцию и концептуальные решения для строительства новых «пассивных» домов, реализуемых под маркой «Energywise house» [Paroc, 2012a].



Рис. 3.1: Концепция «пассивного» дома фирмы «Paroc» основана на использовании готовых теплоизолированных фасадных панелей и энергоэффективных окон [Paroc, 2012b].

Окна и двери являются основной причиной утечки тепла и проникновения воздуха, поэтому их правильный выбор и установка при проведении замены фасада или окон являются важным фактором создания комфортных условий проживания. Сегодня фирмы-производители окон (например, «Tiivi Oy») предлагают изделия, соответствующие категории А+ энергетической классификации, что означает наличие слоев стекла 3+2 с коэффициентом теплопередачи (U) $0,67 \text{ Вт/м}^2\text{К}$. Для сравнения можно сказать, что требуемый законодательством Финляндии уровень коэффициента теплопередачи для окон и дверей составляет $1,0 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ [RakMK C3,

2010], что, в свою очередь, означает наличие на рынке не только окон, но и дверей с показателями ниже установленного уровня.



Рис. 3.2: Примеры моделей окон «Tiivi» и их коэффициент теплопередачи, а также класс энергоэффективности [Tiivi, 2012 г.]

3.3 Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

В североевропейских странах отопление в зданиях обычно осуществляется с использованием электроэнергии, централизованного теплоснабжения, жидкого топлива, тепловых насосов и древесных видов топлива. Есть и другие менее распространенные виды теплоснабжения [Statistics Finland, 2012]. В свою очередь, электрическое отопление может осуществляться электроаккумуляционными системами, частично электроаккумуляционными системами и системами прямого нагрева. Наиболее часто используемыми тепловыми насосами являются тепловые насосы «воздух-воздух», «воздух-вода», тепловые насосы, работающие на вытяжном воздухе и тепловые насосы, использующие тепло грунта.

Необходимая тепловая мощность рассчитывается исходя из спроса на отопление и горячую воду, что в свою очередь определяется типом и размером здания. Не все системы отопления предназначены для выполнения обеих функций, и не все могут работать как основная система теплоснабжения. [Motiva, 2012]. Например, тепловой насос «воздух-воздух» не может нагревать воду или служить основной системой обеспечения тепла. С другой стороны, при выборе системы отопления необходимо помнить о возможной разнице между решениями для новых и уже существующих зданий. В последнем случае может быть технически сложно и экономически

невыгодно менять, например, систему прямого электронагрева на централизованное теплоснабжение.

В существующих **системах централизованного теплоснабжения** снижение потребления тепла в зданиях осуществляется в первую очередь за счет модернизации компонентов системы и установки приборов учета при наличии достаточной теплоизоляции. На практике предпочтительной является двухконтурная схема, когда собственная система теплоснабжения здания отделена от системы централизованного теплоснабжения, что дает целый ряд преимуществ, подробно описанных в специализированной литературе [Eliseev, 2011].

Примером такого двухконтурного разделения является узел Gebwell's G-Power unit, используемый в детских садах и жилых домах Финляндии и включающий в себя циркуляционные насосы, клапаны и устройство, контролирующее распределение тепла.



Рис. 3.3: Узел системы централизованного теплоснабжения фирмы «Gebwell's G-Power unit», применяемый для отделения внутрисетевой сети от муниципальной и регулирования подаваемого тепла [Gebwell, 2012].

Кроме того, что можно установить управляемую двух контурную систему, условия проживания в зданиях с центральным отоплением можно также улучшить при замене радиаторов. Если радиаторы установлены с термостатами, то можно достичь значительных показателей сохранения энергии, так как потребление нагретой воды может быть снижено в соответствии с желаемой комнатной температурой.

Компания «Enervent Oy Ab» производит вентиляционные **системы для жилых домов и коммерческих зданий**, которые среди прочего комбинируют работу тепловых насосов с утилизацией отходящего тепла. Тепловые насосы, относящиеся к «зеленым технологиям», используют разницу температур для обеспечения работы энергоэффективных систем отопления и охлаждения жилых и промышленных зданий. Технология рекуперации позволяет возвращать тепло из вытяжного воздуха во внутреннюю систему отопления здания, вместо того, чтобы выпускать его наружу. Результат применения этих технологий – повышение энергоэффективности и уменьшение оплаты за теплоснабжение.

Для удовлетворения растущего спроса на эффективные системы кондиционирования воздуха компания «Enervent Oy Ab» выпустила «зеленый» тепловой насос «Greenair HP». Эта система может применяться как в новом строительстве, так и в модернизации существующих зданий, прежде всего там, где по градостроительным нормам внешние блоки кондиционирования нельзя устанавливать на фасаде здания. В конструкции некоторых моделей систем кондиционирования нет внешних блоков, и все компоненты размещаются внутри зданий. По словам исполнительного директора компании «Enervent Oy Ab» Тимо Лууккайнена, установка насоса «Greenair HP» обеспечивает долгосрочную экономию и снижение оплаты за тепло на 40%, что означает уменьшение срока окупаемости до двух-трех лет по сравнению с системой, совмещающей охлаждение и отопление с традиционным вентилированием без рекуперации тепла.

Технология «Greenair HP» соединяет в себе тепловой насос и роторный рекуператор, которые захватывают и возвращают тепло, содержащееся в удаляемом воздухе, затем направляют наружу охлаждаемый установкой воздух через систему

воздуховодов. Годовая эффективность роторного рекуператора, используемого компанией «Enervent Oy Ab» может достигать 85%, по сравнению с конкурирующими технологическими решениями, в которых при температурах ниже 0°C она обычно не превышает 30%-40%.

Благодаря своей реверсивной функции роторные рекуператоры позволяют экономить энергию и в системах охлаждения воздуха. Технология рекуператора может также сочетаться с тепловыми насосами или другими источниками тепла в установках разного размера. Производитель предлагает широкий ассортимент автоматизированных контролирующих устройств, обеспечивающих работу вентиляционной системы в точном соответствии с требованиями пользователя (в том числе по уровню CO₂ и влажности воздуха). Автоматическое регулирование систем отопления и охлаждения также учитывает сезонные колебания температур.

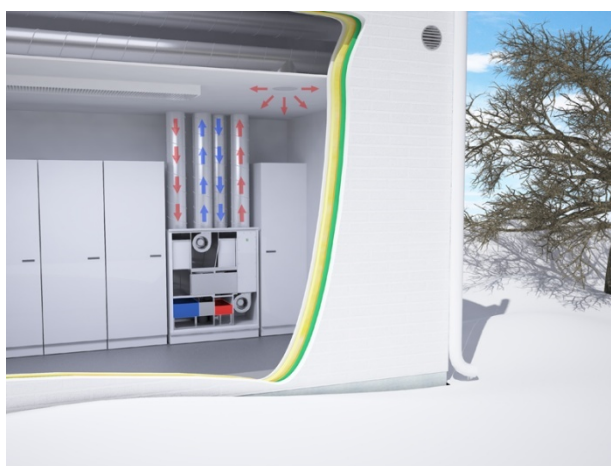


Рис. 3.4: Узел «Greenair HP» производства компании «Enervent Oy Ab» позволяет сочетать систему вентиляции с системой рекуперации воздуха и тепловым насосом [Enervent, 2012].

Если в здании естественная система вентиляции, то стоимость реновации и установки оборудования может значительно повлиять на целесообразность механической вентиляции: в случае правильной работы естественной вентиляции (окна здания не запотевают) и если установка вентиляционных коробов сталкивается с проблемами, следовательно, монтаж механической системы вентиляции с требуемыми воздуховодами может быть экономически неэффективным [JENERGIA, 2011]. В случае, если система естественной вентиляции

не функционирует должным образом, по меньшей мере, приток воздуха в здание можно усовершенствовать при помощи **клапанов подачи воздуха**. По возможности, эти клапаны должны монтироваться отдельно в стены или окна. [Terveysilma, 2013]. Менее эффективный, но простой способ – установить новые окна с интегрированными клапанами подачи воздуха [Dry-Air, 2013].

Если в уже существующем здании систему естественной вентиляции невозможно усовершенствовать, то ее можно заменить на механическую систему вентиляции. Эта система должна иметь высокую эффективность рекуперации тепла: кроме необходимости устанавливать воздуховоды для системы вентиляции, эффективность системы рекуперации тепла является основным фактором, влияющим на срок окупаемости реконструкции [jENERGIA, 2011]. В зданиях, уже имеющих воздуховоды (что типично для финских жилых зданий), установка новой системы вентиляции с рекуперацией тепла часто является оправданной и целесообразной, при условии, что в квартирах могут быть установлены дополнительные воздуховоды.

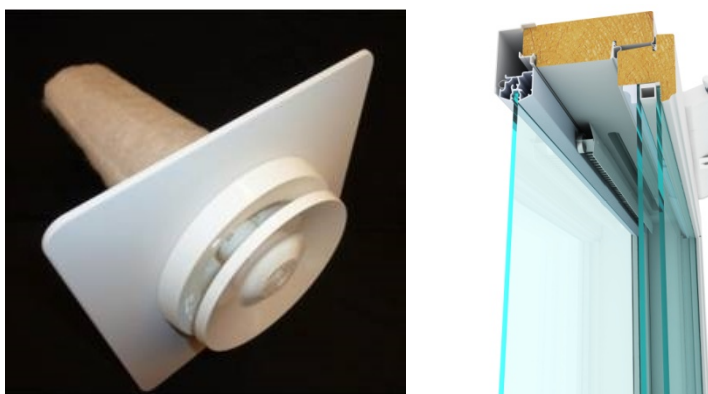


Рис. 3.5: Клапан подачи воздуха производства VELCO и Dry-Air Oy в Финляндии. [Terveysilma, 2013], [Dry-Air, 2013].

Для повышения теплоэффективности хорошей альтернативой продукции компании «Enervent Oy Ab» являются **воздушные тепловые насосы**, производимые, к примеру, фирмой «IVT Nordic», в случае если имеющиеся нагревательные приборы работают от электричества, и еще одним необходимым условием является простота установки. Так как воздушные тепловые насосы могут крепиться к стене, они

являются хорошей альтернативой дополнительным электронагревателям в здании, где имеются системы как отопления, так и охлаждения. Кроме того, воздушные тепловые насосы - это обоснованный выбор при определении вида индивидуального горячего водоснабжения, которое в России чаще всего обеспечивается электрическими бойлерами. Ниже приводятся технические характеристики, иллюстрирующие некоторые преимущества воздушных тепловых насосов [IVT Nordic, 2012a]:

- Теплопроизводительность 0,9-6,5 кВт с потреблением 0,16-1,7 кВт электроэнергии (с интенсивностью потока (расходом) в пределах 5,7-11,2 м³/мин)
- Холодопроизводительность 0,9-4,0 кВт с потреблением 0,2-1,25 кВт электроэнергии (с интенсивностью потока (расходом) в пределах 5,2-9,3 м³/мин).

Более затратным, но при этом более эффективным источником, от которого работают тепловые насосы, является **геотермальная энергия**. В виду того, что при этом требуются большие площади для установки (см. рис. 3.6 для примера), его применение для уже существующих зданий или одиночного строения в городской черте ограничено. При использовании этого решения необходимо ответить на такие практические вопросы как: есть ли место для тепловых труб и какие-либо законодательные ограничения, регулирующие их прокладку.

