

**Проект USAID по улучшению энергоэффективности в жилых зданиях  
города Душанбе**

**Анализ энергопотребления в  
многоквартирном жилом фонде  
Душанбе и оценка потенциала для  
продвижения  
энергоэффективности**

**2012**

Эта публикация стала возможной благодаря помощи американского народа, оказанной через Агентство США по международному развитию (USAID). Региональный Экологический Центр Центральной Азии (РЭЦЦА) и Ассоциация выпускников ТТУ-ТПИ несет всю ответственность за содержание публикации, которое не обязательно отражает позицию USAID или Правительства США.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Оценка состояния жилого сектора и проблем центрального отопления в Душанбе.....</b>	<b>1</b>
Текущее состояние инфраструктуры системы отопления в Душанбе .....	1
Институциональная основа и существующие нормы.....	5
Потребление энергии для нужд отопления в жилом секторе .....	7
Имеющиеся возможности и перспективы для обеспечения городского отопления в Таджикистане теплоэнергией .....	11
Возможные пути снижения энергопотребления для отопления и горячего водоснабжения .....	14
<b>Осуществленные пилотные проекты.....</b>	<b>18</b>
Утепление внешних ограждающих конструкций и общедомовой площади 4-х этажного многоквартирного жилого дома .....	18
Установка автономной системы отопления и гелиоколлекторов в школе-интернате №4.....	22
<b>Обобщение результатов проведенных исследований, основные выводы и рекомендации .....</b>	<b>24</b>
Приложение 1. Методология для определения объема потребления электроэнергии для нужд отопления в многоквартирных зданиях .....	29
Приложение 2. Сравнение удельного энергопотребления и коэффициента теплопередачи зданий.....	30
Приложение 3. Результаты регрессионного анализа зависимости электропотребления от температуры воздуха снаружи в отопительный период.....	31
Приложение 4. Расчетная оценка сокращения электропотребления за счет использования гелиоколлекторов для горячего водоснабжения .....	32
Приложение 5. Техническая и сметная информация по основным мероприятиям для повышения теплового сопротивления ограждающих конструкций, установке автономной системы отопления и использованию солнечной энергии в зданиях. ....	33

Таблица 1. Жилые строения по типу .....	1
Таблица 2. Погодно-климатические условия .....	2
Таблица 3. Общие характеристики многоэтажных зданий в Душанбе.....	3
Таблица 4. Тарифы на электроэнергию.....	5
Таблица 5. Техническая информация исследуемых жилых домов .....	9
Таблица 6. Сравнительная таблица удельного электропотребления в Душанбе и Норвегии .....	11
Таблица 7. Потребление топлива в Таджикистане за 1991-2010 гг. (в % к 1991 г.) .....	12
Таблица 8. Потенциал сокращения потребления энергии некоторых мероприятий по энергосбережению в жилых многоквартирных зданиях с централизованным отоплением.....	15
Таблица 9. Демонстрационные проекты по использованию гелиоколлекторов для ГВС в Таджикистане .....	16
Таблица 10. Техничко-экономические показатели жилого дома по ул. Н. Махсуми №85/2.....	18
Таблица 11. Лимит электропотребления для школы-интерната в отопительный период .....	22
Таблица 12. Период окупаемости инвестиций в комплексное утепление здания .....	26
Таблица 13. Период окупаемости использования солнечных коллекторов для ГВС.....	26
График 1. Суточное значение потребляемой мощности в Таджикистане в зимний период .....	8
График 2. Удельное электропотребление в жилых многоквартирных зданиях в отопительный период в зависимости от этажности и типа дома.....	9
График 3. Среднее удельное электропотребление в пилотных домах по месяцам (кВтч/м <sup>2</sup> ).....	10
График 4. Динамика ежемесячного производства горячего водоснабжения гелиоколлекторами....	17
График 5. Ежемесячное потребление электроэнергии в неопотительный период в пилотном жилом здании .....	20
График 6. Среднее ежемесячное потребление электроэнергии за отопительный период в пилотном здании .....	21
График 7. Суточная выработка горячей воды гелиоколлекторами в школе-интернате в течение года (оценка).....	23
График 8. Прогнозное потребление электроэнергии в пилотном здании в базовый периоды и фактическое электропотребление после утепления.....	31

# Оценка состояния жилого сектора и проблем центрального отопления в Душанбе

## Текущее состояние инфраструктуры системы отопления в Душанбе

Душанбе, столица Таджикистана, расположен в Гиссарской долине на территории площадью 122 км<sup>2</sup>, численность населения составляет около 720 тыс. человек. До 1922 г. населенный пункт представлял собой крупную деревню под названием Душанбе. С середины 20х годов он начался процесс урбанизации. Принятие в 1956 году главного плана застройки территорий дало толчок интенсивному развитию города, с конца 80х и вплоть до развала СССР процесс продолжал проходить быстрыми темпами. На сегодня в шести районах города и пригороде имеется 3384 многоэтажных жилых зданий и 35167 домов.

Большая часть многоквартирных домов была построена в период между 1960–1980 годами в соответствии с Генеральным Планом, предусматривавшим строительство большого количества однотипных многоэтажных квартирных зданий. Первый этап плана застройки подразумевал строительство 4-5-этажных зданий, в основном кирпичных, с квартирами небольшой площади и высокими потолками, которые были относительно неплохо утеплены в отличие от монолитных, панельных зданий, возведенных в огромном количестве в 1970-80 годах. Хотя построенные в данный период дома жилищного фонда имели очень низкие уровни теплоизоляции, их строительство продолжалось с незначительными усовершенствованиями до 90х.

Таблица 1. Жилые строения по типу

Все здания	100%	38 581
- частные строения	91%	35167
- многоэтажные квартирные дома	9%	3384
из них:		
2-3-этажные	33%	1038
4-5-этажные	62%	1870
6-9-этажные	3.4%	110
12-16-этажные	2.6%	56
Общая протяженность труб отопления	км	553.2
Общая протяженность газотрубопровода	км	623.8

Источник: Якубов Н. (2009)

Построенные в указанный период здания имели почти идентичный дизайн и были построены в кратчайшие сроки, т.к. основной задачей было обеспечить требуемое планом количество квартир, без должного внимания качеству. Такой подход без достаточной проработки стадий планирования и конструирования привело к тому, что здания имеют высокий уровень энергопотребления, не зависящий от прочих факторов, как то место расположения, обслуживание или отношение жителей. На самом деле, энергоэффективность не принималась в расчет, т.к. энергия была дешевой и поставлялась в неограниченных объемах. Теплый климат также сыграл свою роль в том, что население по большому счету и не знало о существовании высокоэффективных видов отопления в жилых зданиях. Теплоизоляции не было, равно как и строительства зданий с выходом окон на солнечную сторону, толщина стен была не более 20 см, а температура в комнатах не регулировалась, т.к. никаких устройств регулировки температуры радиаторов отопления не было установлено.

**Таблица 2. Погодно-климатические условия**

Средняя температура в январе	-10 °С ... +2 °С
Средняя температура в июле	+28 °С
Минимальная температура в январе	- 27 °С
Максимальная температура в июне	+44 °С
Среднегодовая температура	+14,6 °С
Продолжительность отопительного сезона	110 дней
Климат	Теплое лето и мягкая зима

Преимуществом централизованного планирования была центральная система отопления и горячего водоснабжения, при которой 50–70 % городских ЖЭКов была подключена к центральному отоплению района.

Однако, тарифы на центральное отопление, воду и электричество для потребителей жилого фонда сильно субсидировались государством, объем реально потребленных услуг не влиял на конечную сумму оплаты. Такой подход никак не стимулировал жильцов на сохранение энергии.

Несмотря на то, что большая часть зданий подсоединена к общей системе центрального отопления, и во всех квартирах установлены радиаторы, только дома в центральной части города подключены к системе. Отдаленные от центра районы города, такие как, район №102, 112, районы Заравшон и Испечак в последние годы не получали тепло от центральной сети. В этих зданиях квартиры отапливаются электронагревательными приборами. По мере роста территории города центральная система отопления все более отстает в своей способности обеспечивать должный уровень теплоснабжения, оборудование морально устаревает, и все большее количество квартир переходит на электрические радиаторы. В нежилом секторе электричество стало основным типом энергии, обеспечивающим обогрев помещений, так как за десять лет после прекращения существования Советского Союза система энергоснабжения и обеспечения топливом развалилась.

Страна так больше никогда и не вышла на прежние объемы поставок природного газа, нефти, угля и дизельного топлива, которые она имела в течение десятилетий, и система центрального отопления, выстроенная на потребление всех этих объемов для обеспечения непрерывного функционирования, столкнулась с кризисом, который не преодолен до сих пор. Так постепенно люди перешли к использованию электричества для обогрева своих крайне энергонеэффективных домов, постоянно увеличивая нагрузку на систему электроснабжения, которая на настоящий момент неспособна удовлетворить повышающийся спрос на электричество.

Дальнейшее строительство жилых домов в городе будет идти по Генеральному Плану Развития города, который помимо прочего нацелен на увеличение стандарта жилплощади на человека с нынешних 7 м<sup>2</sup> до 16 м<sup>2</sup> к 2030 году. Это потребует увеличить площади жилых помещений более чем в два раза, что соответственно увеличит объемы потребляемой на отопление энергии. Большинство строящихся зданий будут 4–5-этажными (4.5 млн. м<sup>2</sup>), 6–9-этажки будут строиться в центре города (0.8 млн. м<sup>2</sup>) и небольшой объем 2–3-этажных особняков (0.4 млн. м<sup>2</sup>) в пригороде.

Некоторые общие характеристики жилого фонда и текущее состояние системы отопления представлены ниже<sup>1</sup>:

<sup>1</sup> Абдурахманов А. (2009 г.) “Энергообеспечение и энергоэффективность в Душанбе”. Материалы конференции “Экологическая безопасность и энергоэффективность в административных зданиях г. Душанбе”. 15-16 декабря 2009 г.

- Более 95% зданий в Душанбе не соответствуют современным стандартам теплоизоляции;
- В осенне-зимний период система энергообеспечения сильно перегружена, по некоторым данным потребление электроэнергии зимой возрастает в более чем три раза;
- Город потребляет 1121 Гкал/ч тепловой энергии, из которых 820 Гкал приходится на жилой и частный сектор;
- Теоретически около 67% городских строений подсоединены к центральному отоплению, однако, доля подключенных к сети составляет лишь 52%, из которых по самым оптимистичным подсчетам только 15-25% получают отопление от сети.

**Таблица 3. Общие характеристики многоэтажных зданий в Душанбе**

Строение/Серия	Год постройки	Материал стен	Толщина стен, мм	$R_0$ М <sup>20</sup> С/Вт	$R_m^0$ М <sup>20</sup> С/Вт	$R_0 - R_m$ <sup>2</sup>	Нужна тепло-изоляция
2-3-этажные здания	1930 - 40	кирпич	510	0.80	1.2	-0.40	да
4-этажные, тип ТЖ 1-401	1960-70	кирпич	380	0.65	1.2	-0.55	да
4-5-этажные панельные, ТЖ 1-464АС	1970-80	бетон	300	0.52	1.2	-0.68	да
9-этажные панельные, тип 165	1980-90	бетон	300	0.52	1.2	-0.68	да
9-этажные монолитные	1970-90	легкий бетон	300	0.63	1.2	-0.57	да
9-этажные железобетонные, монолитные	2005-09	панели бетонные	200	0.90	1.2	-0.30	да
9-12-этажные монолитные	2007-09	двухслойный бетон	400	1.63	1.2	+0.43	нет
		теплоизоляция	40				

Источник: Якубов Н. (2009)

Система центрального городского отопления состоит из нескольких теплоцентралей и бойлеров, расположенных в разных частях города. С учетом размера и охвата территории все это оборудование можно разделить на следующие подгруппы:

- Крупные теплоцентралы и котельные на жидком топливе и газе:
  - Душанбинская ТЭЦ – проектная мощность 380 Гкал/ч;
  - Западная бойлерная – проектная мощность 660 Гкал/ч, с двумя неисправными котлами (180 Гкал/ч каждый);
  - Восточная бойлерная – проектная мощность 70 Гкал/ч, средняя нагрузка 30-40%.
- 6 бойлеров на угле, построенных в 2008 г. с общей проектной мощностью 28.54 Гкал/ч.
- Небольшие бойлерные на жидком топливе и газе, с общей проектной мощностью 21.5 Гкал/ч.
- Новая бойлерная на смешанном топливе, с проектной мощностью 70 Гкал/ч.

<sup>2</sup> Величина  $R$  выражает теплопроводность/теплоотдачу материала (чем выше показатель, тем лучше теплоизоляционные характеристики материала). В данном случае  $R^0$  представляет фактическую величину  $R$  элементов строения, а  $R_m^0$  требуемую. Оценка проведена Ассоциацией выпускников Таджикского Технического Университета.

Теплопередающая сеть состоит из:

- 125 км основной сети труб центрального отопления;
- 414 км труб периферийной сети.

Обзор литературы<sup>3</sup> говорит о том, что общий КПД крупных теплоцентралей варьируется в пределах 50-70%. Ввиду недостатка финансирования и отсутствия должного ухода, существующие активы системы отопления сильно устарели, что привело к снижению их эффективности и низким выходом производимой тепловой энергии (температура тепловой энергии на протяжении всей линии должна составлять 120-70 °С, на самом же деле температура воды на выходе не превышает 80 °С)<sup>4</sup>. Из-за высоких цен на природный газ и жидкое топливо общая мощность крупных теплоцентралей и бойлерных не превышает 30% от проектной, что также сокращает общую энергетическую эффективность системы. Необходимо отметить, что западная котельная, вырабатывающая тепловую энергию для северных и западных районов города, редко запускается в работу по причине высоких эксплуатационных расходов. По отчетам более 50% теплопередающей и теплораспределительной системы требует ремонта.

Высокий уровень потерь при производстве и передаче тепловой энергии обусловлен недостаточным уходом и морально устаревшим оборудованием. Подсчитано, что:

- 15-30% теряется при производстве тепловой энергии;
- до 12% теряется при передаче тепла по трубам;
- 15-20% теряется на распределительных узлах и из самих отапливаемых зданий.

