

Программа развития Организации Объединенных Наций  
Глобальный экологический фонд

Проект №00077154  
«Повышение энергетической эффективности жилых зданий  
в Республике Беларусь»

**РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

Исполнитель,

Эксперт по вопросам экономики  
энергоэффективных зданий

Н.А. Григорьева

Минск  
май 2018

## Оглавление

Введение.....	3
1. Автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии .....	6
2. Система гелиоколлекторов .....	8
3. Система приточно-вытяжной вентиляции .....	11
4. Система солнечной фотоэлектрической станции.....	13
5. Система теплового насоса для жилого здания.....	15
6. Система утилизации серых стоков.....	18
Заключение .....	20
Список использованных источников .....	21

## Введение

В рамках проекта международной технической помощи ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» построены первые в Беларуси экспериментальные энергоэффективные жилые здания в городах Гродно, Минске и Могилеве. Эти здания по своим характеристикам с точки зрения энергопотребления приближаются к параметрам пассивного дома.

В рамках проекта международной технической помощи ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» построены первые в Беларуси экспериментальные энергоэффективные жилые здания в городах Гродно, Минске и Могилеве. Эти здания по своим характеристикам с точки зрения энергопотребления приближаются к параметрам пассивного дома. Для повышения энергоэффективности этих жилых домов на каждом объекте реализован ряд мероприятий (технических решений), которые должны получить экономическую оценку их эффективности с учетом плановых показателей энергосбережения.

Целью строительства экспериментальных энергоэффективных жилых домов является демонстрация энергосберегающего потенциала современных технологий применительно к трем жилым зданиям в трех городах Беларуси.

Объект 1 - типовой 10-ти этажный трехподъездный жилой дом с кирпичными несущими поперечными стенами и наружными стенами из ячеистобетонных блоков на 120 квартир площадью 9 896,18 кв. метров серии ЖСПК-398 в г. Гродно. Застройщик - УП «Институт Гродногражданпроект».

Объект 2 - типовой крупнопанельный одноподъездный 19-ти этажный жилой дом на 133 квартиры общей площадью 9 209 кв. метров серии 111-90-МАПИД в микрорайоне Лошица-9 в г. Минске. Застройщик - ОАО «МАПИД».

Объект 3 - типовой 10-ти этажный четырехподъездный жилой дом на 180 квартир общей площадью 13 889 кв. метров серии «полукаркас» в г. Могилеве. Застройщик - РУП «УКС г. Могилева».

Базовые проекты всех зданий опираются на действующие нормы строительства и предусматривает подключение к централизованным системам отопления и горячего водоснабжения, установку в каждой квартире батарей, термостатических клапанов и счетчиков тепла в качестве стандартных параметров.

Перечень конкретных мер и технологий, реализуемых в проекте, включает:

- оптимизацию архитектурного проекта здания (форма, ориентация, расположение окон, и т.п.) с учетом требований энергоэффективности и возможности использования возобновляемых источников энергии;
- повышение герметичности и усиление термоизоляции оболочки здания в соответствии с последними требованиями и нормами, принятыми либо намеченными к принятию в странах ЕС с близкими к Беларуси климатическими условиями; выбор оптимальных значений показателя термического сопротивления теплопередаче по каждому элементу здания с учетом расходов и уровня потребления энергии зданием в целом;
- принудительную вентиляцию с регенерацией до 80% тепла выходного воздуха;
- регенерацию тепла сточных вод (раковины, душа) для предварительного нагрева воды либо для отопления подъездов и иных мест общего пользования;
- использование солнечного тепла для нагрева воды;
- утилизацию грунтового тепла с использованием теплового насоса (электрического, абсорбционного), проектирование с учетом этой возможности фундаментных колонн, а также подключение к системам утилизации тепла сточной воды и подогрева воды с использованием солнечной энергии (а также для охлаждения в летний период);
- совершенствование и автоматизация регулирования и контроля расхода горячей воды и тепла.

В соответствии с действующими тепловыми стандартами, нормативный расход тепловой энергии в жилых зданиях составляет примерно 120-130 кВт ч /м<sup>2</sup> (в том числе 60 кВт ч /м<sup>2</sup> на отопление и 60-70 кВт ч /м<sup>2</sup> на подогрев воды). Ожидается, что на экспериментальных объектах расход энергии на отопление будет снижен приблизительно на 70%, а на подогрев воды – на 40%. Общий расход энергии на отопление и горячее водоснабжение не превысит 60 кВт ч /м<sup>2</sup>.