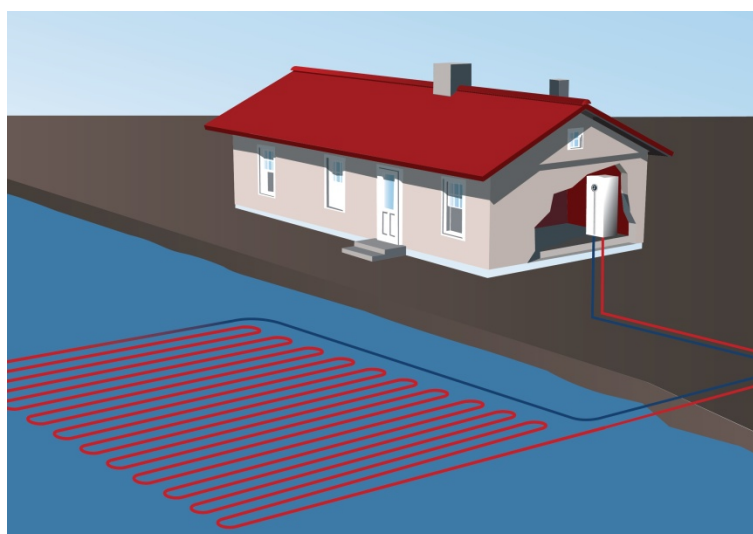


Рис. 3.6: Система геотермальных насосов требует прокладки труб под землей или по дну моря [IVT Nordic, 2012b].

В случае, если здания расположены недалеко от моря или озера и, если система геотермальных насосов может быть подключена к сетям централизованного (муниципального) теплоснабжения, обеспечивающего теплом несколько строений, геотермальную энергию можно рассматривать как потенциальный источник «чистой» тепловой энергии для отдельного жилого массива. К примеру, в районе Сувилахти в городе Вааза (Финляндия) геотермальная энергия морской воды используется как источник отопления и охлаждения для 42 зданий [Mateve, 2008]. Это практическая иллюстрация функционирования отдельной сети, использующей низкопотенциальное тепло, где каждое здание с помощью теплонасоса получает необходимый объем энергии для отопления/охлаждения [Motiva, 2010]. Имеющаяся информация выглядит убедительно, демонстрируя хороший пример проекта по повышению энергоэффективности целого микрорайона.

3.4 Энергоэффективность электроприборов

Потребление электроэнергии за последние десятилетия возросло, и предполагается, что эта тенденция продолжится и в будущем. Существует ощутимая разница в объемах потребляемого электричества между различными типами зданий и приборов. В рамках одного из проведенных исследований [Adato, 2006] был составлен прогноз будущего электропотребления в жилых домах при:

- а) неизменности существующих практик (BAU);
- б) внедрении наилучших из имеющихся технологий (BAT), результаты которых представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Расход электроэнергии в жилых домах в Финляндии в 2006, 2015 и 2020 годах. Технический потенциал энергосбережения в 2015 и 2020 годах [Adato, 2006].

	2006	BAU	BAT	BAU	BAT	Потенциал Энергосбережения	
		2015	2015	2020	2020	2015	2020
	ГВт	ГВт	ГВт	ГВт	ГВт	ГВт	ГВт
Бытовая холодильная техника	1 627	1 405	1 028	1 227	767	377	459
Приготовление пищи	653	683	618	693	577	65	116
Посудомоечная машина	261	288	266	290	268	22	22
Стиральная машина	392	412	357	423	347	56	77
Развлекательные электронные товары	834	1 177	888	1 076	860	289	215
Компьютерное оборудование	408	323	121	240	87	202	153
Отопление сауны	852	930	630	971	971	0	0
Компрессорное оборудование	669	741	545	809	566	196	243
Отопление пола	206	221	221	227	227	0	0
Подогрев автомобиля	218	221	221	225	225	0	0
Внутреннее освещение	2 427	2 233	843	2 002	845	1 389	1 157
Уличное освещение	89	95	21	99	22	75	77
Другое	2 572	2 600	2 600	2 650	2 650	0	0
ИТОГО	11 207	11 336	8 657	10 931	8 412	2 669	2 519

Хотя данное исследование было проведено применительно к Финляндии, его результаты характеризуют общие тенденции. Так из таблицы видно, что с точки зрения энергоэффективности самый высокий потенциал имеет внутреннее освещение (электроприборы), за которым следуют холодильное оборудование и системы кондиционирования воздуха высокого давления.

Внутреннее освещение может осуществляться разными способами. Директива ЕС по энергоэффективности запрещает использование ламп накаливания. В уже упомянутом исследовании были перечислены некоторые типичные тенденции в этой области [Adato, 2006], которые включают в себя следующее:

- Количество лампочек в домах увеличивается;
- Качество освещения улучшается;
- Количество используемых флуоресцентных лампочек растет.

В Финляндии свыше одной десятой всей электроэнергии потребляется осветительными приборами. Так в школах, например, эта величина составляет одну пятую, а в больницах одну треть. В последнее время в Европе много говорилось о снятии с производства ламп накаливания. В будущем сектор освещения ждут и другие серьезные перемены. Так, например, в Финляндии для уличного освещения раньше в основном использовались ртутные лампы, от которых предстоит полностью избавиться через несколько лет [Motiva, 2009].

Энергосервисная директива ЕС обязует Финляндию повысить эффективность использования электроэнергии. В этом документе подчеркивается важность вклада государственного сектора в достижение поставленных целей. Директива ЕС по экологическому дизайну также выдвигает определенные требования к освещению: [Motiva, 2009]:

- Запрет на импорт ртутных ламп к 2015 году.
- Обязательное наличие электронных балластов в новых флуоресцентных источниках света с 2017 года.
- Поэтапное снятие с продаж ламп накаливания к 2012 году.

Использование последних строительных технологий и современных систем регулирования освещения, а также ужесточение целевых показателей энергосбережения могут обеспечить потенциал энергосбережения при освещении в пределах от 30% до 70%. Потребление электроэнергии при освещении зависит от многих составляющих: тип используемых ламп, осветительные приборы, их расположение, электронные балласты и система регулирования. Одним из самых важных моментов является использование освещения только тогда, когда оно необходимо. Нужно понимать, что снижение энергопотребления не обязательно означает снижение качества и степени освещенности. Новые технологии позволяют повышать качество освещения и количество источников света, снижая при этом

эксплуатационные расходы [Motiva, 2009].

Замена традиционных флуоресцентных ламп T8 2x36W, снабженных электронным балластом, на современные флуоресцентные лампы T5 1x35W снижает общую сумму затрат (затраты на инвестиции, электроэнергию, обслуживание и эксплуатацию) на 30% [Motiva, 2009].

3.5 Возобновляемые источники энергии

Улучшение показателей энергоэффективности здания возможно повысить за счет использования таких возобновляемых источников энергии как фотоэлектрические солнечные панели, солнечные коллекторы и ветровые турбины. В первую очередь речь идет о переходе в летний период с электрических водогрейных котлов на солнечные панели и коллекторы. В такой системе солнечное тепло собирается коллектором, обычно помещенным на крышу дома, от которого оно передается жидким теплоносителем в бак для горячей воды через спираль теплообменника [Rica, 2012]. Среди поставщиков систем солнечных коллекторов, работающих на рынке Финляндии и России, можно назвать компании «Rica», «ROTO» и «Savo-Solar».



Рис. 3.7: Система солнечных коллекторов фирмы «Rica» может использоваться для нагревания воды [Rica, 2012].

Еще одна возможность - использование солнечных фотоэлектрических панелей для преобразования энергии солнца в электричество, используемой для собственных нужд здания или для нужд общей энергосети. В этом случае система включает в себя расположенные на крыше здания солнечные фотоэлектрические панели, производящие электроэнергию, и преобразователь переменного тока. Подобная

установка мощностью 2,95 кВт, работающая в г. Лаппеенранта (Финляндия), за пять месяцев выработала 1780 кВтч.



Рис. 3.8: Солнечная фотоэлектрическая установка на крыше жилого дома в г. Лаппеенранта (Финляндия).

В настоящее время лидирующим мировым производителем и потребителем в области солнечной энергетики является Германия, где граждане имеют возможность подавать электроэнергию из своих солнечных фотоэлектрических систем в общую энергосеть, пользуясь при этом льготным тарифом на поставленный ими в общую сеть объем электроэнергии. В настоящее время обсуждаются предложения по введению аналогичной практики в Финляндии и других североевропейских странах. Среди известных производителей солнечных энергоустановок можно назвать «SMA Solar Technology AG» и «SunPower Corporation».

Кроме солнечных фотоэлектрических панелей, еще одну возможность вырабатывать электроэнергию предоставляют ветровые турбины. У солнечных панелей есть ряд преимуществ, делающих их более приемлемым источником возобновляемой энергии, среди которых:

- Отсутствие подвижных комплектующих, нуждающихся в обслуживании.
- Несложность установки, отсутствие необходимости получения специальных строительных разрешений.

- Меньшая, по сравнению с ветровыми турбинами, подверженность механическим повреждениям (сильный ветер, молния).

Третий альтернативный способ выработки электроэнергии для нужд отдельного здания – использование микро-ТЭЦ с когенерацией тепла и электричества, работающих на природном газе. На рисунке 3.9 представлены возможные преимущества использования ТЭЦ-установки по сравнению с отдельным производством тепла и электричества.

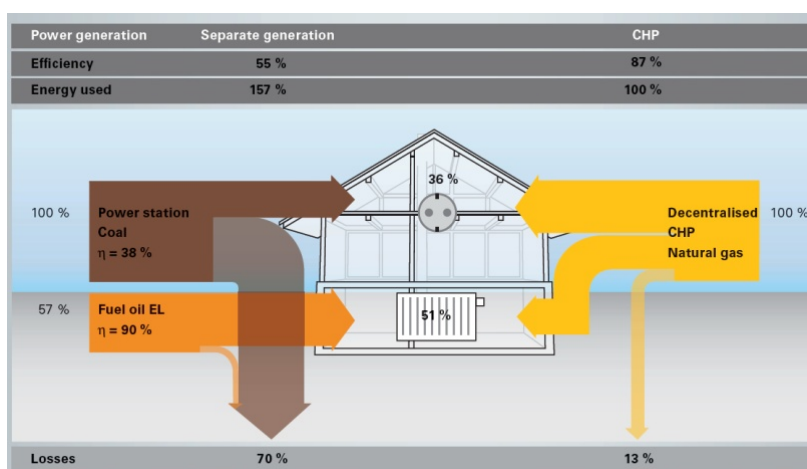


Рис. 3.9: Сравнение степеней эффективности ТЭЦ-установки на природном газе и отдельной выработки тепла и электричества [Viessman, 2012].

3.6 Краткое заключение

Существует несколько технических решений, повышающих уровень энергоэффективности зданий. Из перечисленных методов особого внимания с точки зрения, как повышения энергоэффективности здания, так и качества условий проживания заслуживают хорошая теплоизоляция, регулирование теплотребления и вентиляция с рекуперацией тепла. На сегодняшний день существует множество самых разных технологий использования возобновляемых источников энергии. Так, микро-ТЭЦ, например, предлагают еще одну дополнительную возможность использования природного газа. Для данного проекта представляется обоснованным проведение тестовых испытаний по использованию тепловых насосов, солнечных фотоэлектрических панелей или

солнечных коллекторов, технически более простых в установке и более дешевых по сравнению с ТЭЦ-установками и ветровыми турбинами.