С учетом того, что общая потребность города в тепловой энергии составляет около 1210 Гкал/ч (820 Гкал/ч для жилого фонда и 390 Гкал/ч для административных зданий), подсчитано, что (Абдурахманов, 2009 г.) производимая в настоящее время тепловая энергия покрывает лишь 15% общей потребности города Душанбе или 28% тех зданий, которые подсоединены к районной сети централизованной системе отопления. По некоторым источникам 650 многоэтажных строений Душанбе подсоединены к центральному отоплению, из них 450 считаются жилым фондом. По данным последних пресс-релизов<sup>5</sup>, в течение зимнего сезона 2010-2011 года обеспечить центральным отоплением планировалось 715 городских зданий, однако, на самом деле, только 264 из них реально получают тепло.

Длительное фактическое отсутствие центрального отопления и обслуживания его инфраструктуры в городе привело к ее полному коллапсу на уровне зданий. В отчетах говорится, что жильцы многих зданий просто сняли «ненужные» радиаторы из своих квартир. А так как вся система центрального отопления выстроена по последовательному линейному принципу организации сети<sup>6</sup>, целые кварталы и микрорайоны остались отрезанными от центрального отопления. Этот факт в некотором роде может объяснить,

---

<sup>3</sup> Абдурахманов А. (2009 г.) “Энергообеспечение и энергоэффективность в Душанбе”. Материалы конференции “Экологическая безопасность и энергоэффективность в административных зданиях г. Душанбе”. 15-16 декабря 2009 г.; “Концепция развития энергетики Душанбе до 2015 г.”.

<sup>4</sup> “Концепция развития энергетики Душанбе до 2015 г.”

<sup>5</sup> “Местная исполнительная власть Душанбе ужесточает систему контроля и учета электропотребления в городе”, Бюллетень ЦА от 17/01/2011, см. на сайте <http://www1.ca-news.org/news/581341>

<sup>6</sup> Единый стояк идет вертикально снизу вверх вдоль всего здания, поэтому когда любой элемент этой цепи прерван, циркуляция горячей воды в трубах не прекращается.

почему реальное число зданий, подсоединенных к системе, ниже запланированного<sup>7</sup>. Так как в большей части города центрального отопления нет совсем, это может стать серьезным барьером для восстановления государством системы центрального отопления.

## **Институциональная основа и существующие нормы**

### **Энергетический сектор**

Министерство энергетики и промышленности Республики Таджикистан является уполномоченным государственным органом, ответственным за развитие и реализацию государственной политики и законодательства в топливном и энергетическом секторе. Государственный холдинг “Барки Точик”, формально подотчетный министерству, контролирует производство, передачу и распределение электричества. Он также уполномочен регулировать производство, передачу и распределение тепловой энергии, и таким образом, руководит работой всех теплоцентралей и крупных бойлерных станций в стране.

“Барки Точик” имеет несколько подразделений и аффилированных компаний, которые обеспечивают работу сектора и исполняют ряд функций. Передача и распределение электроэнергии в городе осуществляется государственным АО “Электросети Душанбе”. “Энергосбыт” ответственен за продажу электричества населению и коммерческому сектору по установленным тарифам, а также общий учет потребления энергии в городе и пригороде.

Являясь основной компанией, регулирующей производство и потребление энергии на административном уровне, “Барки Точик” разрабатывает тарифную политику в стране. 1 апреля 2012 года правительство Таджикистана в очередной раз повысило стоимость электроэнергии почти, что на 22 процента<sup>8</sup> и на текущий момент составила 11 дирам за 1 кВтч для населения. В таблице 4 представлены текущие тарифы на электроэнергию для различных категорий потребителей. Следует отметить, что по предварительным расчетам Азиатского Банка Развития (АБР) для мягкой реабилитации и модернизации гидроэнергетического сектора (основной производитель электроэнергии в стране) тарифы должны быть повышены до 20 дирамов (4.5 цент. США) за кВтч.

**Таблица 4. Тарифы на электроэнергию**

<b>Категория потребителя</b>	<b>Диравов за кВтч</b>	<b>Центов США за кВтч*</b>
Промышленность и бизнес	26.63	5.59
Таджикский алюминиевый завод (Talco)	8.2	1.72
Ирригация и транспорт	1.88	0.39
Госорганы и ЖКХ	10.63	2.23
Жители (вкл. НДС)	11.0	2.31

\* Обменный курс Национального Банка РТ (на 25 октября 2012): 1 долл. США = 4.76 сомони.

Источник: Министерство экономического развития и торговли Таджикистана

<sup>7</sup> “Экономия энергии подразумевает ответственность” статья Едгорова Н. в “Трибуна.тj” от 20 октября 2010 г. См. на сайте <http://www.tribun.tj/news.php?n=8182&a=1>

<sup>8</sup> Повышение тарифов на энергоносители также является одним из условий международных финансовых и донорских организаций для продолжения инвестирования развития энергетического сектора Таджикистана.

В 2002 году правительство Таджикистана приняло Закон «Об экономии электроэнергии», в котором энергоэффективность признается национальным приоритетом. Однако до сих пор реализация закона тормозится из-за отсутствия специальных национальных программ государственного уровня, в которых были бы изложены конкретные цели и меры в отношении улучшения энергоэффективности в стране. Указ Президента «О дополнительных мерах по рациональному использованию и экономии энергии», принятый в 2009 г, должен был заложить основу для разработки детального плана действий<sup>9</sup> в целях решения вопросов энергетической эффективности, в т.ч. разработки Государственной программы экономии энергии на период 2010-2015 гг. Тем не менее, на декабрь 2010 г., программа еще не существовала. Правительство Таджикистана приняло программу поддержки развития возобновляемой энергии в Таджикистане на 2007 – 2015 годы. Однако и эта программа по большому счету, носит декларативный характер.

В 2009 г. городской хукумат представил «Концепцию развития энергетики в Душанбе до 2015 года», разработанную в сотрудничестве с министерством энергетики, «Барки Точик», «ТаджикТрансГаз», Академия наук и Таджикский технический университет. В Концепции, которая детально анализируется в следующих разделах данного отчета, представлены основные вопросы системы энергетики города и определены меры по восстановлению инфраструктуры, увеличению энергоснабжения и совершенствованию соответствующих структур ЖКХ. Ожидалось, что на базе этой Концепции в 2010 году будет разработана и принята официальная государственная программа развития энергетического сектора Душанбе, но до сих пор никаких подвижек в этом направлении сделано не было.

Следует подчеркнуть, что офис ПРООН в Таджикистане оказал помощь правительству в подготовке Главного плана энергетической эффективности для Таджикистана. Этот план должен был установить национальные и отраслевые цели по совершенствованию энергоэффективности и определить основные инструменты достижения этих целей, а также меры и мероприятия на период до 2020 года.

### **Сектор жилищно-коммунального хозяйства**

Органом, управляющим жилым сектором города, является муниципалитет, *или хукумат*, города Душанбе, который имеет несколько департаментов городского и районного уровня, ответственных за ведение ЖКХ.

Как и во всех советских странах, все жилые здания в Таджикистане в советское время были государственными (или муниципальными). Обслуживание домов входило в обязанность так называемых ЖЭКов при органах местной исполнительной власти. После принятия в 1995 году закона «О приватизации жилищного фонда» почти все квартиры были приватизированы теми, кто в них проживал. Закон также предусматривал передачу обязанностей по содержанию и обслуживанию мест общего пользования в жилых домах<sup>10</sup> владельцам квартир. Однако, по старой памяти, до сих пор места общего пользования в домах населением не рассматриваются как личная собственность. Как результат, эти места долгое время оставались без, какого-то бы ни было, обслуживания. Это привело в сильной

---

<sup>9</sup> Хотя, стоит отметить, что Указом уже определены более или менее детальные задачи и план мероприятий для популяризации энергосберегающих лампочек, на что в последнее время большое внимание обращает правительство.

<sup>10</sup> Услуги ЖКХ во всех местах общего пользования, в т.ч. электричество и отопление в подъездах, подвалах, на крышах и т.д.

деградации состояния мест общего пользования и всего здания в целом, что отчасти можно объяснить сложностью переходного периода и гражданской войной 90х годов. Некоторые эксперты также указывают на несовершенство регулирующей базы, ввиду того что законом не четко разграничены обязанности владельцев квартир и муниципалитета.

В 2009 году для решения этой проблемы правительство приняло закон “О содержании многоквартирных домов и товариществах собственников жилья в Таджикистане”. В данном законе более четко было прописано, что содержание зданий и мест общего пользования в них является обязанностью собственников жилья. Закон также определил необходимую юридическую базу для построения механизма управления жилым фондом. Таким образом, обслуживание здания может осуществляться:

- Самими жильцами, без образования юридического лица;
- Через регистрацию товариществ собственников жилья, при участии не менее 2/3 владельцев квартир;
- Через делегирование соответствующих полномочий специализированным предприятиям, работающим на платной основе.

Хотя закон вступил в силу в 2009 г., только небольшая часть владельцев квартир приняла решение о выборе подходящего им способа ведения жилищного хозяйства. В соответствии с данными Союза потребителей Таджикистана только 50 зданий из сотен многоэтажек Душанбе образовали товарищества собственников жилья, считающиеся наилучшей формой ведения ЖКХ. Союз заявляет о необходимости разъяснения населению соответствующих реформ для повышения активности жильцов.

### **Потребление энергии для нужд отопления в жилом секторе**

Согласно оценкам Ассоциации выпускников Таджикского технического университета основным источником энергии является электричество, которого обычно не хватает зимой. В настоящее время энергопотребление в зданиях характеризуется как крайне неэффективное, с использованием устаревших технологий и оборудования, зависимостью от ввозимого горючего топлива, а также отрицательным влиянием на окружающую среду. Ввиду того что две трети централизованной системы отопления находится в неисправном состоянии, потребление электроэнергии продолжает расти. По некоторым оценкам доля жилого фонда в общем объеме потребляемой электроэнергии города составляет более 53%<sup>11</sup>. Необходимо отметить, что хотя электричество и является основным источником отопления, некоторые жители используют иные источники, такие как уголь, дрова и прочее.

Высокая зависимость системы отопления от электричества является причиной значительных годовых перепадов в объемах энергопотребления. По официальным данным<sup>12</sup>, производство электроэнергии в Таджикистане в 2009 году достигло 1.6 млрд. кВтч, около 4.2 млрд. было экспортировано летом, тогда как зимой пришлось импортировать 4.3 млрд. кВтч, что подтверждает большие сезонные колебания в потреблении электроэнергии.

Использование электронагревательных приборов также ведет к значительному суточному колебанию объемов потребленной электроэнергии в течение зимнего сезона. В

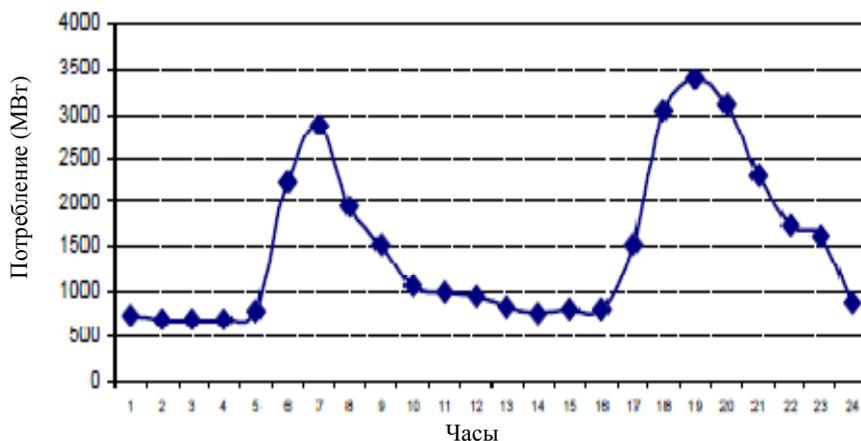
---

<sup>11</sup> “Концепция развития энергетики Душанбе до 2015 года”

<sup>12</sup> Агентство по статистике Таджикистана <http://www.stat.tj/en/macroeconomic-indicators/>

представленной ниже диаграмме показаны данные декабря 2005 года по потреблению электроэнергии в течение одних зимних суток, из диаграммы видно, что потребление электроэнергии утром и вечером, когда большинство людей находятся дома, в 4-5 раз превышает соответствующие показатели в другое время дня.

**График 1. Суточное значение потребляемой мощности в Таджикистане в зимний период (21 декабря 2005г)**



Источник: INOGATE, 2006 г.

Для оценки основных факторов влияющих на потребление электроэнергии жителями домов в зимний период, проектом был проведен мониторинг энергопотребления в 11-ти жилых зданиях города Душанбе. Кроме того, для полноты картины и выявления второстепенных факторов, был проведен опрос жильцов данных домов.

Проведенный опрос жителей показал, что в среднем в каждой квартире используется 2 электрообогревателя, мощностью порядка 2 кВт каждый. Со слов жителей использование электронагревателей в зимний период составляет около от 6 до 18 часов в сутки. При равных условиях, электропотребление выше в тех домах, где имеются дети в возрасте до 7 лет (более трети опрошенных домохозяйств) и потребление электроэнергии в зимние месяцы для отдельных квартир составляет от 1000 до 1300 кВтч. Таким образом, оплата за потребление электрической энергии одной семьи из трех человек составляет в зимний период в среднем около 100-120 сомони или порядка 1.5-2.0 сомони за 1м<sup>2</sup> площади в месяц.

