



ПРОЕКТ ПРООН/ГЭФ 00077154

«ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ»

Отчет 05480/5/01/3-07

(Контракт № IC: 2013-098-01)

Комментарии к пояснительным запискам по разделам двух проектов
многоэтажных жилых домов в Минске и в Гродно

Ingenieurgesellschaft BVP Bauconsulting mbH
Wolfener Straße 36
D-12681 Berlin

в сотрудничестве с

Initiative Wohnungswirtschaft Ost (IWO) e.V.
Friedrichstraße 95
D-10117Berlin

Настоящий документ состоит из 14 страниц.

г. Берлин, 27.08.2014

Александр Шнельхардт, инженер
Эксперт по энергетической эффективности зданий



Содержание

Стр.

1	Задание	3
2	Краткое описание проектов	3
2.1	Характеристики зданий	3
2.2	Теплоснабжение зданий	3
2.3	Другие технические характеристики	6
3	Комментарии	7
4	Рекомендации	10
4.1	Процесс планирования и проектирования	10
4.2	Принцип эффективности	14
4.3	Мониторинг и контроль	14
5	Источники	16

1 Задание

В рамках проекта ПРООН «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» были построены два пилотных здания: одно – в Минске, второе – в Гродно. Эти здания должны стать образцом домов с высоким уровнем энергоэффективности в Республике Беларусь. Для достижения самого высокого уровня эффективности необходимо учитывать планирование структуры здания, оболочку здания, техническое оборудование в зданиях и энергоснабжение.

В настоящее время представлены описания¹ системы теплоснабжения, контроля распределения тепла и уровня воздухообмена, интеграции в систему солнечной энергии для двух пилотных проектов как отдельных разделов целых проектов.

Далее представлено краткое содержание проектов с тем, чтобы представить дальнейшие комментарии.

2 Краткое описание проектов

Из представленных документов видно, что, несмотря на то, что сами здания, возможно, отличаются друг от друга, и условия на строительных площадках, конечно, разные, но описанные технические системы обоих домов очень похожи. Далее мы представим сравнительные характеристики зданий в таблице с тем, чтобы четко представлять сходства и различия. Названия проектов представлены в краткой форме по названиям городов, где были построены здания.

2.1 Характеристики зданий

	Минск	Гродно
Месторасположение	район Лошица-9	Ул. Дзержинского
Серия зданий	111-90	ЖСПК-398
Количество этажей	19	10
Количество квартир	Нет данных	120
Жилая площадь	Нет данных	Нет данных
Площадь потребления энергии	Нет данных	Нет данных
Объем строительства	Нет данных	Нет данных
Объем воздуха	Нет данных	Нет данных
Оболочка здания	Улучшенные теплозащитные свойства. Других сведений не представлено	Улучшенные теплозащитные свойства. Других сведений не представлено
Окна	Нет данных	Нет данных
Класс энергоэффективности	Нет данных	Нет данных

2.2 Теплоснабжение зданий

Схема теплоснабжения здания приведена на рис.1.

¹ См. [5] и [6]

Основным источником теплоснабжения здания являются тепловые насосы (4 и 5). Основными источниками теплоты для работы тепловых насосов являются геотермальные скважины (1) и фундаментные сваи (2) в г. Минске, а в г. Гродно – городской канализационный коллектор (1) и фундаментные сваи (2).

Утилизатор теплоты сточных вод (11) получает энергию от серых канализационных стоков здания (13).

Резервным источником теплоснабжения здания является городская тепловая сеть (12).