4 Энергоэффективное уличное освещение

Обеспечение уличного освещения является одной из наиболее заметных и дорогостоящих обязанностей городских и сельских властей: неэффективное освещение ежегодно приводит к значительным финансовым потерям, а плохое освещение создает небезопасные условия проживания. Доказано, что энергоэффективные технологии и дизайн могут ощутимо сократить расходы на уличное освещение (часто на 25-60%). В Европе за счет использования «умных» уличных фонарей (адаптивное освещение) возможно сэкономить до 38 млрд. кВтч электроэнергии в год.

В данной главе представлены энергоэффективные решения организации уличного освещения и типовые этапы на пути повышения его эффективности. Содержащаяся здесь информация во многом основана на материалах проектов «E-Street, 2007» и «USAID, 2010».

Наиболее распространенными причинами неэффективного использования системы уличного освещения являются следующие:

- Ошибочный выбор источников света;
- Неудачная конструкция и некачественная установка;
- Некачественное электроснабжение;
- Небрежная эксплуатация и обслуживание.

Как показал проект «E-Street», до 50-70% первоначального потребления электроэнергии может быть сэкономлено за счет реинвестирования в новые технологии с заменой старых неэффективных светильников, реорганизацией конфигурации и использования плавного затемнения при адаптивном освещении. Одна только замена светильников ведет к сокращению энергопотребления на 40-50%.

На рисунке 4.1 изображены типовые этапы проекта по повышению энергоэффективности уличного освещения. Для начала необходимо определить технические требования, предъявляемые к освещению, а затем выбрать наилучшую из имеющихся технологию и дизайн, удовлетворяющие этим требованиям. В таблице 4.1 перечислены разные типы ламп, с более подробными характеристиками которых можно ознакомиться в материалах вышеупомянутого проекта [USAID, 2010].



Рисунок 4.1: Типовые этапы повышения энергоэффективности уличного освещения [USAID, 2010].

Таблица 4.1: Сравнительный перечень имеющихся на сегодняшний день типов ламп [USAID, 2010].

Тип лампы	Световая отдача (лм/Вт)	Цветопередача	Срок службы лампы в часах	Примечания
Ртутная лампа высокого давления	35-65 лм/Вт	Средняя	10 000-15 000	Большое энергопотребление, короткий срок службы
Металлогалогидная лампа	70-130 лм/Вт	Отличная	8 000-12 000	Высокая светоотдача, короткий срок службы
Натриевая лампа высокого давления	50-150 лм/Вт	Средняя	15 000-24 000	Энергоэффективная лампа, плохая цветопередача
Натриевая лампа низкого давления	100-190 лм/Вт	Очень плохая	18 000-24 000	Энергоэффективная лампа, очень плохая

				цветопередача
Ртутная флуоресцентная трубчатая лампа низкого давления	30-90 лм/Вт	Хорошая	5 000- 10 000	Короткий срок службы, среднее энергопотребление, имеются модели только с малым потреблением мощности
Энергоэффективная флуоресцентная трубчатая лампа	100-120 лм/Вт	Очень хорошая	15 000- 20 000	Энергоэффективная лампа, большой срок службы, имеются модели только с малым потреблением мощности
Светоизлучающий диод, (Golden DRAGON с овальной линзой, 100 штук, во время работы при 350 миллиампер)	55 лм/Вт	Средняя	10 000- 50 000	Наиболее энергоэффективная, большой срок службы, имеются модели только с малым потреблением мощности (для одной лампы нужно несколько элементов)

В рамках проекта «Умное дорожное и уличное освещение» (E-Street) было проведено обширное исследование по модернизации систем уличного освещения, и подготовлен отчет [E-Street, 2008], в соответствии с которым, примерно одна треть европейских дорог и автомагистралей освещаются неэффективными, с точки зрения потребления энергии, ртутными лампами, изготовленными по технологиям 1960-х годов. За свой срок службы такие лампы потребляют относительно много электроэнергии, имея при этом низкую энергоэффективность. Более того, они содержат ртуть, и значит, являются экологически небезопасными. Их замена на натриевые лампы высокого давления или металлогалогенные лампы повышает эффективность применения ламп на 40%. Это может снизить общее энергопотребление уличного освещения в Европе примерно на 15% с учетом того, что 1/3 установленного оборудования безнадежно устарела. Простая замена ламп 250 Вт на лампы 150 Вт означает сокращение расхода электроэнергии на 40%. При полной замене всех ламп (включая и более новые типы) можно сэкономить дополнительно 5-10 %. В сумме потенциал энергосбережения используемых в настоящее время ламп составляет примерно 20%.

В отчете проекта «E-Street» также рассматривается светодиодная технология освещения, однако итоговые расчеты, демонстрирующие энергоэффективность этой технологии, в нем не представлены. По данным производителей и результатам последних исследований такие лампы обеспечивают еще 40 % экономии энергии по сравнению с упомянутыми выше натриевыми лампами высокого давления и металлогалоидными лампами. Так, вместо натриевых ламп высокого давления или металлогалоидных ламп в 150 Вт, можно использовать светодиодную лампу в 105 Вт. В настоящее время на практике проводится замена устаревших уличных фонарей на энергоэффективные светодиодные светильники в городе Гурьевске Калининградской области, что, как ожидается, приведет к снижению электропотребления на 270 тысяч кВтч в год и сэкономит 1,267 тысяч рублей годового бюджета.

Значительная экономия потребляемой энергии возможна за счет полного перехода от старой системы к новой. Замена ламп, светильников и балласта обеспечит 37% экономии.

Кроме замены самой лампы дальнейшая экономия затрат возможна за счет использования устройств интеллектуального управления. Проект «E-street» подтвердил, что интеллектуальное управление дорожным освещением, позволяющее плавно уменьшать силу света отдельных светильников в зависимости от погодных условий, может принести дополнительную экономию средств. Успешным примером такого решения может служить столица Норвегии - город Осло [CUD, 2008].

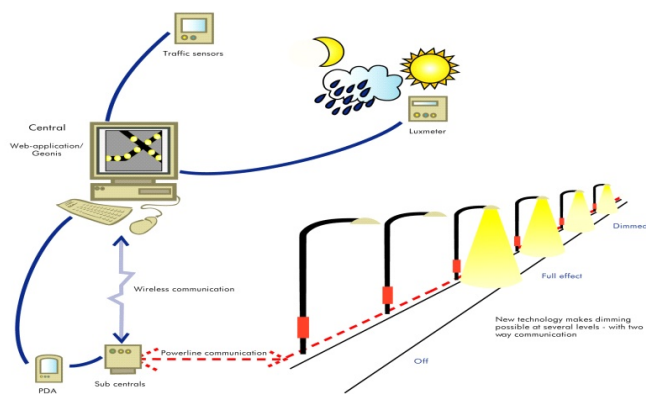


Рисунок 4.2: Пример интеллектуального управления дорожным освещением [CUD, 2008].

Для управления уличным освещением также важно соблюдать оптимальное время включения и выключения освещения. Агентство по энергоэффективности Финляндии «Motiva» издало руководство, в котором говорится, что освещение следует выключать или включать при уровне освещенности 20 люкс. Всего 20 минут нерационального освещения в день составляют 2 часа в неделю и около 50 Евро (€) дополнительных расходов на один километр улиц [Motiva, 2009].

5 Повышение потенциала энергоэффективности зданий

Степень энергоэффективности существующего здания может быть повышена путем реновации, целями которой могут быть оптимизация энергопотребления до определенного уровня (например, требуемого законодательством), снижение общих затрат за весь срок службы здания и уменьшение соответствующих эмиссий при его эксплуатации. Для практического достижения второй из названных целей необходимо выбрать те мероприятия, которые позволят минимизировать затраты в течение полного срока эксплуатации здания и повысить его энергоэффективность, снизив энергопотребление. Проекты энергетической реновации следует рассматривать как часть процесса улучшения состояния здания на всем протяжении его жизненного цикла.

5.1 Характеристики энергоэффективного здания

Строительство – многокомпонентный процесс, на исход которого влияет целый ряд факторов и множество мелких технических деталей. Отдельное здание, чтобы быть энергоэффективным, должно не только иметь правильную конструкцию с использованием оптимальных технических решений (отопление, вентиляция, электроприборы), но и в целом быть качественно построено, грамотно обслуживаться и правильно эксплуатироваться. В финском периодическом издании для профессиональных строителей, посвященном энергоэффективным домам, [RIL 249-2009] перечисляются основные факторы, определяющие здание, экономичное по энергопотреблению (рис. 5.1.). Особую важность при этом имеют следующие характеристики:

- Хороший проект и его должное исполнение с обеспечением эффективного контроля качества; правильный выбор строительных материалов и правильное их применение.
- Хорошо работающие инженерные системы, использование возвратного тепла в вентиляционной системе, энергоэффективное электро- и теплооборудование.



Рис. 5.1: Основные факторы, влияющие на получение зданием энергоэффективного статуса

5.2 Энергопотребление в зданиях – типичные примеры из опыта Финляндии

Энергопотребление можно разделить на следующие три основные составляющие: отопление, горячая вода и электроэнергия. Как правило, до половины всей потребляемой в жилых домах энергии приходится на тепло, одна пятая часть на горячую воду и оставшаяся треть на электроэнергию, потребляемую бытовыми приборами [Motiva, 2012]. В среднем в одной квартире многоквартирного дома в Финляндии проживает 1,63 человек. Из таблицы 5.1 видно, сколько при этом расходуется электроэнергии [Adato, 2006].

Таблица 5.1. Электропотребление в многоквартирных домах в Финляндии [Adato, 2006].

Тип здания	Год	Количество	Среднее поквартирное потребление [кВтч]	Общее потребление [ГВтч]
Многokвартирный дом	1993	890 116	1 950	1 736
Многokвартирный дом	2006	1 065 423	2 109	2 247
Разница		20 %	8%	29%

Данные таблицы говорят о поквартирном росте потребления электроэнергии за период 1993-2006 годы, при этом наибольшая нагрузка (2/3 всего электропотребления) приходится на холодильное оборудование, осветительные приборы и развлекательное оборудование (игровые приставки, домашние кинотеатры и т.д.).

Таблица 5.2: Потребление электроэнергии бытовыми приборами в многоквартирных домах в Финляндии [Adato, 2006].

Прибор	ГВт/час	Доля [%]
Холодильник	490	22%
Внутреннее освещение	469	21%
Развлекательное оборудование	283	13%
Приготовление пищи	245	11%
Компьютеры	168	7%
Стирка	110	5%
Нагреватель в сауне	91	4%
Подогрев пола	83	4%
Посудомоечная машина	54	2%
Приборы низкого напряжения	52	2%
Прочие приборы	202	9%
Всего	2247	

Из таблицы 5.2 видно, что бытовые приборы очень отличаются друг от друга по потребляемому ими объему электроэнергии, и основная доля приходится на холодильное оборудование.