Проект не предусматривает отдельного учета затрат энергии при пользовании бытовыми электроприборами (светильники, холодильники).

При проектировании зданий предусмотрено их подключение к централизованным системам отопления и горячего теплоснабжения и районным теплосетям, а также установка батарей для исключения риска

возникновения непредвиденных ситуаций при апробации уникальных проектных решений, реализуемых на этих объектах.

Целью данной работы является анализ экономической эффективности различных технических решений для нужд отопления и горячего водоснабжения, представленных в проекте: автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии, система гелиоколлекторов, система приточно-вытяжной вентиляции, система солнечной фотоэлектрической станции, система теплового насоса для жилого здания, система утилизации серых стоков.

Проектные и фактические данные по потреблению электроэнергии и выработке тепловой энергии основаны на отчетах экспертов ПРООН-ГЭФ. Автор высказывает большую благодарность авторам проектов строительства экспериментальных энергоэффективных жилых домов в городах Гродно, Минске и Могилеве: РУП «Институт жилища – НИПТИС им. С.С. Атаева», УП «Институт Гродногражданпроект», команде проекта ПРООН-ГЭФ «Повышение энергоэффективности жилых зданий в Республике Беларусь» и ее руководителю Гребенькову А.Ж., а также экспертам: Данилевскому Л.Н. – заместителю директора ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.», Голубовой О.С. – заведующей кафедрой «Экономика строительства» БНТУ, Терехову С.В. – заведующему отделом энергоэффективных технологий в строительстве ГП «Институт жилища НИПТИС им. Атаева С.С.», Пилипенко В.М. – директору Государственного предприятия «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.», заместителю Председателя Белорусского Союза строителей, национальный эксперт проекта ПРООН-ГЭФ, национальным экспертам проекта ПРООН-ГЭФ: Жидовичу И.С., Молочко А.Ф., Соколовскому Л.В., Дюсьмикееву А.Б. Покотилу В.В. и многим другим коллегам за предоставленную информацию, помощь и поддержку в анализе экономической эффективности различных технических решений.

## **1. Автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии**

В пилотных проектах в Минске, Могилеве и Гродно была установлена система диспетчеризации инженерного оборудования энергоэффективного здания.

В Минске и Могилеве система состоит из следующих составных частей:

- Устройство сбора и передачи данных «УСПД Гран-Электро»;
- Монитор «PROLIGHT» XB2888;
- Устройство сбора и передачи данных «УСПД Гран-Быт».

Система диспетчеризации инженерного оборудования предназначена для:

- Дистанционного контроля за функционированием инженерного оборудования здания;
- Дистанционного снятия показаний приборов технического учета тепловой и электрической энергии;
- Дистанционного снятия показаний индивидуальных приборов учета тепловой энергии;
- Дистанционного снятия показаний контрольных датчиков температуры воздуха в квартирах, подключенных к индивидуальным приборам учета тепловой энергии.

Информация передается на удаленное автоматизированное рабочее место оператора по каналу сотовой связи через сеть интернет. Функционирование системы диспетчеризации инженерного оборудования не оказывает влияния на функционирование инженерного оборудования и приборов учета здания, подключенных к системе диспетчеризации.

В Гродно система состоит из следующих частей:

- Устройство сбора и передачи данных «УСПД Гран-Электро»;
- Монитор «PROLIGHT» XB2888;
- Концентратор LC-250;
- Контроллер «ИНДЕЛ-1734».

Система диспетчеризации инженерного оборудования предназначена для дистанционного контроля за работой следующего оборудования:

- Контроллеры тепловых насосов канализационного коллектор (ведущий и подчиненный);
- Контроллер теплового насоса энергетических фундаментных свай;

- Контроллер шкафа управления контура тепловой насос – система отопления;
- Контроллер шкафа управления контура тепловой насос – система горячего водоснабжения;
- Контроллер шкафа управления утилизатора теплоты сточных вод;
- Автоматический регулятор штатного теплового пункта;
- Циркуляционные насосы с частотным приводом;
- Регистраторы температуры энергетических свай;
- Регистратор температуры канализационного коллектора;
- Контроллеры квартирных приточно-вытяжных установок;
- Приборы технического учета тепловой энергии;
- Приборы технического учета электрической энергии.