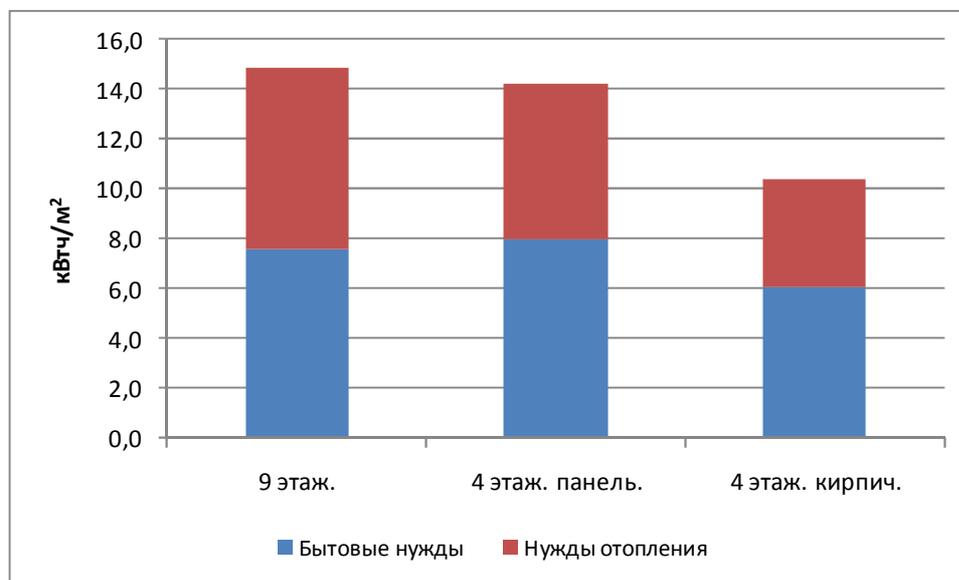
Так как жители многоквартирных домов используют электроэнергию для отопления, проект столкнулся с задачей точного определения объемов потребления электроэнергии на отопление и остальные бытовые нужды. Для преодоления проблемы отсутствия точных данных по структуре электропотребления в многоквартирном жилом фонде, был проведен анализ данных по электропотреблению и результатов энергетического обследования типовых жилых домов в городе Душанбе. Методология статистического анализа приведена в Приложении 2. Энергетическое обследование было проведено в 11 многоэтажных домах, находящихся в двух районах города, различной этажности, серии, года постройки и материала стен. Техническая информация по пилотным домам, где было проведено энергетическое обследование, приведена в Таблице 5:

Таблица 5. Техническая информация исследуемых жилых домов

Адреса домов	Этажность	Материал стен	Кол-во квартир	Общая жилая площадь, м <sup>2</sup>
Богоутдинова №7	9	Панель	72	3734.0
Н. Карабаева №120	9	Панель	72	3734.0
Н. Карабаева №112	9	Панель	72	3734.0
Фирдавси №27/2	9	Панель	72	3734.0
Фирдавси №27/3	9	Панель	72	3734.0
Гиссарская №29/3	9	Панель	72	3734.0
Дж. Расулова №57/1	4	Кирпич	54	1875.6
Борбад № 106/2	4	Кирпич	40	1674.4
С. Шерози №17	4	Кирпич	72	2236.8
Н. Махсуми №85/2	4	Панель	56	1665.6
Н. Махсуми №85/1	4	Панель	56	1665.6

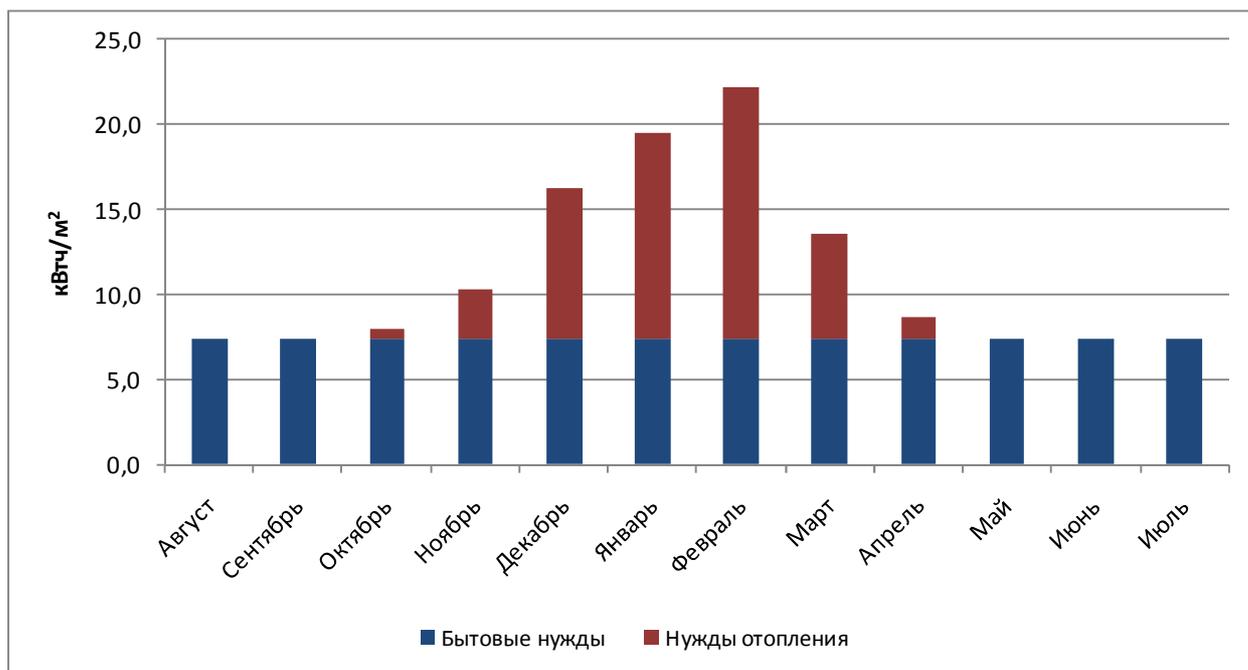
Результаты исследования позволили выявить, что наибольшее удельное электропотребление на 1 м<sup>2</sup> в отопительный период наблюдалось в 9-и этажном доме, а наименьшее в 4-х этажном кирпичном доме. Была также выявлена высокая вариация данных по 4-х этажным кирпичным домам, что связано с тем, что все три дома относятся к разным сериям жилых домов, а также отличаются годами постройки.

График 2. Удельное электропотребление в жилых многоквартирных зданиях в отопительный период в зависимости от этажности и типа дома



В совокупности в отопительный период порядка 42%-50% электропотребления приходится на нужды отопления. Однако распределение электропотребления для нужд отопления значительно отличается от месяца года. Наибольший показатель наблюдался в феврале месяце и составил порядка 70% от общего электропотребления за месяц. На графике 3 представлено помесечное распределение удельного электропотребления на бытовые нужды и нужды потребления в исследуемых пилотных домах.

**График 3. Среднее удельное электропотребление в пилотных домах по месяцам (кВтч/м<sup>2</sup>)**



Как показали исследования, текущее потребление энергии в зданиях для нужд отопления ниже требуемых показателей/нормативов, рассчитанных с учетом требования поддержания необходимой температуры во всех жилых помещениях и теплотехнических свойств конструкций зданий. Так, например, потребление энергии для отопления в обследованном 9-ти этажном панельном доме в зимний сезон соответствует уровню в 28 Вт на м<sup>2</sup>, в то время расчеты предполагают, что для поддержания температуры на уровне 20 °С во всех жилых помещениях энергопотребление должно быть на уровне 60 Вт/м<sup>2</sup>. Данная разница обусловлена несколькими причинами<sup>13</sup>:

- вследствие отсутствия централизованного отопления, жителями многоквартирных домов используются электрические отопительные приборы. Электрообогревательными приборами позволяют жильцам регулировать выработку тепла в жилых помещениях по своему усмотрению и зависимости от реальной потребности в тепле (например, жители не отапливают помещения, когда все жильцы квартиры находятся вне дома);
- даже когда все члены семьи присутствуют дома, как правило, электрообогревательными приборами отапливается не вся жилая площадь, а только 1-2 помещения, так как плата на электроэнергию занимает существенную часть расходов семей вследствие социально-экономической ситуации в стране.

Более того, удельное электропотребление на единицу жилой площади и квартиру в Душанбе значительно меньше, чем во многих странах. К примеру по сравнению с Норвегией, где для нужд отопления в значительной доли жилых домов используется электроэнергия<sup>14</sup>, удельное потребление энергии в Таджикистане на 1 м<sup>2</sup> жилой площади меньше на 21%, а электропотребление на квартиру на 65% как указано в Таблице 6. А

<sup>13</sup> Указанные причины относительно низкого энергопотребления для нужд отопления, были также подтверждены в ходе опроса жителей домов.

<sup>14</sup> В Норвегии так же как и в Таджикистане значительная часть электроэнергии вырабатывается на гидроэлектростанциях.

данные по удельное потребление энергии на нужды отопления в 4-х этажных домах в Душанбе составляет лишь порядка 30% от потребления в Москве, а для 9-и этажных домов лишь порядка 50% (Приложение).

**Таблица 6. Сравнительная таблица удельного электропотребления в Душанбе и Норвегии**

Параметр	Душанбе (в обследованных домах)	Норвегия*
Годовое удельное потребление электроэнергии на 1 м <sup>2</sup> жилой площади	131	166
Годовое удельное потребление электроэнергии на домохозяйство/квартиру	5767	16343

\* За 2009 год Statistics Norway. <http://www.ssb.no>

При этом интересен тот факт, что жилые дома в г. Душанбе имеют неудовлетворительные теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, что влечет за собой повышение тепловых потерь и в теории должен наблюдаться более высокий расход электроэнергии на нужды отопления. В частности, коэффициенты теплопередачи (U value) стен и крыш значительно отличаются от показателей в европейских странах (Приложение 2). К примеру, коэффициент теплопередачи стен типовых домов в г. Душанбе более чем почти в 8 раз выше, чем в г. Осло в 5 раз выше, чем в г. Москве, почти в 2 раза выше, чем в г. Белграде. Несмотря на это, как указано выше, потребление электроэнергии в зданиях для нужд отопления сравнительно ниже.

Данные результаты, позволяют сделать вывод, что при росте реальных доходов населения, и соответственно уменьшения относительной стоимости электроэнергии, потребление электроэнергии в домах, где отсутствует централизованное отопление, будет возрастать, так как в данное время населению приходится экономить в ущерб своему комфорту.

### **Имеющиеся возможности и перспективы для обеспечения городского отопления в Таджикистане теплоэнергией**

Подбор оптимальной энергоэффективной модели отопления городских жилых зданий в Таджикистане зависит от множества технических и экономических факторов. Одной из первейших, фундаментальных задач при выборе правильного типа отопления является задача определения планируемого к использованию энергоносителя. В этом отношении может быть полезно обсуждение доступных долгосрочных и краткосрочных источников энергии для жилого сектора.

Как уже говорилось выше, электричество является основным источником энергии в Таджикистане, более 95% электроэнергии вырабатывается ГЭС. В то же время страна использует лишь 5% потенциала своих гидроэнергетических ресурсов и планирует увеличить производство гидроэнергии путем реализации нескольких больших и малых гидро-проектов.

Тем не менее, обеспеченность страны подтвержденными запасами топлива не имеет столь большого значения. Например, запасы **нефти и газа**, представляют только 3% от общего объема энергетических ресурсов страны (Кабутов и др., 2005 г.), а их извлекаемость ограничена довольно-таки глубоким их залеганием (на глубине 6000м). Промышленные

запасы угля оцениваются в 1 млрд. тонн, но полноценная эксплуатация этих месторождений и увеличение добычи угля в стране ограничивается отсутствием необходимой инфраструктуры и удаленностью самих месторождений, которые находятся в труднодоступных регионах страны (Бузуруков, 2004 г.).

Перспективы покрыть потребности страны в тепловой энергии на среднесрочный период за счет импорта топлива также проблематичны из-за проблем экономики и геополитики, которые не рассматриваются в данном отчете. Довольно высокие цены на ввозимый природный газ и отсутствие требуемой инфраструктуры для транспортировки угля, а также возможности организовать запасы этих видов топлива затрудняют их постоянное использование в производстве тепловой энергии, центрального или же автономного типа. Стоит отметить, что по сравнению с уровнем 1991 г. потребление природного газа, считающегося самым удобным видом топлива для обеспечения центрального отопления<sup>15</sup>, упало в десять раз.

**Таблица 7. Потребление топлива в Таджикистане за 1991-2010 гг. (в % к 1991 г.)**

Год	1991	1995	2000	2005	2009	2010
Бензин	100	5	2	2	2	2.5
Керосин	100	9	6	15	2	2
Дизель	100	31	21	20	16	16
Природный газ	100	33	19	16	5	1.2
Сжиженный газ	100	2	2	0.3	0.7	5.9
Уголь	100	2	0.1	1	6	6.7

Источник: Агентство статистики Таджикистана ([http://www.stat.tj/ru/library/table\\_12.xls](http://www.stat.tj/ru/library/table_12.xls))

В данных обстоятельствах, любые дальнейшие мероприятия по развитию энергетического сектора в будущем, скорее всего, будут строиться в основном с упором на электроэнергию. По мнению некоторых специалистов (Бузуруков, 2004 г., ПРООН, 2007 г.) гидроэнергетика является единственной реальной возможностью для покрытия дефицита энергии в целях развития всей системы в стране. Принимая во внимание все вышесказанное, можно сделать вывод, что не сегодняшний день электричество является единственным доступным источником энергии для отопления городских районов Таджикистана по причине отсутствия других альтернатив. Планы правительства Таджикистана по развитию гидроэнергетики и наращивания объемов выработки электроэнергии, позволяют сделать предположение, что электроэнергия, возможно, останется основным ресурсом для нужд отопления и на долгосрочный период.

Открытым стоит вопрос о выборе наиболее приемлемой формы отопления в многоквартирном жилом секторе на долгосрочную перспективу. Рассматривая различные варианты организации системы отопления “в бедных странах Восточной Европы и Центральной Азии” Lampietti J. и Meyer A. (2003 г.), можно сделать вывод, что содержание системы центрального отопления слишком дорого для покрытия всех расходов и получения ее окупаемости. Подчеркивая высокие эксплуатационные и текущие расходы на поддержание работы систему центрального отопления в городе, “Концепция развития энергетики в Душанбе до 2015 года” планирует сохранить центральное отопление на уровне районов города и ввести автономное отопление в районах, где центральное отопление отсутствует.

<sup>15</sup> “Концепция развития энергетики Душанбе до 2015 года” и Lampietti J. и Meyer A. (2003 г.)

Признавая необходимость решения проблем отопления многоквартирного жилого фонда и улучшения социально бытовых условий населения, необходимо в тоже время отметить, что развитие и расширения централизованного отопления предположительно приведет к увеличению потребления энергоресурсов. Это связано с тем, что текущее энергопотребление для нужд отопления ниже нормативных показателей, так как жители отапливают только меньшую площадь своих квартир и в основном только когда сами присутствуют дома.