5.3 Пилотные исследования в Финляндии

5.3.1 Пилотные исследования «VTT» в 2008 году

Тема энергоэффективной реновации и ее последствий детально рассматривалась университетом Аалто и государственным центром технических исследований «VTT» в рамках ряда исследовательских проектов. Представленные данные содержатся в отчетах, составленных по результатам некоторых из таких исследовательских проектов ([Holopainen, 2008] и [Norden, 2008]).

Снижение энергопотребления и показателей по CO₂ может быть достигнуто за счет проведения таких мер энергоэффективной реновации, как дополнительная теплоизоляция и рекуперация тепла из выходящего воздуха. В проекте «VTT» по энергореновационным технологиям изучался вопрос рентабельности мер энергоэффективной реновации зданий. Была проведена оценка эффективности различных усовершенствований конструкции здания (теплоизоляции, воздухопроницаемость), систем теплоснабжения, систем вентиляции, освещения, электрических приборов, солнечного затенения и охлаждения. Были смоделированы результаты воздействия различных энергореновационных мер по снижению потребности в энергии на отопление или охлаждение. В каждом случае мероприятия выполнялись в определенном порядке, чтобы, например, улучшенная теплоизоляция обеспечивала эффективную работу вентиляции, рекуперирующей тепло.

Были проведены расчеты для двух индивидуальных и трех многоквартирных домов. С помощью специальной моделирующей программы энергопотребление было измерено до и после ремонта.

В двух односемейных домах отопление было электрическим, а горячее водоснабжение централизованным (теплоисточник на жидком топливе). Проект по энергоэффективной реновации включал в себя применение таких традиционных в этом случае технологий, как замена теплоизоляции в соответствии с существующими требованиями, обеспечение воздухопроницаемости конструкций и замена механической вытяжной вентиляции на механическую приточно-вытяжную вентиляцию с рекуперацией тепла. Был проанализирован эффект от использования наземного воздушного теплового насоса, теплового насоса, расположенного под землей, и использования системы отопления на солнечной энергии. В сумме реновационные меры снизили годовой расход электроэнергии в доме с электроподогревом на 67%. Годовое потребление тепловой энергии в доме с централизованным теплоисточником на мазуте было сокращено на 65% (рис. 5.2). Каждая из рассмотренных мер энергореновации имела свои сопряженные с ней затраты и свой срок окупаемости, показанные в таблице 5.4. Следует отметить, что

срок окупаемости воздушного теплового насоса в доме с электрообогревом составил 2,5 года.

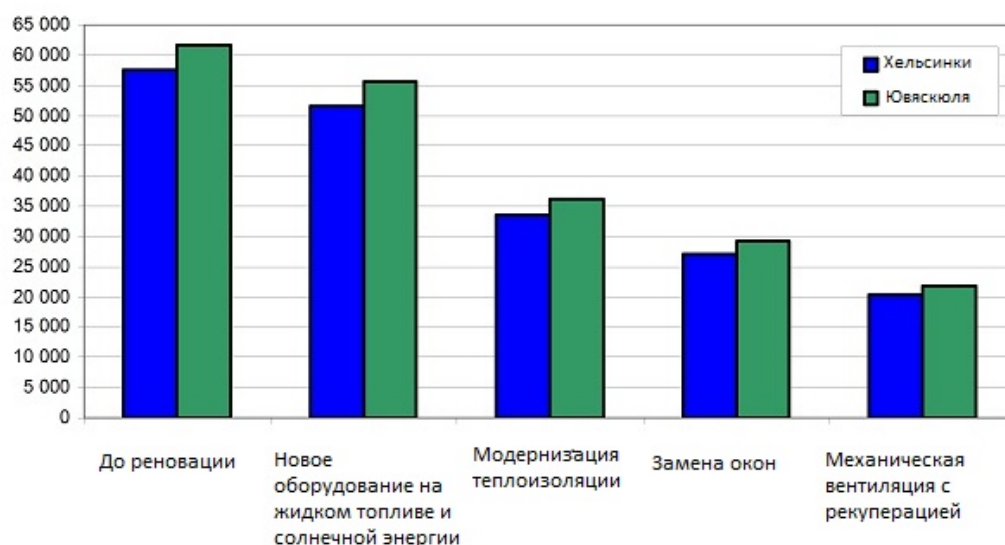


Рис. 5.2: Влияние различных мер энергореновации на общий объем энергопотребления (кВтч/г) в доме (централизованный теплоисточник на жидком топливе) в двух городах: Хельсинки (Южная Финляндия) и Ювяскюля (Центральная Финляндия) [Holopainen, 2008].

Таблица 5.4: Сроки окупаемости отдельных мер энергореновации в доме с централизованным теплоисточником на жидком топливе [Holopainen, 2008].

	Общий объем инвестиций, €	Годовая чистая экономия для дома в г. Хельсинки, €	Срок окупаемости для дома в г. Хельсинки
Новая система теплоснабжения на жидком топливе	8585	346	17.5
Новая теплоизоляция	17800	1155	12.1
Новые окна	11200	416	18.6
Механическая вентиляция с рекуперацией тепла	3500	429	7.1

Участовавшие в проекте три многоквартирных дома были построены в 1950, 1960 и 1970 годах, подсоединены с сетям централизованного теплоснабжения и имели годовой удельный расход тепла 255 кВтч/м², 213 кВтч/м² и 188 кВтч/м² соответственно. Проведенный ремонт заключался в модернизации внешней

теплоизоляции и поверхности конструкции внешних стен; замене окон, балконных дверей и входных дверей; модернизации теплопункта и теплосетей; поквартирной установке механической приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла (годовая эффективность 30 %). После реновации удельное энергопотребление снизилось до 82-138 кВтч/м², т.е. на 46-56 %.

В ценах на энергоносители 2008 года средний срок окупаемости рассмотренных в проекте реновационных мер был более десять лет, за исключением мер по совершенствованию работы системы теплоснабжения (три года) [Lindstedt, 2010]. Обычно мероприятия энергореновации бывают эффективными с точки зрения затрат, если они осуществляются параллельно с другими видами ремонта (фасад, система вентиляции), что также уменьшает их срок окупаемости. При возможности следует использовать возобновляемые источники энергии. Воздушные тепловые насосы взамен электродогрева оказались образцовой мерой рентабельного повышения энергоэффективности.

5.3.2 Исследовательские проекты государственного центра технических исследований и университета Восточной Финляндии

Государственный центр технических исследований «VTT» и университет Восточной Финляндии провели в городах Куопио и Суоненйоки два пилотных исследования о влиянии тепловых насосов на энергопотребление.

В Куопио в течение 7 лет замерялись всевозможные показатели, и собиралась разного рода информация. Пилотное здание первоначально имело индивидуальное электрическое отопление с общим годовым расходом 45 000 – 49 000 кВтч. Электронагрев был заменен на тепловой насос, использующий тепло земли (GSHP), и 1000-метровый трубопровод, пролегающей на глубине 3 метров по дну озера Каллавеси. Это был теплонасос модели IVT Greenline E15, мощностью 15 кВт. Уровень энергопотребления здания в год установки насоса был принят за точку отсчета, после чего погодные условия были аналогичными тем, что и в период, когда в доме было электрическое отопление [VTTb, 2012].

После установки теплового насоса и теплопровода эта система стала обеспечивать отопление и горячее водоснабжение. Общий расход электроэнергии снизился до 16 500 – 18 000 кВтч в год. В разные годы показатель КПД варьировал от 2,5 до 4. В холодные зимы благодаря энергосберегающим окнам и дополнительной теплоизоляции удалось сэкономить еще 9 % энергии [VTTb, 2012].

В г. Суоненйоки пилотным объектом был односемейный дом площадью 150 м² с электрической системой отопления, потребляющей около 36 000 кВтч в год [VTTb, 2012].

В пилотном здании было решено установить систему из геотермального теплового насоса и теплопровода длиной 450 м на глубине 1,25 м. Была выбрана модель «IVT Premiumline X11» насоса мощностью 11 кВт с использованием инверторной технологии. Общее электропотребление снизилось с 36 000 кВтч до 13 500 кВтч. Самый высокий из измеренных показателей КПД составил 2,67. При температуре - 20°C температура жидкого теплоносителя в подземном трубопроводе, ведущем к теплоснабжению, составила 0 – 0,5 °C, а в трубопроводе, проложенном по дну озера 2,5 – 3°C. В этом случае самый низкий показатель КПД объясняется использованным в данном случае методом удержания тепла в трубах [VTTb, 2012].

6 Методология и инструменты для исследования пилотных зданий.

Пилотные объекты были выбраны таким образом, чтобы они были типичными зданиями общего пользования постройки советского периода и также типичны большинству зданий в Калининградской области. Основываясь на этом условии был выбран детский садик города Светлого как первый пилотный объект в данном проекте. Другим пилотным объектом стал типичный многоквартирный жилой дом в городе Калининграде.

Пилотные проекты исследовались путем натурного обследования и с применением финского инструмента для классификации энергоэффективности зданий, основанного на Excel. Данный инструмент позволяет анализировать потребности здания в отоплении в соответствии с заданными техническими параметрами и сравнения различных методов для снижения потребления тепла в здании. Данная программа разработана для финского климата, но была модифицирована для проведения исследований (расчетов) зданий Калининградской области в соответствии с природно-климатическими условиями местности.

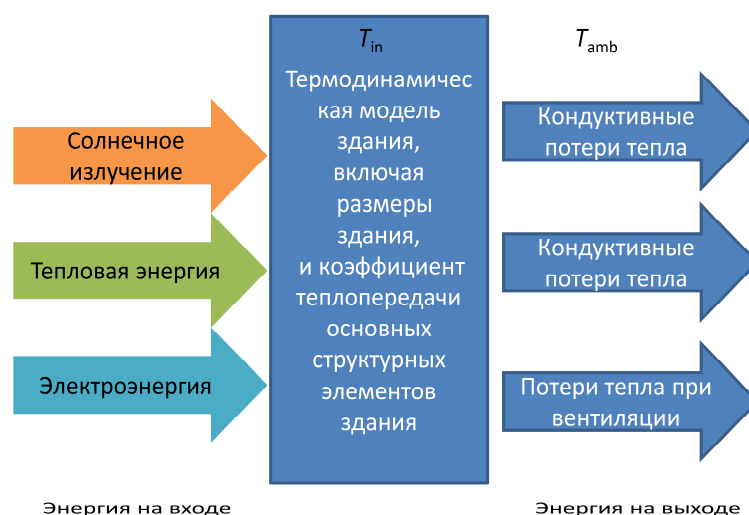


Рис.6.1: Принцип действия компьютерной программы для энергоэффективной классификации. Программа рассчитывает годовое потребление тепловой энергии, основываясь на данных по техническим характеристикам здания.

Компьютерная программа для проведения расчетов состоит из таблиц, в которые вносятся основные характеристики здания (размеры и отапливаемые площади) и технические параметры различных элементов здания (коэффициенты теплопередачи и толщина ограждающих конструкций). Как показано на рис 6.2, данная информация используется для расчетов теплопотерь, в той части здания, где суммарное годовое потребление тепловой энергии основывается на разнице температур внутри и снаружи здания.

