

Программа развития Организации Объединенных Наций
Глобальный экологический фонд

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

**УСЛОВИЯ ДОСТИЖЕНИЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ЖИЛЬЕ С УЧЕТОМ РЕЗУЛЬТАТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА
ПИЛОТНЫХ ЗДАНИЙ**

**ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ
И РЕКОМЕНДАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНО ТАРИФНОЙ ПОЛИТИКИ**

Исполнитель,

Эксперт по вопросам экономики
энергоэффективных зданий

О.С. Голубова

Минск
декабрь 2017

Оглавление

Введение	3
1. Исходная информация.....	4
2. Анализ затрат на мероприятия, реализованные в рамках проекта ПРООН-ГЭФ....	6
3. Условия достижения рентабельности инвестиций в энергоэффективное жилье с учетом результатов строительства пилотных зданий	15
3.1 Система приточно-вытяжной вентиляции	16
3.2 Система солнечной фотоэлектрической станции для жилого здания.....	20
3.3 Система тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков	23
3.4 Система тепловых насосов на фундаментных сваях	26
3.5 Система утилизации серых стоков	30
3.6 Система гелиоколлекторов.....	33
4. Оценка экономических показателей для инженерных систем и рекомендации относительно тарифной политики	36
4.1 Система приточно-вытяжной вентиляции	36
4.2 Система солнечной фотоэлектрической станции для жилого здания.....	39
4.3 Система тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков	42
4.4 Система тепловых насосов на фундаментных сваях	44
4.5 Система утилизации серых стоков	47
4.6 Система гелиоколлекторов.....	50
Заключение	52
Список использованных источников	53

Введение

Оценивая текущее энергопотребление жилых зданий и внедряя мероприятия повышения энергоэффективности, мы имеем дело с инвестициями в энергоэффективность. Вопросы экономической оценки мероприятий повышения энергоэффективности жилых зданий, с одной стороны, имеют большое значение для инвесторов, вкладывающих средства с целью получения экономических выгод в будущем. С другой стороны, экономическая эффективность мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий важна для снижения расходов на приобретение топливно-энергетических ресурсов, поставляемых из-за рубежа, и сокращения выбросов загрязняющих веществ, выбрасываемых при сжигании углеводородного сырья. Этот аспект определяет интересы государства в реализации таких проектов. С точки зрения населения, эксплуатирующих организаций, пользователей помещений в энергоэффективных домах, экономические показатели повышения энергоэффективности жилых зданий определяют эксплуатационные затраты домов, стимулируют использование альтернативных вариантов отопления и горячего водоснабжения, обеспечивает рациональное использование теплоты.

Энергоэффективные здания – это здания, которые обеспечивают рациональное потребление топливно-энергетических ресурсов на отопление и горячее водоснабжение. Снижение энергопотребления жилыми зданиями обеспечивается различными системами, каждая из которых реализована с определенными затратами.

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 систем (технических решений). Оценка экономической эффективности систем, технических решений, принятых в проектах, выполненная в отчете № 12 показала значения, свидетельствующие о низкой экономической эффективности, некупаемости инвестиций практически для всех реализованных мероприятий.

Например, в мероприятиях по обеспечению расхода тепловой энергии энергосберегающие системы потребляют электрическую энергию и требуют дополнительных затрат на обслуживание и замену комплектующих, что приводит к тому, что в стоимостном выражении текущие расходы могут быть выше, чем стоимость сэкономленной тепловой энергии. И даже при наличии положительной разницы между стоимостью сэкономленной тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение, величина полученной экономии не позволяет окупить единовременные затраты на установку систем, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий в 20-летнем периоде.

Строительство пилотных зданий позволило реализовать эксперимент, свидетельствующий, что технически возможно обеспечить строительство жилых домов, близких по своим характеристикам к пассивным домам. Задача, стоящая теперь перед наукой и практикой – найти пути повышения экономической эффективности технических решений.

Целью данной работы является поиск направлений повышения экономической эффективности мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий.

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.», 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. Покотилову В.В. и многим другим коллегам за предоставленную информацию, помощь и поддержку в поиске направлений повышения экономической эффективности мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий.

1. Исходная информация

Целью строительства экспериментальных энергоэффективных жилых домов является демонстрация энергосберегающего потенциала современных технологий применительно к трем жилым зданиям в трех городах Беларуси. Сравнительная характеристика трех жилых домов, построенных в рамках реализации проекта ПРООН-ГЭФ «Повышение энергоэффективности жилых зданий в Республике Беларусь», приведена в приложении 1.

Объект 1 - типовой 10-ти этажный трехподъездный жилой дом с кирпичными несущими поперечными стенами и наружными стенами из ячеистобетонных блоков на 120 квартир площадью 10 335 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».

Перечень конкретных систем, реализуемых в проекте, включает:

- систему принудительную вентиляцию с регенерацией тепла – жилые дома в городах Гродно, Минске, Могилеве;
- систему утилизации тепла сточных вод – жилые дома в городах Гродно, Минске, Могилеве;
- солнечную фотоэлектрическую станцию - жилое здание в г. Гродно;
- систему гелиоколлекторов - жилое здание в г. Могилеве;
- систему тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков - жилое здание в г. Гродно;
- систему тепловых насосов на фундаментных сваях.

Основные технико-экономические показатели по трем зданиям приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. – Техничко-экономические показатели энергоэффективных жилых домов, реализованных в рамках проекта ПРООН

№ п/п	Наименование показателя	Жилой дом в г. Гродно	Жилой дом в г. Минск	Жилой дом в г. Могилев
1	Количество этажей	10	19	9
2	Количество квартир	120	133	180
3	Количество м ² отапливаемой площади	10 335	9209	13 889
4	Количество м ² жилой площади	7951,95	7653	11 229
5	Расчетное количество жителей (из расчета 1 на 20м ² общей площади)	400	383	561
6	Стоимость строительства без учета затрат ПРООН, долларов США	4 031 884,57	3 069 528,29	4 106 066,32
7	Затраты ПРООН, долларов США	951 495,83	653 826,11	1 344 496,65
8	Совокупные затраты с учетом затрат ПРООН, долларов США	4 983 380,41	3 625 757,25	5 450 562,97
9	Удельный вес затрат ПРООН в совокупных затратах, %	19,09%	18,03%	24,67%
10	Стоимость на 1 м ² общей площади			
10.1	Стоимость строительства без учета затрат ПРООН на 1 м ² общей площади помещений, долларов США	507,03	401,09	365,65
10.2	Стоимость затрат ПРООН на 1 м ² общей площади помещений, долларов США	119,66	85,43	119,73
10.3	Стоимость строительства с учетом затрат ПРООН на 1 м ² общей площади помещений, долларов США	626,69	473,77	485,37
11	Объем энергии, вырабатываемой (+), потребляемой (-) системами, обеспечивающими энергоэффективность			
11.1	Тепловая энергия на отопление, Гкал	335,25	255,14	347,91
11.2	Тепловая энергия на горячее водоснабжение, Гкал	333,71	115,14	373,49
11.3	Электрическая энергия, кВт ч	+68 000,00 (-174 511,00)	-62 064,00	-91 698,07
12	Затраты ПРООН в расчете на 1 Гкал вырабатываемой энергии, долларов США	1422,36	1765,76	1863,74

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

Данные таблицы свидетельствуют об относительно большой доле затрат ПРООН-ГЭФ в стоимости 1 м² общей площади жилых помещений. Если рассматривать типовые 9-10-этажные дома, строительные-монтажные работы на отопление, водоснабжение, канализацию и вентиляцию составляют порядка 11-15% от стоимости строительства. Более высокий удельный вес затрат связан с установкой дорогостоящего энергоэффективного оборудования, глубокой проработкой проектов, их экспериментальной комплектации.

Наработка практики проектирования и строительства энергоэффективных жилых домов, по мнению экспертов, позволит сократить единовременные затраты на 20-25% и снизит удельный вес затрат на строительно-монтажные работы на отопление, водоснабжение, канализацию и вентиляцию в энергоэффективных домах до уровня 15-18% от стоимости строительства.

2. Анализ затрат на мероприятия, реализованные в рамках проекта ПРООН-ГЭФ

В рамках реализации проекта ПРООН-ГЭФ при строительстве трех домов было реализовано семь основных мероприятий повышения энергоэффективности.

В таблице 2.1 приведена структура единовременных затрат по трем жилым домам.

Таблица 2.1 Инвестиционные затраты при реализации комплекса мероприятий повышения энергоэффективности жилого здания, долларов США

Наименование показателя	г Гродно		г. Минск		г. Могилев	
	Стоимость	Удельный вес, %	Стоимость	Удельный вес, %	Стоимость	Удельный вес, %
Единовременные затраты первоначальные	951 495,83	100,00%	653 826,11	100,00%	1 344 496,65	100,00%
Оборудование (с учетом транспортно-заготовительных расходов)	329 274,79	34,61%	277 947,47	42,51%	595 979,28	44,33%
Строительно-монтажные работы	518 898,55	54,54%	279 653,30	42,77%	647 542,66	48,16%
Пуско-наладочные работы	23 238,00	2,44%	22 383,00	3,42%	23 238,00	1,73%
Проектно-изыскательские работы и экспертиза ПСД, авторский надзор	77 490,00	8,14%	72 500,00	11,09%	74 499,00	5,54%
Технический надзор	2 594,49	0,27%	1 342,34	0,21%	3 237,71	0,24%

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

Анализ данных таблицы 2.1 показывает, что удельный вес затрат на строительно-монтажные работы составляет 42-55% от стоимости инвестиционных единовременных затрат. Это наглядно демонстрирует то, что реализованные на данных объектах мероприятия имеют резервы снижения стоимости как в части удешевления оборудования, так и в части сокращения стоимости строительства. Еще одной отличительной характеристикой структуры стоимости инвестиционных затрат является высокий удельный вес затрат на проектно-изыскательские работы. В настоящее время структура инвестиций свидетельствует, что среднестатистические затраты на проектно-изыскательские работы составляют 5-6% стоимости строительства. По анализируемым объектам затраты на

проектно-изыскательские работы 8-11% суммы инвестиций, что определяется экспериментальностью объектов, их инновационным характером. Развитие системы строительства энергоэффективных жилых домов позволит снизить стоимость проектно-изыскательских работ до среднестатистических значений 5-6% стоимости строительства. Это же можно отнести к стоимости пуско-наладочных работ. Экспериментальные объекты оборудованы системами автоматизации и диспетчеризации, позволяющими детально анализировать показатели работы систем здания, обеспечивающих повышение энергоэффективности, служат развитию науки и техники. При переходе к массовому строительству энергоэффективных жилых домов стоимость пусконаладочных работ снизится в 2 и более раз, что также является направлением снижения единовременных затрат.

В Методике расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат, утвержденной решением Совета Национального объединения проектировщиков Российской Федерации 04.06.2014 № 59 [1] в усредненных затратах на протяжении всего жизненного цикла здания, представленных на рисунке 2.1, основную долю затрат составляют затраты на эксплуатацию (75%).

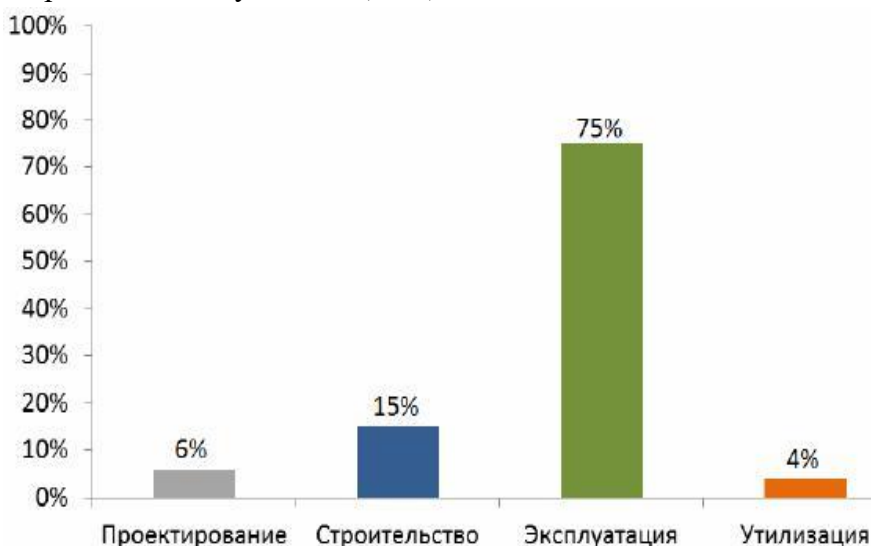


Рисунок 2.1 - Усредненные затраты на протяжении жизненного цикла здания

Источник: Методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат: решение Совета Национального объединения проектировщиков 04.06.2014 № 59 [1]

Применительно к системам энергоэффективности, реализованным на трех жилых домах в рамках проекта ПРООН-ГЭФ структура затрат стоимости жизненного цикла приведена на рисунках 2.2, 2.3, 2.4.

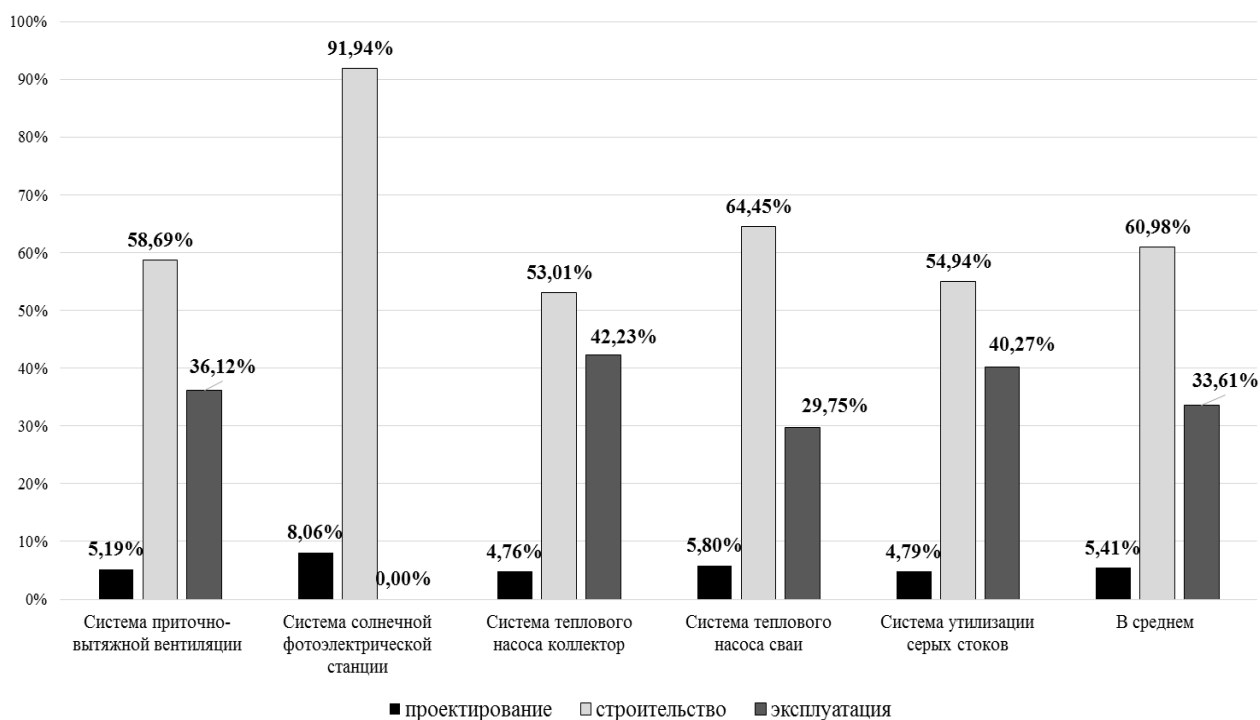


Рисунок 2.2 - Усредненные затраты на протяжении жизненного цикла систем, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилого дома в г. Гродно

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

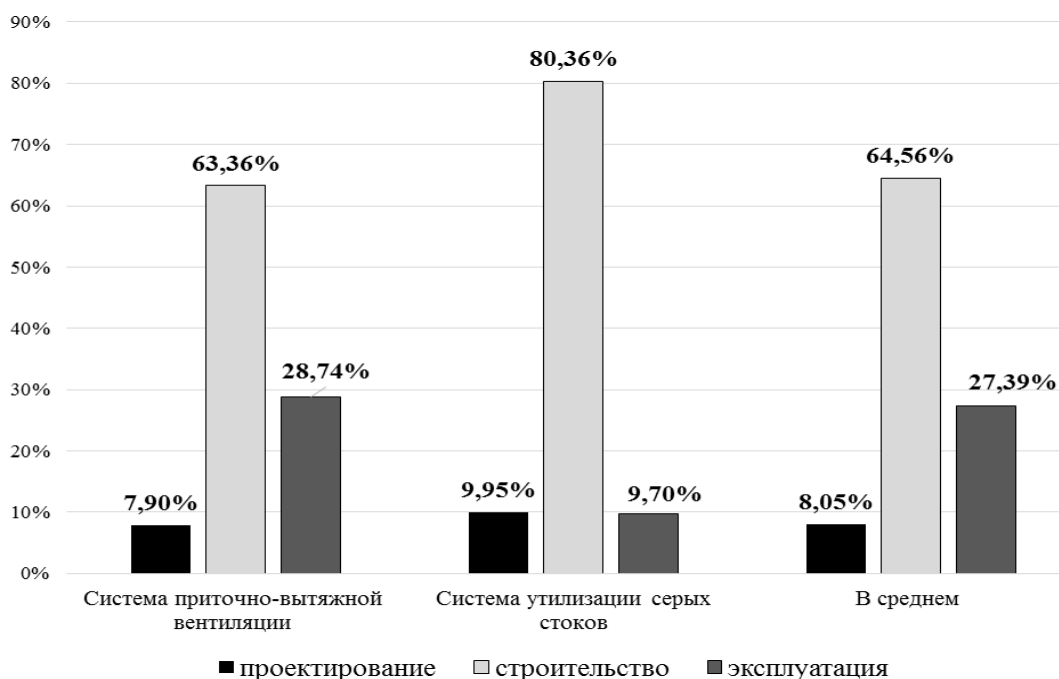


Рисунок 2.3 - Усредненные затраты на протяжении жизненного цикла систем, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилого дома в г. Минске