Рисунок 1: Схема теплоснабжения здания²

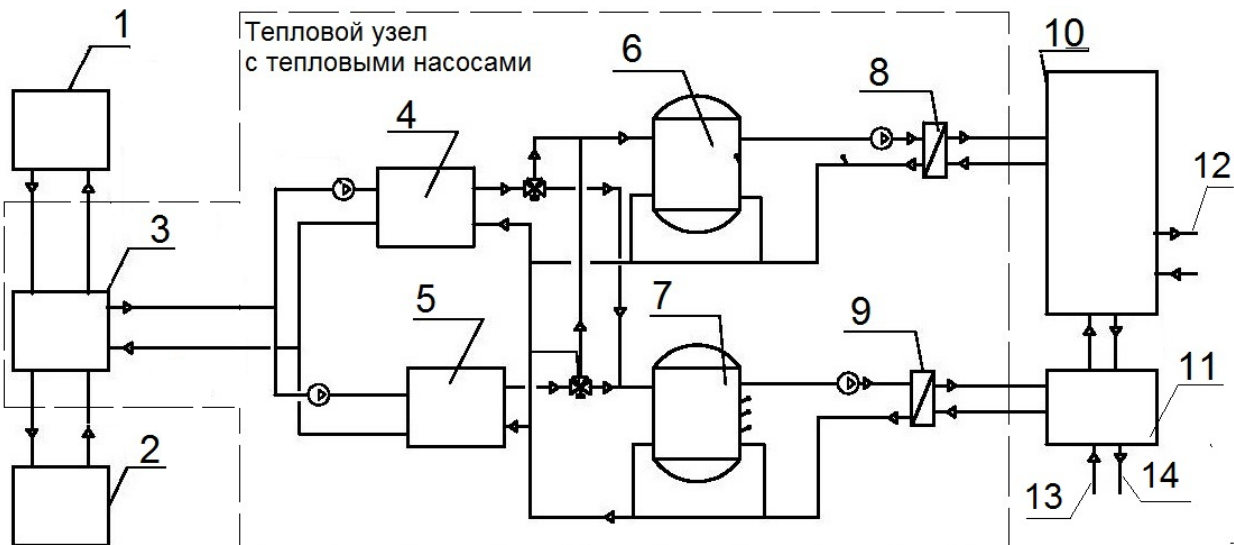


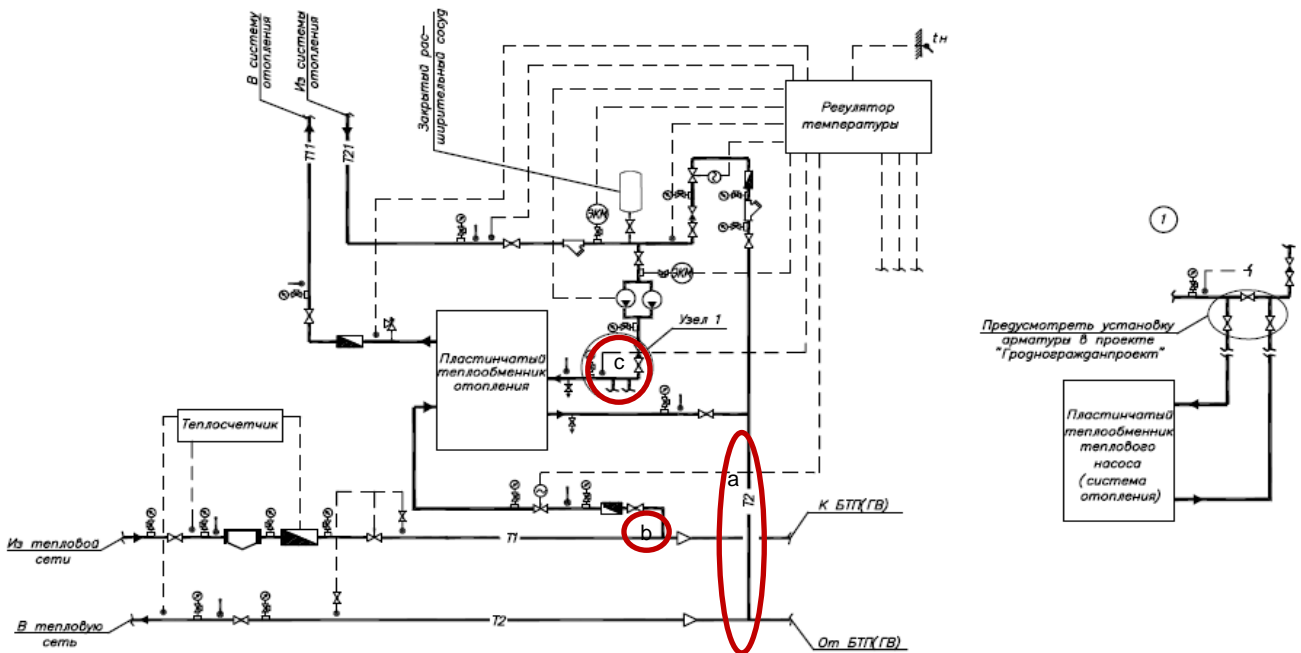
Таблица 1: Пояснительные записки к рисунку 1