## **Возможные пути снижения энергопотребления для отопления и горячего водоснабжения**

Энергосбережение в зданиях является совокупностью архитектурных и инженерных решений, которые наилучшим образом отвечают целям уменьшения расхода энергии на обеспечение комфортного микроклимата в помещении и бытовых условий. В рамках проекта было рассмотрено несколько возможных технических решений позволяющих снизить энергопотребление зданий в зимний период и обеспечение горячей водой.

Результаты ряда исследований (Martinot 1997, Legro et al. 2005, UNEP/EEA 2007) указывают, что страны постсоветского лагеря могут значительно сократить потребление энергии в зданиях, применяя меры с использованием сравнительно несложных технологий. Наиболее приемлемыми мерами являются введение и применение более жестких норм для строящихся зданий, капитальный ремонт неэффективных зданий, и пересмотр тарифов для стимулирования более экономного отношения к потреблению энергии.

Задача определения возможных технических решений для повышения энергоэффективности в многоквартирных жилых зданиях в Таджикистане, однако, сталкивается с несколькими ограничениями. Эти ограничения обуславливаются обстоятельствами, описанными выше, и в частности имеют отношение к отсутствию централизованного отопления и крайне ненормированным потреблением электроэнергии для нужд отопления.

Отсутствие централизованного (и автономного) отопления в большинстве зданий, автоматически делает нерелевантными технические мероприятия применимые для оптимизации и устранения соответствующих потерь при подаче и распределении теплоэнергии по зданию. Соответственно, технические предложения в этом плане должны рассматриваться и внедряться в том случае если правительство и муниципальные органы примут решения по расширению системы центрального отопления или строительству автономных котельных. По этой причине, возможные мероприятия по повышению энергоэффективности в многоэтажных жилых зданиях в Таджикистане в настоящее время в основном связаны со снижением тепловых потерь.

Мировая практика указывает, что утепление ограждающих конструкций здания помогает достичь существенного энергосбережения. В холодный период года происходят потери тепла в окружающую среду из-за разницы внутренней и наружной температур. Теплопотери обуславливаются теплотехническими характеристиками ограждающих конструкций, окон и дверей, а также состоянием межпанельных швов и стыков.

Согласно Генеральному плану эффективного использования энергии для Таджикистана (Bukarica et al., 2011), утепление зданий, а так же требования по энергоэффективности для систем отопления, вентиляции и кондиционирования в зданиях приведет к сокращению потребления энергии на 27 тысяч тонн нефтяного эквивалента (т.н.э) к 2020 году. Расчеты ЭСКАТО ООН и Ассоциации выпускников ТТУ-ПИ (UNECLAC/UNESCAP, 2011) показывают, что только утепление конструкций здания уменьшит потребление электроэнергии с 2300 кВтч до 1610 кВтч на человека в год, то есть сокращение энергопотребления составит 30%.

По капиталоемкости, перспективные мероприятия по повышению энергоэффективности в зданиях посредством снижения тепловых потерь можно разделить на три категории:

- низкозатратные - теплоизоляция окон и оконных рам и дверей недорогим и доступным материалом, установка отражающих щитков на окнах, утепление подвалов с внутренней стороны, утепление чердачных люков и т.п.;
- среднезатратные – установка современных окон, обеспечение автоматического закрывания дверей в подъездах и герметизация панельных швов;
- высокозатратные – теплоизоляция ограждающих конструкций здания.

Касательно комплексной теплозащиты зданий существует два вида технических решений: увеличение толщины стен путем применения традиционных материалов (кирпич, легкобетонные панели), и, утепление зданий с применением современных теплоизоляционных систем, что является более распространенным и экономически выгодным. В настоящее время используются четыре вида систем утепления наружных стен:

- Системы с оштукатуриванием фасадов, которое предусматривает закрепление утеплителя с последующим оштукатуриванием;
- Системы с защитно-декоративным экраном, в которых за счет вентиляции достигается повышение общего термического сопротивления стены;
- Системы утепления с облицовкой кирпичом;
- Комбинированные системы.

В рамках проекта, был проведен анализ энергосберегающего потенциала энергосберегающих мер для жилищного фонда города Душанбе на основе расчетов экспертов и мировой практики. Однако расчеты по стандартной методологии для зданий с централизованным отоплением, не могут быть использованы для зданий, где жители отапливаются электропечками и где потребление электроэнергии для нужд отопления крайне варьируется от квартиры к квартире и не следует каким либо установленным нормам и стандартам. Поэтому расчеты, приведенные в Таблице 8., даны только как ориентир устанавливающий (с учетом низкого энергопотребления в данное время), возможный максимальные значения по потенциалу который может

**Таблица 8. Потенциал сокращения потребления энергии некоторых мероприятий по энергосбережению в жилых многоквартирных зданиях с централизованным отоплением**

Меры	Потенциал энергосбережения в доме <b>с централизованным отоплением</b>
Замена окон, теплоизоляция дверей и мест общего пользования	5-10%
Теплоизоляция ограждающих конструкций здания	30-50% в зависимости от утеплителя и характеристик по тепловому сопротивлению здания

Необходимо отметить, что результаты анализа текущего энергопотребления в жилых домах, приведенного в предыдущей главе, свидетельствуют о большой вероятности, что любые мероприятия по повышению энергоэффективности в зданиях в контексте существенно низкого энергопотребления для нужд отопления могут привести к так называемому «обратному эффекту». "Обратный эффект" ("rebound effect") термин используемый для описания феномена когда снижение удельных затрат на энергию (в нашем случае для нужд отопления), достигнутое в результате повышения энергоэффективности, введет к увеличению потребления услуг где эта энергия

используется, что в конечном итоге уменьшает общий эффект мероприятий по энергосбережению или даже возвращает объемы потребления энергии на прежний уровень.

Касательно технических мероприятий по снижению энергопотребления для горячего водоснабжения, наиболее приемлемой технологией в этом плане в Таджикистане является использование гелиоколлекторных систем. Согласно исследованиям Doukas et al. (2012), установка гелиоколлекторов для горячего водоснабжения является наиболее перспективным среди технологий ВИЭ в Таджикистане, с точки зрения технологии и стоимости, наличия местных производителей, а также принимая во внимание климатические условия в стране. В частности количество солнечных дней в году в стране составляет 280-330 дней и интенсивность солнечной радиации составляет 280-925 МДж/м<sup>2</sup> в предгорных районах и 360-1120 МДж/м<sup>2</sup> в горных районах. Общий потенциал солнечной энергии в Таджикистане составляет 25 млрд. кВтч/год. Демонстрационные проекты по использованию гелиоколлекторов для горячего водоснабжения были произведены на социально значимых объектах Душанбе и Курган-Тюбе с целью привлечения внимания к технологии общественности и бизнес структур. В таблице 2.2 приведены демонстрационные объекты по использованию гелиоколлекторов для горячего водоснабжения (ГВС).

**Таблица 9. Демонстрационные проекты по использованию гелиоколлекторов для ГВС в Таджикистане**

<b>Объект</b>	<b>Город</b>	<b>Объем бойлера, литров</b>
Зеленый базар	Душанбе	85
Медицинский центр	Душанбе	170
Базар Султони Кабир	Душанбе	85
Центральный базар	Курган-Тюбе	85
Центральная мечеть	Курган-Тюбе	340
Школа № 11	Курган-Тюбе	85
Областная клиническая больница	Курган-Тюбе	170

Источник: Doukas et al. (2012)

К примеру, для обеспечения горячим водоснабжением 4-х этажного многоквартирного дома с численностью жителей 119, при оценочной потребности в 50 литров/день в летний период, необходимо установить гелиоколлекторы с площадью в 50 м<sup>2</sup>. Расчеты ежемесячного горячего водоснабжения на основе данных NASA по солнечной инсоляции для города Душанбе указывают, что максимальное ежемесячное производство горячей воды придется на июль месяц и составит 201700 или 55 литров на человека, а минимальное в декабре и составит 34201 литр или порядка 9 литров на человека. На рисунке 2.1 представлено расчетное горячее водоснабжение гелиоколлекторами в течение года.

График 4. Динамика ежемесячного производства горячего водоснабжения гелиоколлекторами



Необходимо отметить, что в зимние месяцы гелиоколлекторы могут обеспечить только 20% от суточной нормы горячего водоснабжения и, следовательно, необходимо будет использовать традиционные способы для выработки горячей воды в осенне-зимний период. Тем не менее, согласно расчетам, потенциал энергосбережения от применения гелиоколлекторов для горячего водоснабжения составит порядка 64000 кВтч в год на жилой дом.

## Осуществленные пилотные проекты

### Утепление внешних ограждающих конструкций и общедомовой площади 4-х этажного многоквартирного жилого дома

Пилотный проект в рамках программы USAID «Продвижение энергоэффективности в жилых зданиях города Душанбе» был реализован по адресу ул. Н. Махсуми № 85/2. Дом находится в густо застроенном районе Сино в западной части Душанбе. Технико-экономические показатели пилотного дома указаны в Таблице 10.

Таблица 10. Технико-экономические показатели жилого дома по ул. Н. Махсуми №85/2

Показатели	Ед. измерения	Количество
Площадь застройки	м <sup>2</sup>	935.8
Год сдачи в эксплуатацию		1976
Этажность	этаж	4
Численность жителей		119
Тип	секций	6
Конструктивное решение		Крупнопанельное
Количество однокомнатных квартир	кв	8
Количество двухкомнатных квартир	кв	24
Количество трехкомнатных квартир	кв	24
Площадь наружных стен	м <sup>2</sup>	4892.8
стен	м <sup>2</sup>	1990.8
покрытия	м <sup>2</sup>	1100
окон	м <sup>2</sup>	702
подвальные перекрытия	м <sup>2</sup>	1100
Площадь глухих участков наружных стен	м <sup>2</sup>	1240
Площадь всех квартир	м <sup>2</sup>	2453.6
Жилая площадь квартир	м <sup>2</sup>	1665.6

Централизованное отопление, снабжение горячей водой и газоснабжение дома отсутствуют. Электронагревательные приборы различных модификаций используются для отопления жилых помещений и снабжения горячей водой.

Расчетная удельная потребность в тепловой энергии на отопление здания за отопительный период составляет порядка 148 кВтч/м<sup>2</sup>. Однако, реальное потребление электроэнергии на нужды отопления в 3 раза меньше и составляет 50-55 кВтч/м<sup>2</sup>, то есть 50% всего электропотребления в отопительный период. Помимо недостаточного потребления энергии, теплотехнические характеристики дома находятся в неудовлетворительном состоянии. К примеру, значение U value<sup>16</sup> наружных стен составляет 1.49 Вт/м<sup>2</sup>°C при нормируемом показателе 0.65 Вт/м<sup>2</sup>°C. Следовательно, теплоизоляция ограждающих конструкций должна привести к сокращению потребления электроэнергии для нужд отопления в отопительный период и созданию комфортных жилищно-бытовых условий, что будет свидетельствовать об эффективном использовании электроэнергии.

С целью определения участков, где происходят наибольшие тепловые потери, были произведены тепловизионные обследования. Обследование пилотного дома выявило

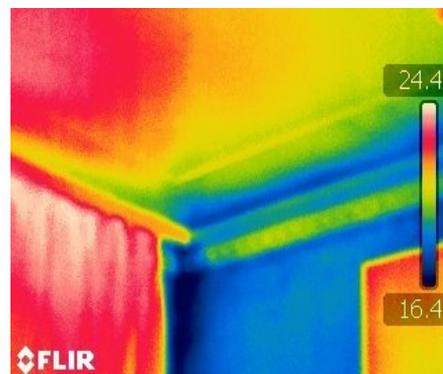
<sup>16</sup> U value – коэффициент теплопередачи материала

теплопотери в местах стыков (по шву стен), мостики холода в наружных стенах дома, а также в местах стыков наружных блоков.

**Рисунок 1. Мостики холода в наружных стенах дома**



**Рисунок 2. Внутренняя стена квартиры**



Помимо теплопотерь, переувлажнение в подвальной части здания привело к образованию плесени даже во внешней части фундамента здания, а также образование мха с фасадной (северной) стороны. В связи с этим в наиболее неблагоприятных условиях находятся жилые помещения первых этажей, где помимо плохо изолированного подвала негативное влияние оказывает необустроенность тамбуров и входных дверей. Эти факты свидетельствуют о неблагоприятной экологической ситуации, которая требует проведение ремонтных работ по утеплению здания и мер по предотвращению проникновения влаги в пазухи фундамента.

Меры по повышению энергоэффективности в жилом доме по адресу ул. Н. Махсуми № 85/2:

- Утепление глухих участков наружных стен и покрытие пространства над подвалом современными теплоизоляционными материалами;
- Установка окон лестничных клеток и новых входных дверей в доме.

Проведение работ по теплоизоляции наружной части дома позволило добиться следующих результатов:

- Теплоэнергетические и теплотехнические показатели были доведены до уровня нормативных требований по тепловой защите зданий;
- Повышение средней температуры воздуха в помещении до уровней близких к комфортным (21-22 °С);
- Увеличение полезной площади квартир дома на 630 м<sup>2</sup> за счет утепления веранд и лоджий;
- Улучшение показателя сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций наружных стен в 2.5 раза;
- Улучшение показателя сопротивления ограждающих конструкций над неотапливаемым подвалом в 3 раза.