Perustiedot		U-arvit, W/m ² (k)			Lämpöhäviöiden tasaus			
Pinta-ala, m ² (A)		U-arvit, W/m ² (k)			Ominaisenergiavuoto, W/K (H _{spite-A x U})			
RAKENNUSOSAT		Vertalu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunniteltu- arvo	Vertalu- rafiaisu	Suunniteltu- rafiaisu		
Ulkoseinä	577,5	534,5	0,17	0,60	1,08	98,2	576,4	
Hirsiseinä			0,40	0,60				
Yläpohja	498,6	498,6	0,09	0,60	0,70	44,9	351,2	
Alapohja (ulkoilmasta rajoittuva)			0,09	0,60				
Alapohja (pyömittäläsn rajoittuva)			0,17	0,60				
Alapohja (maanvastainen)	498,6	498,6	0,16	0,60	0,30	79,8	151,9	
Muu maanvastainen seinä			0,16	0,60				
Ikkunat	165,0	208,0	1,00	1,80	2,24	165,0	486,0	
Ulkiovet	13,8	13,8	1,00	1,80	2,50	13,8	34,5	
Katikkunat			1,00	1,80				
Lämpimät tilat yhteensä	1763,6	1763,6			U-arvo ylläys vapasssa	401,6	1580,0	
Ulkoseinä			0,26	0,60				
Hirsiseinä			0,60	0,60				
Yläpohja			0,14	0,60				
Alapohja (ulkoilmasta rajoittuva)			0,14	0,60				
Alapohja (pyömittäläsn rajoittuva)			0,28	0,60				
Alapohja (maanvastainen)			0,24	0,60				
Muu maanvastainen seinä			0,24	0,60				
Ikkunat			1,40	2,80				
Ulkiovet			1,40	2,80				
Katikkunat			1,40	2,80				
1/2-lämpimät tilat yhteensä								
VAIPAN ILMAVUODOT		Vapaa ilmapuolokuu, (n ₅₀)		Vuotolmavirta, m ³ /s (qv _v =5025 x V ₅₀₀₀)		Ominaislämpöhäviö (H _{vuo} =200 x qv _v)		
		Vertalu- arvo	Suunniteltu- arvo	Vertalu- arvo	Suunniteltu- arvo	Vertalu- rafiaisu	Suunniteltu- rafiaisu	
Lämpimät tilat		2	4,0	0,666	0,133		79,7	159,4
1/2-lämpimät tilat		2						
ILMANVAIHTO		Poistolmavirta, m ³ /s		LTO:n vuosihyötysuhde, % (n _a)		Ominaislämpöhäviö, W/K (H _v =1200 x qv _v x (1-n _a))		
		Kerta / tunti	Suunniteltu- arvo (n ₃₀)	Vertalu- arvo	Suunniteltu- arvo	Vertalu- rafiaisu	Suunniteltu- rafiaisu	
Hallin oltanvaihto		0,30	0,249	45	1		164	296
Lämpimät tilat								

Рис. 6.2: Скриншот расчетного инструмента. Технические характеристики строительных элементов применяются для расчетов теплопотерь, основываясь на данных по ежегодному потреблению тепловой энергии.

Представленная далее информация применяется для определения коэффициента энергоэффективности и класса энергоэффективности в соответствии с годовым потреблением энергии на единицу брутто- отапливаемой площади здания. В соответствии с финским законодательством выделяется семь классов энергоэффективности от А до G, для каждого класса предусмотрен диапазон значений.

Здание детского сада	Жилой дом	
0–140	0–100	A
141–180	101–120	B
181–230	121–140	C
231–300	141–180	D
301–390	181–230	E
391–500	231–280	F
501–	281–	G

Рис. 6.3: Семь классов энергоэффективности в соответствии со строительным законодательством Финляндии, предельные значения годового потребления энергии на единицу брутто-отопливаемой площади здания ($\text{кВт}/\text{м}^2_{\text{брутто}}$), обозначаемые в Финляндии как ET - коэффициент энергоэффективности [RIL249-2009].

Принимая во внимание, что исследования проведены с помощью компьютерного моделирования, с использованием имеющихся данных, результаты таких исследований могут содержать ошибки и требовать дальнейших оценок состояния зданий на месте и изучения характеристик перед началом капитального ремонта. (См. Главу 5 по проведению капитального ремонта с учетом вопросов энергоэффективности). Таким образом, данные результаты были переданы в государственное автономное учреждение Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» и Балтийскому федеральному университету имени И. Канта, сотрудник которого С.В. Молчанов летом 2012 года провел соответствующие расчеты с аналогичными результатами и выводами.

Так как натурные исследования были проведены для получения общей информации о состоянии зданий и их потребностях в ремонте, некоторые вопросы, касающиеся состояния конструкций могли быть не выявлены. К примеру, для обнаружения локально отсутствующей теплоизоляции стен или щелей в оконных рамах, дополнительно требуется применение тепловизорных приборов или осмотра каждого окна. Такие же неточности могут касаться стоимостной оценки предложенных мероприятий, так как проведена приблизительная оценка с использованием информации, полученной из финской базы данных по стоимости

строительных мероприятий [Haahtela, 2012] и данных, полученных от Российских партнеров и производителей строительной продукции.

Помимо потребления тепла и характеристик здания, потребление воды и электричества исследовались для первого пилотного объекта – детского сада в сравнении с финским и шведским детскими садами. Эта часть исследований детально изложена в магистерских диссертациях Александра Соломенникова и Майи Тамбовской [Solomennikov, 2012], [Tambovskaya, 2012].

Следует отметить, что инструмент для расчетов не может обнаружить нефункционирующие источники тепла (отопительные приборы) или рассмотреть воздействие неконтролируемой системы отопления на потребление энергии зданием. Часто усовершенствованные методы эксплуатации и возможность контролировать потребление тепла может улучшить качество жизни и, в то же время, снизить потребление тепловой энергии [Eliseev, 2011]. Соответственно, расчетный инструмент не может рассказать о том, где локально отсутствует теплоизоляция или протекают трубы системы отопления. Таким образом, принимая во внимание визуальное обследование и мнения местных экспертов, для исследуемых пилотных объектов были предложены некоторые мероприятия.

7 Анализ энергоэффективности здания детского сада в г. Светлом

Для реализации данного проекта в качестве образца здания бюджетной сферы советского периода постройки был выбран детский сад «Светлячок» в городе Светлый Калининградской области, так как другие детские сады также построены по аналогичному проекту. В настоящее время детский сад посещают 125 детей. Здание, построенное в 1963 году, площадью 996 м², имеет два этажа. Оплата за годовой объем потребленной электроэнергии, равный 46 377 кВтч, составляет 5 433 в пересчете на Евро. Стоимость тепла (227 599 кВтч) - 12 397 Евро в год. Для изучения технического состояния и потребности в ремонте были проведены два обследования здания. Было проведено и визуальное обследование здания, и интервьюирование сотрудников муниципалитета.



Рис. 7.1: Внешний вид здания детского сада «Светлячок» в г. Светлый Калининградской области.

Здание построено из серого силикатного кирпича, ничем не отделанного снаружи, имеет бетонные перекрытия, деревянные полы с линолеумом или другими несколькими видами покрытия в зонах общего пользования, плоскую крышу, в основном старые окна с двойными деревянными рамами и 14 новых окон с рамами из металлопластика. Ни стены, ни крыша не имеют специальной теплоизоляции.

Тепло в здание подается из сети централизованного теплоснабжения. Внутридомовые сети в основном находятся в своем первоначальном состоянии. Обогреватели (водяные радиаторы), будучи напрямую присоединены к теплосети, не имеют термостатов или регулирующих клапанов. По этой причине распределение тепла в здании не сбалансировано: в некоторых помещениях приходится открывать окна, а в других, при необходимости, включать дополнительные электрообогреватели. На рисунке 7.2 показан пример использования фанерного щита, предотвращающего случайное касание детьми горячего радиатора.

Вентиляция в здании осуществляется за счет естественного проветривания, и только на отремонтированной кухне имеется принудительная вентиляционная система. Расход тепла и воды измеряется приборами учета.



Рис. 7.2: Образец водяного радиатора в детском саду.

В связи с тем, что система централизованного теплоснабжения функционирует лишь несколько месяцев в году, на кухне и в четырех других помещениях имеются использующиеся летом электрические бойлеры для горячей воды. Эти бойлеры можно было бы легко заменить более энергоэффективным техническим решением. Еще одним объектом обследования было помещение прачечной, в которой не установлены энергоэффективные приборы для сушки белья (имеется в виду отапливаемое помещение прачечной или энергоэффективная машина для сушки белья). В данном помещении нет отдельной вентиляции или приборов для сушки белья.



Рис. 7.3: Один из электрических бойлеров для горячей воды.

На основании полученных данных от Светлого и государственного автономного учреждения Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» была разработана модель здания. В таблице 7.1 представлены исходные данные и ориентировочные расчеты коэффициентов теплопередачи здания, на основании которых был сделан вывод о его низкой энергоэффективности с годовым энергопотреблением 940 кВтч/м^2 , что соответствует классу G по финской шкале энергоэффективности.

Таблица 7.1: Исходные данные и ориентировочные расчеты коэффициентов теплопередачи по зданию детского сада в г. Светлый.

Теплопотери	Описание	Площадь [м ²]	Коэффициент теплопередачи [Вт/м ² К]	Номинальные теплопотери [Вт/К]
Внешние стены	Силикатный кирпич	651	1.41	917
Крыша		636	1.04	662
Основа пола	Бетонная панель	566	0.22	127
Двери	Огнестойкие двери	14	2.79	39
Окна	Двойные деревянные рамы	210	2.27	477
Строительные конструкции, всего				2222
Утечка	Утечка через			160

воздуха	стыки между элементами конструкции			
Вентиляция	Естественная			296
Всего				2678

В принципе целый ряд элементов данного здания нуждается в реновации, начиная с крыши и заканчивая системой отопления. В силу того, что «пользователями» данного здания являются маленькие дети, первым приоритетом в реновации здания должны стать качество условий микроклимата помещения, а уже вторым – его энергоэффективность. Поэтому рекомендуется начать реализацию проекта по энергоэффективной реновации с модернизации системы отопления и вентиляции для обеспечения сбалансированности температуры внутреннего воздуха и хорошего воздухообмена. Было подсчитано, что эти меры могут снизить энергопотребление в здании, не смотря на то, что модернизированные приборы могут потреблять больше электричества.

С помощью специальной классификационной компьютерной программы было более подробно изучено влияние усовершенствованной вентиляционной системы на энергоэффективность здания. Если кратность воздухообмена увеличится с расчетных 0,3 1/час (30 % вентилируемого пространства в час) до рекомендованного 0,5 1/ час, и появится возможность рекуперировать тепло с эффективностью 70 %, то вентиляционные теплотери уменьшатся с 296 до 289 Вт/К, и годовое энергопотребление может остаться практически на том же уровне, т.е. 942 кВтч/м².

7.1 Оценочный эффект от различных мер по повышению класса энергоэффективности здания

При хорошо функционирующих системах отопления и вентиляции оптимальной мерой повышения энергоэффективности здания является модернизация теплоизоляции и замена окон. Были рассмотрены различные реновационные меры в отношении их воздействия на теплотери в здании и его энергоэффективность. Толщина материалов была выбрана с тем расчетом, чтобы соответствовать финским

строительным нормам RakMK C3 (2010) по коэффициентам теплоотдачи [RakMK C3, 2010].