№	Минск	Гродно
1	Геотермальные скважины	Городской канализационный коллектор
2	Фундаментные сваи	
3	Узел переключения источника теплоты	
4	Тепловой насос «ведущий»	
5	Тепловой насос «ведомый»	
6	Буферная емкость системы отопления	
7	Емкость системы горячего водоснабжения	
8	Промежуточный теплообменник системы отопления	
9	Промежуточный теплообменник системы горячего водоснабжения	
10	Резервный тепловой пункт	
11	Утилизатор теплоты сточных вод	
12	Городская тепловая сеть	
13	Серые канализационные стоки здания	
14	Канализация	

² рис. 2.1 в [5] и в [6]

Тепловой узел с тепловыми насосами подключается к резервному тепловому узлу как показано на рис. 2³ и рис. 3⁴.

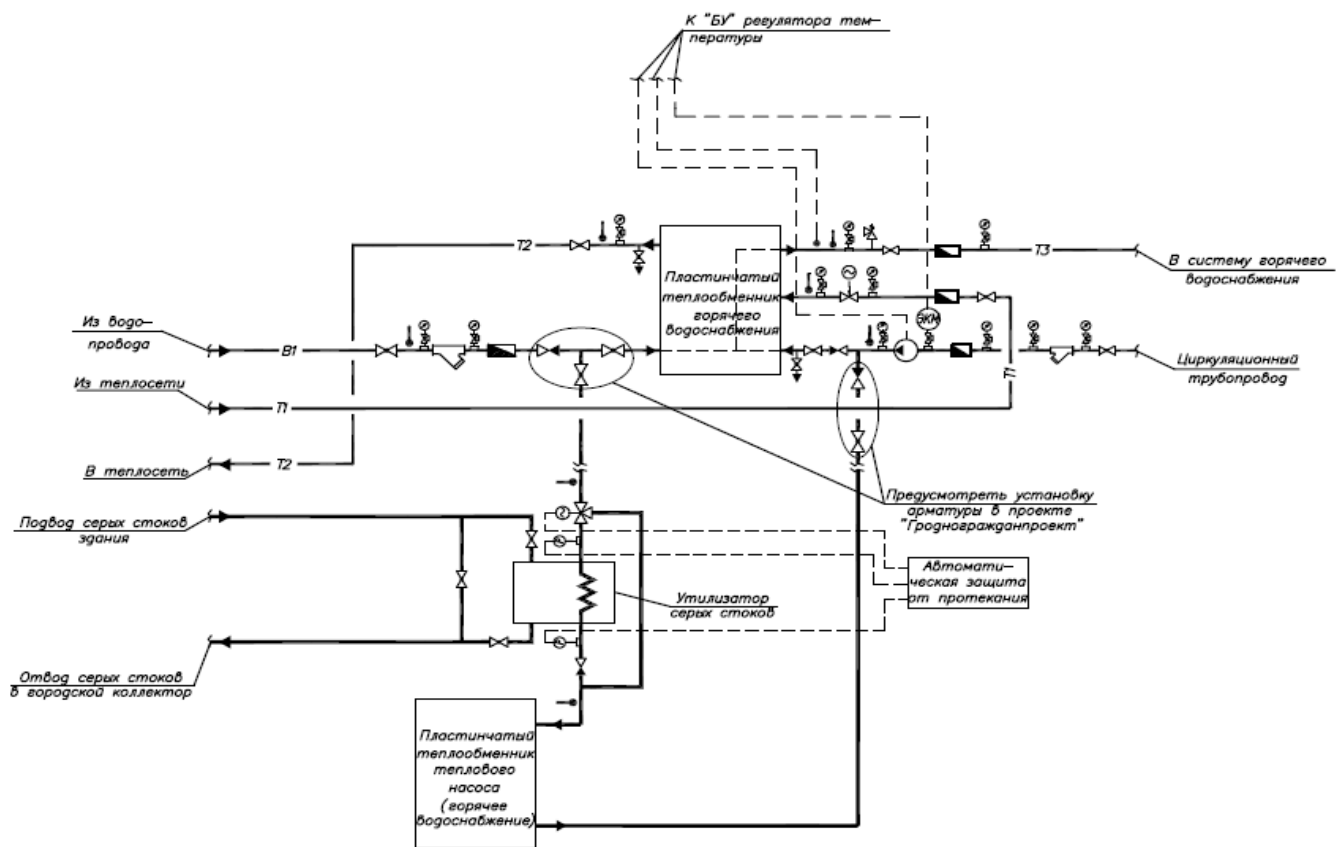
Рисунок 2: Врезка в теплоузел системы отопления³