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

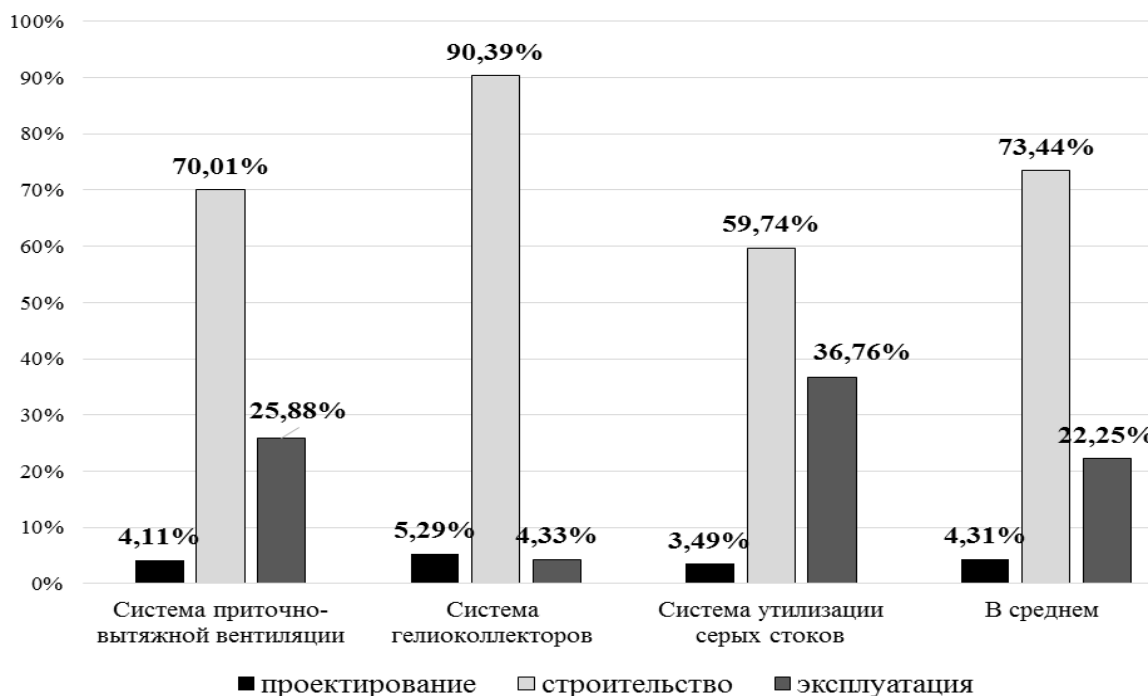


Рисунок 2.4 - Усредненные затраты на протяжении жизненного цикла систем, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилого дома в г. Могилеве

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

Анализируя структуру стоимости жизненного цикла, следует отметить, что затраты на проектирование и строительство (с учетом стоимости приобретения, и монтажа оборудования) представлены по отчетным данным проекта. Затраты на эксплуатацию получены расчетным путем исходя из проектных данных энергопотребления оборудования, потребности в промывке, смене фильтров и хладоносителя. Эксплуатация жилых домов за последние несколько месяцев (по состоянию на 20.12.2017г.) показала, что сервисное обслуживание в период гарантийного срока предусмотрено договорами поставки оборудования и дополнительных затрат не требует. Затраты на техническое обслуживание зданий и его инженерных систем жильцы оплачивают по существующим тарифам. То есть, по информации, представленной организациями – поставщиками, экспертами проекта и товариществами собственников дополнительных затрат на техническое обслуживание установленных систем не требуется. По расчетам, результаты которых представлены на рисунках 2.2, 2.3 и 2.4, эксплуатационные расходы составляют 22-33%, затраты на этапе строительства – 60-74%, затраты на этапе проектирования – 4-8% стоимости жизненного цикла систем зданий. Затраты на утилизацию в расчете приняты равными нулю, потому что ликвидационная стоимость оборудования при его демонтаже сопоставима со стоимостью работ по демонтажу. К тому же если гарантийный срок службы оборудования составляет 20 лет и расчет затрат жизненного цикла выполнялся на этот же период, то срок службы здания, его конструктивных частей, трубопроводов, составляет 25-50-100 лет. Таким образом результаты строительно-монтажных работ могут быть использованы в дальнейшем при переоснащении объекта новыми видами оборудования, обеспечивающего повышение энергоэффективности жилых зданий.

Анализ жизненного цикла систем, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилого дома, показывает, что 70-80% всех затрат приходится на инвестиционные затраты, связанные с проектированием, закупкой оборудования, выполнением строительно-

монтажных и пуско-наладочных работ. Далее рассмотрим величину и структуру инвестиционных затрат по трем анализируемым объектам.

В таблице 2.2. приведены технико-экономические показатели систем, реализованных на объектах ПРООН-ГЭФ по жилым домам в расчете на 1 квартиру. Наглядно суммы средств по каждому мероприятию, обеспечивающему повышение энергоэффективности жилых зданий показаны на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5. Среднее арифметическое значение инвестиционных затрат на реализацию мероприятий повышения энергоэффективности жилых домов в расчете на 1 квартиру, долларов США

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

Расчет затрат по каждому мероприятию, обеспечивающему повышение энергоэффективности жилых зданий, показал увеличение единовременных затрат на одну среднестатистическую квартиру. Диаграмма дает представление, сколько нужно дополнительно оплатить расходов, каждому покупателю отдельной квартиры, в зависимости от того, какие мероприятия реализуются при строительстве дома, если мероприятия реализуются за счет средств населения. Реализация всех реализуемых в проекте мероприятий, если бы они реализовывались в одном доме, увеличила бы стоимость каждой квартиры в среднем на 10 127,69 долларов США.

Система приточно-вытяжной вентиляции, система утилизации серых стоков, автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии реализованы на всех трех объектах, и на рисунке 2.5. показаны усредненные по трем объектам затраты. Затраты по системе теплового насоса на сваях, на коллекторе, фотоэлектрическая станция рассчитаны по одному объекту – жилому дому в г. Гродно. Гелиоколлекторы установлены только в жилом доме в г. Могилеве.

Самые большие затраты приходятся на систему приточно-вытяжной вентиляции, в среднем 4 566,76 долларов США. По трем домам это значение колеблется в диапазоне от 3 933,32 доллара в жилом доме г. Гродно, до 5 243,46 долларов на 1 квартиру в жилом доме г. Могилева.

Таблица 2.2 Инвестиционные затраты на реализацию мероприятий повышения энергоэффективности жилых домов в расчете на 1 квартиру, долларов США

Наименование	г. Гродно		г. Минск		г. Могилев		среднее значение*	
	стоимость всего	затраты на 1 квартиру	стоимость всего	затраты на 1 квартиру	стоимость всего	затраты на 1 квартиру	стоимость всего	затраты на 1 квартиру
Количество квартир		120		133		180		144
Система приточно-вытяжной вентиляции	471 998,97	3 933,32	601 624,62	4 523,49	943 822,51	5 243,46	672 482,03	4 566,76,29
Система солнечной фотоэлектрической станции	110 787,33	923,23						
Система теплового насоса на коллекторе	235 005,87	1 958,38						
Автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии	48 127,54	401,06	14 908,65	112,10	28 986,19	161,03	30 674,13	224,73
Система утилизации серых стоков	27 371,15	228,09	37 292,84	280,40	71 516,95	397,32	45 393,65	301,94
Система гелиоколлекторов					300 171,00	1 667,62		
Система теплового насоса на сваях	58 204,96	485,04						
ВСЕГО	951 495,83	7 929,13	653 826,11	4 915,99	1 344 496,65	7 469,43	983 272,86	6 771,51

*– колонка «среднее значение» рассчитана как среднеарифметическое значение по трем жилым домам

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

В среднем мероприятия повышения энергоэффективности жилых зданий в расчете на 1 квартиру составили:

- в г. Гродно – 7 929,13 долларов США;
- в г. Минске – 4 915,99 долларов США;
- в г. Могилеве – 7 469,43 долларов США.

Среднее арифметическое значение стоимости мероприятий повышения энергоэффективности по трем домам составляет 6 771,516 долларов на 1 квартиру.

Так как система отопления обеспечивает обогрев помещений и расход тепла рассчитывается не на квартиру, а на 1 м² отапливаемой площади, в таблице 2.3 приведены затраты по каждой из систем, обеспечивающей повышение энергоэффективности жилых зданий в расчете на отапливаемую площадь жилого дома.

Таблица 2.3 Инвестиционные затраты на реализацию мероприятий повышения энергоэффективности жилых домов в расчете на 1 м² отапливаемой площади, долларов США

Наименование	г. Гродно	г. Минск	г. Могилев	среднее значение
Общая площадь квартир жилого здания, м²	10 335	9 209	13 889	11 144
Затраты на 1 м²				
Система приточно-вытяжной вентиляции	45,67	65,33	67,95	59,65
Система солнечной фотоэлектрической станции	10,72			
Система теплового насоса на коллекторе	22,74			
Автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии	4,66	1,62	2,09	2,79
Система утилизации серых стоков	2,65	4,05	5,15	3,95
Система гелиоколлекторов				
Система теплового насоса на сваях	5,63			
ВСЕГО	92,07	71,00	96,80	86,62

*– колонка «среднее значение» рассчитана как среднеарифметическое значение по трем жилым домам

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

На рисунке 2.6 показаны значения инвестиционных затрат в расчете на 1 м² отапливаемой площади по каждому мероприятию, реализованному в рамках проекта.



Рисунок 2.6 Инвестиционные затраты на реализацию мероприятий повышения энергоэффективности, в расчете на 1 м² отапливаемой площади, долларов США

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

Соотношение затрат по различным системам в расчете на 1 квартиру и на 1 м² отапливаемой площади одинаково. Разница заключается в том, что поскольку все квартиры имеют разные значения отапливаемой площади, величина увеличения стоимости при оплате мероприятий повышения энергоэффективности жилых зданий в расчете на каждую конкретную квартиру будет рассчитана индивидуально. Если реализовывать все анализируемые нами мероприятия в одном жилом доме стоимость 1 м² увеличивается на 127,09 долларов США, что является достаточно большой величиной. Учитывая, что целевая задача строительства жилья для граждан, нуждающихся в улучшении жилищных условий, определяется в привязке к среднестатистической заработной плате, увеличение стоимости строительства на 127 долларов является высоким барьером для распространения этой практики. Без решения задачи удешевления стоимости строительства и монтажа оборудования, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий, переход к массовому строительству таких объектов будет затруднен.

Еще одним важным аспектом оценки экономической эффективности реализации мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий, является оценка затрат в расчете на 1 Гкал плановой выработки тепловой энергии в год. Значения инвестиционных затрат в расчете на 1 Гкал генерируемой тепловой энергии приведены в таблице 2.4 и наглядно показаны на рисунке 2.7.

Таблица 2.4 Инвестиционные затраты на реализацию мероприятий повышения энергоэффективности жилых домов в расчете на 1 Гкал плановой выработки тепловой энергии в год, долларов США

Наименование	г. Гродно	г. Минск	г. Могилев	среднее значение
Количество плановой выработки тепловой энергии в год, Гкал	231,94	255,14	347,91	278,33
Затраты на 1 Гкал				
Система приточно-вытяжной вентиляции	2 034,99	255,14	347,91	2 368,62
Система солнечной фотоэлектрической станции	1,63	2 358,06	2 712,82	1,63
Система теплового насоса на коллекторе	839,22			839,22
Автоматизированное регулирование и учет потребления тепловой энергии	71,94			50,80
Система утилизации серых стоков	237,71	40,26	40,18	336,77
Система гелиоколлекторов		323,88	448,71	1 402,00
Система теплового насоса на сваях	1 391,02		1 402,00	1 391,02
ВСЕГО	1 422,36	0,00	0,00	1 683,95

*– колонка «среднее значение» рассчитана как среднеарифметическое значение по трем жилым домам

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

На рисунке 2.7 показаны значения инвестиционных затрат в расчете на 1 Гкал плановой выработки тепловой энергии в год по каждому мероприятию, реализованному в рамках проекта.



Рисунок 2.7 Инвестиционные затраты на реализацию мероприятий повышения энергоэффективности, в расчете на 1 Гкал плановой выработки тепловой энергии в год, долларов США

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

Инвестиционные затраты на выработку 1 Гкал плановой выработки тепловой энергии в год при утилизации тепла серых стоков наглядно показывают, что при стоимости 1 Гкал теплоты в размере 50 долларов США простой срок окупаемости этой системы составит 6,6 лет. Если стоимость 1 Гкал теплоты по субсидируемому тарифу составляет 8,62 доллара, то простой срок окупаемости без учета эксплуатационных затрат составит 39 лет.

Следует учесть, что на каждом из жилых домов, построенных в рамках проекта ПРООН-ГЭФ, реализован различный набор мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности. Сравнивая удельные затраты в расчете на 1 Гкал плановой выработки тепловой энергии в год (рисунок 2.8), можно констатировать, что самые низкие затраты – на жилом доме в г. Гродно, а самые высокие – на жилом доме в г. Могилеве.

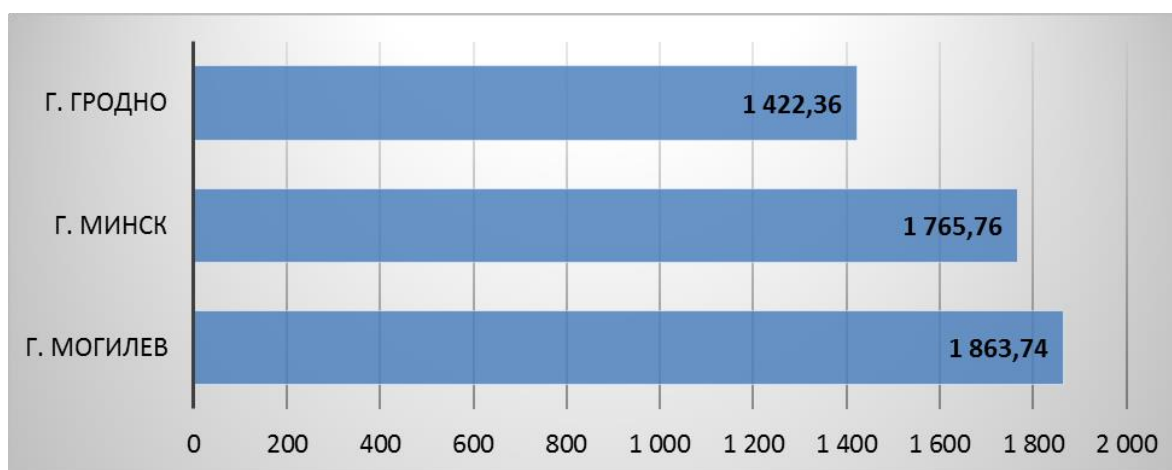


Рисунок 2.8 Инвестиционные затраты на реализацию мероприятий повышения энергоэффективности, в расчете на 1 Гкал плановой выработки тепловой энергии в год по трем жилым домам, долларов США

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

Анализ затрат на мероприятия, реализованные в рамках проекта ПРООН-ГЭФ, позволяют определить основные направления повышения эффективности инвестиций: сокращение единовременных затрат на оборудование, сокращение стоимости строительно-монтажных, пуско-наладочных и проектно-изыскательских работ, а также выбрать мероприятия, реализация которых экономически более эффективна.

3. Условия достижения рентабельности инвестиций в энергоэффективное жилье с учетом результатов строительства пилотных зданий

Оценка экономической эффективности мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности трех многоэтажных многоквартирных жилых домов, реализованных в рамках проекта ПРООН-ГЭФ, выполненная в предыдущем отчете, показала, что при сложившихся условиях: величине единовременных затрат, расчетной производительности систем, собственном энергопотреблении, эксплуатационных затратах, окупаемость мероприятий невозможна.

В таблице 3.1 приведены значения показателей экономической эффективности реализации мероприятий повышения энергоэффективности по трем жилым домам.

Таблица 3.1 Показатели экономической эффективности реализации мероприятий повышения энергоэффективности жилых зданий

Системы	г Гродно		г. Минск		г. Могилев	
	Срок окупаемости динамический	Индекс рентабельности инвестиций	Срок окупаемости динамический	Индекс рентабельности инвестиций	Срок окупаемости динамический	Индекс рентабельности инвестиций
Приточно-вытяжная вентиляция	не определяется	не определяется	не определяется	не определяется	не определяется	не определяется
Фото-электрическая станция	37,01	-0,31				
Тепловой насос на коллекторе	113,11	-0,77				
Утилизатор серых стоков	7,66	1,03	11,85	0,36	21,63	-0,06
Гелио-коллекторы					72,85	-0,62
Тепловой насос на сваях	190,82	-0,85				
ВСЕГО	178,54	-0,83	423,65	-0,92	145,18	-0,86

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

Таким образом, основными факторами, влияющими на экономическую неэффективность, являются:

- высокие инвестиционные затраты (стоимость оборудования, строительномонтажные, пуско-наладочные, проектно-изыскательские работы);
- высокие эксплуатационные затраты (энергопотребление электрической энергии, тарифы на электроэнергию);
- диспропорция в субсидировании тарифов на тепловую и электрическую энергию.

Далее в работе проанализируем чувствительность показателей рентабельности инвестиций и срока окупаемости инвестиций к изменениям указанных выше параметров для всех систем, обеспечивающих повышение энергоэффективности жилых зданий.

3.1 Система приточно-вытяжной вентиляции

Система **приточно-вытяжной вентиляции** была установлена на трех жилых домах в городах Гродно, Минск и Могилев. По итогам реализации проектной и строительной стадии были получены фактические данные о единовременных затратах и рассчитана плановая производительность систем, что позволило оценить плановые показатели экономической эффективности этого мероприятия. Для дальнейшего анализа чувствительности и динамики изменения показателей экономической эффективности по оптимистическому и пессимистическому сценариям, использованы данные по г. Минску, которые практически соответствуют среднему значению по трем реализованным объектам. Исходная информация, на основании которой оценивается чувствительность мероприятия к изменению отдельных параметров приведена в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1 Исходная информация для оценки чувствительности к изменяемым параметрам системы **приточно-вытяжной вентиляции**

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности	
Год приведения		2017		
Ставка дисконтирования		5,0%		
Инвестиционные затраты	долл. США	601 624,62		
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,0968		
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659		
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	255,14		
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	60 487,0		
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	6 273,77		
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	5 998,44		
Суммарный денежный поток за период	долл. США	-275,33		
Чистый дисконтированный доход	долл. США	-605 055,78		более 0
Внутренняя норма доходности	%			выше ставки дисконтирования
Индекс доходности				больше 1
Индекс прибыльности				больше 0
Срок окупаемости простой	лет			не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет		не более 20 лет	

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

Оценка чувствительности показателей экономической эффективности приточно-вытяжной вентиляции выполнена в рамках однофакторного анализа изменения чистого дисконтированного дохода, простого и динамического срока окупаемости, внутренней нормы рентабельности и индекса прибыльности при изменении следующих параметров:

- капитальные вложения: от минус 99% до плюс 20%;
- стоимость электроэнергии: от минус 100% до плюс 20%;
- объем сэкономленной тепловой энергии: от минус 30% до плюс 450%;
- эксплуатационные расходы: от минус 100% до плюс 20%;
- стоимость тепловой энергии: от минус 30% до плюс 450%.

Суммарный денежный поток за период получился отрицательным, что говорит о том, что затраты на оплату расходуемой оборудованием электроэнергии и смену фильтров превышает экономию тепловой энергии. В то же время, стоимость сменных фильтров на рынке может существенно колебаться. Снижение стоимости фильтров на 20% дает положительные значения суммарного денежного потока в период эксплуатации и позволяет рассчитывать сроки окупаемости и внутреннюю норму доходности, поэтому для оценки чувствительности стартовые условия принимаем со снижением стоимости эксплуатационных расходов (фильтров) на 20%.