## Мониторинг электропотребления

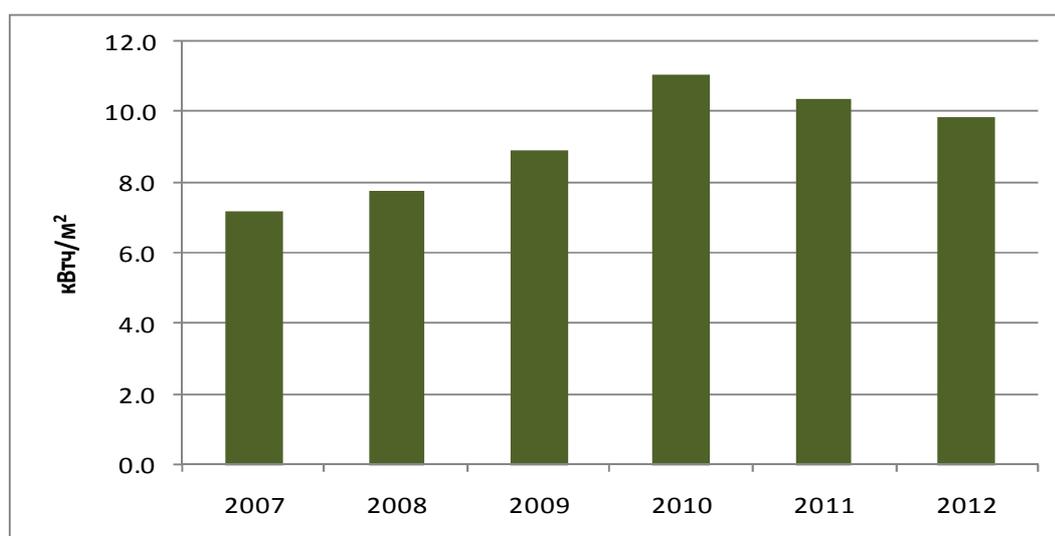
После проведения работ по теплоизоляции на объекте был произведен анализ эффективности проведенных работ. Во-первых, был произведен опрос жителей на предмет потребления электроэнергии и состояния системы отопления в отопительный сезон до и после проведенных работ. Во-вторых, был произведен анализ экономии энергии после проведенных работ. Наконец, был произведен регрессионный анализ электропотребления и температуры воздуха снаружи. Данные по электропотреблению были предоставлены ОАО «Шабакаҳои барқи шаҳри Душанбе»; данные по температуре воздуха снаружи предоставлены Государственным учреждением по гидрометеорологии Республики Таджикистан.

В целом, результаты опроса показали, что 90% жителей дома удовлетворены мероприятиями по теплоизоляции и отметили улучшение жилищных условий. Кроме того, было установлено снижение времени использования обогревателей в зимние месяцы.

В сравнении с аналогичным домом без теплоизоляции по адресу ул. Н. Махсуми №85/1 потребление электроэнергии сократилось в среднем на 33%. Электропотребление дома с теплоизоляцией в зимний период составило максимум 22 Вт/м<sup>2</sup>, а в доме без теплоизоляции этот показатель составил 33 Вт/м<sup>2</sup>.

Среднее ежемесячное потребление электроэнергии в отопительный период (октябрь-апрель) по дому увеличивается в среднем в 2.2 раза по сравнению с летним периодом (май-сентябрь). 16% рост среднего ежемесячного потребления электроэнергии в летние периоды наблюдался с 2007 по 2010 годы включительно. В 2011 году потребление электроэнергии незначительно снизилось. После проведенных работ по теплоизоляции наружных стен наблюдалось дальнейшее снижение ежемесячного потребления электроэнергии в летний период 2012 года. На Графике 5. указана динамика удельного ежемесячного потребления электроэнергии в неотапливаемый период на единицу жилой площади.

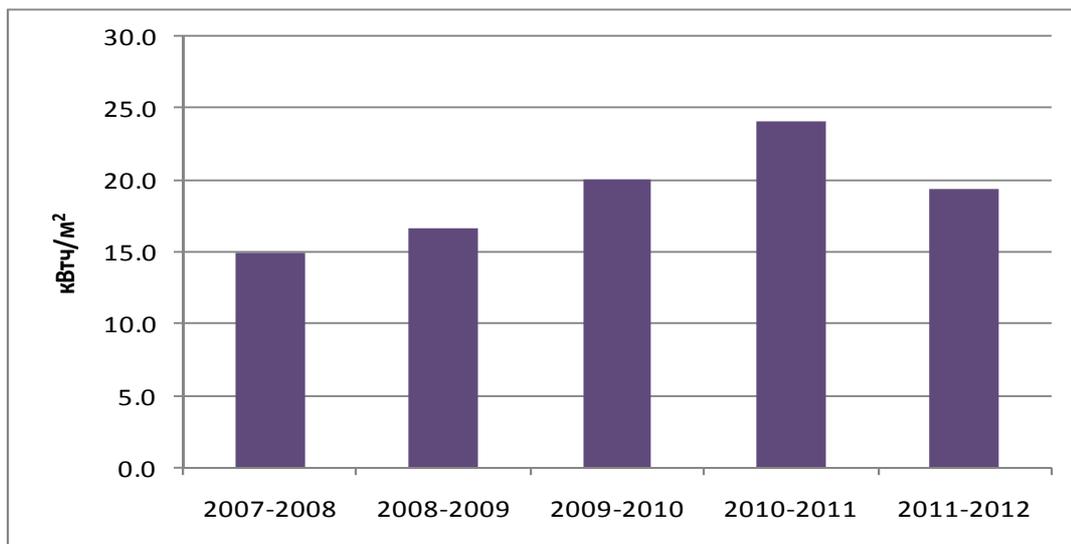
**График 5. Ежемесячное потребление электроэнергии в неотапливаемый период в пилотном жилом здании**



В отопительные сезоны наблюдался ежегодный 17% рост потребления электроэнергии, что косвенно свидетельствует о росте количества электронагревательных приборов в целом по дому, а также о бесперебойной подаче электроэнергии. Таким образом, теплоизоляция наружных стен позволила сократить среднее ежемесячное потребление

электроэнергии на 19%. На Графике 6. указана динамика ежемесячного потребления электроэнергии за отопительные периоды с 2008 по 2012 г.

**График 6. Среднее ежемесячное потребление электроэнергии за отопительный период в пилотном здании**



В целом анализ электропотребления, приведенный выше, не учитывает такой важный фактор, влияющий на динамику электропотребления в отопительный период как температуру воздуха снаружи. На основе данных по электропотреблению и температуры воздуха снаружи был проведен регрессионный анализ двух переменных в период с осени по весну. Выбор данного периода обусловлен тем фактом, что в эти месяцы понижение температуры воздуха приводит к повышению потребления электроэнергии. Следовательно, в эти периоды рост потребления электроэнергии в основном происходит из-за применения электрических отопительных приборов.

Результаты регрессионного анализа указывают, что сокращение потребления электроэнергии по сравнению с прогнозным потреблением составило 52342 кВтч (5.2 кВтч/м<sup>2</sup>) за период с декабря 2011го по май 2012го. Наибольшего сокращения потребления электроэнергии было достигнуто в зимние месяцы. Максимальное сокращение потребления электроэнергии составило 21855 кВтч в январе 2012, на 40% меньше прогнозного потребления электроэнергии. Ежемесячное сокращение потребления электроэнергии составило:

- Декабрь 2011 – 13752 кВтч;
- Январь 2012 – 21855 кВтч;
- Февраль 2012 – 11355 кВтч;
- Март 2012 – 344 кВтч;
- Апрель 2012 – 2757 кВтч;
- Май 2012 – 2300 кВтч.

В среднем с декабря 2011 по февраль 2012 сокращение электропотребления составило порядка 30%. Тогда как данный показатель за период с марта 2012 по май 2012 составил порядка 10%.

Более детально с результатами регрессионного анализа можно ознакомиться в Приложении 3.

#### **Установка автономной системы отопления и гелиоколлекторов в школе-интернате №4.**

В рамках проекта была произведена замена старой системы отопления, установка автономной системы отопления и установка гелиоколлекторов для горячего водоснабжения в школе-интернате №4 города Душанбе. Объект расположен в 104 микрорайоне, района Сино города Душанбе и состоит из двух двухэтажных каркасно-панельных зданий первоначально предназначенных для детских садов и ясель микрорайона. В одном из корпусов расположен учебный блок, в другом спальня. Центральное отопление и горячее водоснабжение отсутствует. Отопление помещений производилось с помощью неэффективных электронагревательных приборов и печи на угле мощностью 24 кВт, при этом для интерната установлены лимиты по потреблению электроэнергии в зимний период. В среднем за отопительный сезон потреблялось 12 м<sup>3</sup> дров и 5 тонн угля при отапливаемой площади в 910 м<sup>2</sup>.

**Таблица 11. Лимит электропотребления для школы-интерната в отопительный период**

<b>Месяцы</b>	<b>Ноябрь</b>	<b>Декабрь</b>	<b>Январь</b>	<b>Февраль</b>
<b>Установленный лимит в кВтч</b>	47000	57200	57200	40000

В рамках проекта были установлены по 2 электрических котла (основной и резервный) мощностью 60 кВт каждая, марки Daline PTE-60 в спальном и учебных корпусах здания. Общее число котлов – 4, общая мощность – 240 кВт. Кроме этого, была полностью заменена внутренняя проводка труб системы отопления, с заменой и установкой новых радиаторов. Со стороны городской администрации города Душанбе были проведены работы по теплоизоляции здания: был проведен капитальный ремонт помещений и кровли, а старые деревянные окна были заменены на пластиковые.

Термостаты, установленные на котлах, позволили администрации контролировать выработку и подачу тепла и соответственно устанавливать необходимый температурный режим, в зависимости от изменений внешней температуры воздуха. Персонал школы-интерната самостоятельно выработал практику регулировки температуры воды в котле, позволяющую значительно сократить электропотребление. Суть данной практики заключается в том, что температура воды в котле в учебном корпусе повышается днем, когда ученики находятся в корпусе и сокращается, когда учащиеся покидают здание вечером. В тоже время, температура котла в спальном корпусе уменьшается днем, когда ученики на занятиях и увеличивается вечером, когда учащиеся возвращаются с занятий. Новая внутренняя проводка труб системы отопления и радиаторы с вентилями, также позволили регулировать температуру по помещениям, в частности отключать от отопления помещения которые не используются.

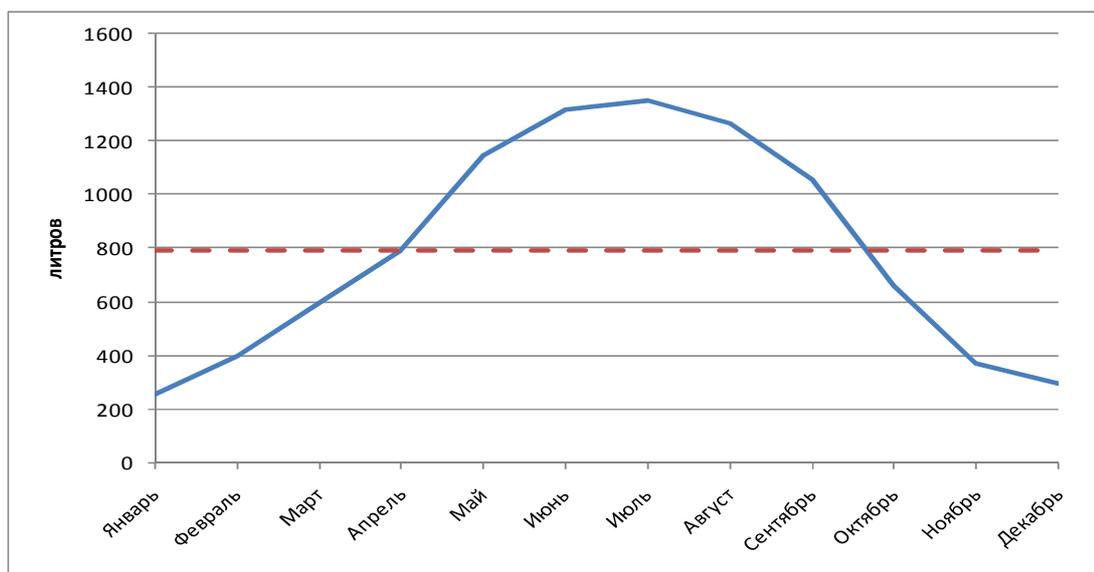
Согласно данным предоставленным администрацией школы-интерната, после автономной системы отопления необходимость в использовании дров и угля в отопительный сезон отпала. Дирекция школы уведомила в письме, что в связи с технической неисправностью счетчика электроэнергии, учет потребления электроэнергии в заведении не производился. Следовательно, анализ сокращения потребления электроэнергии был произведен на основе данных по лимиту электропотребления для здания, данных счетчика электроэнергии, который был установлен после модернизации на единицу отапливаемой площади. Необходимо отметить что в результате модернизации отопительной системы, отапливаемая площадь школы-интерната увеличилась с 910 м<sup>2</sup> до 1720 м<sup>2</sup>. Согласно расчетам, среднее потребление электроэнергии на основе лимита потребления электроэнергии составил 56.7 кВтч/м<sup>2</sup>, а среднее фактическое потребление

электроэнергии с 15 ноября 2011 года по 15 марта 2012 года составило 20.1 кВтч/м<sup>2</sup>. Другими словами, фактическое электропотребление в школе-интернате после модернизации системы отопления, более чем на 50% ниже установленных лимитов.

Опрос администрации и учащихся школы-интерната, проведенный по завершению отопительного сезона 2011-2012г, свидетельствует о положительном эффекте проведенных работ. В частности бенефициары отметили значительное положительное изменение температуры внутри помещений и отсутствие температурных колебаний в течение суток в зимнее время после модернизации системы отопления.

На основе данных солнечной инсоляции для города Душанбе, был произведен расчет среднего ежедневного производства горячей воды гелиоколлекторами по месяцам года. Максимальный объем горячей воды в день, произведенной гелиоколлекторами, составил 1350 литров и приходится на июль месяц, а минимальное в декабре и составляет порядка 230 литров. Среднегодовой показатель производства горячей воды гелиоустановкой составляет 788 литров в день. На рисунке 8. приводится график производства горячей воды в день гелиоустановкой в течение года.

**График 7. Суточная выработка горячей воды гелиоколлекторами в школе-интернате в течение года (оценка)**



Таким образом, согласно проведенным оценкам (Приложение 4), оценочное сокращение потребления электроэнергии на нужды горячего водоснабжения в связи с использованием гелиоколлекторов составило порядка 13000-14000 кВтч/год.

## Обобщение результатов проведенных исследований, основные выводы и рекомендации

В настоящее время, электроэнергия является основным ресурсом для потребностей населения городского многоквартирного жилого фонда в отоплении, из-за отсутствия централизованного теплообеспечения и снабжения природным газом в большинстве зданий. Неопределенные перспективы для наращивания импорта природного газа, потребления угля для расширения централизованного отопления, а также планы правительства Таджикистана по увеличению объемов выработки гидроэлектроэнергии, позволяют сделать вывод, что электроэнергия останется основным ресурсом для нужд отопления городского населения по крайней мере на среднесрочный период.