³ рис. 2.2 в [5] и в [6]

⁴ рис. 2.3 в [5] и в [6]

Рисунок 3: Врезка в теплоузел горячего водоснабжения⁴



2.3 Другие технические характеристики

	Минск	Гродно
Теплоснабжение	Тепловые насосы Макс. температура: 45°C Районный узел теплоснабжения в качестве резервного источника	Тепловые насосы Макс. температура: 45°C Районный узел теплоснабжения в качестве резервного источника
Система теплоснабжения	Горизонтальные разводки Поквартирный учет и регулирование потребления тепловой энергии	Горизонтальные разводки Поквартирный учет и регулирование потребления тепловой энергии
Горячее водоснабжение	Тепловые насосы Макс. температура: 45°C Районный узел теплоснабжения в дополнение Утилизация теплоты сточных вод	Тепловые насосы Макс. температура: 45°C Районный узел теплоснабжения в дополнение Утилизация теплоты сточных вод
Вентиляция	Принудительная приточно-вытяжная вентиляция с утилизацией теплоты	Принудительная приточно-вытяжная вентиляция с утилизацией теплоты

	Минск	Гродно
Солнечная энергия	Фотоэлектрические батареи для генерации электрической энергии с последующей продажей в энергосистему города До 61 кВт	Фотоэлектрические батареи для генерации электрической энергии с последующей продажей в энергосистему города До 61 кВт
Контроль	Автоматизированная система диспетчеризации с дистанционной передачей информации	Автоматизированная система диспетчеризации с дистанционной передачей информации
Тепловая нагрузка	110 кВт (мин. Температура наружного воздуха – минус 22°C)	110 кВт (мин. Температура наружного воздуха – минус 22°C)

3 Комментарии

Содержательная часть документа сконцентрирована на описании сравнительно схожих технических решений. В документе не отражено математическое моделирование технических систем, что делает невозможным подробную оценку предлагаемых решений.

В документе также не представлен расчет годовой потребности в теплоснабжении и в горячем водоснабжении. Предполагается, что учтены теплотери в результате теплопередачи, теплотери в результате воздухообмена с учетом воздушной плотности, а также доли теплоэнергии, получаемые внутри здания и от солнечной энергии, и таким образом, было рассчитано требуемое годовое количество тепла. Чистая потребность в энергии для горячего водоснабжения также может рассматриваться как результат такого расчета или установлена как постоянная запланированное значение.

Для двух зданий максимальной тепловой нагрузкой является 110 кВт. Необходимо проверить, насколько применимо это значение к обоим зданиям.

Такая же ситуация наблюдается и в отношении фотоэлектрических модулей, в которых в двух зданиях должна генерироваться энергия до 61 кВт. Необходимо проверить данное значение с тем, чтобы определить его валидность и приемлемость для двух проектов. Более того, желательно достичь синергии путем использования многофункциональных модулей (защита от атмосферных воздействий, солнцезащитный экран и т.п.). В документах не было представлено описание таких функций.