Влияние изменения всех пяти параметров на показатели эффективности реализации данного мероприятия представлено в таблице Приложения Б. Графическая интерпретация чувствительности чистого дисконтированного дохода к изменению всех пяти анализируемых параметров показана на рисунке 3.1.1.

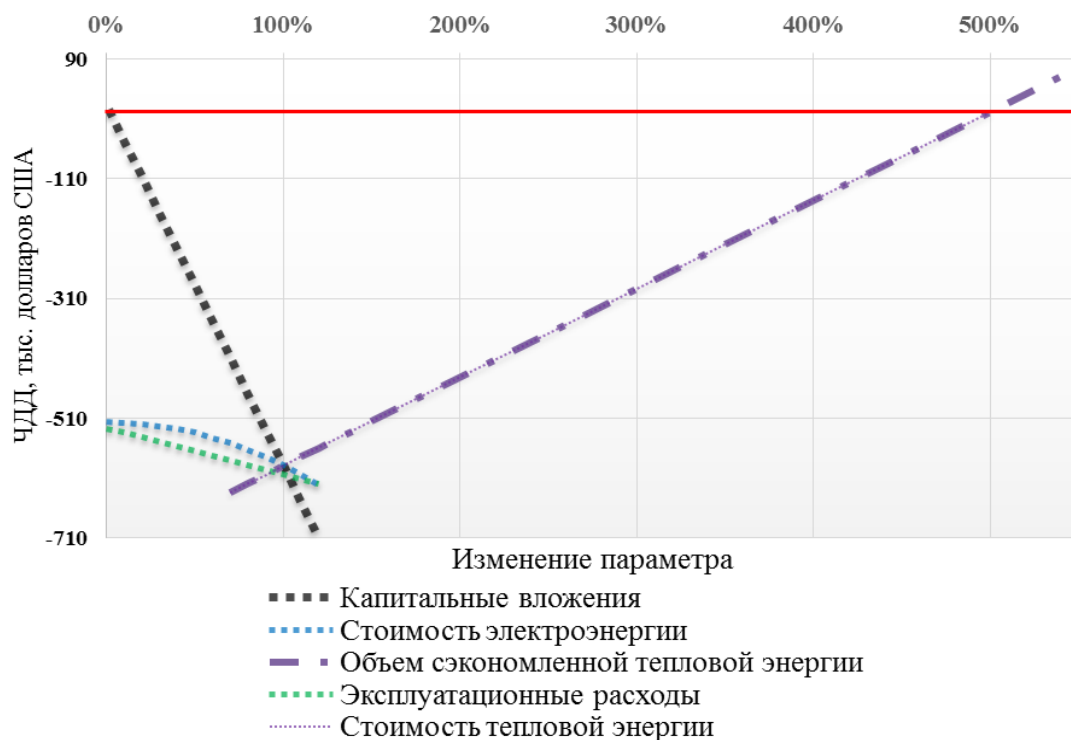


Рисунок 3.1.1 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы приточно-вытяжной вентиляции (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на чистый дисконтированный доход.

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

Анализ показывает, что чистая дисконтированная стоимость зависит от всех анализируемых параметров. Вместе с тем рост в пять раз объемов сэкономленной тепловой энергии или экономически обоснованных тарифов позволяет выйти на окупаемость этого мероприятия. Для оценки проекта как экономически эффективного требуется, чтобы инвестиционные затраты сократились на 99%. То есть практически, для выхода этого мероприятия на экономическую эффективность необходимо существенное изменение всех анализируемых параметров.

Графическая интерпретация чувствительности динамического срока окупаемости и индекса рентабельности к изменению капитальных вложений, повышению производительности (росту тарифов на тепловую энергию), изменению стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов представлена на рисунках 3.1.2. и 3.1.3. Представленные на рисунках 3.1.2 и 3.1.3 графики позволяют сделать вывод, что снижение динамического срока окупаемости до 20 лет и получение положительного значения индекса прибыльности возможно при снижении капитальных вложений до уровня 1% от существующих в проекте или же при достижении роста экономии тепловой энергии (экономически-обоснованных тарифов на тепловую энергию) в 5 раз по отношению к данным, принятым в проекте.

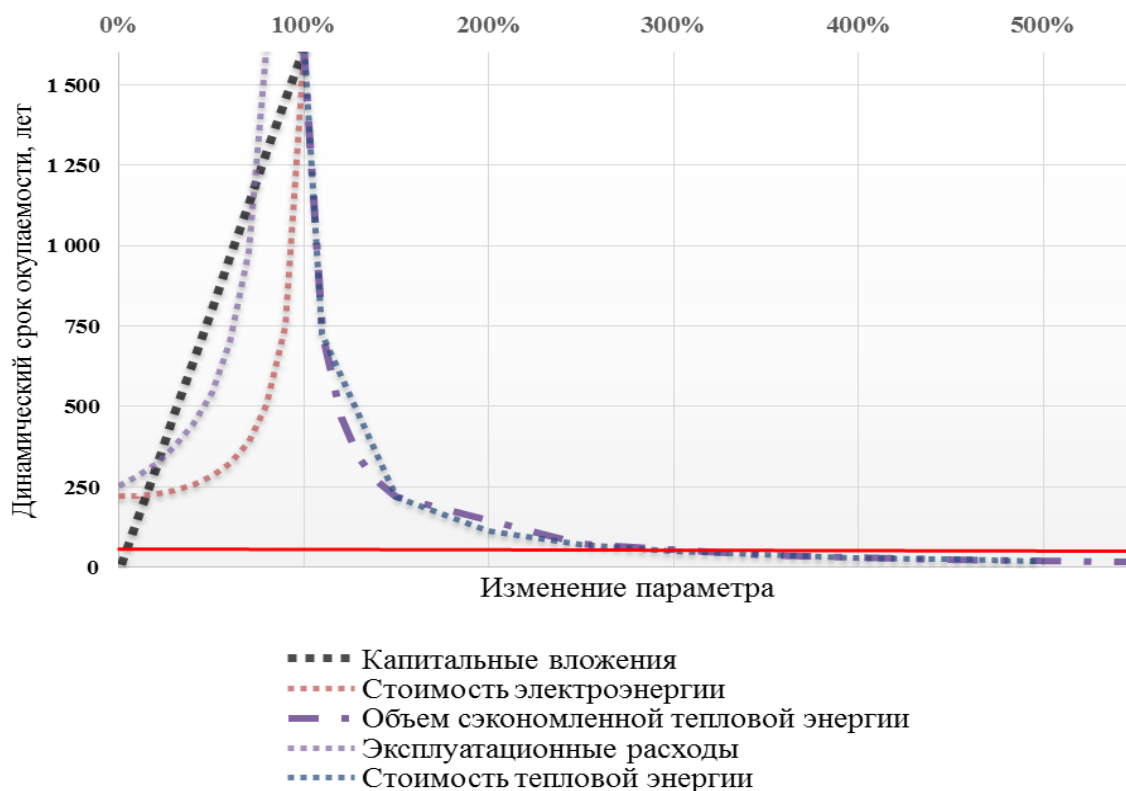


Рисунок 3.1.2 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы приточно-вытяжной вентиляции (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на динамический срок окупаемости.

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

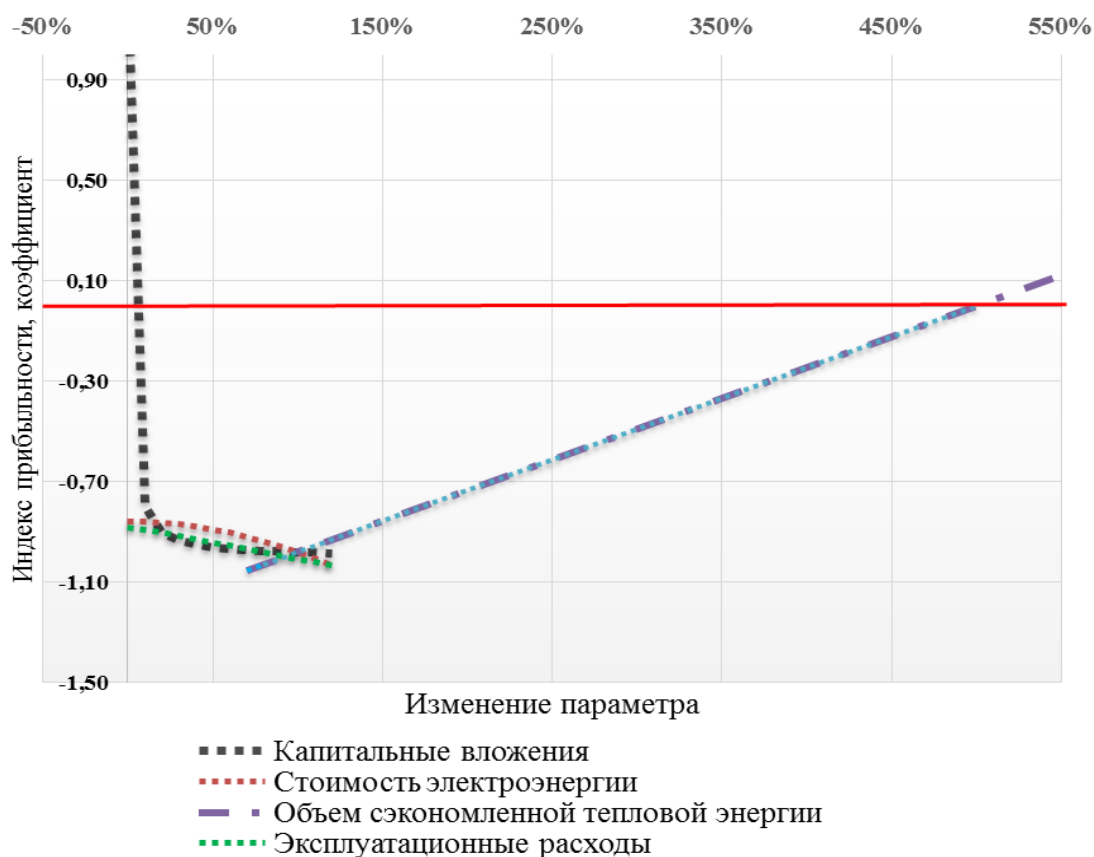


Рисунок 3.1.3 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы приточно-вытяжной вентиляции (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на индекс рентабельности.

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

3.2 Система солнечной фотоэлектрической станции для жилого здания

Система фотоэлектрической станции была установлена на жилом доме в г. Гродно. По итогам реализации проектной и строительной стадии получены фактические данные о одновременных затратах и рассчитана плановая производительность системы, что позволило оценить плановые показатели экономической эффективности этого мероприятия. Исходная информация, на основании которой оценивается чувствительность мероприятия к изменению отдельных параметров приведена в таблице 3.2.1.

Оценка чувствительности показателей экономической эффективности установки системы солнечной фотоэлектрической станции выполнена в рамках однофакторного анализа изменения чистого дисконтированного дохода, простого и динамического срока окупаемости, внутренней нормы рентабельности и индекса прибыльности при изменении следующих параметров:

- капитальные вложения: от минус 60% до плюс 20%;
- стоимость и объем выработки электроэнергии: от минус 30% до плюс 50%.

Таблица 3.2.1 Исходная информация для оценки чувствительности к изменяемым параметрам системы **солнечной фотоэлектрической станции** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	
Год приведения		2017	
Ставка дисконтирования		5,0%	
Инвестиционные затраты	долл. США	110 787,33	
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,0968	
Объем выработки электроэнергии*	кВт-час	68 000,00	
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	0,00	
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	0,00	
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	3 791,06	Критерии экономической эффективности
Суммарный денежный поток за период	долл. США	3 791,06	
Чистый дисконтированный доход	долл. США	-34 879,18	более 0
Внутренняя норма доходности	%	0,79%	выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		0,69	больше 1
Индекс прибыльности		-0,31	больше 0
Срок окупаемости простой	лет	16,83	не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	37,01	не более 20 лет

*– Расчетное значение производительности в первый год эксплуатации. В расчете принято снижение производительности фотоэлектрической станции каждый год на 1%;

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

Влияние изменения капитальных вложений и эксплуатационных расходов на показатели эффективности реализации мероприятия повышения энергоэффективности представлено в таблице Приложения В. Анализ показывает, что при снижении инвестиционных затрат на 40% или при росте производительности станции на 50% инвестиции становятся экономически эффективными, то есть соблюдаются критерии эффективности, приведенные в столбце 4 таблицы 3.2.1.

Графическая интерпретация чувствительности чистого дисконтированного дохода к изменению капитальных вложений или повышению производительности (росту тарифов на реализуемую станцией электроэнергию) представлена на рисунке 3.2.1.

Из рисунка 3.2.1 следует, что положительные значения чистого дисконтированного дохода возможны при снижении капитальных вложений до уровня 68% от существующих в проекте или же при росте объемов производства электроэнергии на 45%. Аналогичные изменения чистого дисконтированного дохода будут достигнуты при росте тарифов на реализуемую системой электроэнергию до 45% к экономически-обоснованному тарифу, по которому проводился первоначальный расчет.

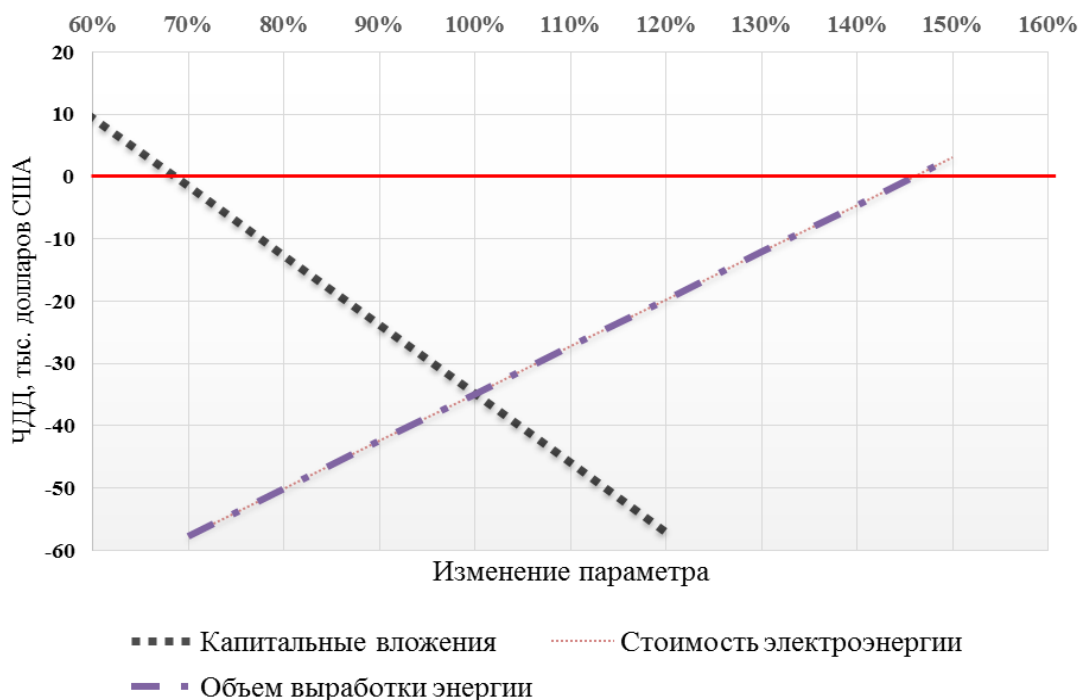


Рисунок 3.2.1 – Влияние изменения капвложений, объема выработки электроэнергии или стоимости продаваемой электроэнергии на чистый дисконтированный доход.

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

Графическая интерпретация чувствительности динамического срока окупаемости и индекса рентабельности к изменению капитальных вложений или повышению производительности (росту тарифов на реализуемую станцией электроэнергию) представлена на рисунках 3.2.2. и 3.2.3.

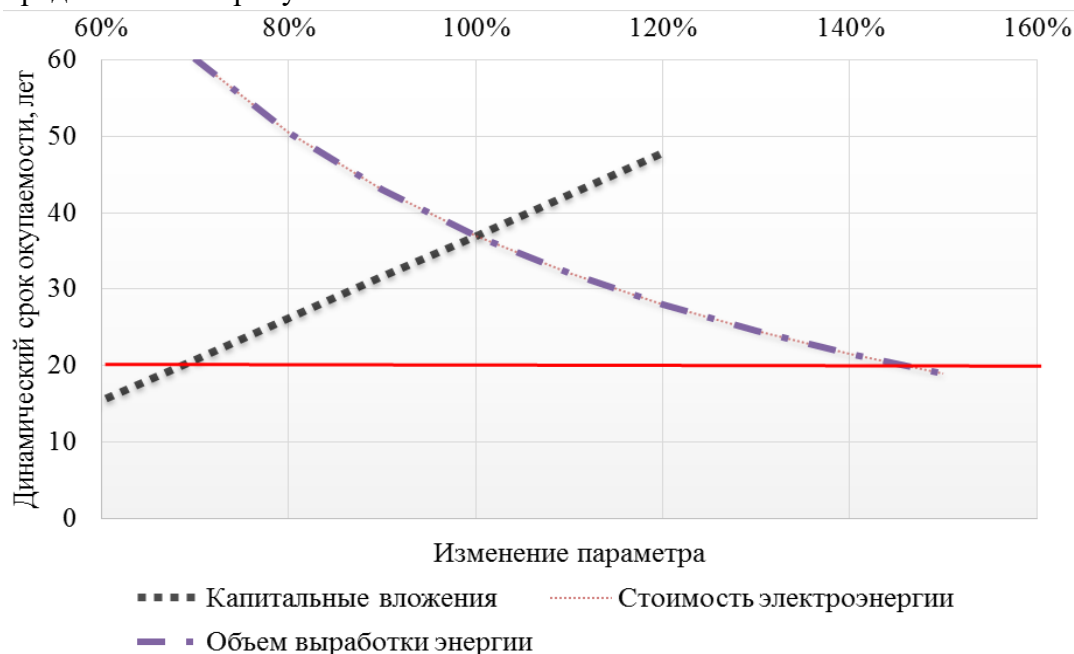


Рисунок 3.2.2 – Влияние изменения капвложений, объема выработки электроэнергии или стоимости продаваемой электроэнергии на динамический срок окупаемости.

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

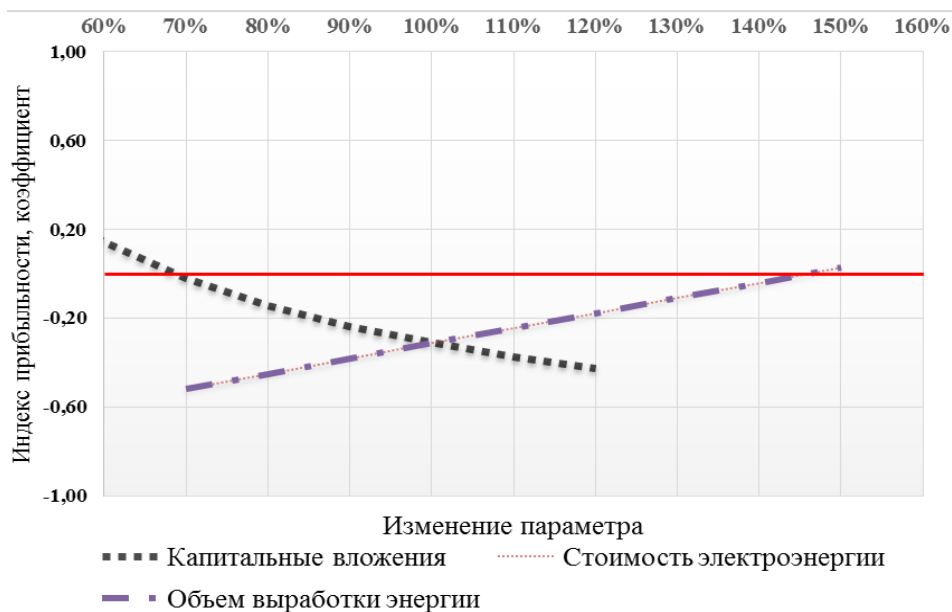


Рисунок 3.2.3 – Влияние изменения капвложений, объема выработки электроэнергии или стоимости продаваемой электроэнергии на индекс рентабельности.