Система предназначена для круглосуточного круглогодичного функционирования.

В течение гарантийного срока здания эксплуатация систем диспетчеризации осуществляется Государственным предприятием «Институт жилища - НИПТИС им. Атаева С.С.» совместно с эксплуатирующей организацией. Более подробную информацию можно найти в руководствах по эксплуатации систем диспетчеризации инженерного оборудования энергоэффективного жилого здания г. Гродно, г. Минска, г. Могилева, изданных в рамках проекта «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», финансируемого Глобальным экологическим фондом и реализуемого совместными усилиями Программы развития ООН в Беларуси и Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь Авторские права принадлежат ПРООН. Издание распространяется бесплатно и не предназначено для продажи.

Автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии не является энергогенерирующим мероприятием. Автоматическое регулирование теплового пункта присутствует в базовой линии здания.

Оценка эффективности использования автоматизированной системы управления теплотреблением предполагает сравнение количества потребленной объектом тепловой энергии за определенный промежуток времени при ее наличии и отсутствии. Напрямую (путем сопоставления теплотребления в настоящее время при наличии системы регулирования и в соответствующий период, предшествующий монтажу системы, например, за декабрь 2017 и 2018 гг.) такую оценку провести невозможно, поскольку здание

не обсуживалось без системы автоматизированной системы управления теплопотреблением, отсутствуют аналогичные по другим параметрам здания без системы, метеорологические условия в сравниваемые периоды будут неодинаковы, уровень заселенности здания растет, поведенческий фактор меняется со временем и множество прочих факторов, невозможных с абсолютному учету.

В мировой и отечественной практике указывается значение экономии за счет поведенческого фактора порядка 30% экономии затрат на тепловую энергию при использовании системы автоматического регулирования и учета тепловой энергии. [1, 2, 3].

Таким образом можно сделать вывод о том, что коэффициент экономической эффективности работы системы автоматического регулирования и учета тепловой энергии составляет 1,3.

## 2. Система гелиоколлекторов

Система гелиоколлекторов, которая была установлена на энергоэффективном здании в Могилеве, сформирована из следующих составных систем:

- Бак расширительный Reflex G1000;
- Бак расширительный Reflex G1000;
- Балансовый вентиль Shtremaх 4218;
- Гелиоколлектор.;
- Деаэратор фланцевый ReflexExvoid;
- Насосы MAGNA3;
- Программа SolarPUC;
- Бак-аккумулятор;
- Промежуточный бак Reflex V;
- Теплообменник для ГВС;
- Теплообменник для отопления;
- Устройство подпитки Control P/gl;
- Датчик уровня поплавковый электрический РОС 400-7;

<sup>1</sup> Эффективность использования автоматизированной системы регулирования теплопотребления в здании УЛГТУ, Ковальногов Н.Н., Ртищева А.С., Источник: Журнал «Новости теплоснабжения» № 06 (70), 2006 г.,

<sup>2</sup> Approximate list of measures in the sphere of heat saving and in the increasing of energetic effectiveness which can be used in the purpose of cultivation municipal programs in the sphere and in the increasing of energetic effectiveness, established by the resolution of Russian Federation government from 15.05.2010, № 61

<sup>3</sup> Значимость индивидуальных приборов регулирования и учета теплопотребления каждой квартиры в решении задач энергосбережения. Фиалко И.Ф. БСГ Энергосбережение и энергоэффективность №19 (472) 2012 г.

- Регулятор солнечной системы DX4306;
- Шкаф управления «Струмень».
- Регулятор температуры РТМ-03А «Струмень»;
- Теплосчетчик ТЭМ-104-1;