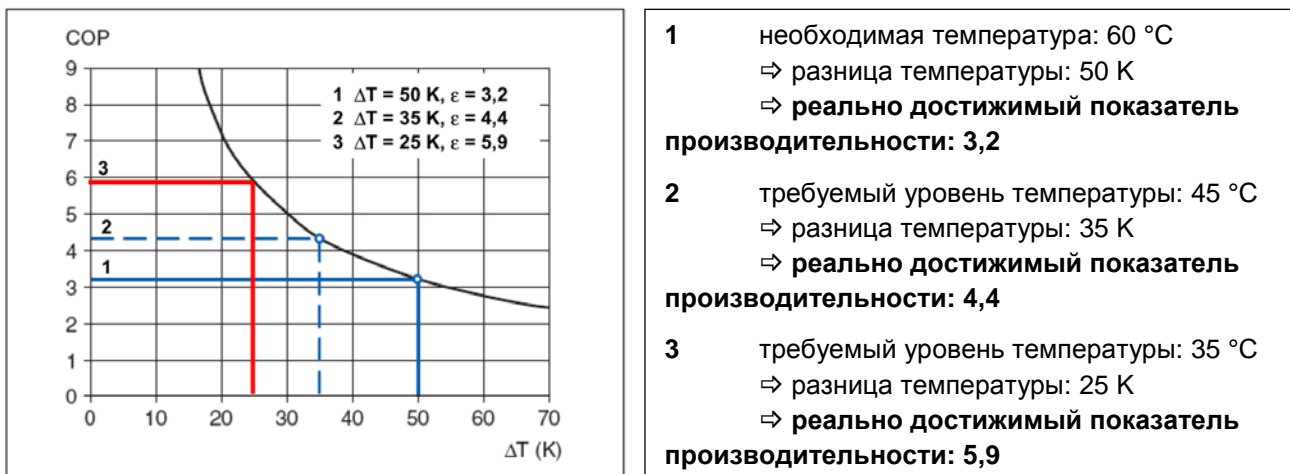
В целом, можно предположить, что системы работают. Было принято абсолютно правильное решение относительно комбинации тепловых насосов со вторым источником теплоснабжения. При этом тепловые насосы будут эффективно использоваться даже при значительном повышении температуры. Однако, есть вопрос, - насколько правильным решением было использование районного теплоснабжения в этих целях. Тепловых насосов, в целом, достаточно для покрытия основной нагрузки. Использование районного узла теплоснабжения для покрытия максимальной нагрузки представляется, по крайней мере, необычным. В данном случае лучшим решением могло бы стать использование подогревателя для режима пиковой нагрузки в

здании. Однако, это невозможно утверждать без знания показателей производительности и инвестиционных затрат.

Эффективность теплового насоса очень зависит от уровня температуры источника тепла. В целом, необходимо отметить, что тепловые насосы в теплоснабжении – особенно в низкотемпературном режиме – могут быть эффективны и точки зрения энергопотребления, и с точки зрения экономической выгоды, даже если это не применимо к горячему водоснабжению. Предпочитаемый уровень температуры составляет менее 35 °С. На рис. 4 отражается соотношение между реально достижимым показателем производительности теплового насоса и разницей температур источника тепла и необходимым уровнем температуры.

В случае с представленными проектами уровень температуры для тепловых насосов ограничивается показателем $\leq 45^\circ\text{C}$. Это разумно. В связи с тем, что отсутствует база данных, невозможно определить, насколько допустимо дальнейшее ограничение повышения температуры.

Рисунок 4: Теоретически возможный коэффициент производительности как функция уровня температуры



В качестве основных источников тепла для системы тепловых насосов могут использоваться геотермальный источник или сточные воды. Основным значением расчета является точный уровень теплоотвода в установке в единицах измерения Вт/м, Вт/м² или Вт/м³. Возможные уровни теплоотвода из основных источников необходимо определить для осуществления измерений всей системы. В представленных документах данная информация не указывается.

Отдельные компоненты во многом зависят от соответствующих уровней отбора тепла, а их регулирование осуществляется на основе этих объемов. С другой стороны, отбор энергии из основных источников оказывает влияние на это. В отношении фундаментных свай выделяется опасность замерзания. Однако, не указано, при каких показателях происходит обледенение, а также объем генерации энергии, который возможен при переключении на альтернативный источник.

Использование энергии сточных вод также оказывает влияние на процесс обработки, и такую энергию необходимо учитывать при выполнении расчетов.

Предполагается, что городская тепловая сеть используется как резервный источник энергообеспечения. На этот источник всегда необходимо переключаться, когда тепловые насосы перестают работать эффективно. Однако, заранее, хотелось бы уточнить некоторые вопросы:

- Насколько велики тепловые потери сети, если энергия из местной сети не используется?
- Каков уровень опасности обледенения сети пока не идет отбор тепла?
- Оправдывает ли использование сети инвестиционные затраты на расширение сети и соединение ее с зданием?

Ответы на эти вопросы можно получить только при сравнении спроса на энергию и инвестиционных затрат.

В дополнение, не очень четко представлено соединение с районной сетью. На рис. 2 подача теплоснабжения из здания соединена с теплоснабжением основной сети (а). На рисунке не отражено четкое разделение основной и вспомогательной сети. Это вызывает определенные сомнения. Кроме того, кажется, символ в обратном проводе основной сети представляет собой указатель в неправильном направлении (b).