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

Зависимость, представленная на рисунках 3.2.2 и 3.2.3 также показывает, что достижение динамического срока окупаемости в период до 20 лет и положительного значения индекса прибыльности возможны при снижении капитальных вложений до уровня 68% от существующих в проекте или же при росте объемов производства электроэнергии (тарифов закупки электроэнергии) на 45%, по отношению к данным, принятым в проекте.

3.3 Система тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков

Система **тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков** была установлена на жилом доме в г. Гродно. По итогам реализации проектной и строительной стадии получены фактические данные о одновременных затратах и рассчитана плановая производительность систем, что позволило оценить плановые показатели экономической эффективности этого мероприятия. Исходная информация, на основании которой оценивается чувствительность мероприятия к изменению отдельных параметров приведена в таблице 3.3.1.

Оценка чувствительности показателей экономической эффективности установки системы тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков выполнена в рамках однофакторного анализа изменения чистого дисконтированного дохода, простого и динамического срока окупаемости, внутренней нормы рентабельности и индекса прибыльности при изменении следующих параметров:

- капитальные вложения: от минус 99% до плюс 20%;
- стоимость электроэнергии: от минус 100% до плюс 20%;
- объем сэкономленной тепловой энергии: от минус 30% до плюс 150%;
- эксплуатационные расходы: от минус 100% до плюс 20%;
- стоимость тепловой энергии: от минус 30% до плюс 150%.

Влияние изменения всех пяти параметров на показатели эффективности реализации мероприятия повышения энергоэффективности представлено в таблице Приложения Г. Графическая интерпретация чувствительности чистого дисконтированного дохода к изменению всех пяти анализируемых параметров представлена на рисунке 3.3.1.

Таблица 3.3.1 Исходная информация для оценки чувствительности к изменяемым параметрам системы **тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности	
Год приведения		2017		
Ставка дисконтирования		5,0%		
Инвестиционные затраты	долл. США	235 005,87		
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,0968		
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659		
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	280,03		
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	81 419,0		
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	4 718,79 (один раз в пять лет)		
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	5 128,41		
Суммарный денежный поток за период	долл. США	5 128,41		
Чистый дисконтированный доход	долл. США	-179 958,08		более 0
Внутренняя норма доходности	%	-7,82%		выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		0,23		больше 1
Индекс прибыльности		-0,77		больше 0
Срок окупаемости простой	лет	45,82	не более 15 лет	
Срок окупаемости динамический	лет	113,11	не более 20 лет	

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

Из графиков (рисунок 3.3.1) следует, что чистая дисконтированная стоимость зависит от всех анализируемых параметров. Но, только рост на 125% объемов сэкономленной тепловой энергии или экономически обоснованных тарифов или же сокращение на 80% инвестиционных затрат позволит выйти на окупаемость этого мероприятия. То есть, для получения положительной экономической эффективности необходимо значительное изменение всех анализируемых параметров проекта.

Графическая интерпретация чувствительности динамического срока окупаемости и индекса рентабельности к изменению капитальных вложений, повышению производительности (росту тарифов на тепловую энергию), изменению стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов показаны на рисунках 3.3.2. и 3.3.3.

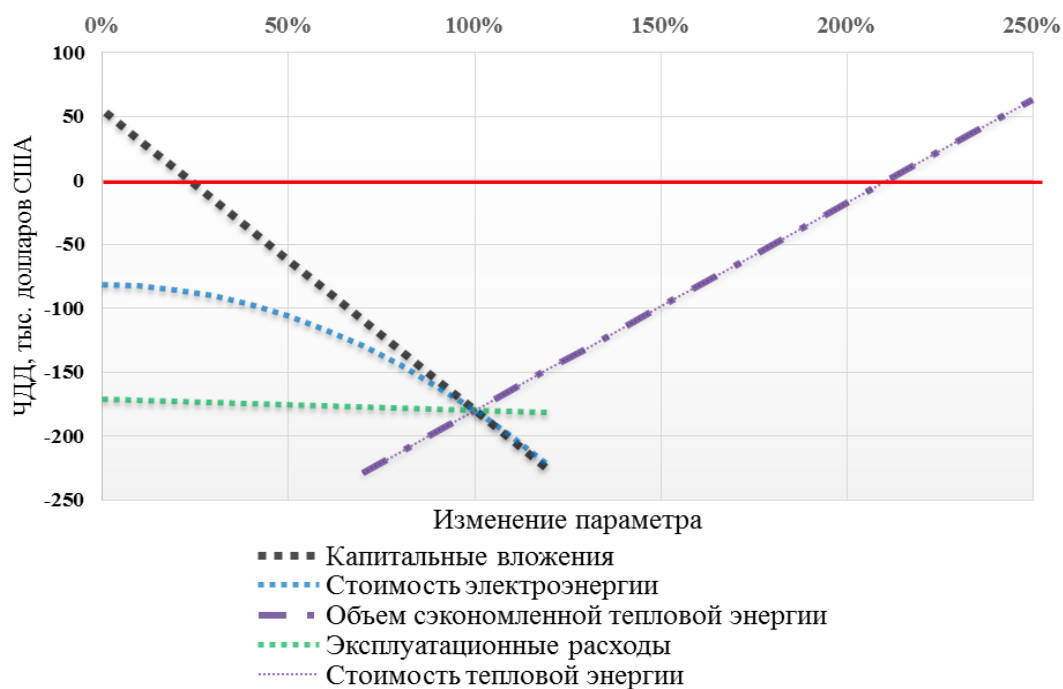


Рисунок 3.3.1 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на чистый дисконтированный доход.

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

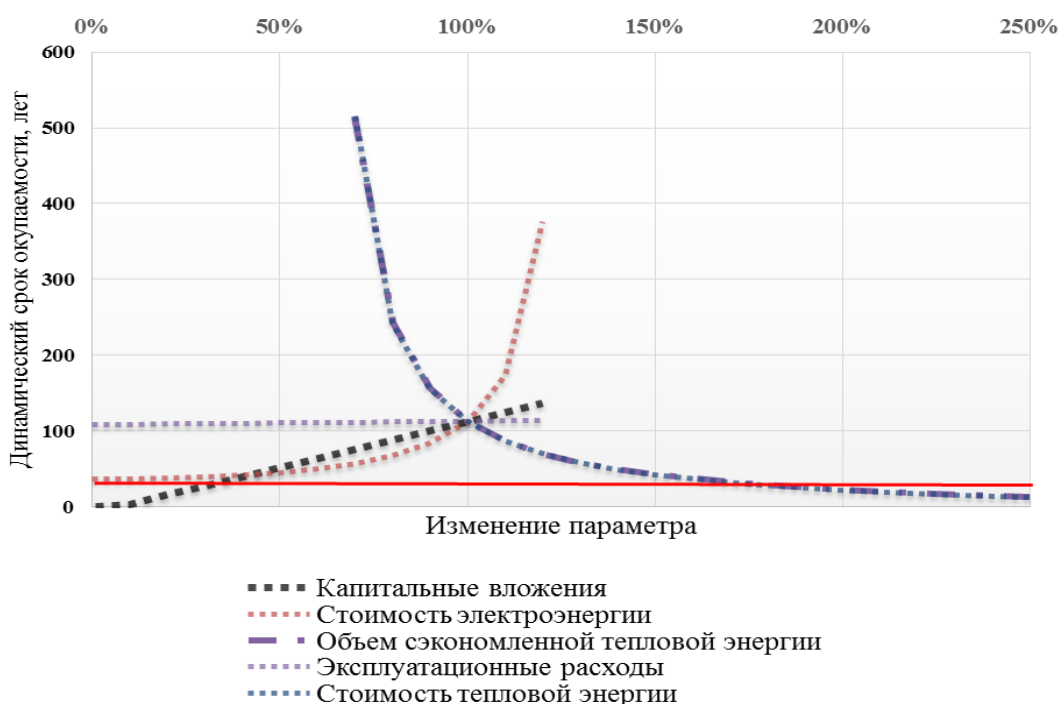


Рисунок 3.3.2 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на динамический срок окупаемости.

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

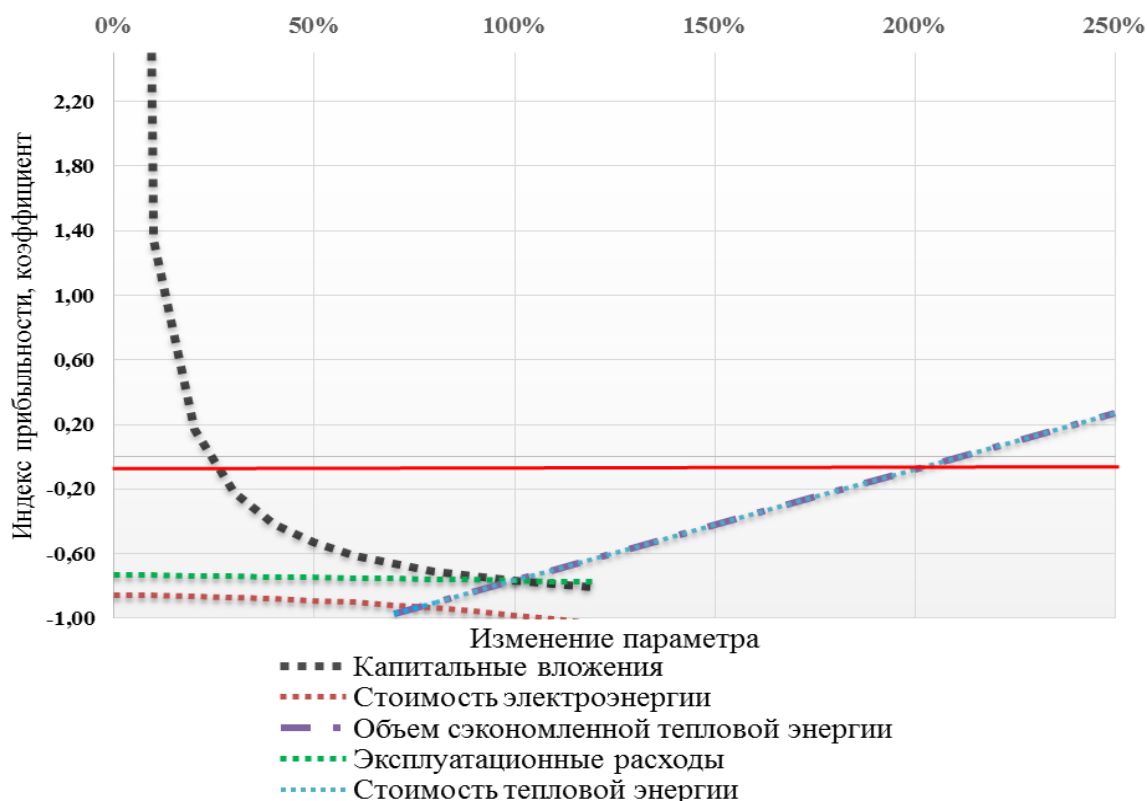


Рисунок 3.3.3 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на индекс рентабельности.

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

По графикам, представленным на рисунках 3.3.2 и 3.3.3 можно сделать вывод, что получение динамического срока окупаемости до 20 лет и положительного значения индекса прибыльности возможны при снижении капитальных вложений до 20% от существующих в проекте или же при росте экономии тепловой энергии (экономически-обоснованных тарифов на тепловую энергию) в 1,25 раза по отношению к данным, принятым в проекте.

3.4 Система тепловых насосов на фундаментных сваях

Система **тепловых насосов на фундаментных сваях** была установлена на жилом доме в г. Гродно. По итогам реализации проектной и строительной стадии получены фактические данные о единовременных затратах и рассчитана плановая производительность систем, что позволило оценить плановые показатели экономической эффективности этого мероприятия. Исходная информация, на основании которой оценивается чувствительность мероприятия к изменению отдельных параметров приведена в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 Исходная информация для оценки чувствительности к изменяемым параметрам системы **тепловых насосов на фундаментных сваях** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	
------------	----------	----------	--

Год приведения		2017	Критерии экономической эффективности	
Ставка дисконтирования		5,0%		
Инвестиционные затраты	долл. США	58 204,96		
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,0968		
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659		
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	41,84		
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	12 166,05		
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	362,80 (один раз в пять лет)		
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	766,31		
Суммарный денежный поток за период	долл. США	766,31		
Чистый дисконтированный доход	долл. США	-49 336,51		более 0
Внутренняя норма доходности	%	-10,73%		выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		0,15		больше 1
Индекс прибыльности		-0,85		больше 0
Срок окупаемости простой	лет	75,95		не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	190,82	не более 20 лет	

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

Оценка чувствительности показателей экономической эффективности установки системы тепловых насосов на фундаментных сваях выполнена в рамках однофакторного анализа изменения чистого дисконтированного дохода, простого и динамического срока окупаемости, внутренней нормы рентабельности и индекса прибыльности при изменении следующих параметров:

- капитальные вложения: от минус 99% до плюс 20%;
- стоимость электроэнергии: от минус 100% до плюс 20%;
- объем сэкономленной тепловой энергии: от минус 30% до плюс 250%;
- эксплуатационные расходы: от минус 100% до плюс 20%;
- стоимость тепловой энергии: от минус 30% до плюс 250%.

Влияние изменения всех пяти параметров на показатели эффективности реализации мероприятия повышения энергоэффективности представлено в таблице Приложения Д. Графическая интерпретация чувствительности чистого дисконтированного дохода к изменению всех пяти анализируемых параметров показана на рисунке 3.4.1.

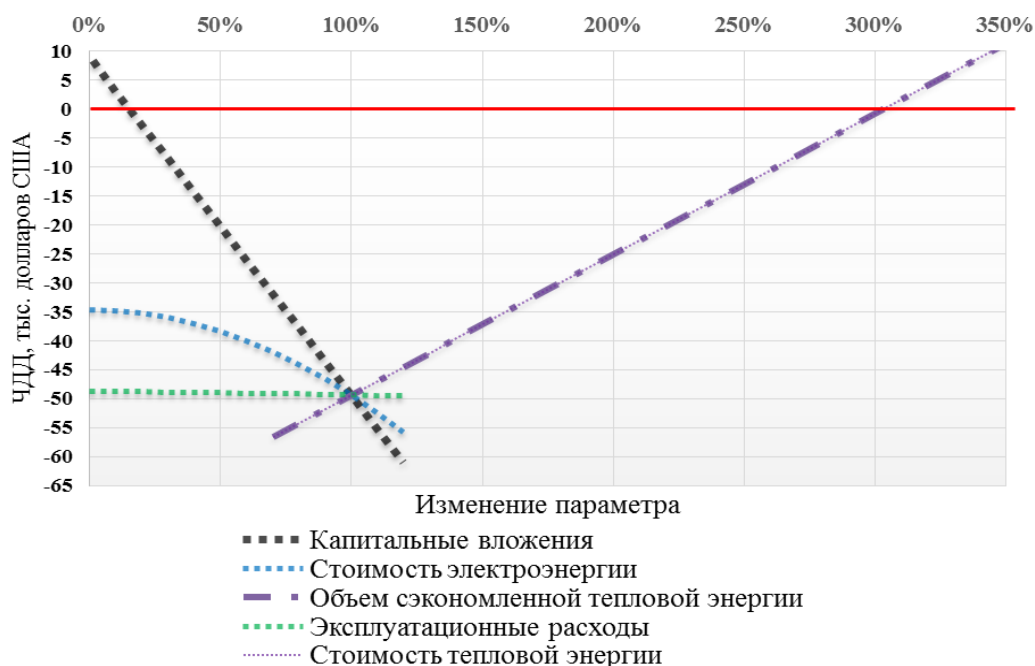


Рисунок 3.4.1 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности тепловых насосов на фундаментных сваях (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на чистый дисконтированный доход.

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

Анализ показывает, что чистая дисконтированная стоимость зависит от всех анализируемых параметров. Но только рост на 250% объемов сэкономленной тепловой энергии (или экономически обоснованных тарифов) или сокращение на 90% инвестиционных затрат позволяет выйти на окупаемость этого мероприятия. То есть, для выхода этого мероприятия на экономическую эффективность необходимо значительное изменение всех анализируемых параметров проекта.

Графическая интерпретация чувствительности динамического срока окупаемости и индекса рентабельности к изменению капитальных вложений, повышению производительности (росту тарифов на тепловую энергию), изменению стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов представлена на рисунках 3.4.2. и 3.4.3.

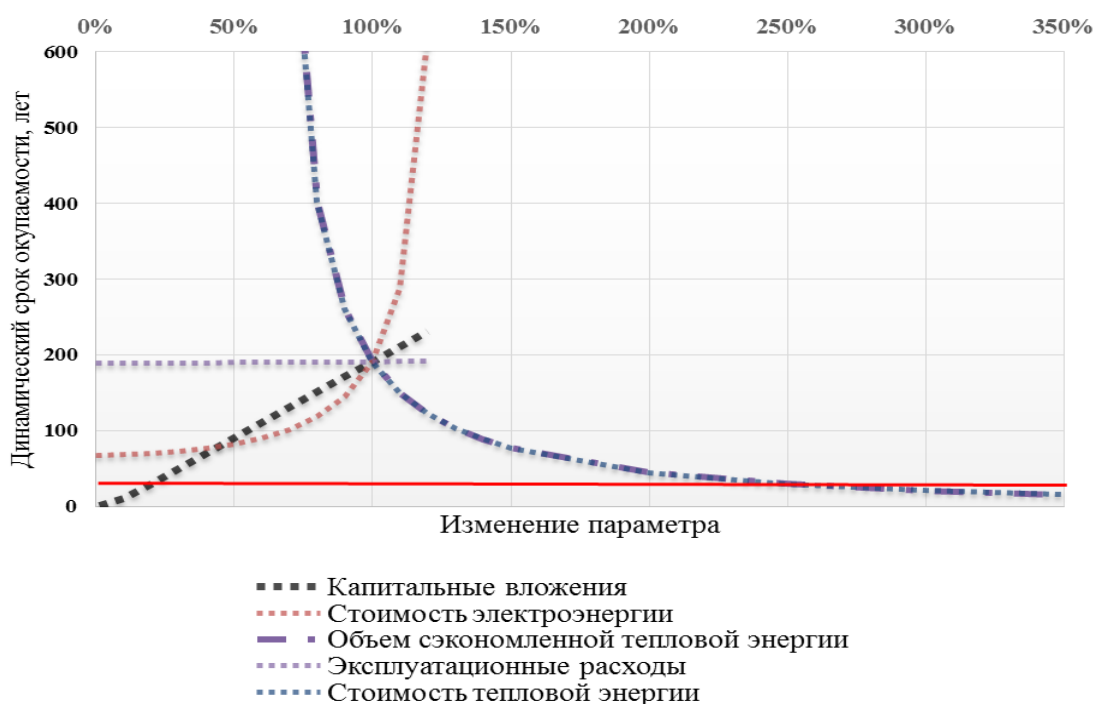


Рисунок 3.4.2 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности тепловых насосов на фундаментных сваях (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на динамический срок окупаемости.