Система гелиоколлекторов, в которых в качестве источника тепла используется энергия солнца, предназначена для предварительного подогрева воды в системе горячего водоснабжения (ГВС). Энергия солнца через промежуточные теплоносители накапливается в баке-аккумуляторе объемом 14 м<sup>3</sup> в виде тепловой энергии и далее используется для подогрева воды в системе ГВС. Перед тем, как попасть в систему гелиоколлекторов, холодная вода предварительно подогревается в системе утилизации теплоты сточных вод (см. «Система теплоснабжения энергоэффективного здания (г. Могилев, ул. Аркадия Кулешова, 7). Руководство по эксплуатации»). Окончательный догрев воды до нормативной температуры осуществляется энергией тепловых сетей в теплообменнике ГВС штатного теплового пункта здания. Система гелиоколлекторов взаимосвязана со следующими инженерными системами Объекта: – системой утилизации теплоты сточных вод; – системой ГВС. В случае необходимости исключения подачи холодной воды в систему ГВС здания через систему гелиоколлекторов, систему следует отключить специально предусмотренной запорной арматурой, расположенной в штатном ИТП здания (см. таблицу 3.1 документа «Система теплоснабжения энергоэффективного здания (г. Могилев, ул. Аркадия Кулешова, 7). Руководство по эксплуатации»). Взаимосвязанные инженерные системы в этом случае не требуют подстройки или регулировки. Так же указанные системы не требуют подстройки или регулировки в случае включения системы гелиоколлекторов в процесс подогрева воды. Следует иметь в виду, что система гелиоколлекторов включена последовательно с системой утилизации теплоты сточных вод, поэтому исключение подачи холодной воды через систему гелиоколлекторов приведет к прекращению прохождения холодной воды через систему утилизации теплоты сточных вод. Система гелиоколлекторов состоит из двух полей гелиоколлекторов расположенных на кровле блок-секций 1 и 2 и кровле блок-секций 3 и 4 соответственно, которые объединяются между собой на чердаке. Системой гелиоколлекторов управляют автоматические регуляторы. В системе гелиоколлекторов осуществляется учет выработанной тепловой энергии и потребленной электрической энергии.

Система гелиоколлекторов предназначена для снижения потребления тепловой энергии от тепловых сетей для целей ГВС. Эксплуатация системы осуществляется силами эксплуатирующей организации. Более подробную информацию о системе можно найти в руководствах по эксплуатации систем теплоснабжения, систем утилизации теплоты, сточных вод, систем гелиоколлекторов энергоэффективного здания г. Могилев, изданных в рамках проекта «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», финансируемого Глобальным экологическим фондом и реализуемого совместными усилиями Программы развития ООН в Беларуси и Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь. Авторские права принадлежат ПРООН. Издание распространяется бесплатно и не предназначено для продажи.

Для оценки энергоэффективности оборудования применяется коэффициент преобразования (Кпр) – безразмерная величина, показывающая отношение произведенной энергии к затраченной на совершение этой работы энергии. Это показатель того, что данное оборудование в заданном режиме на 1кВт·ч затраченной электрической энергии вырабатывает величину равную коэффициенту преобразования кВт·ч тепловой энергии.

По данным таблицы 1 система гелиоколлекторов имеет значение коэффициента преобразования 57,1.

Таблица 1 – Объем энергии, вырабатываемой (+), потребляемой (-) системой гелиоколлекторов, обеспечивающей энергоэффективность жилых домов, реализованных в рамках проекта ПРООН

Наименование	Ед. изм	Количество ресурса в натуральном выражении		
		г. Гродно	г. Минск	г. Могилев
<b>Система гелиоколлекторов</b>				
электрической энергии	кВт·ч			-601
тепловой энергии на горячее водоснабжение	кВт·ч			34 319

Источник: собственная разработка автора на основании отчетных данных проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»

Таким образом экономическая отдача от использования системы гелиоколлекторов составляет 57,1 энергии к 1 затраченной.

### 3. Система приточно-вытяжной вентиляции

Система приточно-вытяжной вентиляции установлена в каждом из пилотных домов в г. Минске, г. Гродно, г. Могилеве и включает в себя следующие составные части:

- Приточно-вытяжная установка с утилизацией теплоты вытяжного воздуха REGO 400VE;
- Регулятор воздухообмена и теплоснабжения «БРИЗ»;
- Клапан огнезащитный с электромеханическим приводом UVA90M-125;
- Воздушная заслонка с электромеханическим приводом;
- Осевые вентиляторы ВЕНТС 100МА;
- Теплосчетчик ТЭМ-104-КВ;

В обычном здании с естественной системой вентиляции свежий воздух попадает в квартиру через неплотности ограждающих конструкций или оконные конструкции в режиме проветривания, нагревается системой отопления и удаляется в вытяжную шахту, унося с собой значительную часть тепловой энергии, затраченной на отопление здания. Система вентиляции квартир Объекта является принудительной и построена по децентрализованной схеме – каждая квартира имеет свою приточно-вытяжную установку с утилизацией теплоты удаляемого воздуха и блоком автоматического регулирования. Система отопления Объекта выполнена по схеме с горизонтальной разводкой и индивидуальным (поквартирным) учетом потребления тепловой энергии. Для повышения эффективности потребления энергии в каждой квартире системы вентиляции и отопления управляются общим блоком автоматического регулирования воздухообмена и теплоснабжения.