По причине отсутствия централизованного отопления в большинстве зданий, в распоряжении заинтересованных лиц остается на текущее время ограниченный перечень возможных мероприятий для продвижения энергоэффективности в зданиях, которые в основном состоят из мероприятий по утеплению и устранению тепловых потерь. Тем не менее, необходимо отметить, что восстановление централизованной системы теплообеспечения, которое, несомненно, потребует также реконструкцию внутридомовой инфраструктуры отопления в зданиях, даст возможность для продвижения и одновременной интеграции мероприятий по внедрения тепловых пунктов, оптимизации внутридомовой подачи и потреблению тепловой энергии.

Результаты проведенных исследований показывают, что потребление энергии в целом и на нужды отопления в частности в многоэтажных домах г. Душанбе значительно меньше, чем во многих странах, хотя за последние годы прослеживается тенденцию к росту. Более того, потребление энергии в частности существенно ниже расчетной потребности в тепловой энергии на отопления зданий. Вместе с этим, тепловая защита домов в г. Душанбе характеризуется как очень низкая, и теплоизоляция ограждающих конструкций обладает значительным потенциалом энергосбережения. Следовательно, достижение комфортных условий в квартирах многоэтажных жилых домов потребует более значительного потребления электроэнергии, которое в данный момент сдерживается в основном экономическими причинами.

Проведенная в рамках проекта оценка показала, что утепление зданий может существенно снизить потребление жителями электроэнергии на нужды отопления и таким образом снизить их ежемесячные счета за электроэнергию. Однако, проведенные финансовые расчеты указывают, что мероприятия по комплексному утеплению зданий в настоящее время не могут быть финансово привлекательными по причине относительно низких тарифов на электроэнергию. Другими словами, на уровне мероприятий по обширной санации отдельного здания, экономия электроэнергии в денежном выражении, рассчитанная по текущим тарифам, не позволяет покрыть капитальные вложения в утепление фасада зданий и общедомовой собственности, по крайней мере во временном интервале в 50 лет.

Проведенные исследования показывают, что на настоящее время существует ограниченный выбор технических решений по утеплению, которые в основном сводятся к недорогим и несложным в техническом плане мероприятиям. В отношении комплексной термомодернизации зданий, оценки предполагают, что большая часть капитальных вложений должна финансироваться за счет самих жильцов. С одной стороны готовность населения платить за проведенную термомодернизацию, которая не несет им прямых финансовых выгод от сниженных счетов за электроэнергию, выглядит на первый взгляд сомнительной. Но с другой стороны, существует несколько причин, по которым жители

многоквартирных домов все, же могут быть заинтересованы в проведении комплексной модернизации своего дома:

- улучшение жилищных условий (например, жители пилотного дома отметили, что стало проще поддерживать в комнатах комфортную температуру);
- в результате комплексной модернизации зданий, происходит увеличение полезной площади квартир за счет утепления веранд и лоджий (на 640 м<sup>2</sup> в пилотном здании);
- повышается рыночная стоимость квартир в утепленном здании, отчасти вследствие причин указанных выше. По некоторым оценкам, разница в рыночной стоимости жилья до и после термомодернизации превышает необходимые вложения в утепление собственниками жилья.

Более того, при экономической оценке предлагаемых мероприятий для жилого многоквартирного фонда в Таджикистане, комплексное утепление зданий приносит больше выгод, чем может учесть финансовый анализ. В частности, для оценки возможного эффекта от мероприятий по термомодернизации зданий на макро-уровне необходимо учитывать реальную себестоимость электроэнергии. Как было отмечено ранее, текущие тарифы на электроэнергию не покрывают себестоимость ее производства, транспортировки и распределения, которая по некоторым данным (АБР) составляет от 2.7 центов США за кВтч в летний сезон и 4.5 центов/кВтч в зимний период. При использовании реальной стоимости электроэнергии (4.5 центов/кВтч), срок окупаемости мероприятий по термомодернизации зданий, без учета дисконтирования, сокращается до 25-28 лет. Уменьшение стоимости работ по утеплению приведет к сокращению срока окупаемости соответственно.

Вместе с этим, на макро-уровне комплексное утепление зданий также несет выгоды, которые не связаны напрямую с энергосбережением, которые должны быть также учтены при оценке предлагаемых мероприятий для жилого многоквартирного фонда в Таджикистане. Эти косвенные выгоды в основном заключаются в:

- создании рабочих мест: например при принятии долгосрочной программы по санации жилого многоквартирного фонда в г. Душанбе можно ожидать создание не менее 1000 условно-постоянных рабочих мест. При широкой санации зданий с установкой солнечно-водонагревательных систем для ГВС, количество рабочих мест увеличивается до 2700 мест.
- наращивании технического и кадрового потенциала: существенным образом улучшается кадровый потенциал в проектировании, установке и эксплуатации этих систем.
- предотвращение роста аварийных ситуаций в энергообеспечении города и отдельных кварталов, связанных с перегрузкой электросетей в зимнее время.

**Таблица 12. Период окупаемости инвестиций в комплексное утепление здания**

Варианты	Удельное потребление энергии для отопления (в кВт*ч)	Необходимые удельные капитальные вложения	Потенциал энергосбережения от комплексного утепления здания, в %	Ежегодный удельный потенциал энергосбережения в денежном выражении (долл. США на м <sup>2</sup> )		Период окупаемости без учета дисконтирования	
				2.3 центов. США/кВт*ч (текущий тариф для населения)	4.5 центов. США/кВт*ч (тариф обеспечивающий устойчивое развитие энергетического сектора)	оценка по тарифу для населения	оценка по реальной себестоимости электроэнергии
А.) Среднее фактическое потребление энергии в жилых зданиях для нужд отопления	40-50 кВт*ч	20 долл. США на м <sup>2</sup> внешних ограждений здания	~ 30%	0.31	0.61	➤ 50 лет	25-30 лет
Б.) В случае, когда энергопотребление доведено до минимально требуемого уровня позволяющего создать комфортные условия проживания	100 кВт*ч	20 долл. США на м <sup>2</sup> внешних ограждений здания	~ 50%	1.15	2.25	15-18 лет	8-10 лет

**Таблица 13. Период окупаемости использования солнечных коллекторов для ГВС**

	Удельные капиталовложения на домохозяйство со средней численностью	Потенциал энергосбережения в кВт*час в год	Ежегодный потенциал энергосбережения в денежном выражении (долл.США)		Период окупаемости без учета дисконтирования	
			Оценка по 2.3 центов. США/кВт*ч (текущий тариф для населения)	Оценка по 4.5 центов. США/кВт*ч (тариф обеспечивающий устойчивое развитие энергетического сектора)	оценка по тарифу для населения	оценка по реальной себестоимости электроэнергии
Установка геликоллекторов для горячего водоснабжения	400	1000-1200	24-26	48-50	14-16 лет	6-8 лет

Помимо низких тарифов, на окупаемость мероприятий по энергоэффективности влияет сравнительно низкий уровень электропотребления для отопления, выявленный в рамках проекта, что оказывает также негативное влияние на социально бытовые условия. Можно уверенно полагать, что улучшение социально-экономической ситуации приведет к росту потребления энергоресурсов в стране, включая электроэнергию. Программа улучшения энергоэффективности зданий, с одной стороны позволила бы снизить темпы роста потребления электроэнергии в многоэтажном жилом секторе. Но с другой стороны, как это было отмечено ранее, сдерживаемое на низком уровне потребление энергии для нужд отопления создает предпосылки для «обратного эффекта» если мероприятия по продвижению энергоэффективности не будут сопровождаться увеличением тарифов.

Осуществленные пилотные проекты показали, что несмотря на то, что текущий уровень электропотребления для отопительных нужд и горячей воды, значительно ниже уровня позволяющего создать комфортные условия проживания, мероприятия по снижению тепловых потерь в зданиях все же позволяют добиться определенного снижения энергопотребления. Однако, сравнительно низкие тарифы на энергию в данное время не позволяют подобным мероприятиям быть коммерчески привлекательными если рассматривать их с позиции финансовых институтов (инвесторов). Тем не менее, мероприятия по повышению энергоэффективности в зданиях имеют параллельные позитивные стороны, такие как создание рабочих мест, снижение роста аварийных ситуаций и др., которые должны быть включены в анализ затрат-выгод. Более того, необходимо отметить, что текущие тарифы не отражают реальной себестоимости производства, передачи и распределения электроэнергии.

В целом, принимая во внимание, что текущие объемы потребления и генерации (в зимний период времени) электроэнергии не позволяют обеспечить в полной мере комфортные температурные условия проживания для жителей, можно с определенной долей уверенности полагать, что со временем электропотребление жилым сектором будет только возрастать. Вследствие этого, мероприятия по энергоэффективности нужно также рассматривать и оценивать в контексте тенденции к увеличению энергопотребления зданиями и соответствующе увеличивающегося потенциала экономии энергии. Увеличение спроса на энергию городским жилым сектором, будет также подстегнуто строительством нового многоквартирного жилья, а также поставленными целями по увеличению жилой площади в расчете на одного человека. Согласно проведенным оценкам, только в результате введения новой жилой площади потребление энергетических ресурсов данным сектором может удвоиться к 2030г. Вследствие этого, крайне необходимо обеспечить соответствие вновь вводимых зданий высоким теплотехническим требованиям, посредством ужесточения норм по тепловой защите зданий.

Распространение энергоэффективных мер взаимосвязано с тарифной политикой, поэтому – мероприятия по энергоэффективности не будут иметь устойчивость, если они не будут сопровождаться повышением тарифов. Авторы признают, однако что рост тарифов в тоже время должен соответствовать росту реальных доходов населения, так как, несмотря на сравнительно низкий уровень тарифов, расходы на электроэнергию составляют существенную часть семейных доходов.

## Библиография

- ADB (2006): "Tajikistan: Power Rehabilitation Phase II, TA Consultant Report; Project Number: 34515": Prepared by Hydro Electric Corporation
- Абдурахманов А. (2009 г.) "Энергообеспечение и энергоэффективность в Душанбе". Материалы конференции "Экологическая безопасность и энергоэффективность в административных зданиях г. Душанбе". 15-16 декабря 2009 г.
- Bukarica V., Morvarj Z. and Robic S. (2011) "Energy Efficiency Master Plan for Tajikistan – Energy Efficiency for Economic Development and Poverty Reduction". UNDP Tajikistan, Dushanbe.
- Бузуруков Д. (2004 г.) "Основные проблемы и перспективы управления окружающей средой в Таджикистане." См. на сайте <http://www.adb.org/Documents/Reports/Consultant/TAJ/36532-01-AOTA-CR/app2.pdf>
- Doukas H., Marinakis V., Karakosta C. and Psarras J. (2012) "Promoting renewables in the energy sector of Tajikistan". *Renewable Energy* (2012), pp. 411-418.
- Energy Charter (2010) In-depth Review of the Investment Climate and Market Structure in the Energy Sector of Tajikistan. Energy Charter Secretariat.
- INOGATE (2006) Tajikistan energy sector review. См. на сайте [http://www.inogate.org/attachments/article/46/Inogate\\_AR\\_2009\\_ru\\_PRINT%20russian.pdf](http://www.inogate.org/attachments/article/46/Inogate_AR_2009_ru_PRINT%20russian.pdf)
- Кабутов К., Абдурасулов А. и Ахмедов К., 2005 г. *Энергоносители Таджикистана: роль и возможности*. Таджикистан и современный мир, выпуск 5(9)
- Lampietti J. and Meyer A. (2003) "Coping with the cold: Heating strategies for Eastern Europe and Central Asia's urban poor." World Bank technical paper.
- Legro S., Ballard G. and Jensen L. (2005) "Heating in Transition". UNDP-GEF publication
- Малявина Е.Г. (2007) "Теплопотери здания". Справочное пособие, Москва. "АВОК ПРЕСС"
- Martinot E. (1997) "Investments for improving energy efficiency in existing residential buildings in post-soviet countries". World Bank publication.
- UNEP/EEA (2007) Sustainable consumption and production in South East Europe and Eastern Europe, Caucasus and Central Asia: Buildings. EEA Report No 3/2007
- UNDP (2007) Small hydropower development strategy for Tajikistan. См. на сайте [http://www.undp.tj/files/reports/Strategy\\_Small\\_Hydro\\_eng.pdf](http://www.undp.tj/files/reports/Strategy_Small_Hydro_eng.pdf)
- NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center. См. на сайте <http://earthdata.nasa.gov/data/data-centers/larc-asdc>
- Якубов Н. (2009 г.) "Принципы архитектурного решения и строительства для повышения энергоэффективности жилого сектора в Душанбе". Материалы конференции "Экологическая безопасность и энергоэффективность в административных зданиях г. Душанбе". 15-16 декабря 2009 г.
- Данные Агентства по статистике Таджикистана (<http://www.stat.tj/>). По состоянию на декабрь 2010 г. - Январь 2011 г.
- "Концепция развития энергетического сектора Таджикистана на период 2003-2015 гг."
- "Концепция развития энергетики Душанбе до 2015 года"
- "Местная исполнительная власть Душанбе ужесточает систему контроля и учета электропотребления в городе", Бюллетень ЦА от 17/01/2011, см. на сайте <http://www1.ca-news.org/news/581341>
- "Экономия энергии подразумевает ответственность" статья Едгорова Н. в "Трибуна.тj" от 20 октября 2010 г. См. на сайте <http://www.tribun.tj/news.php?n=8182&a=1>
- Указ Президента РТ "О дополнительных мерах по рациональному использованию и экономии энергии", принятый в 2009 г.
- Игнатович И.О., Былинская С.А., Москвичева И.А., 2011 г. *Энергоэффективные технологии: несколько идей для КСК*. Пособие в рамках SPARE.