Рис. 7.2: Требования к коэффициенту теплопередачи отдельных элементов новых зданий в Финляндии.

Элемент здания	Строительные нормы RakMK C3 (2010)
Внешняя стена	0,17
Основа пола	0,09–0,17
Крыша	0,09
Окно	1,0
«Глухое» окно	1,0
Входная дверь	1,0

В таблице 7.3 сведены вместе данные по различным теплоизоляционным решениям и их влиянию на энергопотребление здания. С точки зрения затрат реальной мерой является улучшение качества окон, которые и так нуждаются в замене. Более ощутимых результатов можно добиться за счет реновации фасада посредством его теплоизоляции. Эта мера требует того, чтобы одновременно рассматривались и модернизации систем отопления и вентиляции, иначе улучшенная теплоизоляция может привести к ухудшению условий микроклимата помещений.

Таблица 7.3: Расчетный эффект различных реновационных мер на энергоэффективность здания.

Мера	Новый коэффициент теплопередачи [Вт/м ² К]	Новый показатель в равнении с номинальными показателями теплотерь [Вт/К]	Новые показатели коэффициента энергоэффективности и класс энергоэффективности, основанный на ΔH
Замена старых окон на окна марки Tiivi 2+2 ($U=0.85$) [1]	В среднем 0,95 (прежний 2,27)	200 (прежний 477) -10,3% ⁽¹⁾	845 (G)
Теплоизоляция крыши листами минеральной ваты Paroc eXtra толщиной 500 мм ($\lambda_D=0,036$) [2]	0,07 (прежний 1,04)	45 (прежний 662) -23%	725 (G)
Изоляция двух торцевых стен листами минеральной ваты PAROC COS 10 толщиной 300 мм ($\lambda_D=0,035$) [3]	0,11 для торцевых стен, в других случаях 1,41	786 (прежний 917) -4,9%	896 (G)
Изоляция всех стен листами минеральной ваты PAROC COS 10 толщиной 300 мм ($\lambda_D=0,035$) [4]	0,11 (прежний 1,41)	72 (прежний 917) -31,6%	645 (G)
Замена старых окон и изоляция стен и ([1] + [4] подробности см. выше)	См. выше	См. выше -54,6%	428 (F)
Изоляция стен и крыши + замена старых окон ([1]+[2]+[4])	См. выше	См. выше -64,9%	330 (F)

⁽¹⁾ Относительное изменение общих теплотерь здания.

Оценочная стоимость этих мер, представленная в таблице 7.4, была рассчитана на основании имеющихся российских данных. Следует отметить, что при расчетах

невозможно было учесть все затраты на проектные и монтажные работы, связанные с реновацией.

Таблица 7.4: Оценочная стоимость предлагаемых реновационных мер. В общей стоимости 10% приходятся на стоимость проектных работ.

Мероприятие	Стоимость материалов [тыс. рублей]	Стоимость рабочей силы [тыс. рублей]	Общая стоимость [тыс. рублей]
Замена старых окон на новые (39 штук)	560	256	900 (25 750 €)
Теплоизоляция крыши листами минеральной ваты	972	350	1344 (38 400 €)
Теплоизоляция двух торцевых стен листами минеральной ваты	159	1500-2000 (ориентировочно)	1825-2375 (52 150-67 900 €)
Теплоизоляция всех стен листами минеральной ваты	689	3000-4500 (ориентировочно)	4025-5675 (115 000-162 150 €)

Компьютерное моделирование показало, что заизолировав стены и крышу, можно снизить теплопотери почти наполовину - до класса F. Теплоизоляция стен, как отдельно взятый элемент реновации, имеет самый большой потенциал энергосбережения. Полная реализация этого потенциала требует либо существенных вложений в ремонт фасада (более 50 000 €), превышающих бюджет проекта, либо, как минимум, более детального исследования характеристик стен для определения тех их участков, которые нуждаются в теплоизоляции. Таким же образом можно улучшить и теплоизоляцию пола, но на практике это может быть

дорогостоящим решением из-за того, что половая опорная плита лежит прямо на земле.

7.2 Предлагаемые меры и их оценочная стоимость

Руководствуясь результатами компьютерного моделирования, визуального осмотра здания детского сада и также имеющимся бюджетом проекта, в качестве первого шага осенью 2012 предлагалось установить **1) внутреннюю систему подогрева воды для бытовых нужд с преимущественным использованием солнечных коллекторов или воздушных тепловых насосов**. Это позволит заменить отдельные электрические бойлеры на более энергоэффективное и централизованное решение для подогрева воды и также даст возможность нагревать воду в течение всего года. В соответствии с условиями данного проекта, предлагаемое решение должно быть также и финансово осуществимым.

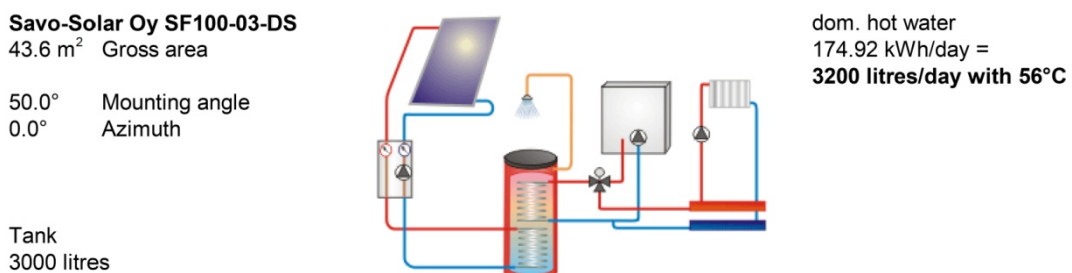


Рис. 7.4: Пример солнечной отопительной системы, предлагаемой для детского сада.

При сравнении расчетов для солнечного коллектора (инвестиции около 12 700 Евро) и теплового насоса вода-воздух (инвестиции около 11 350 Евро), учитывая период окупаемости теплового насоса около 14 лет данное решение экономически более целесообразно как альтернатива для отопления здания.

На практике данное предложение было отклонено из-за отсутствия достаточных энерго мощностей и свободного места в детском саду. Кроме того, как прокомментировали сотрудники администрации г. Светлого в следующем году планируется модернизация системы центрального отопления.

Основываясь на информации и комментариях сотрудников г. Светлого, **2)** В качестве второй меры повышения энергоэффективности предлагается провести **инспекционную проверку состояния системы отопления** в детском саду и ее **ремонт**. Так как трубы не менялись необходимо заменить всю систему труб и, возможно, установить тепловой пункт между детским садом и системой центрального отопления. Если общие расходы на ремонт системы отопления включая замену всех труб составит примерно 50-100 Евро/м², то в результате затраты составят превысят 50 000 Евро. В процессе реализации данного проекта для улучшения системы отопления будет определена более детальная проектная документация.

В качестве менее масштабной и более практической меры можно было бы оборудовать имеющиеся водяные радиаторы (или, по крайней мере, часть из них) трехходовыми клапанами и обводными байпасными линиями для горячей воды или полностью заменить их на более новые радиаторы, оборудованные регулирующими клапанами или термостатами. Данная мера нацелена на то, чтобы сбалансировать комнатную температуру (насколько это позволяет сделать система централизованного теплоснабжения) и снизить потребление тепловой энергии в здании, после того как будет улучшена его теплоизоляция. Было подсчитано, что регулируемость комнатной температуры может обеспечить экономию тепловой энергии на 15 %. Практическое решение может заключаться в **3) замене существующих радиаторов на энергосберегающие радиаторы** фирмы «Purmo» и установке на них термостатов «Danfoss» или ручных клапанов. Ориентировочная стоимость установки в одном помещении трех обогревателей «Purmo» с терморегуляторами «Danfoss» составит около 800 Евро (28 000 рублей). С учетом стоимости установки и возможного монтажа труб затраты могут в два-три раза превысить стоимость материалов. Общая сумма затрат по семи комнатам составит около 11000-22000 Евро (€), плюс другие возможные затраты на оборудование и установку.

В некоторых комнатах, где имеется как отопление, так и охлаждение, но радиаторы не могут быть заменены или внутренняя система индивидуального отопления не

может быть установлена из-за слишком высокой стоимости, приемлемым решением мог бы стать воздушный тепловой насос. Хотя возможно это и не самое энергоэффективное решение, он мог бы обеспечить как отопление, так и вентиляцию в помещении. Цена одного теплового насоса составляет около 1300 €. Получаемые при этом преимущества - реально улучшенная вентиляция и более сбалансированная комнатная температура. Семь воздушных тепловых насосов «Panasonic» на втором этаже детского сада для эксплуатации в основном в летний период будут стоить около 9100 € плюс их установка стоимостью около 4200 €.

Электропотребление можно также снизить путем **4) замены ламп накаливания** и электроприборов на энергоэффективные с как минимум А классом энергоэффективности. Эти простейшие меры значительно снижают расход электричества, необходимого для освещения. Флуоресцентные лампы класса Т7, можно заменить на новые лампы класса Т5. Улучшения такого рода могут быть также выполнены для прачечной, а именно: установка энергоэффективного оборудования для сушки белья в прачечной.

Если позволит бюджет, за ремонт системы отопления и должны следовать **замена старых окон и дополнительная изоляция крыши**. Согласно сведениям, представленным в таблице 7.4, реновация пола может вылиться в значительную сумму (около 40 000 €), но все это также удваивает эффект по сокращению теплопотерь по сравнению с мероприятиями по замене окон. Другие дорогостоящие мероприятия включают в себя ретрофитинг теплоизоляции стен и пола. Тем не менее, рекомендуется провести (с привлечением надежной строительной компании) обследование и дальнейший анализ **текущего состояния стен и пола**. Такой же **осмотр состояния** рекомендуется провести и в отношении **крыши, системы вентиляции** перед их заменой на новые.

Экономия расхода воды в здании возможна, во-первых, путем обеспечения мгновенной подачи теплой воды и, например, путем установки специальных **водопроводных кранов, смешивающих и экономящих воду**. Общая стоимость

замены 18 кранов, которую можно было бы провести во время работ по модернизации системы отопления, составит около 1000 €.

Могут быть проведены и менее масштабные меры, такие как замена отдельных дверей, если это локально повлияет на температуру и вентиляцию в помещениях. Это также касается окон и использования электроприборов, если нет необходимости, то окна следует закрывать, а приборы отключать. В повседневной жизни это осуществимо при мотивации и небольших знаках-напоминаниях.

Общая сметная стоимость этих мер может быть обобщена в соответствии с ориентировочными ценами на ремонт 1 м² в многоквартирных домах Финляндии ([Haahtela, 2012], [VTT, 2012]) и российских цен. В целом, общая стоимость ремонта в Финляндии с заменой теплоизоляции может легко подниматься до десятков тысяч евро, хотя отдельное устройство или компонент могут стоить, например, 1300 € (типичная цена воздушного теплового насоса в Финляндии). В таких случаях чаще всего отказываются от масштабных мероприятий в силу их слишком высокой стоимости, принимая во внимание текущее состояние и остаточный жизненный ресурс здания.

Таблица 7.5: Расчетная смета предлагаемых мер в усредненных ценах на 1 м² ремонта в Финляндии [VTT, 2012] и России. Общая сумма включает в себя 10% затрат на проектирование.