Система приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха предназначена для обеспечения нормативного воздухообмена в квартирах и снижения расхода тепловой энергии на отопление квартир в отопительный период. Основными преимуществами данной системы вентиляции по сравнению с системами естественной вентиляции являются:

- значительное сокращение (почти на 85%) потерь тепла с уходящим из отапливаемой квартиры воздухом;
- утилизация тепла внутренних источников (отопительных приборов, приготовления пищи, работы бытовых электроприборов, от людей) для нагрева приточного воздуха;

- обеспечение чистого свежего воздуха за счет постоянного притока и наличия фильтров очистки воздуха на входе вентиляционной системы, которые защищают от попадания в квартиру пыли и аллергенов с улицы;

- обеспечение нормативной влажности, что исключает возможность запотевания стекол на окнах и образование плесени на стенах;

- отсутствие холодных сквозняков, так как поток входящего в квартиру наружного воздуха проходит через теплообменник, в котором нагревается за счет тепла уходящего из помещений квартиры отработанного воздуха.

Эксплуатация системы приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха каждой квартиры в части оборудования приточно-вытяжной установки, которое располагается на лоджии, осуществляется силами собственника квартиры. Система автоматического управления вентиляцией и отоплением квартиры технического обслуживания не требует. Элементы питания в пульте дистанционного управления (типа ААА, 2 шт.) следует заменять по мере их разрядки. Ремонт автоматического регулятора воздухообмена и теплоснабжения «БРИЗ» и его составных частей выполняется исключительно предприятием – изготовителем оборудования.

Более подробную информацию о системе можно найти в руководствах по эксплуатации систем вентиляции и отопления квартир энергоэффективного здания г. Минск г. Могилев, г. Гродно, изданных в рамках проекта «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», финансируемого Глобальным экологическим фондом и реализуемого совместными усилиями Программы развития ООН в Беларуси и Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь Авторские права принадлежат ПРООН. Издание распространяется бесплатно и не предназначено для продажи.

По данным таблицы 2 коэффициент преобразования как показатель того, что данное оборудование в заданном режиме на 1кВт·ч затраченной электрической энергии вырабатывает величину равную коэффициенту преобразования кВт·ч тепловой энергии для системы приточно-вытяжной вентиляции составляет 9,18.

Таблица 2 – Объем энергии, вырабатываемой (+), потребляемой (-) системой приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей энергоэффективность жилых домов, реализованных в рамках проекта ПРООН

Наименование	Ед. изм	Количество ресурса в натуральном выражении		
		г. Гродно	г. Минск	г. Могилев
<b>Система приточно-вытяжной вентиляции</b>				
электрической энергии	кВт.ч	-3 974	-9 003	-9 165
тепловой энергии на отопление	кВт.ч	61 816	74 370	66 976

Источник: собственная разработка автора на основании отчетных данных проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»

Необходимо отметить, что отдача от работы системы приточно-вытяжной вентиляции в размере 9,18 выработанной энергии к затраченной не в полной мере отражает эффект от данной системы. Дополнительную отдачу составляет эффект от улучшения качества воздуха, снижения заболеваний, улучшения микроклимата квартиры и другие, которые представляются сложными к экономической оценке.

#### 4. Система солнечной фотоэлектрической станции

На пилотном здании в Гродно была установлена система солнечной фотоэлектрической станции из следующих составных частей:

- Фотоэлектрические модули Shinefar Group Co., Ltd. Модель: SFP660255;
- PV-1F кабель;
- Пара коннекторов типа MC 4;
- Инвертор для модулей на кровле SG50KTL-M;
- Инвертор для модулей на фасаде SG50KTL-M;
- Система дистанционного мониторинга SolarInfo.