## Приложение 1. Методология для определения объема потребления электроэнергии для нужд отопления в многоквартирных зданиях

Электропотребление в период с мая по сентябрь включительно приходится в основном на бытовые нужды, тогда как в зимний период кроме бытовых нужд, часть электроэнергии тратится для отопления помещений. На основе годового электропотребления и динамике температуры воздуха снаружи было предположено, что рост электропотребления в период с октября по апрель включительно, где среднемесячная температура воздуха снаружи ниже пороговых 14-18 °С, приходится на нужды отопления. Следовательно, для определения объема электроэнергии затраченной жителями для отопления своих квартир, была использована следующая методология:

1) Определение среднего ежемесячного потребления электроэнергии в неотапительный период.

$$E_a = \overline{E_s} \quad (1.1)$$

где  $E_s$  – электропотребление в неотапительный сезон;

s - неотапительные месяцы.

Данный показатель используется как среднее ежемесячное потребление электроэнергии на бытовые нужды в течение всего года.

2) Вычисляется потребление электроэнергии для бытовых нужд в отопительный сезон.

$$E_b = E_a * w \quad (1.2)$$

где w - отопительные месяцы.

3) На конечном этапе определяется потребление электроэнергии для нужд отопления в отопительный сезон.

$$E_h = E_w - E_b \quad (1.3)$$

где  $E_w$  – Общее электропотребление в отопительный сезон.

Примечание: данный метод не может дать точных данных по определению электропотреблению для нужд отопления в силу отсутствия детализированных статистических данных по мощности бытовых приборов, их фактическое работы в зимний период, количественному составу домовладений, и т.д.

## Приложение 2. Сравнение удельного энергопотребления и коэффициента теплопередачи зданий

Сравнительная таблица расхода энергии (кВтч/м<sup>2</sup>) на нужды отопления в отопительный период по видам жилых домов

Тип зданий	Душанбе	Москва*
4-5 этажное жилое здание	35.5	120
9 этажное жилое здание	50.6	105

\* Малявина Е.Г. (2007)

Сравнительная таблица коэффициентов теплопередачи (U value, Вт/м<sup>2</sup>°C) в европейских городах и г. Душанбе

Город (Страна)	Стена	Крыша
Душанбе (Таджикистан)	1.43-1.67	0.83-4.55
Москва (Россия)	0.30-0.31	0.13-0.50
Брюссель (Бельгия)	0.60	0.40
София (Болгария)	0.50	0.30
Вильнюс (Литва)	0.20-0.50	0.16-0.40
Бухарест (Румыния)	0.70-0.83	0.33-0.50
Осло (Норвегия)	0.18-0.22	0.13-0.18
Валенсия (Испания)	0.82	0.45
Белград (Сербия)	0.90	0.65

Источники: European Insulation Manufacturers Association (2011), Малявина Е.Г. (2007)

### Приложение 3. Результаты регрессионного анализа зависимости электропотребления от температуры воздуха снаружи в отопительный период

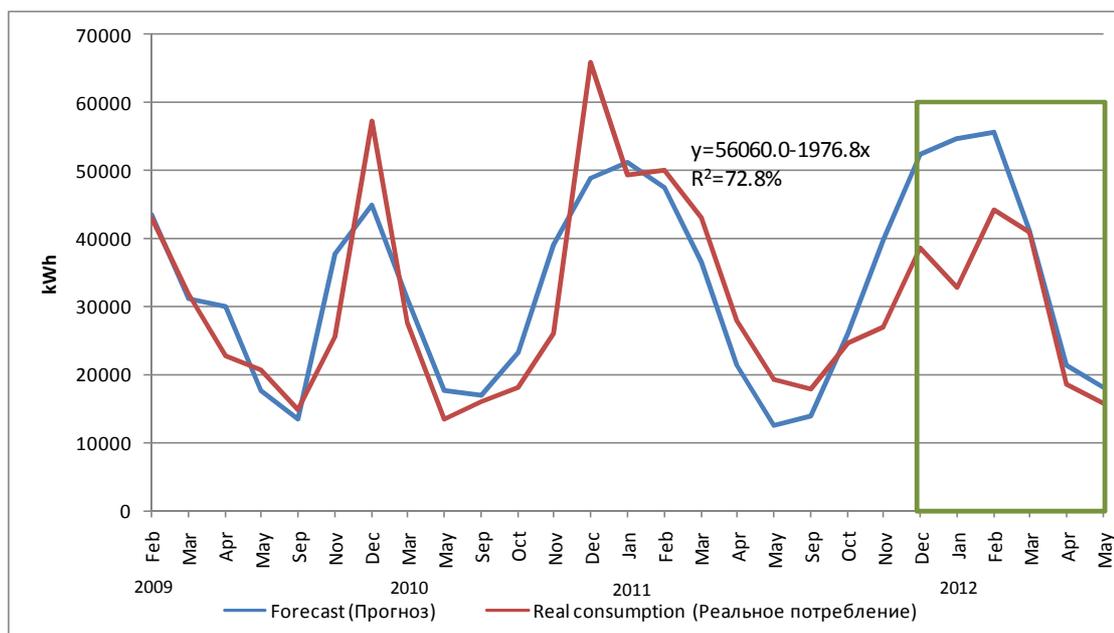
Основным фактором, влияющим на изменения в электропотреблении жилыми зданиями в зимние месяцы, является изменения в температуре воздуха снаружи, а также размер и состав семьи. Взаимозависимость объема электропотребления и внешней температуры нелинейная, и при более низких температурах потребление электричества возрастает в более значительной степени. В среднем, 1% снижения среднемесячной температуры от того порога когда отопление еще не требуется (14-18 °С) приводит к росту электропотребления на 1.85%. Результаты анализа приведены ниже:

$$y = 56060 - 1976.8x$$

(t-stat) (14.13) (-7.14)  
n=21, R<sup>2</sup>=0.728, уровень значимости теста 1%.

где n – число наблюдений, y – электропотребление (кВтч) и x - температура воздуха снаружи

**График 8. Прогнозное потребление электроэнергии в пилотном здании в базовый периоды и фактическое электропотребление после утепления**



В случае с неотопительным периодом расчеты показали, что взаимосвязь между внешней температурой и электропотреблением становится обратной, но статистически незначительной. Следовательно, можно утверждать, что ежегодный рост потребления электроэнергии в неотопительный сезон связан с ростом количества бытовых приборов, в частности кондиционеров, а также за счет более надежного электроснабжения.

**Приложение 4. Расчетная оценка сокращения электропотребления за счет использования гелиоколлекторов для горячего водоснабжения**

Месяц	Солнечная инсоляция, кВтч/м <sup>2</sup> /день*	Объем горячей воды, тыс. литров**	Замещаемое электропотребление, кВтч**
Январь	1.74	7.93	370
Февраль	2.38	11.20	520
Март	3.17	18.59	870
Апрель	4.19	23.77	1110
Май	5.46	35.57	1660
Июнь	6.28	39.59	1840
Июль	6.44	41.95	1950
Август	6.04	39.35	1830
Сентябрь	5.03	31.71	1480
Октябрь	3.49	20.46	950
Ноябрь	2.21	11.15	520
Декабрь	1.56	7.11	330
<b>Итого</b>		<b>288.39</b>	<b>13430</b>

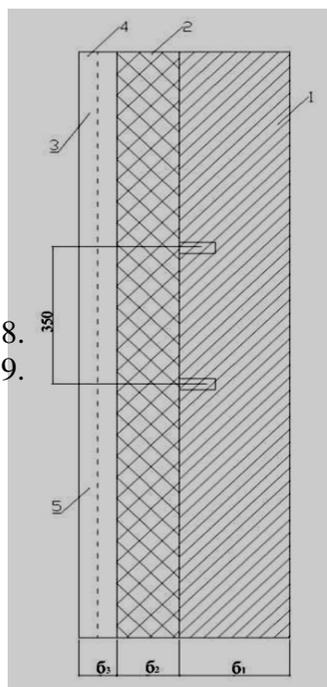
\* The NASA Langley Research Center Atmospheric Science Data Center.

\*\* Из расчета нагрева воды с 20 °С до 60 °С.

**Приложение 5. Техническая и сметная информация по основным мероприятиям для повышения теплового сопротивления ограждающих конструкций, установке автономной системы отопления и использованию солнечной энергии в зданиях.**

**1. Схема утепления ограждающих конструкций здания**

**1.1. Утепление внешних стен по методу «мокрый фасад»:**



1. Наружная стена –  $b_1=300$  (300) ММ
2. Утеплитель – полистирол -  $b_2=40$  м,
3. плотность – 20- 40 т/м<sup>3</sup>
4. Пластмассовая штукатурная сетка
5. Штукатурка цементно-песчаного раствора  $b_3$
6. Дюбель
7. Широкая пластмассовая шайба

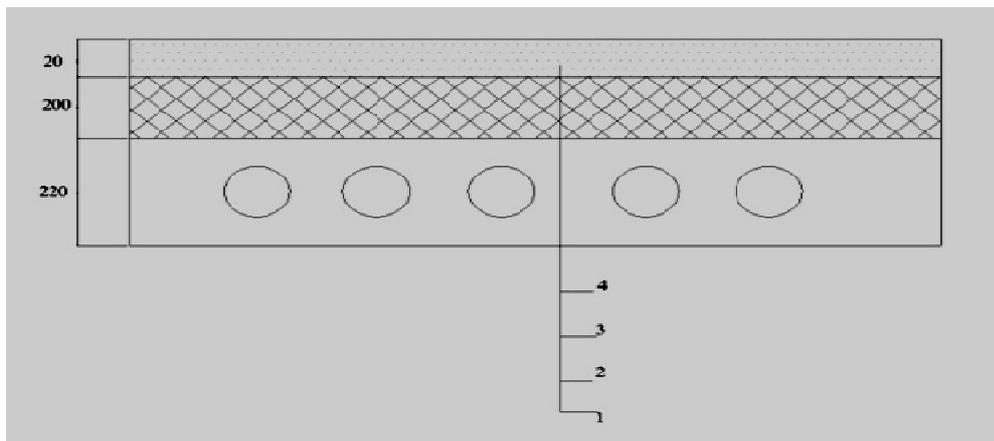
Расход материалов на 1 м<sup>2</sup> поверхности:

- Утеплитель – плиты пенополистирол –  $b = 40$  мм
- $\rho = 15-40$  кг/м<sup>3</sup> - 1.3 м<sup>2</sup> (с учетом утепление оконных откосов).
- Пластмассовая сетка – 1.3 м<sup>2</sup> (с учетом утепление оконных откосов).
- Дюбели – 20 штук – шаг 350 мм
- Цементно – песочный раствор -  $b_3=20$  мм – 0.025 м

Состав работ:

- Ремонт штукатурки местами
- Расшивка швов и трещин с заделкой раствором.
- Очистка утепленных поверхностей от грязи.
- Временное укрытие заполнения оконных проёмов
- Крепление утепляющего слоя (по захватной ширине 4-6 м) с люлек
- Крепление пластмассовой сетки.
- Нанесение штукатурного слоя
- Нанесение отделочного слоя

## 1.2. Утепление покрытий (чердачные перекрытия многоквартирных кирпичных жилых домов)



1. Опорная железобетонная плита перекрытия
2. Пароизоляция – горячая битумная мастика
3. Утеплитель – керамзитовый гравий  $\rho = 400-600 \text{ кг/м}^3$  – б – 200 мм –  $0.22 \text{ м}^3$
4. Цементно – песочная стяжка б – 20 мм

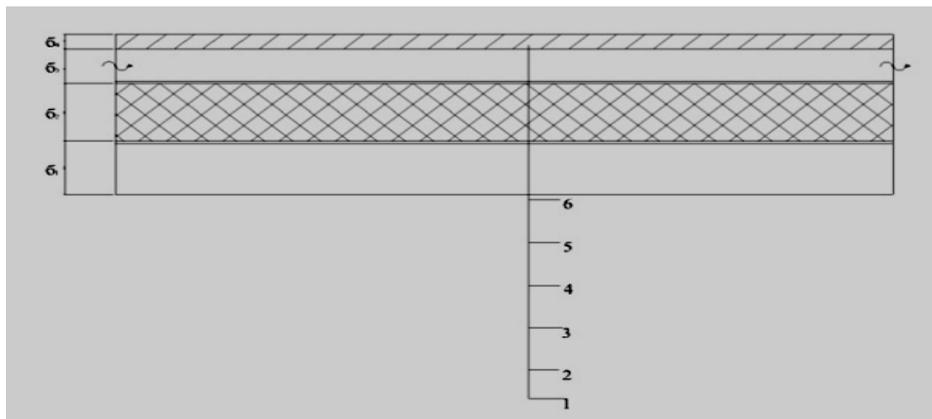
Расход материалов на  $1 \text{ м}^2$  поверхности покрытия:

- Битумная мастика
- Утеплитель – керамзитовый гравий  $\rho = 400-600 \text{ кг/м}^3$ , б = 200 мм –  $0.22 \text{ м}^3$
- Цементно-песочный раствор - б = 200 мм –  $0.22 \text{ м}^3$

Состав работ при полной замене утеплителя:

- Удаление существующего утепляющего слоя
- Очистка поверхности перекрытия
- Нанесение пара изолирующего слоя из горячей битумной мастики
- Укладка утепляющего слоя – керамзитовый гравий б = 200 мм;  $\rho = 400 - 600 \text{ кг/м}^3$
- Устройство цементно-песочный стяжки б = 20 мм

### 1.3. Утепление покрытий 9 этажных жилых домов



1. Железобетонная панель перекрытия  $b = 160$  мм
2. Пароизоляция – слой горячей битумной мастики
3. Утеплитель – керамзитовый гравий  $b_2 = 200$  мм –  $\rho = 400$  кг/м<sup>3</sup>
4. Стяжка цементно – песчаным раствором  $b = 20$  мм
5. Вентилируемая воздушная прослойка (Микрочердак) – 600 мм
6. Кровельная железобетонная плита

Расход материалов на 1 м<sup>2</sup> покрытия:

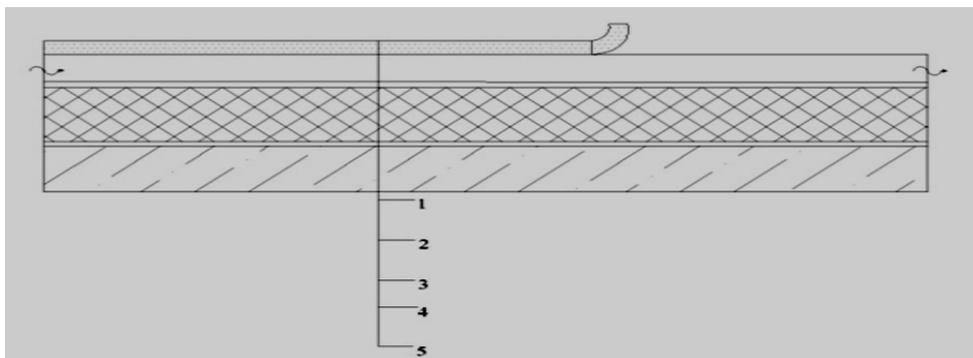
- Битумная мастика
- Утеплитель – керамзитовый гравий.  $b = 200$  мм,  $\rho = 400$  кг/м<sup>3</sup> – 0.22 м<sup>3</sup>
- Цементно – песчаный раствор – 0.022 м<sup>3</sup>

Состав работ:

- Очистка поверхности покрытия
- Нанесение переизбирающего слоя
- Укладка утеплителя
- Устройства цементно-песчаной стяжки

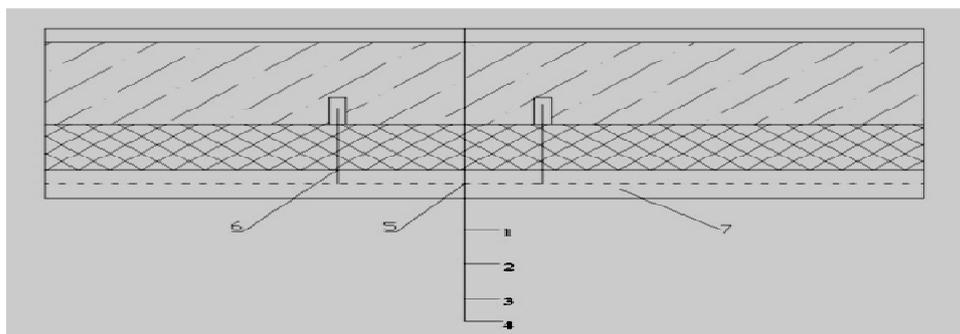
## 1.4. Утепление подвальных перекрытий

Вариант 1 – Утепление на уровне пола первого этажа:



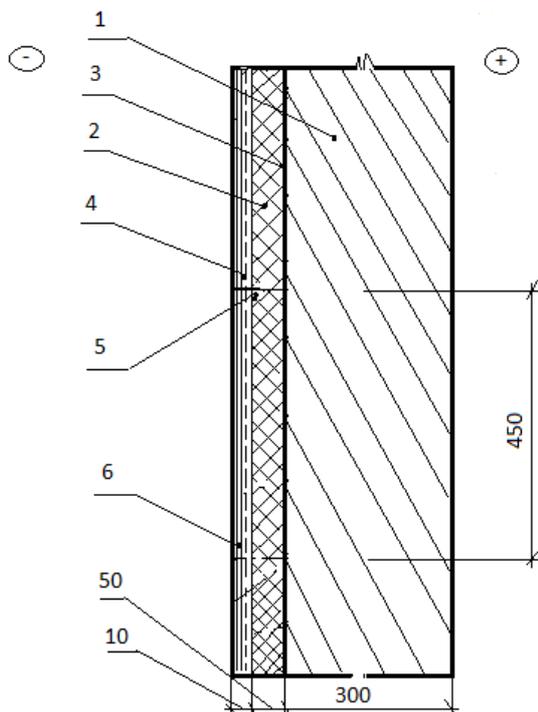
1. Линолеум поливинхлоридный на теплоизолирующей основе (ГОСТ 18108)
2. Пароизоляция – полиэтиленовая пленка
3. Теплоизоляция – плиты минераловатные повышенной жесткости синтетическом связующем
4. Железобетонная плита перекрытия

Вариант 2 - Утепление на уровне потолка подвала:



1. Конструкция пола 1 этажа
2. Железобетонная плита перекрытия
3. Утеплитель – пенополистерол  $\rho = 40 \text{ кг/м}^3$  (ГОСТ 15588)  $b = 40\text{мм}$
4. Штукатурный слой – цементно-песочный раствор  $b=20\text{мм}$
5. Пластмассовая штукатурная сект
6. Дюбель (шаг – 350 мм)
7. Широкая пластмассовая шайба

**1.5. Оценочная удельная смета утепления ограждающих конструкций зданий.**  
(на базе расчетов для 4-х этажного жилого дома серии ГЖ 1-464АС)



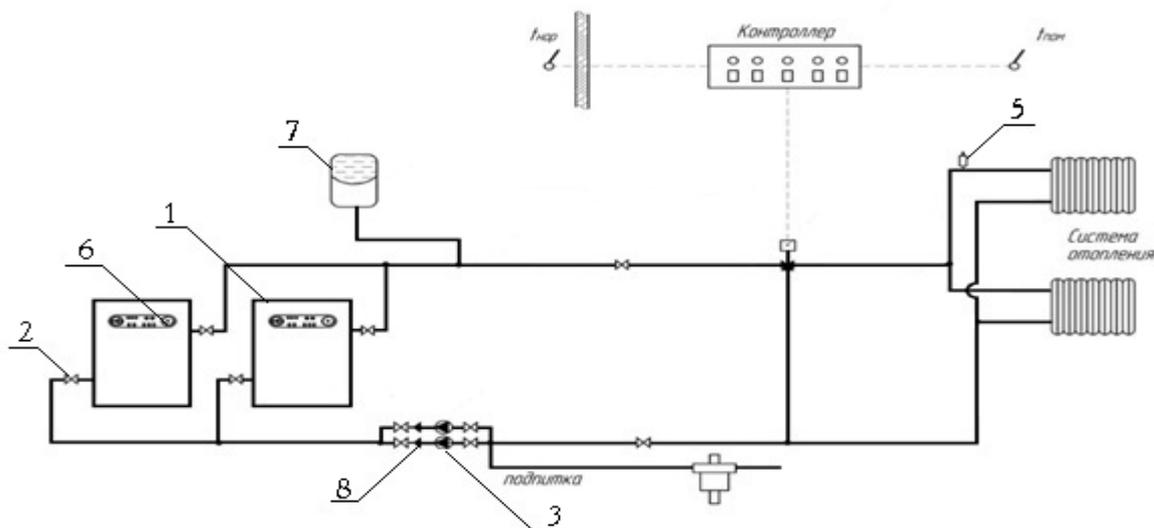
№ п.п	Наименование материала	Тип или марка	Рыночная стоимость	Количество на 1м <sup>2</sup>	Стоимость на 1м <sup>2</sup>	Страна производства
1	Наружная стена	Керамзита бетон(δ <sub>1</sub> =300мм λ <sub>1</sub> =0,60м <sup>2</sup> )				
2	Утеплитель	Пенополистирольные плиты СТ190 (толщиной 50мм; ρ=40-50кг/м <sup>3</sup> ; λ=0,04-0,05Вт/м <sup>0</sup> С)	1х2 27сомони	1м <sup>2</sup>	13.5 сомон	Таджикистан
3	Клей для пенополистерола	СТ 190	упаковка на 30кг 45 сомони	5.0кг	7.5 сомон	Казахстан
4	Сетка	Пластмасс (5х5мм)	1м <sup>2</sup> 3 сомони	1м <sup>2</sup>	3 сомон	Китай
5	Крепеж утеплителей	Пластмассовые дюбеля	упаковка 100 штук 100 сомони	5-7шт	5-7 сомон	Китай
6	3-х слойный защитно-отделочный слой	1)цементно-клеевая стяжка; 2)грунтовка шпаклевка (δ=5мм) 3)покраска водоэмульсионной		1 м <sup>2</sup>	9.0 сомон	

		краской				
Итого стоимость материалов на 1м <sup>2</sup> площади ограждающих конструкций дома					38 – 45 сомони	
Строительно - монтажные работы на 1м <sup>2</sup>					40 - 50 сомони	
Всего затрат на 1м <sup>2</sup> площади:					80 - 100 сомони	

Источник: расчеты Ассоциации выпускников ТГУ – ТПИ

## 2. Логическая схема и оценочная удельная смета установки автономной системы в здании

(на базе расчетов для 4-х этажного жилого дома серии ТЖ 1-464АС )



№ п.п	Наименование	Кол-во	Тип	Цена без НДС (сомон)
1.	Котел электрический КЭН-У-06-045 кВт (с учетом расходов на транспортировку в Таджикистан)	2 шт	Класс "Универсал"	19868
2.	Кран запорный Ø 50	8 шт		480
3.	Насос циркуляционный	2 шт	Серия LM/LP	3200
4.	Насос подпитки ХВ	1 шт	УРА 15-90	800
5.	Автоматический воздухоудалитель	1 шт		160
6.	Пульт управления электродкотла	1 шт		-
7.	Расширительная мембранная емкость	1 шт		250
8.	Обратный клапан Ø 50	2 шт		90
9.	Труба металлопластиковая Ø 32	30 м		450
10.	Труба металлопластиковая Ø 50	30 м		750
11.	Электрический щит вводной	1 шт		3000

12.	Кабель ввода(одна нитка длиной 100 метров)	метр		15000
13.	Оплата за установленную мощность			2700
14.	Другие затраты связанные с отоплением (без учета внутри домовых затрат)			3000
Итого:		~50000 сомони		
Итого на 1м <sup>2</sup> общей жилой площади (1665м <sup>2</sup> )		~30 сомони		

Источник: расчеты Ассоциации выпускников ТГУ – ТПИ

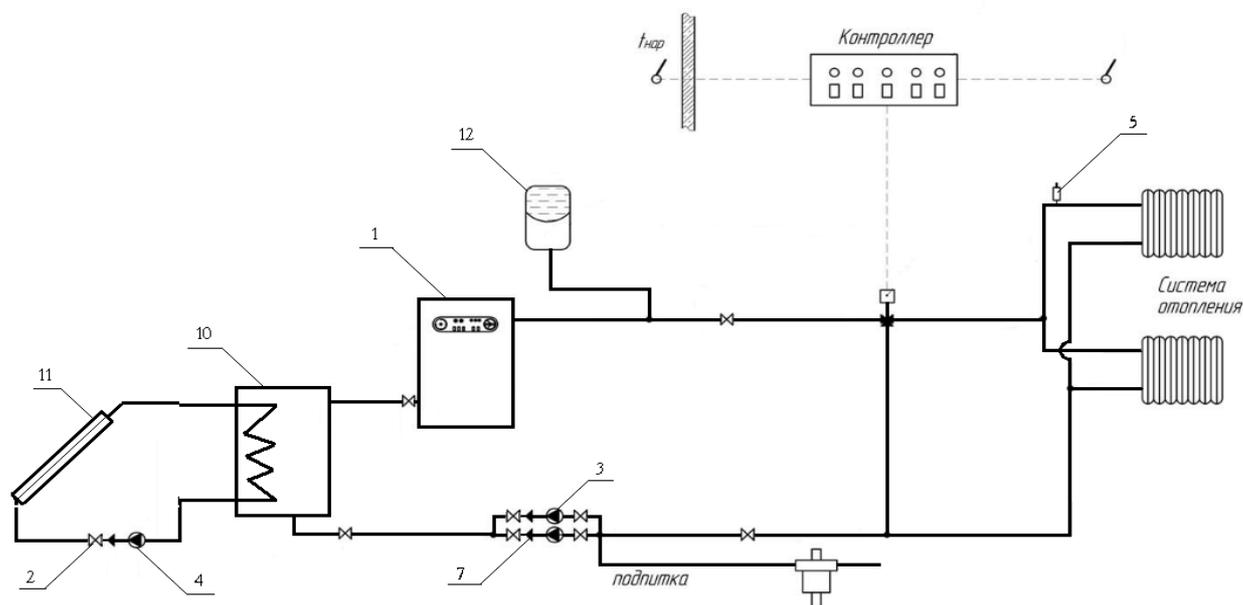
Примечание:

Оценочная смета дает приблизительную оценку стоимости основного оборудования и материалов, и не включает в себя:

- стоимость материалов для ремонта и модернизации внутренней системы проводки труб отопления в здании и квартирах;
- стоимость монтажных, сварочных и пуско-наладочных работ;
- стоимость замены радиаторов.

### 3. Логическая схема и оценочная удельная смета установки автономной системы в комбинации с гелиоколлекторами

(на базе расчетов для 4-х этажного жилого дома серии ТЖ 1-464АС )



№ п.п	Наименование	Количество	Тип	Цена без НДС
1.	Автономная система отопления	1 комплект	Класс "Универсал"	49748
2.	Кран запорный Ø 50	8 шт		480
3.	Насос циркуляционный	2 шт	Серия LM/LP	3200
4.	Насос циркуляционный	1 шт	GRUNDFOS UPS 25-80	780
5.	Автоматический воздухоудалитель	1 шт		160
6.	Контролер <b>ECL Comfort 300 с картой C75</b>	1 шт		2500
7.	Обратный клапан Ø 50	2 шт		90
8.	Труба металлопластиковая Ø 32	30 м		450
9.	Труба металлопластиковая Ø 50	30 м		750
10.	Буфер накопитель + теплообменник	500 литров		3800
11.	Гелиоколлектор вакуумный (с учетом доставки в республику Таджикистан)	14 шт	СТ-ББ-02-58-1800-18 Площадь 1-го коллектора 2.16м <sup>2</sup>	92616.3
12.	Расширительная мембранная емкость	1 шт		250

13.	Металлоконструкция и сантехническая арматура	Подставка коллектора, вентили и др. арматура	6000
Итого:		~160000 сомони	
Итого на 1м <sup>2</sup> общей жилой площади (1665м <sup>2</sup> )		~100 сомони	

Источник: расчеты Ассоциации выпускников ТТУ – ТПИ

**Примечание:**

Оценочная смета дает приблизительную оценку стоимости основного оборудования и материалов, и не включает в себя:

- стоимость материалов для ремонта и модернизации внутренней системы проводки труб отопления в здании и квартирах;
- стоимость монтажных, сварочных и пуско-наладочных работ;
- стоимость замены радиаторов.