В документах нет упоминания о солнечных тепловых установках (системах). Такие системы можно использовать для внутреннего горячего водоснабжения, а также для поддержки системы отопления. Тепло поставляется при помощи солнечных тепловых систем, если они экономически и технически входят в общую концепцию. Принимая во внимание, что будут интегрированы фотоэлектрические батареи, возможно, солнечные тепловые установки работать не будут.

Необходимо обеспечить правильную техническую и проектную интеграцию в оболочку здания. Необходимы накопители с учетом сезонной доступности возобновляемых источников энергии.

Расчеты системы отопления зависят от энергетического уровня здания. Предполагаются следующие температуры системы отопления: 55 °С в напорном проводе и 45 °С – в обратном трубопроводе. Эффективное получение такой температуры невозможно при помощи тепловых насосов. Необходим дополнительный источник энергии. Для эффективного использования возобновляемых источников энергии предпочитают низкотемпературные отопительные системы. Существуют инновационные системы поверхностного нагрева (обогреватели пола, потолка) или даже активация железобетонных конструкций. Полезным дополнением к предлагаемой системе отопления будет нагрев полов для теплообмена в здании, т.к. такой нагрев осуществляется в низкотемпературном режиме.

В свете последнего опыта и практики часто звучит, что ассиметричное выделение тепла при увеличении комнатной температуры и одновременном охлаждении на холодных поверхностных системах нагрева не представляет удобств с точки зрения теплоснабжения для жителей домов, где используются такие системы. Однако, при использовании пассивных источников получения солнечной энергии, отопительная нагрузка, т.е. установленные мощности, не снижается, но период времени, когда необходима максимальная мощность, сокращается, и, таким образом, снижается потребность в энергии.

Все компоненты системы должны быть размещены в зонах, которые не подвергаются замерзанию, внутри тепловой оболочки, которая также не будет замерзать и сможет использовать воду без добавок.

Система вентиляции зданий оборудована устройствами принудительной приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты.

Необходимо отметить, что самым лучшим решением является свободная вентиляция путем проветривания (открытия окон). Преимущества такой вентиляции очевидны: не нужны активные системы привода, потребители сами регулируют тот уровень воздухообмена, который им необходим. Однако, для получения эффекта в зависимости от преобладающих погодных (климатических) условий единственными регуляторами становятся давление ветра и тепловая выталкивающая сила. Механическую вентиляцию необходимо сводить к нулю для сохранения энергии в неотапительный сезон.

Вместе с предварительным нагревом воздуха от общего коллектора или солнечных батарей принудительная вентиляция может быть разумным решением с энергетической и экономической точки зрения. Впоследствии она приводит к снижению отопительной нагрузки здания. Геотермальные теплообменники имеют больше преимуществ: в зимний сезон они могут использоваться для предварительного нагрева, а в летний период – для предварительного охлаждения воздуха.

4 Рекомендации⁵

4.1 Процесс планирования и проектирования

Проектные документы необходимо создавать на предварительной стадии проектирования, а также на других стадиях (дизайн, одобрение и планирование реализации), и их необходимо постоянно проверять и пересматривать на последующих этапах. В итоге необходимо представить следующие документы:

- ▶ Расчет чистого спроса, итогового и основного спроса на энергию
- ▶ Расчет потребности в электричестве с подробным описанием потребности в электричестве для вентиляции, охлаждения (работа, мощность)
- ▶ Расчеты света, моделирование дневного света
- ▶ Тепловое моделирование здания
- ▶ Расчет отопительной нагрузки
- ▶ Отражение необходимости частичного температурного контроля/ кондиционирования воздуха
- ▶ Расчет расхода холода
- ▶ Обоснование регенеративного снабжения (электричество и тепло)
- ▶ Концепция и расчет теплового мостика
- ▶ Проектирование воздушной плотности и результаты испытаний (обоснование)
- ▶ Обоснование энергоэффективности и сбережения при возможных планируемых альтернативных решениях для технических установок (вентиляция, отопление, горячее водоснабжение, охлаждение и т.п.) → обзор вариантов,

⁵ В соответствии с [3]



- ▶ Концепция измерений для оценки энергоэффективности
- ▶ Техническая концепция для обработки запросов как владельцев, так и оператора

В таблице 2 представлен список документов, которые необходимо подготовить в процессе проектирования.