Система электроснабжения с фотоэлектрической станцией предназначена для частичной компенсации потребления электрической энергии системой тепловых насосов и системой утилизации теплоты сточных вод. Имеется техническая возможность продажи электрической энергии в энергосистему города. В случае отключения фотоэлектрической станции вся необходимая для функционирования здания электрическая энергия поступает из городских электросетей. Предусмотрен как коммерческий, так и технический учет вырабатываемой электрической энергии, а также технический учет

потребленной электрической энергии, необходимой для функционирования инверторного оборудования.

Система электроснабжения с фотоэлектрической станцией предназначена для частичной компенсации потребления электрической энергии системой тепловых насосов и системой утилизации теплоты сточных вод. Фотоэлектрические панели установлены на кровле и южном фасаде здания. На южном фасаде здания на алюминиевом каркасе установлено 196 фотоэлектрических панелей мощностью 255 Вт каждая. Панели установлены на уровне 4-10 этажей и объединены в группы следующим образом: 8 групп по 21 панели и 2 группы по 14 панелей. На кровле здания на металлических наклонных рамах установлено 100 фотоэлектрических панелей мощностью 255 Вт каждая. Панели объединены следующим образом: 2 группы по 21 панелей, 2 группы по 19 панелей, 1 группа – 20 панелей. 8 Группы фотоэлектрических панелей через выключатели– разъединители подключены к инверторам. Первый инвертор обслуживает фотоэлектрические панели, установленные на кровле, второй – установленные на фасаде. Инверторы подключены к внутренней электрической сети здания через автоматические выключатели и прибор технического учета электрической энергии. Прибор технического учета обеспечивает учет выработанной электрической энергии, а также электрической энергии, потребленной инверторами на технологические нужды. Прибор технического учета электрической энергии подключен к системе диспетчеризации инженерного оборудования здания. Коммерческий учет потребленной и выработанной электрической энергии осуществляется отдельным прибором учета, подключенным к АСКУЭ «Гродноэнерго». Модуль дистанционного мониторинга предназначен для контроля за работой фотоэлектрической станции. После разработки поставщиком оборудования соответствующего программного обеспечения модуль дистанционного мониторинга может быть подключен к системе диспетчеризации инженерного оборудования здания

Эксплуатация системы осуществляется силами эксплуатирующей организации. Более подробную информацию о системе можно найти в руководствах по эксплуатации системы электроснабжения с фотоэлектрической станцией энергоэффективного здания г. Гродно, изданных в рамках проекта «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», финансируемого Глобальным экологическим фондом и реализуемого совместными усилиями Программы развития ООН в Беларуси и Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь

Авторские права принадлежат ПРООН. Издание распространяется бесплатно и не предназначено для продажи.

По данным таблицы 3 система гелиоколлекторов имеет значение коэффициента преобразования 884,15 (отношение произведенной энергии к затраченной на совершение этой работы энергии).

Таблица 3 – Объем энергии, вырабатываемой (+), потребляемой (-) системой солнечной фотоэлектрической станции, обеспечивающей энергоэффективность жилых домов, реализованных в рамках проекта ПРООН

Наименование	Ед. изм	Количество ресурса в натуральном выражении		
		г. Гродно	г. Минск	г. Могилев
<b>Система солнечной фотоэлектрической станции</b>				
потребление электрической энергии	кВт.ч	-49,70		
производство электрической энергии	кВт.ч	43 942		

Источник: собственная разработка автора на основании отчетных данных проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»

Таким образом экономическая отдача от использования системы гелиоколлекторов составляет 884,15 энергии к 1 затраченной.

## 5. Система теплового насоса для жилого здания

Система тепловых насосов установлена на пилотном здании в Гродно и имеет следующие составные части:

- Тепловой насос NIBE F1345-60;
- Тепловой насос NIBE F1345-60;
- Тепловой насос NIBE F1155-16;
- Тепловой насос NIBE F1155-16;
- Буферная емкость с теплоизоляцией BU-1000.8A;
- Теплообменник для системы отопления TP3 - 74/74;
- Теплообменник для ГВС TP2 - 84;
- Бак расширительный мембранный ULTRA-PRO 60 V;
- Бак расширительный мембранный ULTRA-PRO 100 V;
- Бак расширительный мембранный ULTRA-PRO 200 V;

- Бак расширительный мембранный;
- MAGNA3;
- Теплосчетчик ТЭМ-104-1;
- Шкаф управления «Струмень»;
- Регулятор температуры РТМ-03А «Струмень».