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

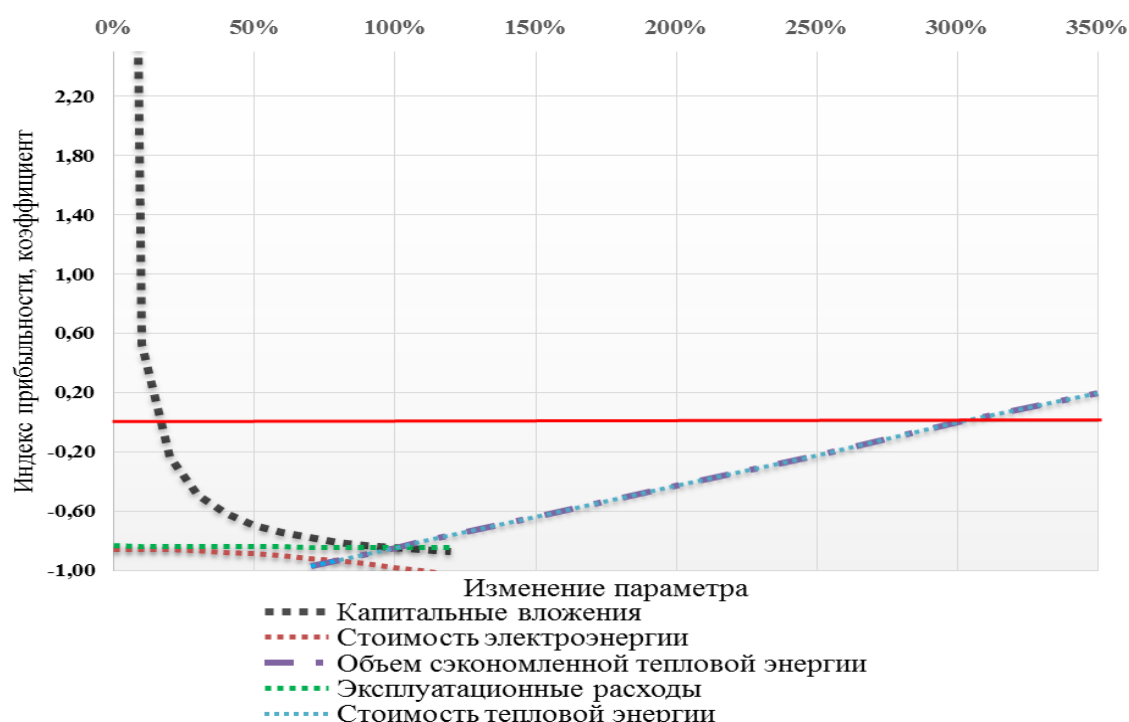


Рисунок 3.4.3 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности тепловых насосов на фундаментных сваях (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на индекс рентабельности.

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

Графическая зависимость, представленная на рисунках 3.4.2 и 3.4.3 также показывает, что достижение динамического срока окупаемости до 20 лет и получение положительного значения индекса прибыльности возможны при снижении капитальных вложений до 10% от существующих в проекте или же при росте экономии тепловой энергии (экономически-обоснованных тарифов на тепловую энергию) в 2,5 раза по отношению к данным, принятым в проекте.

3.5 Система утилизации серых стоков

Система утилизации тепла серых стоков была на трех жилых домах: в г. Гродно, г. Минске и г. Могилеве. По итогам реализации проектной и строительной стадии получены фактические данные о единовременных затратах и рассчитана плановая производительность систем, что позволило оценить плановые показатели экономической эффективности этого мероприятия. Для дальнейшего анализа чувствительности и динамики изменения показателей экономической эффективности по оптимистическому и пессимистическому сценариям, использованы данные по г. Минску, которые практически соответствуют среднему значению по трем реализованным объектам. Исходная информация, на основании которой оценивается чувствительность мероприятия к изменению отдельных параметров приведена в таблице 3.5.1.

Таблица 3.5.1 Исходная информация для оценки чувствительности к изменяемым параметрам системы утилизации тепла серых стоков для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения		
Год приведения		2017		
Ставка дисконтирования		5,0%		
Инвестиционные затраты	долл. США	37 292,84		
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,0968		
Тариф покупки тепловой энергии	Долл. США	46,4659		
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	115,14		
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	1577		
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	949,89		
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	5 197,56	Критерии экономической эффективности	
Суммарный денежный поток за период	долл. США	4 427,74		
Чистый дисконтированный доход	долл. США	15 642,42		более 0
Внутренняя норма доходности	%	9,55%		выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		1,42		больше 1
Индекс прибыльности		0,42		больше 0
Срок окупаемости простой	лет	8,78		не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	11,85		не более 20 лет

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

Система утилизации тепла серых стоков при определении экономической эффективности на основании экономически-обоснованных тарифов окупается в течение нормативного срока службы. Оценка чувствительности показателей экономической эффективности установки системы утилизации тепла серых стоков выполнена в рамках однофакторного анализа изменения чистого дисконтированного дохода, простого и динамического срока окупаемости, внутренней нормы рентабельности и индекса прибыльности для оценки потенциальных угроз снижения эффективности при изменении следующих параметров:

- капитальные вложения: от минус 50% до плюс 50%;
- стоимость электроэнергии: от минус 50% до плюс 50%;
- объем сэкономленной тепловой энергии: от минус 50% до плюс 50%;
- эксплуатационные расходы: от минус 50% до плюс 50%;
- стоимость тепловой энергии: от минус 50% до плюс 50%.

Влияние изменения всех пяти параметров на показатели эффективности реализации мероприятия повышения энергоэффективности представлено в таблице Приложения Е. Графическая интерпретация чувствительности чистого дисконтированного дохода к изменению всех пяти анализируемых параметров показана на рисунке 3.5.1.

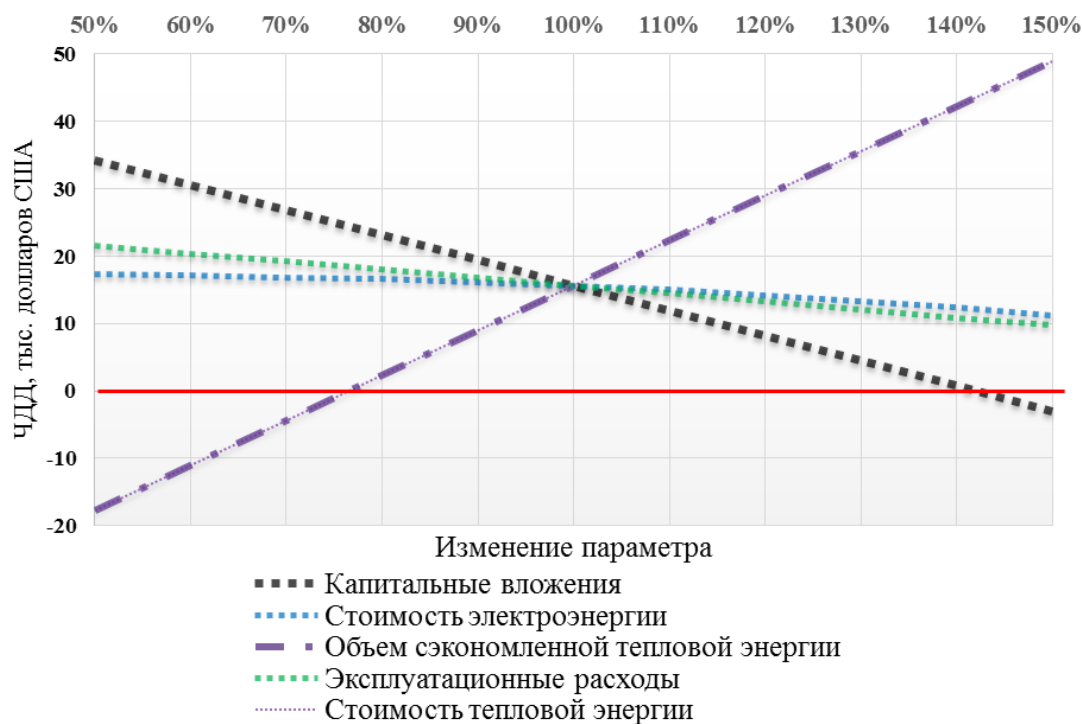


Рисунок 3.5.1 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы утилизации тепла серых стоков (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на чистый дисконтированный доход.

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

Анализ показывает, что чистая дисконтированная стоимость зависит от всех анализируемых параметров. Увеличение капиталовложений на 142%, сокращение объемов экономии тепловой энергии или экономически-обоснованных тарифов на тепловую энергию до 75% приведут к тому, что экономически система утилизации тепла серых

стоков станет не эффективной. То есть, у данного мероприятия есть запас прочности по всем анализируемым параметрам.

Графическая интерпретация чувствительности динамического срока окупаемости и индекса рентабельности к изменению капитальных вложений, повышению производительности (росту тарифов на тепловую энергию), изменению стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов показаны на рисунках 3.5.2. и 3.5.3.

Зависимость, представленная на рисунках 3.5.2 и 3.5.3 также показывает, что показатели экономической эффективности свидетельствуют о высокой чувствительности проекта с изменениями капитальных вложений, и к объемам, и стоимости сэкономленной тепловой энергии.

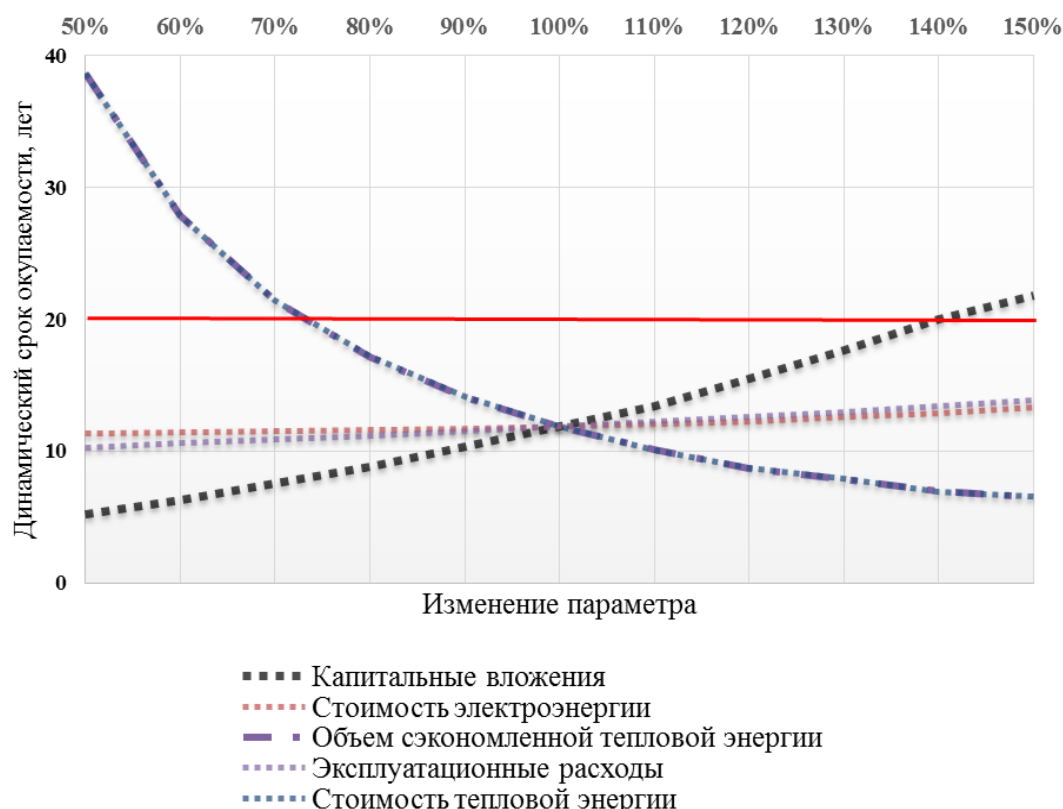


Рисунок 3.5.2 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы утилизации тепла серых стоков (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на динамический срок окупаемости.

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

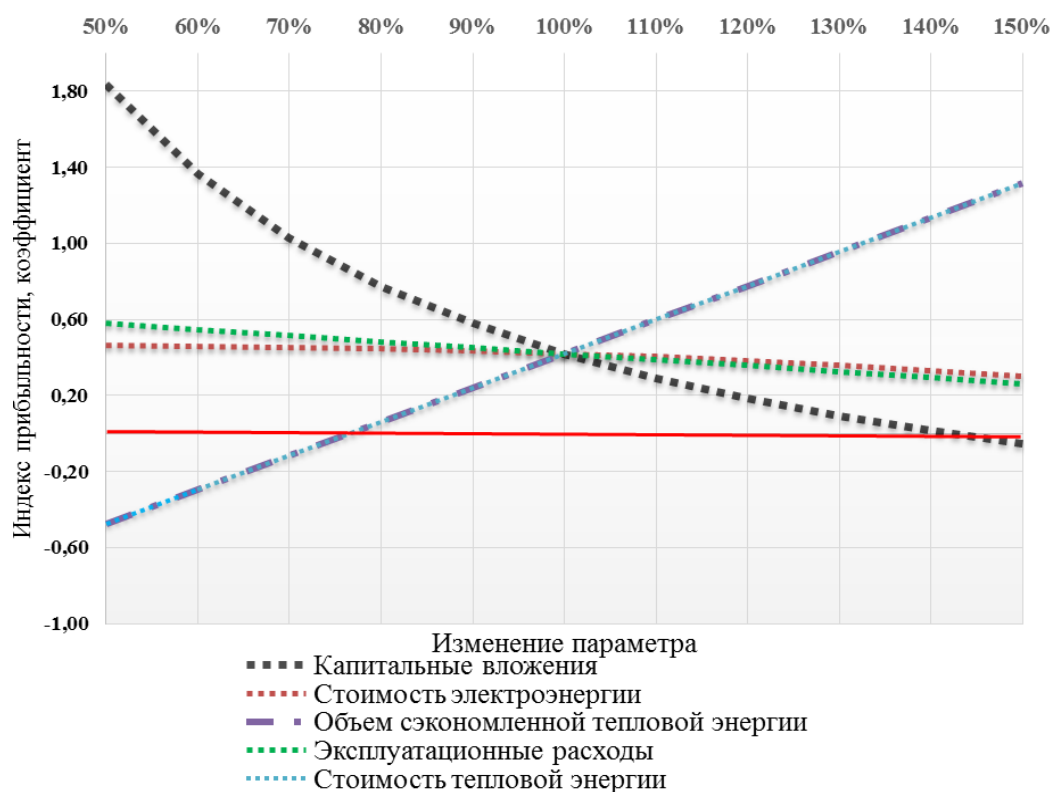


Рисунок 3.5.3 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы утилизации тепла серых стоков (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов на индекс рентабельности.

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

3.6 Система гелиоколлекторов

Система **гелиоколлекторов** была установлена на жилом доме в г. Могилеве. По итогам реализации проектной и строительной стадии получены фактические данные о одновременных затратах и рассчитана плановая производительность систем, что позволило оценить плановые показатели экономической эффективности этого мероприятия. Исходная информация, на основании которой оценивается чувствительность мероприятия к изменению отдельных параметров, приведена в таблице 3.6.1.

Оценка чувствительности показателей экономической эффективности установки системы гелиоколлекторов выполнена в рамках однофакторного анализа изменения чистого дисконтированного дохода, простого и динамического срока окупаемости, внутренней нормы рентабельности и индекса прибыльности при изменении следующих параметров:

- капитальные вложения: от минус 99% до плюс 20%;
- стоимость электроэнергии: от минус 100% до плюс 20%;
- объем сэкономленной тепловой энергии: от минус 30% до плюс 150%;
- стоимость тепловой энергии: от минус 30% до плюс 150%.

Влияние изменения четырех параметров на показатели эффективности реализации мероприятия повышения энергоэффективности представлено в таблице Приложения Ж.

Таблица 3.6.1 Исходная информация для оценки чувствительности к изменяемым параметрам системы **гелиоколлекторов** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности	
Год приведения		2017		
Ставка дисконтирования		5,0%		
Инвестиционные затраты	долл. США	300 171,00		
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,0968		
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659		
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	214,10		
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	7 008,00		
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США			
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	9 269,86		
Суммарный денежный поток за период	долл. США	9 269,86		
Чистый дисконтированный доход	долл. США	-184 648,02		более 0
Внутренняя норма доходности	%	-4,21%		выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		0,38		больше 1
Индекс прибыльности		-0,62		больше 0
Срок окупаемости простой	лет	32,38	не более 15 лет	
Срок окупаемости динамический	лет	72,85	не более 20 лет	

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

Графическая интерпретация чувствительности чистого дисконтированного дохода к изменению всех четырех анализируемых параметров показана на рисунке 3.6.1.

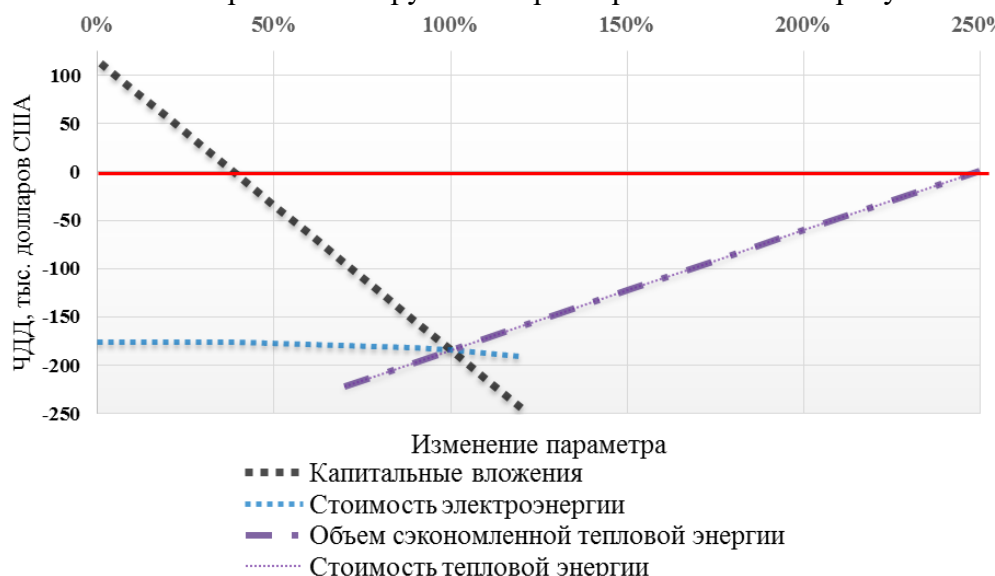


Рисунок 3.6.1 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы гелиоколлекторов (роста тарифов на тепловую энергию) и изменения стоимости электроэнергии на чистый дисконтированный доход.