Мера	Цена за единицу (например, €/м ²)	Общая сумма
Замена электронагрева воды на теплонасос «вода-воздух»	8 300 €	11 350 €
Замена электронагрева воды на солнечные коллекторы	8 700 €	12 700 €
Замена ламп накаливания на светодиодные (111 штук)	10-30 € за единицу	1110-3330 €
Замена радиаторов	800 € на одну комнату, имеющую три радиатора каждая	11000-22000 € для семи комнат, включая установку
Замена окон (39 штук)		25 750 €

Реновация верхнего слоя крыши		38 400 €
Замена отопительной системы, сохраняя все трубы	50-100 €/m ²	55 000-110 000 €
Новая энергоэффективная централизованная система вентиляции	100-150 €/m ²	100 000-150 000 €
Улучшение теплоизоляции внешних стен: Замена старого облицовочного слоя внешних стен на современную	150–250	115 000-162 150 €

Более точная смета расходов требует проведения предметных консультаций с местной строительной или проектировочной компанией (см. главу 2), так как стоимость проведения оценки текущего состояния, проектирования, материалов и сопровождения проекта зависит от вида предоставляемых услуг.

7.3 Краткое заключение

В данном конкретном здании и при имеющемся в проекте бюджете наиболее обоснованными мерами являются меры, относящиеся к потреблению тепла, электроэнергии, которые могут быть легко усовершенствованы за счет современных технологий. Так, например, рекомендуется в летний период использовать для горячего водоснабжения тепловые насосы «воздух-вода» производства «Panasonic» или «IVT». Кроме того, лампы и электрические приборы накаливания могут быть легко заменены на энергоэффективные, когда они выйдут из строя.

Во время обсуждения с сотрудниками детского сада и государственного автономного учреждения Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград» были определены потребности в модернизации прачечной. То, что сушка белья производится неэнергоэффективно, было также отмечено во время обследования. Если будет производиться модернизация прачечной, то рекомендуется установить энергоэффективное сушильное оборудование, например, фирмы Talpet.

Так как реновационные работы, связанные с теплоизоляцией, как правило, дорогостоящие (иногда свыше 50 000 Евро (€)), целесообразность их проведения применительно к зданию старше 50 лет следует тщательно изучить и, если ожидаемый оставшийся срок эксплуатации здания короче, чем срок окупаемости инвестиций, затраченных на ремонт, реконструкция считается необоснованной. Этот подход особенно актуален для зданий советского периода, нуждающихся в значительном объеме ремонтных работ по повышению их энергоэффективности.

Кроме выполнения работ по улучшению изоляции здания, энергопотребление зданий может быть уменьшено за счет модернизации радиаторов на новые с термостатами (такие как радиаторы Purmo с термостатами Danfoss). Если это будет удовлетворять местным нормам и характеристикам тепловых пунктов, существующий тепловой пункт центрального отопления может быть заменен на тепловой пункт фирмы Gebwell. После того как система отопления модернизирована и имеется возможность ее управлением, модернизация теплоизоляции (окна, пол) позволит также снизить потребление тепловой энергии.

8 Анализ энергоэффективности жилого здания, расположенного на улице Артиллерийская 33

Другой пилотный объект был выбран, чтобы представить большинство жилых домов Калининграда. Выбор был сделан летом 2012, осмотр площадки был проведен ЕСАТ-Калининград. Таким образом, в первую очередь изучалась имеющаяся информация, информация, полученная в ходе осмотра здания, была предоставлена государственным автономным учреждением Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград».

Пилотный объект данного проекта – пятиэтажное жилое здание, расположенное на ул. Артиллерийской, 33. Здание было построено в 1983 году, общая площадь 2107 м². Система вентиляции с естественным побуждением, система отопления не оснащена центральным регулированием и термостатами. По полученным данным коэффициент воздухообмена здания составляет 0.38 час.



Рис. 8.1: Внешний вид здания многоквартирного жилого дома, расположенного на ул. Артиллерийская, 33, город Калининград

Информация об износе здания и технические характеристики были представлены товариществом собственников жилья и государственным автономным учреждением Калининградской области «Экологический центр «ЕКАТ-Калининград». Общий уровень износа здания составляет примерно 40%, согласно следующим данным:

- Оконные блоки – 80%;
- Система центрального отопления – 60%;
- Система холодного водоснабжения – 60%;
- Система электрооборудования – 40%.

Также была представлена информация о технических характеристиках здания (таблица 8.1.) Полученные данные сначала сравнивались с финскими и российскими предельными показателями, как и представлено в Таблице 8.2 для того, чтобы исследовать потенциал экономии энергии.

Таблица 8.1: Представленные технические характеристики здания

Тип ограждающей конструкции	Приведенное сопротивление теплопередачи /нормируемое значение по СНиП 23-02-2003, табл. 4, м ² *°С/Вт	Площадь, м ²	Теплопотери, Вт/°С
Стены	0,30 / 2,68	916,40	3054,67
Стены утепленные	1,20 / 2,68	325,10	270,92
Кровля	0,96 / 4,02	562,4	585,83
Перекрытие над подвалом	0,64 / 1,45	562,4	878,75
Окна	0,35 / 0,42	439,8	1256,57
Входные двери	0,76 / 0,67	20,2	26,58
Итого			<u>6073,32</u>

Таблица 8.2: Сравнение полученных технических характеристик с предельными величинами Финских и российских нормативных документов

Тип ограждающей конструкции	Предоставленные значения коэффициента теплопередачи Вт/м ² *К	Предполагаемое значение коэффициента теплопередачи, рассчитанное для здания детского сада города Светлый Вт/м ² *К	Значение коэффициента теплопередачи согласно требованиям финского законодательства RakMK СЗ (2010) Вт/м ² *К	Значения коэффициента теплопередачи согласно требованиям российских строительных норма и правил (23-02-2003) Вт/м ² *К
Стены	3.33	1.41	0.17	0.37
Стены утепленные	0.83	1.41	0.17	0.37
Кровля	1.56	0.22	0.09–0.17	0.69
Перекрытие над подвалом	1.04	1.04	0.09	0.25
Окна	2.86	2.27	1.00	2.38
Входные двери	1.32	2.79	1.00	1.50

8.1 Оценка результативности применения различных мероприятий с целью изменения класса энергоэффективности

Отмечается, что большая часть стен является неутепленной, вызывая более половины потерь тепла. Также степень износа оконных блоков очень высока, после компьютерного моделирования был изучен возможный эффект замены окон и применения изоляции при теплопотерях. В соответствии с проведенным моделированием теплопотери можно снизить до 40%, применяя надлежащую теплоизоляцию. Также были протестированы замена окон и обновление кровли с применением изоляции.

Таблица 8.3: Эффект воздействия на энергоэффективность зданий при применении различных энергореноваций .

Мероприятия	Новое значение коэффициента теплопередачи U [Вт/м ² К]	Лежит ли коэффициент теплопередачи в пределах требований финского законодательства IsRakMK C3 (2010)?	Новое значение по сравнению с расчетным показателем [Вт/К]
Замена старых окон на окна Tiivi 2+2 ($U=0.85$)	0.85 (old 2.85)	да (ref: 1.0)	374 (old 1257) -12.3% ⁽¹⁾
Утепление крыши минеральной ватой 500 мм Paroc eXtra ($\lambda_D=0.036$)	0.07 (old 1.04)	да (ref: 0.09)	39 (old 586) -7.6%
Утепление стен 300мм of PAROC COS 10 минеральной ватой ($\lambda_D=0.035$)	0.11 (предыдущее значение 3.33)	да (ref: 0.17)	105 (old 3055) -41.0%

⁽¹⁾ относительное изменение в показателях общих потерь тепла здания

8.2 Рекомендованные мероприятия и оценка их стоимости

На основании полученных данных и проведенного анализа можно сделать вывод, что изоляция (утепление) здания является недостаточной, поэтому зданию присвоен низкий класс энергоэффективности. В особенности неизолированные ограждающие конструкции (стены) приводят к теплотерям и поэтому имеют высокий потенциал для экономии энергии. Критическим моментом является отсутствие вентиляции (показатель воздухообмена 0.38 раз в час, очевидно, ниже требуемых 0.84 раза в час) и невозможность регулировать отопительную систему. Ниже приведены технические решения, позволяющие улучшить показатели воздухообмена и снизить показатели теплотерь:

- 1) Проверка функционирования системы отопления, установка теплообменников и термостатов для обеспечения контроля за функционированием системы отопления. Возможна установка теплового насоса для каждой квартиры.
- 2) Улучшение состояния окон здания и изоляции.

- 3) Инспектирование и возможное усовершенствование системы вентиляции здания, при помощи применения новых клапанов подачи воздуха или установки новых стеклопакетов, оборудованных клапанами подачи воздуха. Оценка стоимости проведения ремонтных работ, в случае, если планируется установка механической вентиляционной системы.

Приблизительная стоимость мероприятий по реновациям представлена в таблице 8.4. Также, в этом случае, общая приблизительная стоимость значительно выше, чем цена на отдельные компоненты (к примеру, стоимость клапана подачи воздуха – около 100 Евро, теплового насоса составляет приблизительно 1300 Евро, большого блока центральной вентиляции с технологией применения теплового насоса - 10 000 Евро).

Таблица 8.4: Приблизительная стоимость ремонтных работ в жилых многоквартирных домах [VTT, 2012].

Мероприятия	Евро/м ²	Общая сумма, Евро
Ремонт кровли	50–100	20 000-40 000
Установка клапан подачи воздуха	100	20 000
Новая энергоэффективная внутренняя вентиляционная система (тепловой насос стоимостью 1300€)	50–100	100 000-200 000
Замена окон и входных дверей		50 000-100 000
Улучшение наружной теплоизоляции здания: замена старого облицовочного слоя на современный слой	150–250	300 000-500 000

В предоставленной информации не упомянуто о внутренней системе подачи горячей воды. Здесь представляется возможным использование воздушного теплового насоса для подогрева воды или другой альтернативы, если улучшение

обеспеченности горячего водоснабжения желательно. Соответственно преимущества реноваций, основанных на утеплении, требуют изучения, принимая во внимание их срок окупаемости, чтобы судить об их целесообразности. В любом случае улучшение потребления тепловой энергии может быть достигнуто проверкой (и балансировкой) текущей тепловой системы и установкой термостатов на радиаторах.

9 Заключение

В данном отчете представлены методы и стратегии улучшения энергоэффективности в России. Полученные результаты основываются на доступных научных и маркетинговых исследованиях, интервью, моделировании, проведенном для двух пилотных объектов в Калининградской области.

В соответствии с полученной информацией, существует необходимость в политических и финансовых инструментах, а также практических руководствах, обеспечивающих проведение успешных мероприятий по энергоэффективности. Мотивация и нормативные требования к экономии энергии, проведению капитального ремонта для достижения энергоэффективности и применения устойчивых финансовых методов рассматривается как важный фактор, позволяющий получить эффективные результаты. В любом случае, важно иметь комплексный план реконструкции (в том числе обоснование для каждого запланированного этапа реконструкции), так для строительства будет выбрано наиболее целесообразное техническое решение.