Система тепловых насосов, в которой в качестве источника тепла используется энергия городского канализационного коллектора и теплота грунта в периметре фундаментного поля здания, предназначена для предварительного подогрева воды в системах отопления и горячего водоснабжения (ГВС) здания. Низкопотенциальная энергия при помощи тепловых насосов преобразуется в высокопотенциальную, нагревает воду в буферной емкости и далее используется для подогрева воды в системах отопления и ГВС. Перед тем, как попасть в систему тепловых насосов, холодная вода предварительно подогревается в системе утилизации теплоты сточных вод. Окончательный догрев воды до нормативной температуры осуществляется энергией тепловых сетей в теплообменниках системы отопления и ГВС штатного теплового пункта здания. Система тепловых насосов взаимосвязана со следующими инженерными системами здания: – системой утилизации теплоты сточных вод; – системой отопления; – системой ГВС. В случае необходимости исключения подачи холодной воды в систему ГВС здания через систему тепловых насосов, систему следует отключить специально предусмотренной запорной арматурой, расположенной в штатном ИТП здания согласно таблице 3.1 документа «Система теплоснабжения энергоэффективного здания (г. Гродно, ул. Дзержинского, 23а). Руководство по эксплуатации» (см. ссылку в приложении А). Взаимосвязанные инженерные системы в этом случае не требуют подстройки или регулировки. Так же указанные системы не требуют подстройки или регулировки в случае включения системы тепловых насосов в процесс подогрева воды. Система тепловых насосов состоит из трех тепловых насосов – два насоса мощностью по 60 кВт используют теплоту канализационных стоков городского канализационного коллектора, один мощностью 16 кВт использует теплоту фундаментных свай здания. Системой тепловых насосов управляют штатная автоматика тепловых насосов и внешние автоматические регуляторы (см. раздел 3.3). В системе тепловых насосов осуществляется учет выработанной тепловой энергии отдельно по контуру системы отопления и контуру ГВС, а также потребленной электрической энергии совместно по всем тепловым насосам. Тепловые насосы подключены к системе диспетчеризации

инженерного оборудования здания с целью дистанционного контроля за их функционированием.

Система тепловых насосов предназначена для снижения потребления тепловой энергии от тепловых сетей для целей отопления и горячего водоснабжения здания. Эксплуатация системы осуществляется силами эксплуатирующей организации.

Более подробную информацию о системе можно найти в руководствах по эксплуатации система теплоснабжения система тепловых насосов система утилизации теплоты сточных вод энергоэффективного здания г. Гродно, изданных в рамках проекта «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», финансируемого Глобальным экологическим фондом и реализуемого совместными усилиями Программы развития ООН в Беларуси и Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь Авторские права принадлежат ПРООН. Издание распространяется бесплатно и не предназначено для продажи.

По данным таблицы 4 система теплового насоса для жилых зданий имеет значение коэффициента преобразования как отношение произведенной энергии к затраченной на совершение этой работы энергии 3,19.

Таблица 4 – Объем энергии, вырабатываемой (+), потребляемой (-) системой теплового насоса для жилых зданий, обеспечивающей энергоэффективность жилых домов, реализованных в рамках проекта ПРООН

Наименование	Ед. изм.	Количество ресурса в натуральном выражении		
		г. Гродно	г. Минск	г. Могилев
<b>Система теплового насоса для жилого здания</b>				
электрической энергии	кВт·ч	-86 146		
тепловой энергии на отопление	кВт·ч	274 477		

Источник: собственная разработка автора на основании отчетных данных проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»

Таким образом экономическая отдача от использования системы теплового насоса для жилых зданий составляет 3,19 энергии к 1 затраченной.

## 6. Система утилизации серых стоков

Во всех трех пилотных зданиях в Минске, Гродно и Могилеве установлена система утилизации серых стоков из следующих составных частей:

- насосы MAGNA3;
- Расширительный бак REFIX;
- Теплообменник ET;
- Шкаф управления «Струмень»;
- Регулятор температуры РТМ-03А «Струмень»;
- Регулятор температуры РТМ-03А «Струмень»;
- Теплосчетчик ТЭМ-104-1.