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

Анализ показывает, что чистая дисконтированная стоимость зависит от всех анализируемых параметров. Но только рост на 125% объемов сэкономленной тепловой энергии или экономически обоснованных тарифов или сокращение на 60% инвестиционных затрат позволяет выйти на окупаемость этого мероприятия. То есть, для выхода этого мероприятия на экономическую эффективность необходимо значительное изменение всех анализируемых параметров проекта.

Графическая интерпретация чувствительности динамического срока окупаемости и индекса рентабельности к изменению капитальных вложений, повышению производительности (росту тарифов на тепловую энергию), изменению стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов представлена на рисунках 3.6.2. и 3.6.3.

Зависимость, представленная на рисунках 3.6.2 и 3.6.3 также показывает, что достижение динамического срока окупаемости в период до 20 лет и получение положительного значения индекса прибыльности возможны при снижении капитальных вложений до 40% от существующих в проекте или же при росте экономии тепловой энергии (экономически-обоснованных тарифов на тепловую энергию) в 1,25 раза по отношению к данным, принятым в проекте.

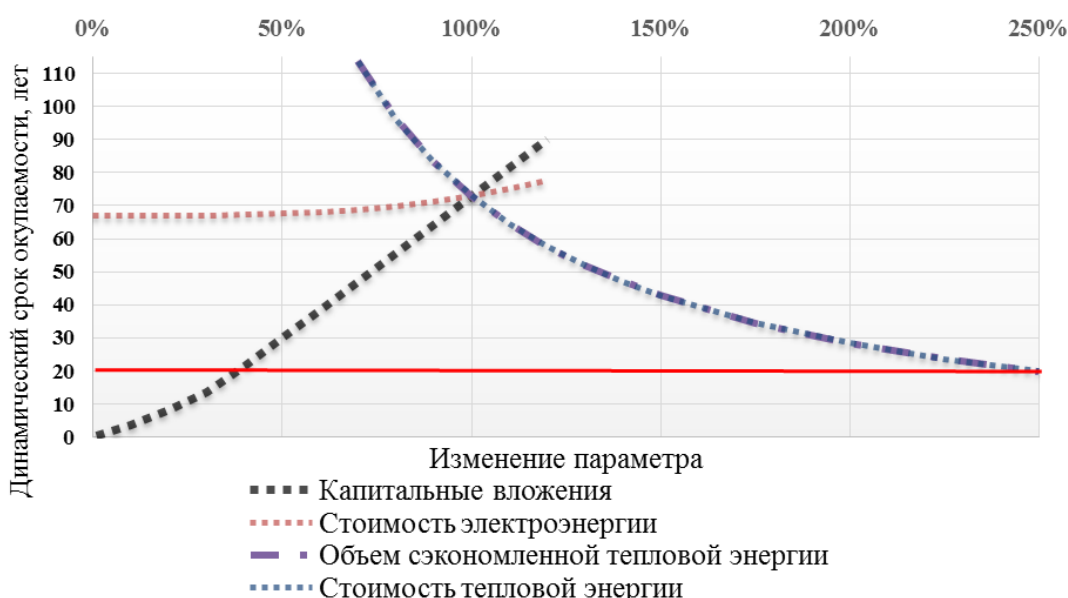


Рисунок 3.6.2 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы гелиоколлекторов (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии на Динамический срок окупаемости.

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

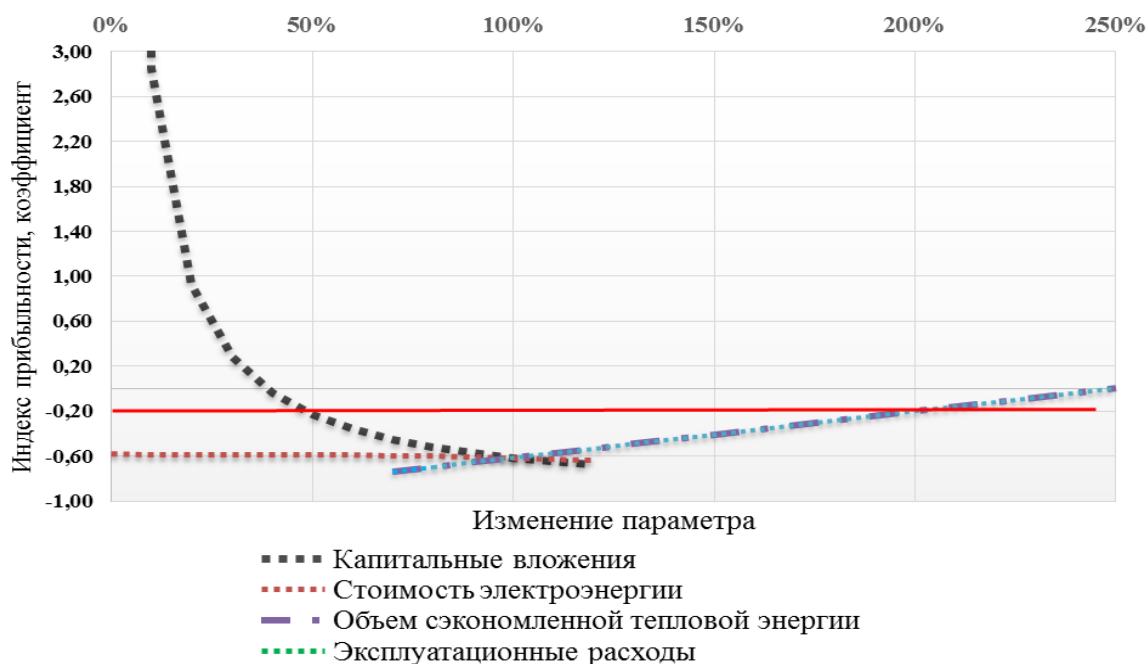


Рисунок 3.6.3 – Влияние изменения капитальных вложений, повышения производительности системы гелиоколлекторов (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии на Индекс рентабельности.

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

4. Оценка экономических показателей для инженерных систем и рекомендации относительно тарифной политики

4.1 Система приточно-вытяжной вентиляции

Учитывая данные анализа чувствительности, выполненные в разделе 3, рассмотрим различные сценарии изменения экономической эффективности использования системы приточно-вытяжной вентиляции при разных сценариях развития тарифной политики.

Основными факторами, влияющими на экономическую эффективность системы приточно-вытяжной вентиляции, являются капитальные вложения, объемы экономии тепловой энергии, расходы на смену фильтров, хладоносителя, эксплуатационные расходы и тарифы, по которым реализуется тепловая и электрическая энергия. Пессимистический и оптимистический сценарии изменения каждого анализируемого параметра представлены на рисунке 4.1.1.

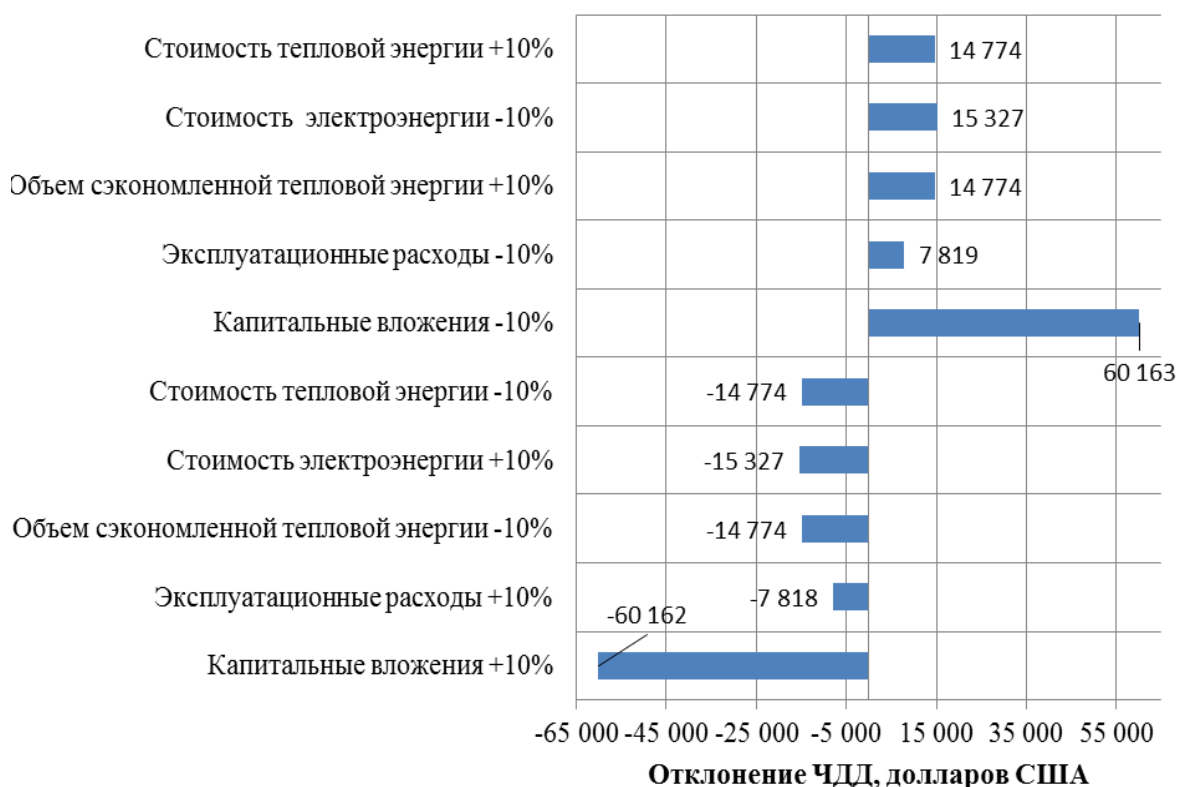


Рисунок 4.1.1 – Влияние изменения на 10% капитальных вложений, повышения производительности системы приточно-вытяжной вентиляции (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов **на величину чистого дисконтированного дохода.**

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

Анализируя значения, представленные на рисунке 4.1.1, следует отметить, что изменение на 10% величин капитальных затрат оказывает самое сильное влияние на экономическую эффективность. Изменение на 10% всех других анализируемых параметров этого мероприятия оказывает практически одинаковое влияние на величину чистого дисконтированного дохода. Из этого следует, что снижение инвестиционных затрат должно стать первым направлением оптимизации данного проектного решения.

Учитывая полученный при строительстве экспериментальных объектов опыт и постоянное развитие технологий производства и монтажа оборудования и конструкций, при повторной реализации проекта можно оптимизировать параметры проекта до значений, представленных в таблице 4.1.

Графическая интерпретация вышеуказанного сценария по трем тарифам на тепловую энергию (субсидируемому, экономически-обоснованному и европейскому) при условии оплаты электрической энергии по субсидируемому тарифу представлена на рисунке 4.1.2.

Таблица 4.1. Оптимизированные параметры реализации проекта системы **приточно-вытяжной вентиляции** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности
Год приведения		2017	
Ставка дисконтирования		3,0%	минус 2% стабилизация кредитно-денежной политики
Инвестиционные затраты	долл. США	300 812,31	минус 50% снижение стоимости оборудования, строительно-монтажных, проектно-изыскательских и пуско-наладочных работ
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,056	минус 42,14% приобретение электроэнергии по субсидируемым тарифам, предусмотренным для льготирования «зеленой экономики»
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	73,39	плюс 57,94% тариф на тепловую энергию в европейских странах
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	382,70	плюс 50% повышения эффективности работы системы
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	30 243,50	минус 50% повышения эффективности работы системы
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	3 136,88	минус 50% развитие сервиса и увеличение объемов продаж
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	14 854,33	
Суммарный денежный поток за период	долл. США	11 717,44	
Чистый дисконтированный доход	долл. США	- 108 005,13	должен быть более 0
Внутренняя норма доходности	%	0,64	должен быть выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		0,64	должен быть больше 1
Индекс прибыльности		-0,36	должен быть больше 0
Срок окупаемости простой	лет	23,21	должен быть не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	35,05	должен быть не более 20 лет

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

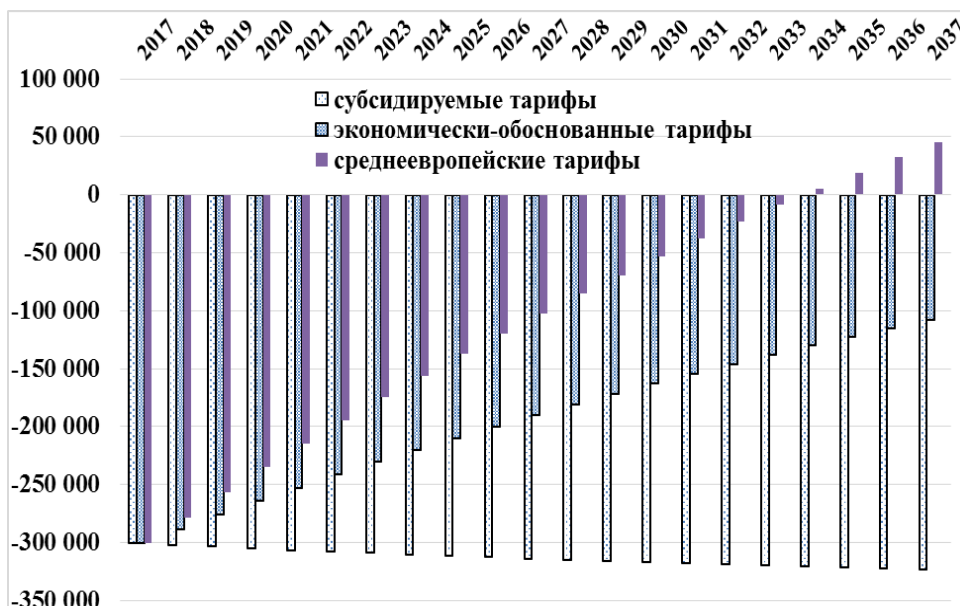


Рисунок 4.1.2 – Влияние тарифов на динамический срок окупаемости системы приточно-вытяжной вентиляции для жилого здания при снижении инвестиционных затрат, ставки дисконтирования, увеличении производительности и снижении энергопотребления, долларов США

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

Таким образом, снижение инвестиционных затрат на 50%, ставки дисконтирования до 3%, объема экономии тепловой энергии и сокращения энергопотребления и эксплуатационных расходов на 50% позволяет окупить инвестиции в систему приточно-вытяжной вентиляции при условии оплаты тепловой энергии по европейскому тарифу 73,39 доллара за Гкал, а электрической энергии по 0,056 доллара за кВт-час.

Еще одним направлением повышения показателей экономической эффективности реализации энергоэффективных мероприятий является увеличение срока эксплуатации систем на срок более 20 лет.

4.2 Система солнечной фотоэлектрической станции для жилого здания

Учитывая данные анализа чувствительности, выполненные в разделе 3, рассмотрим различные сценарии изменения экономической эффективности использования системы фотоэлектрической станции при разных сценариях развития тарифной политики.

Основными параметрами, влияющими на экономическую эффективность системы солнечной фотоэлектрической станции, являются капитальные вложения, объемы выработки электрической энергии и тарифы, по которым она реализуется. Пессимистический и оптимистический сценарии изменения каждого фактора представлены на рисунке 4.2.1.

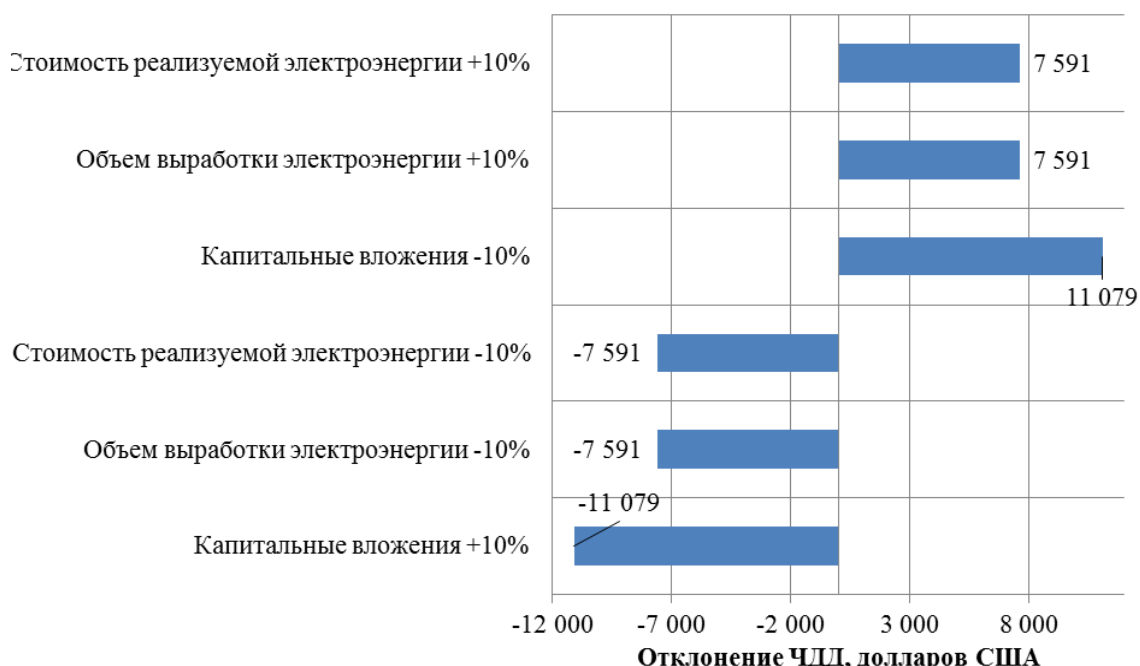


Рисунок 4.2.1 – Влияние изменения на 10% капитальных вложений, объема выработки электроэнергии или стоимости продаваемой электроэнергии **на величину чистого дисконтированного дохода.**

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

Анализируя значения, представленные на рисунке 4.2.1, следует отметить, что изменение на 10% капитальных затрат оказывает более сильное значение на экономическую эффективность, чем изменение на 10% объемов или стоимости реализации электроэнергии.