При формировании плана реконструкции, контроль качества работ на строительной площадке и интервью с собственниками здания очень важны для определения нынешнего состояния здания и возможности для технического усовершенствования, например, тепловые потери, могут быть обнаружены путем инспекции на местах и могут быть еще больше снижены при улучшении системы отопления. Кроме того, проведение контроля качества здания и электроприборов в нем позволило бы избежать в будущем неэффективного и небезопасного использования устройств.

В изученных примерах, усовершенствование функционирования отопительной системы, системы вентиляции, и изоляция (утепление ограждающих конструкций) рассматривались как важные факторы для улучшения не только энергоэффективности зданий, но и качества жизни. Хотя результаты этого отчета

характеризуют конкретный случай, ранее упомянутые компоненты, если они будут реализованы, являются общими ключевыми факторами для капитального строительства. Следует отметить, что каждое обновленное здание должно рассматриваться в каждом отдельном случае, когда применяются реновационные планы и решения.

Как реалистичный пример, усовершенствование системы вентиляции, функционирования отопительной системы и изоляция оказываются очень дорогостоящими (к примеру, имеют стоимость свыше 50 000 Евро), именно поэтому их целесообразность для зданий, чей срок эксплуатации превышает 50 лет, детально изучается опытными консультантами, к примеру, компанией Engineering Office Granlund. Хороший способ оценить целесообразность реноваций – сравнить срок окупаемости с оставшимся сроком эксплуатации здания. Хорошим примером реновационного решения является замена обычных окон на энергоэффективные, что позволит снизить тепловые потери здания примерно на 10%.

Даже без улучшения теплоизоляции зданий, ранее проверенным решением является улучшение функционирования системы отопления, если это допустимо местной системой теплоснабжения. Это было отмечено, на примере детского сада, где предстоящее улучшение системы теплоснабжения заключается в установке радиаторов и ремонте теплообменника. На практике, возможности и преимущества улучшения функционирования системы теплоснабжения в каждом конкретном случае, зависящем от существующих коммуникаций, их состояния, доступного бюджета. Кроме того, улучшение в работе системы отопления должно быть в соответствии с улучшением системы изоляции в здании для достижения наилучшего потенциала энергосбережения.

Как простой и эффективный метод с коротким сроком окупаемости потребление электроэнергии может быть легко сокращено при применении соответствующей технологии освещения и замены старых электроприборов на новые, более энергоэффективные. Использование возобновляемых источников энергии также обеспечивает возможность для улучшений энергоэффективности. Из предложенных

технологий возможен воздушный тепловой насос, который рассматривался как обоснованное решение для дальнейших исследований по отоплению, если его использование технически приемлемо, и если ими можно заменить прямое электрическое отопление (например, отдельные электрические котлы).

В целом, данный отчет содержит список предложений, которые могут быть рассмотрены для повышения энергоэффективности и качества жизни в зданиях. Хотя результаты пилотных проектов конкретны для каждого случая, они являются индикатором типичного энергосбережения и обеспечивают потенциал для энергетических реноваций.

Список использованных источников

Список использованных источников

[Adato, 2006] **Kotitalouksien sähkönkäyttö 2006**, ISBN 978-952-9696-41-3

[CUD, 2008] **Connected Urban Development**, The E-Street Project (Oslo, Norway), accessed on 15th September 2012, available at http://www.connectedurbandevelopment.org/pdf/sust_ii/elight.pdf.

[Dry-Air, 2013] **Dry-Air Oy**, Air-In® Chameleon valves webpages, accessed on 25th April 2013, <http://www.dir-air.fi/en/products/chameleon-valves/supply-air-valves-for-windows>.

[E-Street, 2007] **E-Street Project**, Guide for energy efficient street lighting installations, accessed on 15th September 2012, available at <http://www.e-streetlight.com/>.

[E-Street, 2008] **E-Street Project**, Intelligent Road and street lighting in Europe project report, accessed on 15th September 2012, available at <http://www.e-streetlight.com/>.

[EBRD, 2012a] **European Bank for Reconstruction and Development**, Program improving urban housing efficiency in the Russian Federation web pages, accessed on 15th September 2012, available at <http://www.ebrd.com/pages/sector/energyefficiency/documents.shtml>.

[EBRD, 2012b] **European Bank for Reconstruction and Development**, Report on task: 1 analyse the current state of the housing stock, accessed on 15th September 2012, available at <http://www.ebrd.com/downloads/sector/sei/report2.pdf>.

[EBRD, 2012c] **European Bank for Reconstruction and Development**, Summary for policymakers, accessed on 15th September 2012, available at <http://www.ebrd.com/downloads/sector/sei/capital-repairs.pdf>.

[Eliseev, 2008] **K. Eliseev**, "*District heating systems in Finland and in Russia*". Bachelor thesis, Mikkeli University of Applied Sciences, Finland. Accessed on 11th September 2012, available at

http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25777/DISTRICT_HEATING_SYSTEMS_IN_FINLAND_AND_RUSSIA.pdf?sequence=1.

[Enervent, 2012] **Enervent**, Greenair HP product web pages, accessed on 10th September 2012, available at

<http://www.enervent.fi/unit.asp?menuid=20190&langid=3&countryid=900>.

[Gebwell, 2012] **Gebwell**, G Power Unit webpages, accessed on 10th September 2012, available at <http://www.gebwell.fi/ru/?ID=1793>.

[Haahtela, 2012] **Y. Haahtela and J. Kiiras**, "*Talonrakennuksen kustannustieto*" (Finnish building cost database). 2012.

[Holopainen, 2008] **R. Holopainen and M. Hekkanen**, "*Energy renovation saving potentials of typical Finnish buildings*". 8th symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Copenhagen, Denmark, June 2008.

[IVT Nordic, 2012a] **IVT Nordic**, IVT Nordic Inverter PremiumLine 12KHR-N product information, accessed on 10th September 2012, available at http://www.ivt.fi/images/images_fi/pdf/ILPesite.t2.min.pdf.

[IVT Nordic, 2012b] **IVT Nordic**, IVT Nordic Geothermal heat pumps brochure, accessed on 10th September 2012, available at <http://www.ivt.fi/page.asp?lngID=702&lngLangID=1>.

[JENERGIA, 2011] **Jyväskylän Energia**, "*Ilmanvaihdon saneerauksessa on tärkeintä lämmöntalteenoton hyötysuhde*" (Heat recovery efficiency is the major factor in

ventilation renovations). 1/2011, available at <http://www.jenergialehti.fi/index2.php?id=18&articleId=3308&type=4>.

[Kiss, 2010] **B. Kiss, K. McCormick, L. Neij and L. Mundaca**, "*Policy Instruments for Energy Efficiency in Buildings: Experiences and Lessons from the Nordic Countries*". Counting on Energy Programs: It's Why Evaluation Matters, Paris, France: International Energy Program Evaluation Conference, June 2010.

[Lindstedt, 2010] **T. Lindstedt and J.-M. Junnonen**, "*Energy efficiency of existing apartment buildings in Finland*". accessed on 11th September 2012, available at bes.aalto.fi/en/research/current_projects/apnhr_lindstedt_2010/.

[Mateve, 2008] **Mateve Oy**, *Lähienergiaa journal*. 2008.

[Motiva, 2009] **Motiva**, "*Valaistusta on uusittava – Tärkeää tietoa kuntien päättäjille*" (Lighting must be renewed – Important information to local decision-makers). 2009, available at www.motiva.fi

[Motiva, 2010] **Motiva**, "*Selvitys hajautetusta ja paikallisesta energiantuotannosta erilaisilla asuinalueilla*" (Report on distributed and local energy production in different residential areas). 2010.

[Motiva, 2012] **Motiva**, accessed on 19th November 2012, available at www.motiva.fi

[Norden, 2008] **Nordic Innovation Centre**, "*Nordic Energy – Clean, clever and competitive*". Green Net Finland 2008.

[Norden, 2013] **Nordic Council of Minister's Information Office in Kaliningrad**, Green Light project webpages, accessed on 10th October 2013, available at <http://www.norden39.ru/en/projects/greenlight/>.

[Nordic Council of Ministers, 2007] **Nordic Council of Ministers**, *“The Impact of Renewables and Energy Efficiency on Greenhouse Gas Emissions”*. Expressen Tryk & Kopicenter 2007.

[Paroc, 2012a] **Paroc**, Energywise house webpages, accessed on 11th September 2012, available at <http://www.energiaviisastalo.fi/energywise/en/>.

[Paroc, 2012b] **Paroc**, Innova project webpages, accessed on 10th September 2012, available at <http://innova.molentum.fi/etusivu>.

[RakMK C3, 2010], **Finland’s environmental administration**, Finnish building regulation RakMK C3, 2010.

[Rica, 2012] **Rica Solar**, Solar energy as supplementary source of heat for your house, accessed on 10th September 2012, available at http://www.rica.fi/index.php?article_id=769.

[RIL249-2009], **Finnish association of civil engineers**, *“Matalaenergiarakentaminen asuinrakennukset”* (Low energy building), 2011.

[Solomennikov, 2012] **A. Solomennikov**, *“Energy efficient technology comparison between Nordic countries and Kaliningrad oblast”*. Master thesis, Lappeenranta University of Technology, Finland.

[Tambovskaya, 2012] **M. Tambovskaya**, *“Energy efficiency comparison in Kaliningrad and Northern countries”*. Master thesis, Lappeenranta University of Technology, Finland.

[Terveysilma, 2013] **Terveysilma**, VELCO ventilator webpages, accessed on 25th April 2013, available at http://www.terveysilma.fi/index.php?browser_id=25.

[Tiivi, 2012] **Tiivi**, Technical details of Tiivi window models, accessed on 10th September 2012, available at <http://www.tiivi.fi/ikkunat/tiivi-ikkunat/tekniiset+tiedot/>.

[Statistics Finland, 2012] **Statistics Finland**, accessed on 22th November 2012, available at: http://pxweb2.stat.fi/Database/StatFin/ene/asen/asen_fi.asp

[USAID, 2010] **USAID-INDIA**, Energy efficient street lighting guidelines, accessed on 10th September 2012, available at http://eco3.org/?file_id=33.

[Viessman, 2012] **Viessman**, CHP units for heat and power, accessed on 20th September 2012, available at http://www.viessmann.com/com/etc/medialib/internet-global/pdf_documents/com/brochures_englisch.Par.28067.File.File.tmp/ESS_CHP_units.pdf.

[VTT, 2012] **VTT Technical Research Centre of Finland**, Examples and estimations of renovation costs in Finland, accessed on 10th September 2012, available at <http://www.vtt.fi>.

[VTTb, 2012] **VTT Technical Research Centre of Finland**, “Energiätehokkuus teollisuusprosesseissa ja rakennusten energiankulutuksessa” VTT Kuopio, University of Eastern Finland. Siikanen S., Hiltunen Y., Kauppinen T., Kivi S., Möttönen V.-J., Nissinen K., Kaarre M. Teppola P., Juuti M. 2012.

[WBCSD, 2009] **World Business Council for Sustainable Development**, Energy Efficiency in Buildings – Transforming the Market, accessed on 16th October 2012, available at <http://www.wbcd.org/transformingthemarketeeb.aspx>.

ISBN 978-952-265-439-7 (paperback)

ISBN 978-952-265-440-3 (PDF)

ISSN-L 2243-3384

ISSN 2243-3384

Lappeenranta 2013


LUT
Lappeenranta
University of Technology