Таблица 2 Список документов, которые необходимо подготовить в процессе проектирования

Концепция / Обоснование	Требуется	Рекомендуется	Разработчик	Контролер
Тепловая защита				
Предпроектный энергетический баланс		x	Строительный физик	Консультант по вопросам энергетики
Имитации тепловых условий здания		x	Строительный физик Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Обоснование энергоэффективности	x		Строительный физик	Консультант по вопросам энергетики
Обоснование теплозащиты в летний период	x		Строительный физик	Консультант по вопросам энергетики
Концепция и расчет теплового мостика	x		Строительный физик	Консультант по вопросам энергетики
Проектирование и обоснование воздушной плотности	x		Строительный физик	Консультант по вопросам энергетики
Техническое оборудование				
Обоснование необходимости частичного температурного контроля/ кондиционирования воздуха		x	Строительный физик Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Расчет чистой энергии для отопления	x		Строительный физик Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Расчет чистой энергии для охлаждения	x		Строительный физик Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Расчет отопительной нагрузки	x		Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики



Концепция / Обоснование	Требуется	Рекомендуется	Разработчик	Контролер
Расчет расхода холода	x		Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Потребители и вспомогательные источники энергии				
Измерения фотовольтаики/ солнечной системы/ комбинированного производства тепловой и электрической энергии/ общего возобновляемого электричества	x		Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Расчет освещения		x	Архитектор Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Обоснование потребностей в электричестве с указанием деталей в отношении электричества для освещения, вентиляции и охлаждения (работа, мощность)		x	Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Обоснование регенеративного производства энергии (электричество и тепло)	x		Инженер технического оборудования	Консультант по вопросам энергетики
Автоматизация/ мониторинг здания				
Презентация концепции измерений для оценки энергоэффективности		x	Инженер технического оборудования Инженер по автоматизации	Консультант по вопросам энергетики
Презентация технической концепции для обработки запросов как владельцев, так и операторов		x	Инженер технического оборудования Инженер по автоматизации	Консультант по вопросам энергетики Владелец / Оператор
Экономические обоснования				
Подтверждение экономической целесообразности и экологической выгоды в энергообеспечении, например, по сравнению с отоплением районной тепловой сети от комбинированного производства тепловой и электрической энергии		x	Инженер технического оборудования	
Обоснование энергоэффективности и экономической целесообразности от возможности планирования альтернативных решений технического оборудования и установок (вентиляция, отопление, горячее водоснабжение, охлаждение и т.п.) → рассмотрение вариантов		x	Инженер технического оборудования	

4.2 Принцип эффективности

Экономическая составляющая является приоритетной во всех строительных работах. Расчет экономической эффективности производится как подсчет всех расходов в динамике с учетом инвестиционных и операционных расходов, а также предполагаемым развитием будущей цены, включая нормативный цикл различных компонентов и элементов системы.

Консультант по вопросам энергетики и клиент сопоставляют процент с капитала, цены на энергоносители и индекс роста цен, которые включены в расчеты.

4.3 Мониторинг и контроль

Энергетический мониторинг очень важен для любого пилотного проекта.

Энергетический мониторинг поможет получить ответ на вопрос, где происходит потеря энергии, когда и почему проявляются пиковые значения энергопотребления. Постоянный мониторинг энергетических данных поможет ответить на такие вопросы.

Энергетический мониторинг позволяет раскрыть потенциал:

- Прозрачность данных, полученных в результате энергетического мониторинга, помогает адаптировать поведение пользователя.
- Для функционирования энергоэффективного здания необходимо, чтобы использовались все существующие системы генерации электроэнергии (и на основе полезных ископаемых, и на основе возобновляемых источников энергии).
- Управление большим потребителем энергии в зависимости от договора об энергоснабжении приводит к возможности избежать пиковых нагрузок. Они обходятся дорого, поэтому имеет смысл осуществлять их контроль на регулярной основе путем энергетического мониторинга.
- Часто системы имеют слишком завышенные размеры (измерения). Если вы будете постепенно снижать нагрузку и отслеживать удовлетворенность потребителей, то можно определить будущий потенциал энергетического мониторинга.

Любое новое здание можно рассматривать как энергоэффективное только после проведения его анализа (измерений) на основе энергетического мониторинга.

Сегодня, энергетический мониторинг, конечно, основан на работе с Интернет. Все, что необходимо, это: соединение с Интернет, соответствующее программное обеспечение и, конечно, устройства измерения и мониторинга.