По мнению экспертов, учитывая полученный при строительстве экспериментальных объектов опыт и постоянное развитие технологий производства и монтажа конструкций, при повторной реализации проекта можно оптимизировать параметры проекта до значений, представленных в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Оптимизированные параметры реализации проекта системы **солнечной фотоэлектрической станции** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности
Год приведения		2017	
Ставка дисконтирования		3,0%	минус 2% стабилизация кредитно-денежной политики
Инвестиционные затраты	долл. США	85 885	минус 22,5% снижение стоимости оборудования, строительно-монтажных, проектно-изыскательских и пуско-наладочных работ

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,10019	плюс 3,5% приобретение электроэнергии по повышенным тарифам, предусмотренным для объектов «зеленой экономики»
Объем выработки электроэнергии*	кВт-час	68 000,00	
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	0,00	
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	0,00	
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	3 791,06	
Суммарный денежный поток за период	долл. США	3 791,06	
Чистый дисконтированный доход	долл. США	8 916,62	должен быть более 0
Внутренняя норма доходности	%	4,13%	должен быть выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		1,10	должен быть больше 1
Индекс прибыльности		0,10	должен быть больше 0
Срок окупаемости простой	лет	12,39	должен быть не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	17,19	должен быть не более 20 лет

*– Расчетное значение производительности в первый год эксплуатации. В расчете принято снижение производительности фотоэлектрической станции каждый год на 1%;

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

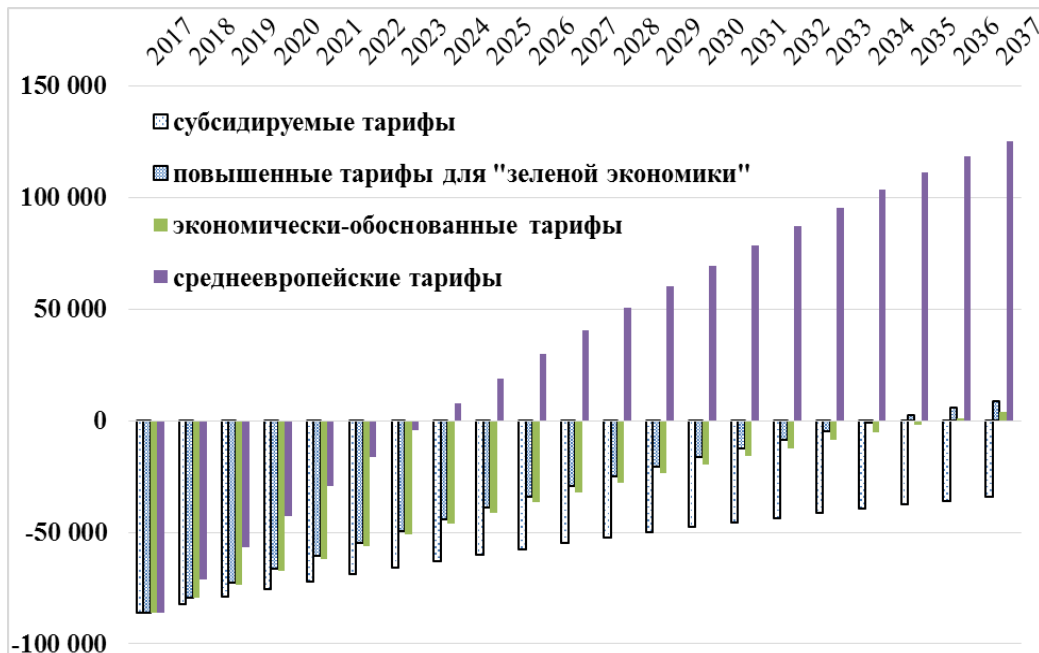


Рисунок 4.2.2 – Влияние тарифов на электрическую энергию на динамический срок окупаемости системы солнечной фотоэлектрической станции для жилого здания при снижении инвестиционных затрат и ставки дисконтирования, долларов США

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

Таким образом, снижение инвестиционных затрат на 22,5% и ставки дисконтирования до 3% позволит окупить инвестиции в системы солнечной фотоэлектрической станции для жилого здания при всех вариантах тарифной политики, кроме оплаты электроэнергии по субсидируемому тарифу. Увеличение тарифа на электроэнергию до величины 0,2274 доллара за 1 кВт-ч, позволяет окупить затраты за 6,35 лет, даже с учетом дисконтирования.

4.3 Система тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков

Учитывая данные анализа чувствительности, выполненные в разделе 3, рассмотрим различные сценарии изменения экономической эффективности использования системы тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков при разных сценариях развития тарифной политики.

Основными факторами, влияющими на экономическую эффективность системы тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков, являются капитальные вложения, стоимость электроэнергии, объемы экономии тепловой энергии. Расходы на смену хладоносителя, эксплуатационные расходы не оказывают значительного влияния на показатели экономической эффективности, хотя, конечно, важны для эксплуатации. Пессимистический и оптимистический сценарии изменения каждого анализируемого параметра представлены на рисунке 4.3.1.

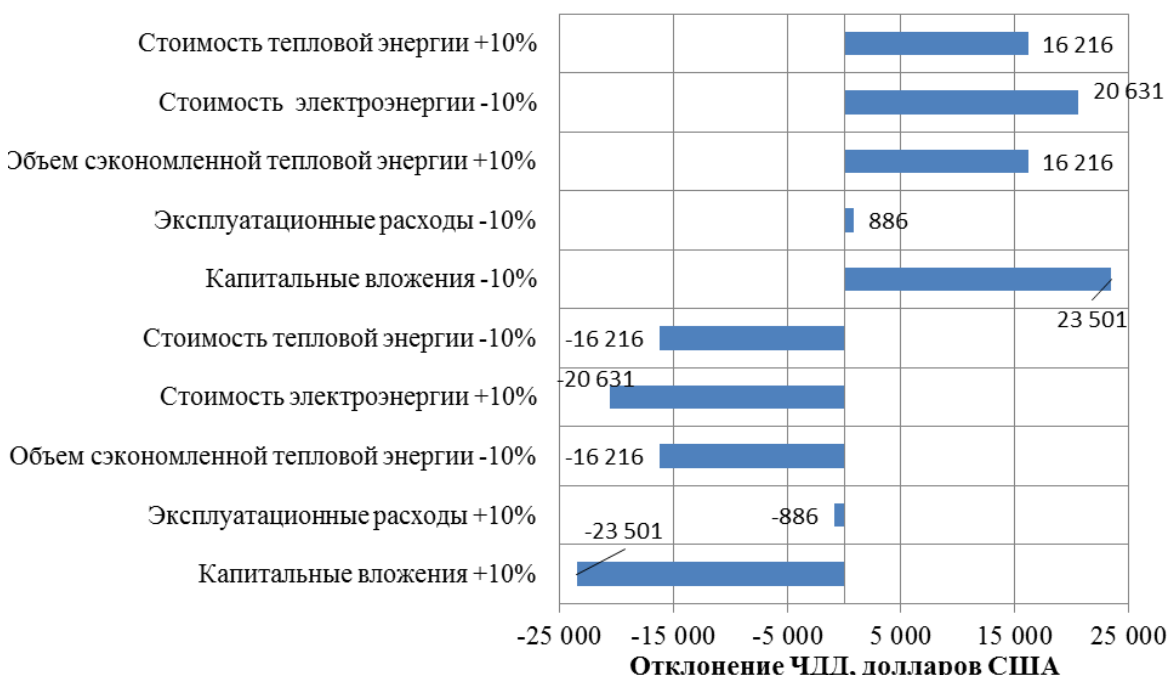


Рисунок 4.3.1 – Влияние изменения на 10% капитальных вложений, повышения производительности **тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков** (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов **на величину чистого дисконтированного дохода**.

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

Анализируя значения, представленные на рисунке 4.3.1, следует отметить, что изменение на 10% практически всех затрат, кроме эксплуатационных, имеет сильное

влияние на экономическую эффективность. Поэтому оптимизация всех затрат должна определять направления оптимизации данного проектного решения.

Учитывая полученный при строительстве экспериментальных объектов опыт и постоянное развитие технологий производства и монтажа оборудования и конструкций, при повторной реализации проекта можно оптимизировать параметры проекта до значений, представленных в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Оптимизированные параметры реализации проекта системы **тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности
Год приведения		2017	
Ставка дисконтирования		3,0%	минус 2% стабилизация кредитно-денежной политики
Инвестиционные затраты	долл. США	164 504,11	минус 30% снижение стоимости оборудования, строительно-монтажных, проектно-изыскательских и пуско-наладочных работ
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,056	минус 42,14% приобретение электроэнергии по субсидируемым тарифам, предусмотренным для льготирования «зеленой экономики»
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659	плюс 57,94% экономически-обоснованный тариф
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	336,04	плюс 20% повышения эффективности работы системы
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	56 993,27	минус 30% повышения эффективности работы системы
Годовые эксплуатационные затраты (1 раз в пять лет)	долл. США	3 302,94	минус 30% развитие сервиса и увеличение объемов продаж
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	10 095,79	
Суммарный денежный поток за период	долл. США	10 095,79	
Чистый дисконтированный доход	долл. США	13 096,35	должен быть более 0
Внутренняя норма доходности	%	3,84	должен быть выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		1,08	должен быть больше 1
Индекс прибыльности		0,08	должен быть больше 0
Срок окупаемости простой	лет	13,23	должен быть не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	18,10	должен быть не более 20 лет

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

Графическая интерпретация этого сценария по трем тарифам на тепловую энергию (субсидируемому, экономически-обоснованному и европейскому) при условии оплаты электрической энергии по субсидируемому тарифу представлена на рисунке 4.3.2.

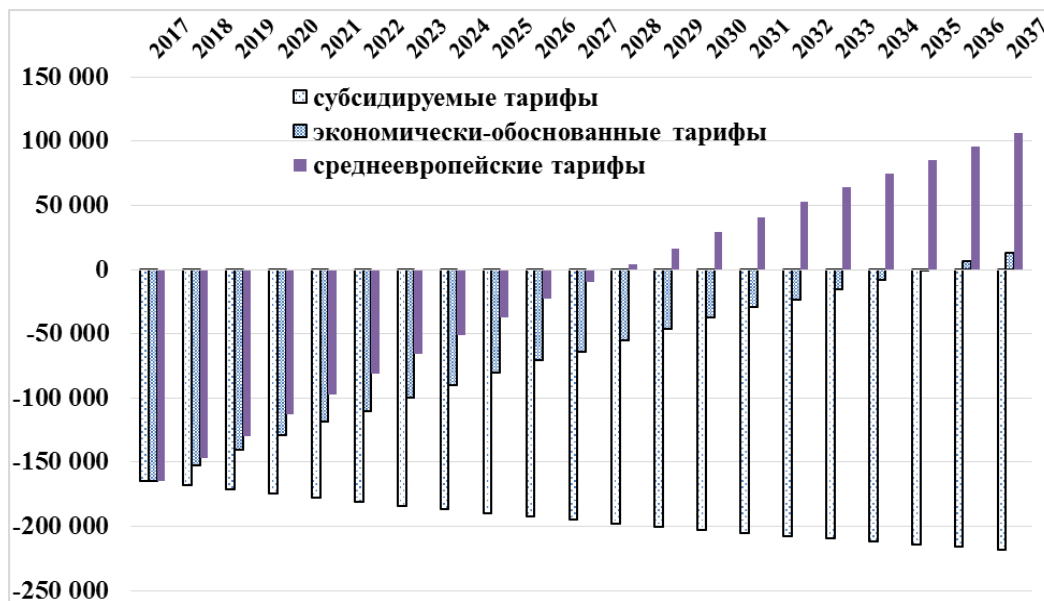


Рисунок 4.3.2 – Влияние тарифов на динамический срок окупаемости **системы тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков** при снижении инвестиционных затрат, ставки дисконтирования, увеличении производительности и снижении энергопотребления, долларов США.

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

Таким образом, снижение инвестиционных затрат на 30%, ставки дисконтирования до 3%, объема экономии тепловой энергии на 20%, сокращения энергопотребления и эксплуатационных расходов на 30% позволяет окупить инвестиции в систему тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков при условии оплаты тепловой энергии по экономически-обоснованному тарифу 46,4659 доллара за Гкал, а электрической энергии по 0,056 доллара за кВт-час.

Применение субсидируемых тарифов не позволяет окупить инвестиции, даже при экономии всех других затрат.

4.4 Система тепловых насосов на фундаментных сваях

Учитывая данные анализа чувствительности, выполненные в разделе 3, рассмотрим различные сценарии изменения экономической эффективности использования системы тепловых насосов на фундаментных сваях при разных сценариях развития тарифной политики.

Основными факторами, влияющими на экономическую эффективность системы тепловых насосов на фундаментных сваях, являются капитальные вложения. В два раза менее чувствительны показатели экономической эффективности к значениям стоимости электроэнергии, объемам экономии тепловой энергии. Расходы на смену хладоносителя, эксплуатационные расходы не оказывают значительного влияния на показатели

экономической эффективности, хотя, конечно, важны для эксплуатации. Пессимистический и оптимистический сценарии изменения каждого анализируемого параметра представлены на рисунке 4.4.1.

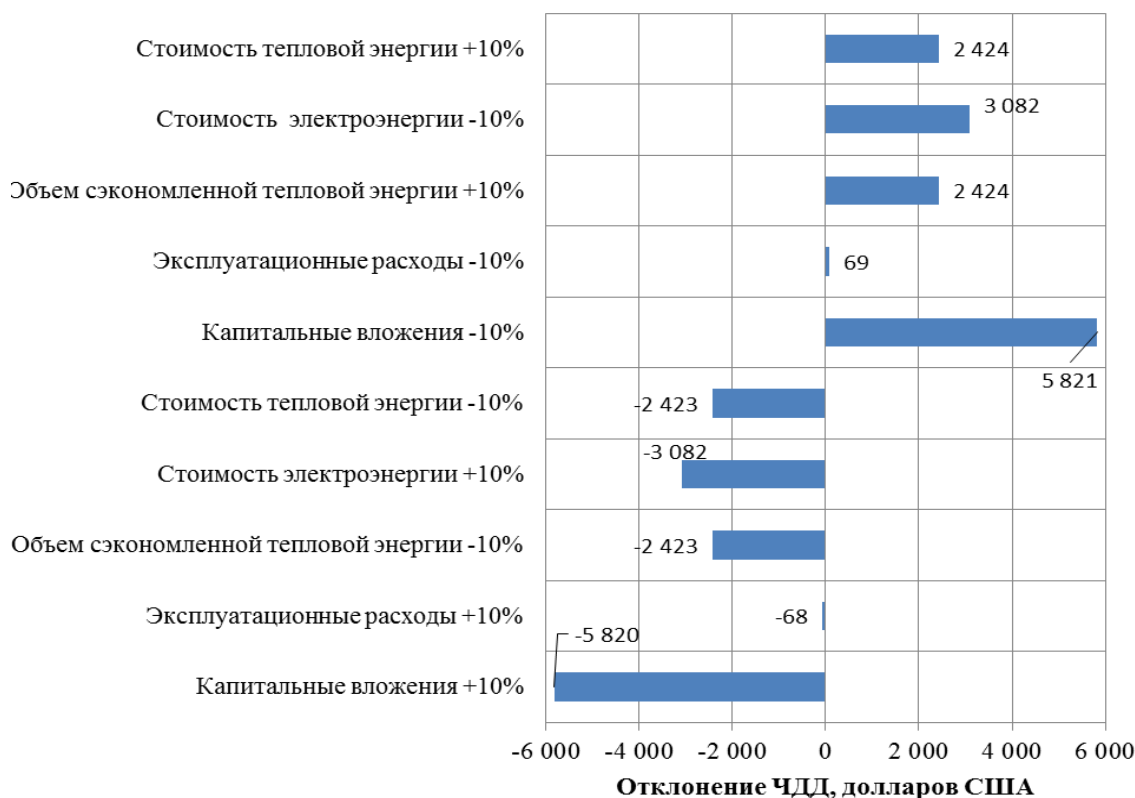


Рисунок 4.4.1 – Влияние изменения на 10% капитальных вложений, повышения производительности **тепловых насосов на фундаментных сваях** (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов **на величину чистого дисконтированного дохода**

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

Анализируя значения, представленные на рисунке 4.4.1, следует отметить, что изменение на 10% практически всех затрат, кроме эксплуатационных, оказывает значительное влияние на экономическую эффективность. Поэтому оптимизация всех затрат должна определять направления оптимизации этого проектного решения.

Учитывая полученный при строительстве экспериментальных объектов опыт и постоянное развитие технологий производства и монтажа оборудования и конструкций, при повторной реализации проекта можно оптимизировать параметры проекта до значений, представленных в таблице 4.4.

Графическая интерпретация этого сценария по трем тарифам на тепловую энергию (субсидируемому, экономически-обоснованному и европейскому) при условии оплаты электрической энергии по субсидируемому тарифу представлена на рисунке 4.4.2.

Таблица 4.4. Оптимизированные параметры реализации проекта системы **тепловых насосов на сваях** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности
Год приведения		2017	
Ставка дисконтирования		3,0%	минус 2% стабилизация кредитно-денежной политики
Инвестиционные затраты	долл. США	34 922,98	минус 40% снижение стоимости оборудования, строительно-монтажных, проектно-изыскательских и пуско-наладочных работ
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,056	минус 42,14% приобретение электроэнергии по субсидируемым тарифам, предусмотренным для льготирования «зеленой экономики»
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659	плюс 57,94% экономически-обоснованный тариф
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	58,58	плюс 40% повышения эффективности работы системы
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	6083,03	минус 50% повышения эффективности работы системы
Годовые эксплуатационные затраты (1 раз в пять лет)	долл. США	181,40	минус 50% развитие сервиса и увеличение объемов продаж
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	2 133,02	
Суммарный денежный поток за период	долл. США	2 133,02	
Чистый дисконтированный доход	долл. США	120,31	должен быть более 0
Внутренняя норма доходности	%	3,04	должен быть выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		1,003	должен быть больше 1
Индекс прибыльности		0,003	должен быть больше 0
Срок окупаемости простой	лет	14,66	должен быть не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	19,91	должен быть не более 20 лет

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

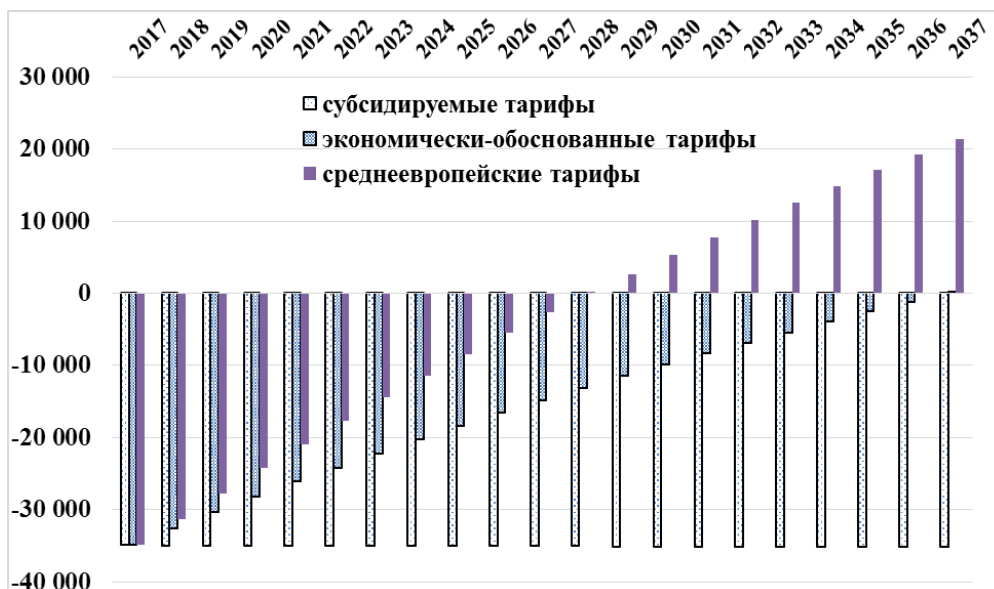


Рисунок 4.4.2 – Влияние тарифов на динамический срок окупаемости системы тепловых насосов на фундаментных сваях при снижении инвестиционных затрат, ставки дисконтирования, увеличении производительности и снижении энергопотребления, долларов США.