Система утилизации теплоты сточных вод, в которой в качестве источника тепла используется теплота канализационных серых стоков здания, предназначена для предварительного подогрева воды в системе горячего водоснабжения (ГВС). Последующий нагрев воды в системе ГВС осуществляется системой гелиоколлектора. Окончательный догрев воды до нормативной температуры осуществляется энергией тепловых сетей в теплообменнике ГВС штатного теплового пункта здания. Система утилизации теплоты сточных вод взаимосвязана со следующими инженерными системами здания: – системой канализации; – системой холодного водоснабжения; – системой гелиоколлектора; – системой ГВС здания. В случае необходимости исключения системы утилизации теплоты сточных вод из процесса подогрева воды систему следует перевести в байпасный режим (см. таблицу 3.1). Взаимосвязанные инженерные системы в этом случае не требуют подстройки или регулировки. Так же указанные системы не требуют подстройки или регулировки в случае включения системы утилизации сточных вод в процесс подогрева воды (см. таблицу 3.1). В здании установлены две независимые системы утилизации теплоты сточных вод, обслуживающие блок-секции 1 и 2 и блок-секции 3 и 4 соответственно. Каждой системой утилизации теплоты сточных вод управляет отдельный автоматический регулятор. В каждой системе утилизации теплоты сточных вод осуществляется независимый учет выработанной тепловой энергии.

Система утилизации теплоты сточных вод предназначена для снижения потребления тепловой энергии от тепловых сетей для целей горячего водоснабжения здания. Эксплуатация системы осуществляется силами эксплуатирующей организации

Более подробную информацию о системах можно найти в руководствах по эксплуатации система теплоснабжения система тепловых насосов система утилизации теплоты сточных вод энергоэффективного здания г. Гродно, г. Минска, г. Могилева, изданных в рамках проекта «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», финансируемого Глобальным экологическим фондом и реализуемого совместными усилиями Программы развития ООН в Беларуси и Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь Авторские права принадлежат ПРООН. Издание распространяется бесплатно и не предназначено для продажи.

Ввиду незавершенности отделочных работ собственниками квартир система на проектный режим не выводилась. Учитывая темпы заселения зданий система может быть запущена не ранее 2019г. Проектные значения определяются как экономия 30% от годового проектного расхода тепловой энергии на ГВС, а это значит, что отдача составит 1,3.

## Заключение

Набор технических решений, примененных в различных сочетаниях в трех пилотных домах является уникальным опытом для проектных, строительных и эксплуатирующих организаций, жителей, а также Республики Беларусь в целом. Крайне важно собрать результирующую информацию и подвести итоги проекта для демонстрации опыта и поддержке будущего тиражирования подобных проектов. Анализируя экономическую эффективность различных технических решений, примененных в г. Минске, г. Гродно и г. Могилеве необходимо показать то, что данное оборудование в заданном режиме на 1кВт·ч затраченной электрической энергии вырабатывает величину равную коэффициенту преобразования кВт·ч тепловой энергии. На данный момент результаты расчета коэффициента преобразования для различных энергосберегающих систем представлены на рисунке 1.



*Рисунок 1 Коэффициенты преобразования электрической энергии в тепловую для различных систем, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий*

Источник: собственная разработка автора на основании отчетных данных проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»

Подводя итоги анализа различных технических решений, примененных в трех пилотных зданиях в г. Минске, г. Гродно и г. Могилеве, необходимо отметить, что исходные данные о фактических затратах электроэнергии и выработке тепловой энергии по зданиям необходимы к уточнению в течении нескольких отопительных периодов и в условиях 100% заселенности.

### **Список использованных источников**

1. Эффективность использования автоматизированной системы регулирования теплопотребления в здании УЛГТУ, Ковальногов Н.Н., Ртищева А.С., Источник: Журнал «Новости теплоснабжения» № 06 (70), 2006 г.
2. Approximate list of measures in the sphere of heat saving and in the increasing of energetic effectiveness which can be used in the purpose of cultivation municipal programs in the sphere and in the increasing of energetic effectiveness, established by the resolution of Russian Federation government from 15.05.2010, № 61
3. Значимость индивидуальных приборов регулирования и учета теплопотребления каждой квартиры в решении задач энергосбережения. Фиалко И.Ф. БСГ Энергосбережение и энергоэффективность №19(472) 2012 г.