Необходимо фиксировать следующие значения:

- Температура воздуха внутри и снаружи здания
- Температуры системы отопления (прямой поток и обратный поток)
- Скорость потока
- Потребление энергии (отопление, охлаждение, горячее водоснабжение)
- Потребление топлива
- Потребление вспомогательной энергии
- Общее потребление энергии

Для пилотных проектов необходимо разработать мониторинговые планы. В подробных описаниях концепций следует исследовать отдельные области, например, тепловую защиту

зимой и летом, вентиляцию, потребление энергии для отопления и горячего водоснабжения, потребность в энергии и т.д. В стратегической концепции необходимо определить общие цели концепции управления энергопотреблением. Обычно к таким целям относятся минимизация потребности в энергии и соответствующее сокращение выбросов CO₂.

Последующие исследование и оценка обычно состоят из сбора и анализа данных об энергопотреблении в обследуемом здании в виде диаграмм нагрузки (тепло и электричество), энергетических показателей (например, конкретное энергопотребление на м² и в год), тенденции, дальнейшего развития (ужесточение нормативно-правовой базы и ограничительных условий) и соответствующего ранжирования и обработки результатов.

Затем необходимо разработать всеохватывающую концепцию, которая будет включать в себя стратегическую концепцию, текущие и будущие потребности в энергии. Очень важно детально проработать сценарии для того, чтобы представить разные варианты расчетов. Возможные варианты могут включать разные системы энергоснабжения и уровень установленной теплоизоляции здания, использование разных источников основной энергии и т.п.

В конце концов, необходимо реализовать и оценить разработанную концепцию управления энергопотреблением с учетом общих и конкретных концепций. Применение распространенных технологий MCR полезно для контроля разных компонентов и для осуществления независимого мониторинга. Процесс управления энергопотреблением – это итерационно постоянный процесс, который требует постоянной проверки. Таким образом, впоследствии возникает и усиливается потенциал оптимизации.

«Управление энергопотреблением является перспективной, организованной и систематической координацией снабжения, преобразования, распределения и потребления энергии для удовлетворения требований с учетом экологических и экономических целей».⁶

С «энергетическим менеджментом» («управлением энергопотреблением») связаны термины «энергетический мониторинг» и «энергетический контроль». Термин «энергетический мониторинг» в большей мере связан со сбором данных, а «энергетический контроль» обычно предполагает проведение оценки.

Для успешного управления энергопотреблением необходимо четко определить ответственность и способы взаимодействия лиц, которые принимают решения. Задачи и ответственность должны быть четко определены и обеспечены при помощи трансграничной координации.

Самым важным показателем в данном контексте является кВт в час на кв. м. в год (кВт.ч/м² в год). На основе этого ключевого значения можно классифицировать здания по их энергопотреблению. В Беларуси существуют все основы для использования этого подхода.

Основная функция системы управления энергопотреблением заключается в проведении измерений и реализации проектов для повышения энергоэффективности. В этом вопросе в центре внимания оказываются экономически обоснованные решения в области энергопотребления и реализация соответствующих мер. Подход, основанный на контроле, полезен для того, чтобы получить первое представление о потенциальных мерах, связанных с энергопотреблением, и их экономической рентабельностью, а также предполагает участие всех соответствующих ведомств и иерархических уровней.

⁶ В соответствии с [4]

5 Источники

- [1] ПРООН-Беларусь
Проект: «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в республике Беларусь»
№ 00077154
Техническое задание
получено: 27 мая 2013 г.
- [2] ПРООН/ ГЭФ – Программа развития ООН
Страна: Республика Беларусь
Проектная документация
- [3] Ingenieurgesellschaft BVP Bauconsulting mbH
Отчет 05480/5/01/3-04 (контракт № IC: 2013-098-01)
Методическое руководство по мониторингу энергетической эффективности и расчетам для жилых зданий (Вид деятельности № 4)
29.01.2014
- [4] <http://www.vika.de/cms.php?nocache=1&id=1428> (дата доступа: 10.12.13)
- [5] Пояснительная записка по разделам проекта «120-кв. 10-этажный энергоэффективный жилой дом ЖСПК-398 по ул. Дзержинского в г. Гродно»
Минск, 20.06.2014
- [6] Пояснительная записка по разделам проекта «19-этажный энергоэффективный жилой дом серии 111-90 в микрорайоне Лошица-9 в г. Минске»
Минск, 2014