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

Таким образом, снижение инвестиционных затрат на 40%, ставки дисконтирования до 3%, объема экономии тепловой энергии на 40%, сокращения энергопотребления и эксплуатационных расходов на 50% позволяет окупить инвестиции в систему тепловых насосов на фундаментных сваях при условии оплаты тепловой энергии по экономически-обоснованному тарифу 46,4659 доллара за Гкал, а электрической энергии по 0,056 доллара за кВт-час.

Применение субсидируемых тарифов не позволяет окупить инвестиции, даже при экономии всех других затрат.

4.5 Система утилизации серых стоков

Учитывая данные анализа чувствительности, выполненные в разделе 3, рассмотрим различные сценарии изменения экономической эффективности использования системы утилизации тепла серых стоков при разных сценариях развития тарифной политики.

Основными факторами, влияющими на экономическую эффективность системы утилизации серых стоков, в отличие от всех других мероприятий, реализованных проектом ПРООН-ГЭФ являются объемы экономии тепловой энергии и стоимость тепловой энергии. К величине капитальных вложений чувствительность в два раза ниже. Стоимость электроэнергии и затраты на эксплуатацию (промывку системы утилизации серых стоков) не оказывают существенного влияния на динамику экономической эффективности этого мероприятия.

Пессимистический и оптимистический сценарии изменения каждого анализируемого параметра представлены на рисунке 4.5.1.

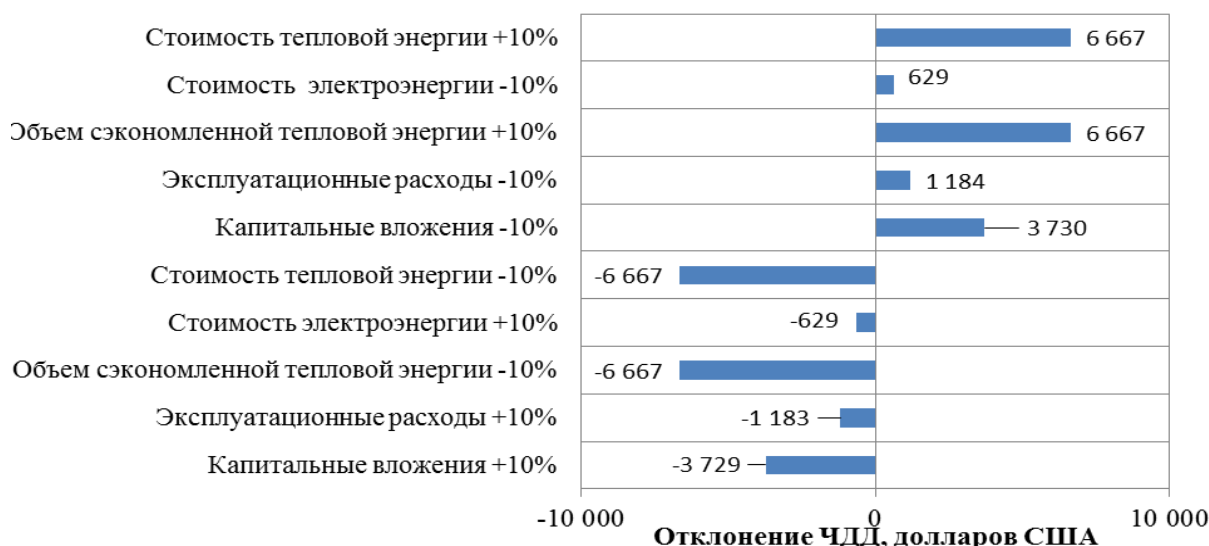


Рисунок 4.5.1 – Влияние изменения на 10% капитальных вложений, повышения производительности **системы утилизации тепла серых стоков** (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии и эксплуатационных расходов **на величину чистого дисконтированного дохода**

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

Анализируя значения, представленные на рисунке 4.5.1 следует отметить, что данное проектное решение при оптимизации параметров сможет окупаться и быстрее, чем за 10 лет.

Учитывая полученный при строительстве экспериментальных объектов опыт и постоянное развитие технологий производства и монтажа оборудования и конструкций, при повторной реализации проекта можно оптимизировать параметры проекта до значений, представленных в таблице 4.5.

Графическая интерпретация этого сценария по трем тарифам на тепловую энергию (субсидируемому, экономически-обоснованному и европейскому) при условии оплаты электрической энергии по субсидируемому тарифу представлена на рисунке 4.5.2.

Таблица 4.5. Оптимизированные параметры реализации проекта системы **утилизации тепла серых стоков** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности
Год приведения		2017	
Ставка дисконтирования		3,0%	минус 2% стабилизация кредитно-денежной политики
Инвестиционные затраты	долл. США	33 563,56	минус 10% снижение стоимости оборудования, строительно-монтажных, проектно-изыскательских и пуско-наладочных работ

Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,056	минус 42,14% приобретение электроэнергии по субсидируемым тарифам, предусмотренным для льготирования «зеленой экономики»
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659	плюс 57,94% экономически-обоснованный тариф
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	115,14	без изменения
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	1261,60	минус 20% повышения эффективности работы системы
Годовые эксплуатационные затраты	долл. США	759,51	минус 20% оптимизация процесса промывки
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	5 228,09	
Суммарный денежный поток за период	долл. США	4 468,18	
Чистый дисконтированный доход	долл. США	33 682,61	должен быть более 0
Внутренняя норма доходности	%	12,09%	должен быть выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		2,00	должен быть больше 1
Индекс прибыльности		1,00	должен быть больше 0
Срок окупаемости простой	лет	7,43	должен быть не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	8,40	должен быть не более 20 лет

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

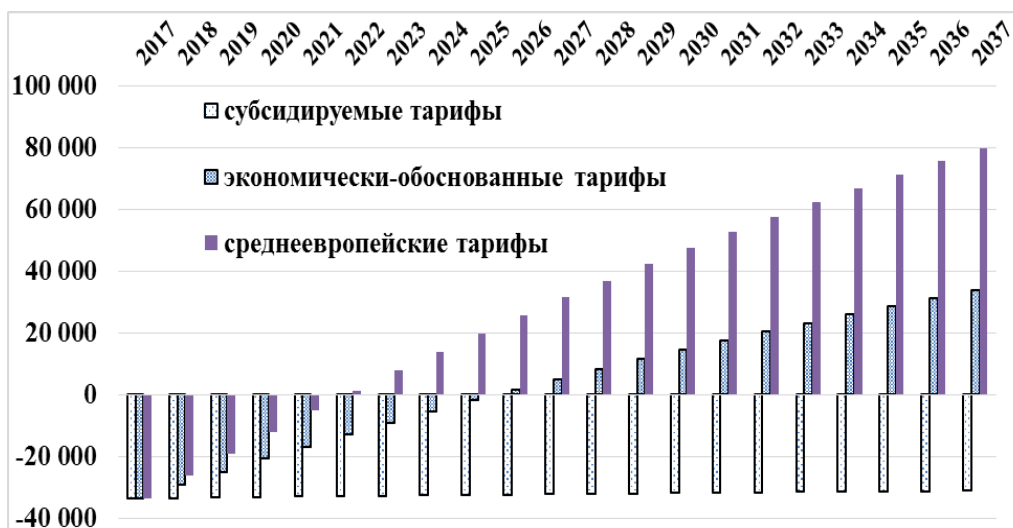


Рисунок 4.5.2 – Влияние тарифов на динамический срок окупаемости системы утилизации тела серых стоков для жилого здания при снижении инвестиционных затрат, ставки дисконтирования, увеличении производительности и снижении энергопотребления, долларов США

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

Таким образом, снижение инвестиционных затрат на 40%, ставки дисконтирования до 3%, объема экономии тепловой энергии на 40%, сокращения энергопотребления и эксплуатационных расходов на 50% позволяет окупить инвестиции в систему утилизации тепла серых стоков при условии оплаты тепловой энергии по экономически-обоснованному тарифу 46,4659 доллара за Гкал, а электрической энергии по 0,056 доллара за кВт-час.

Применение субсидируемых тарифов не позволяет окупить инвестиции, даже при экономии всех других затрат.

4.6 Система гелиоколлекторов

Учитывая данные анализа чувствительности, выполненные в разделе 3, рассмотрим различные сценарии изменения экономической эффективности использования системы гелиоколлекторов, при разных сценариях развития тарифной политики.

Основными факторами, влияющими на экономическую эффективность системы гелиоколлекторов, как практически во всех мероприятиях, реализованных проектом ПРООН-ГЭФ является величина капитальных вложений. К объемам экономии тепловой энергии и стоимости тепловой энергии чувствительность в два раза ниже. Стоимость электроэнергии не оказывает существенного влияния на динамику экономической эффективности этого мероприятия.

Пессимистический и оптимистический сценарии изменения каждого анализируемого параметра представлены на рисунке 4.6.1.

Анализируя значения, представленные на рисунке 4.6.1 следует отметить, что данное проектное решение при оптимизации параметров сможет окупаться и быстрее, чем за 10 лет. Учитывая полученный при строительстве экспериментальных объектов опыт, рекомендации эксперта и постоянное развитие технологий производства и монтажа оборудования и конструкций, при повторной реализации проекта можно оптимизировать параметры проекта до значений, представленных в таблице 4.6.



Рисунок 4.6.1 – Влияние изменения на 10% капитальных вложений, повышения производительности **системы гелиоколлекторов** (роста тарифов на тепловую энергию), изменения стоимости электроэнергии **на величину чистого дисконтированного дохода**.
Источник: собственная разработка автора на основании отчетных данных проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»

Таблица 4.6. Оптимизированные параметры реализации проекта системы **гелиоколлекторов** для жилого здания

Показатель	Ед. изм.	Значения	Критерии экономической эффективности
Год приведения		2017	
Ставка дисконтирования		3,0%	минус 2% стабилизация кредитно-денежной политики
Инвестиционные затраты	долл. США	180 102	минус 40% снижение стоимости оборудования, строительномонтажных, проектно-изыскательских и пусконаладочных работ
Тариф покупки электроэнергии	долл. США	0,056	минус 42,14% приобретение электроэнергии по субсидируемым тарифам, предусмотренным для льготирования «зеленой экономики»
Тариф покупки тепловой энергии	долл. США	46,4659	плюс 57,94% экономически-обоснованный тариф
Объем сэкономленной тепловой энергии	Гкал	278,33	плюс 30% повышения производительности оборудования
Объем потребления электроэнергии	кВт-час	4204,80	минус 40% повышения эффективности работы системы
Годовая экономия средств от сокращения энергопотребления	долл. США	12 525,81	
Суммарный денежный поток за период	долл. США	12 525,81	
Чистый дисконтированный доход	долл. США	8 819,25	должен быть более 0
Внутренняя норма доходности	%	3,25%	должен быть выше ставки дисконтирования
Индекс доходности		1,05	должен быть больше 1
Индекс прибыльности		0,05	должен быть больше 0
Срок окупаемости простой	лет	7,43	должен быть не более 15 лет
Срок окупаемости динамический	лет	18,75	должен быть не более 20 лет

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

Графическая интерпретация этого сценария по трем тарифам на тепловую энергию (субсидируемому, экономически-обоснованному и европейскому) при условии оплаты электрической энергии по субсидируемому тарифу представлена на рисунке 4.6.2.

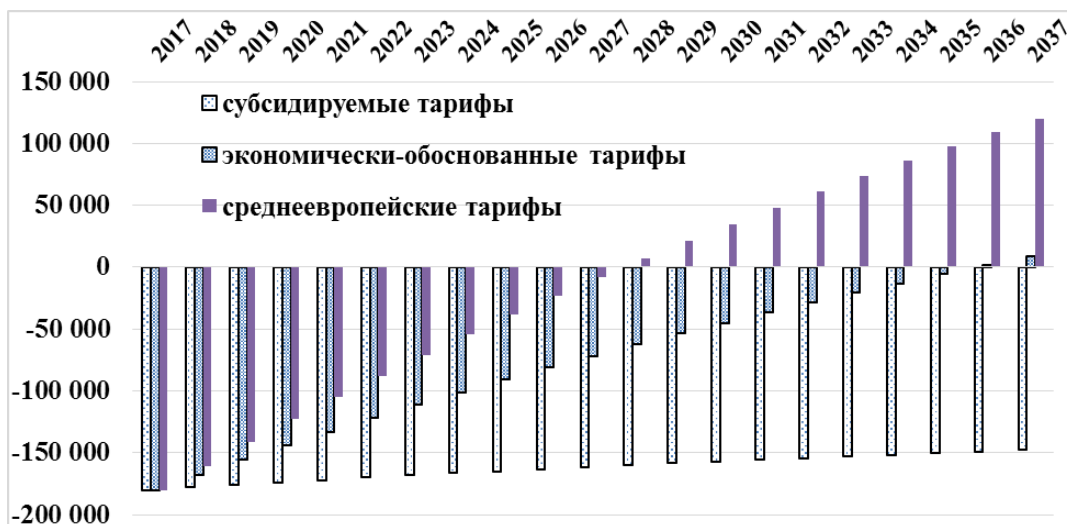


Рисунок 4.6.2 – Влияние тарифов на динамический срок окупаемости **системы гелиоколлекторов** при снижении инвестиционных затрат, ставки дисконтирования, увеличении производительности и снижении энергопотребления, долларов США

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

Таким образом, снижение инвестиционных затрат на 40%, ставки дисконтирования до 3%, объема экономии тепловой энергии на 30%, сокращения энергопотребления на 40% позволяет окупить инвестиции в систему гелиоколлекторов при условии оплаты тепловой энергии по экономически-обоснованному тарифу 46,4659 доллара за Гкал, а электрической энергии по 0,056 доллара за кВт-час.

Применение субсидируемых тарифов не позволяет окупить инвестиции, даже при экономии всех других затрат.

Заключение

Реализация проекта строительства трех энергоэффективных жилых домов, реализованного проектом ПРООН-ГЭФ позволила реализовать ряд уникальных для Республики Беларусь мероприятий, обеспечивающих повышение энергоэффективности. Оценка экономической эффективности реализованных в рамках проекта мероприятий выявила проблему экономической неэффективности реализации мероприятий. Анализ сложившихся по итогам проектирования и строительства затрат позволил выявить параметры, оказывающие наибольшее влияние на экономические показатели эффективности. К таким параметрам следует отнести:

1. Высокие значения инвестиционных затрат. Для повышения эффективности мероприятий, выхода их на окупаемость в нормативный срок службы оборудования инвестиционные затраты должны быть ниже на 30-50%. Переход к массовому строительству, увеличение объемов поставок оборудования и развитие технического прогресса должны обеспечить это снижение, без которого широкомасштабное строительство энергоэффективных жилых домов с аналогичными системами экономически не целесообразно.
2. Тарифная политика. Субсидирование тепловой энергии на 75-80% при росте тарифов на электрическую энергию не позволяют окупить мероприятия,

обеспечивающие экономию тепловой энергии. Без перехода к расчетам по экономически-обоснованным тарифам на тепловую энергию и предоставления квот на оплату электрической энергии, используемой оборудованием для выработки тепловой энергии, добиться экономической эффективности невозможно. Ни одно из реализованных мероприятий, даже при снижении стоимости строительства на 80-90%, не способно обеспечить экономическую эффективность в сравнении с оплатой тепловой энергии по субсидируемым тарифам.

3. Производительность оборудования. Для экономической окупаемости мероприятий требуется повышение производительности оборудования, обеспечивающего экономию тепловой энергии, в среднем на 20-40%, что позволит повысить рентабельность и создаст мощный стимул для широкого внедрения энергоэффективных технологий при строительстве жилья.

Список использованных источников

1. Методика расчета жизненного цикла жилого здания с учетом стоимости совокупных затрат: решение Совета Национального объединения проектировщиков 04.06.2014 № 59 Электронный ресурс. Режим доступа: http://rodosnpp.ru/media/rodos/documents/2014/perepiska/nop/_5_070714_1-_04-836.pdf Дата доступа: 01.10.2016 г.

Приложение А. Сравнительная характеристика трех жилых домов, построенных в рамках проекта ПРООН ГЭФ (по данным эксперта проекта ПРООН-ГЭФ Терехова С.В.)

Объект	МАПИД	ГРОДНО	МОГИЛЕВ
Адрес	г. Минск, Лошица-9, дом № 7	г. Гродно, ул.Дзержинского	г. Могилев
Разработчик проекта	ОАО «МАПИД»	УП «Гродногражданпроект»	Государственное предприятие «Институт жилища – НИПТИС им . Атаева С.С.»
Этажность	19	10	10
Количество квартир	133	120	180
Конструктивное решение	Крупнопанельное	Кирпичное с поперечными несущими стенами	Крупнопанельное
Отапливаемая площадь, м²	9209	10335	13889
Площадь жилых помещений, м ²	3608	4024	5691
Чердак	Холодный	Холодный	Холодный
Коэффициент остекленности	0,15	0,20	0,19
Компактность расчетная (рекомендуемая по ТКП 45-2.04-196)	0,31 (<0, 25)	0,26 (<0,29)	0,29 (<0,29)
Характеристики ограждающих конструкций, в том числе:			
наружные стены	трехслойные ж/б панели	Кирпичная кладка, кладка из я/б блоков с утеплителем	трехслойные ж/б панели
R _{пр} стен	3,39	4,11	3,20
Окна	Двухкамерный с/п, мягкое НЭ покрытие	То же	То же
R _{пр} окон	1,09	1,10	1,00
Цокольное перекрытие		ж/б плиты с утеплителем	
R _{пр} ц.п.	1,41	2,92	2,27
Чердачное перекрытие		ж/б плиты с утеплителем	
R _{пр} ч.п.	6,03	6,18	6,10
Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания, кВт·ч/м ²	23,2	15,5	22,8
Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания в базовом исполнении, кВт·ч/м ²	48,0	44	52
Класс по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию, кВт·ч/м ²	A+	A+	A+
Расчетный удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, кВт·ч/м ²	40	40	30
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ			
Установленные мощности теплоснабжения, кВт			
Отопление	341,2(с учетом вентиляции) ³	235 (с учетом вентиляции) ¹	667,2 ²
Вентиляция			180,0 ²
Горячее водоснабжение	450,3 ³	522 ¹	696,0 ²
Общая	791,5 ³	757 ¹	1543,2 ²
Примечания: 1 По данным раздела ПД 262-12-00 ОБ, лист 1, УПП "Гродногражданпроект" 2 По данным раздела ПД 237-09 ОБ2, лист 1, НИПТИС 3 По данным раздела 09.016.0.07 ТМ, лист 3, ПУ ОАО "МАПИД"			

Приложение Б. Анализ чувствительности показателей экономической эффективности системы приточно-вытяжной вентиляции

Изменение объема капитальных вложений, %	-99%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	1%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	6 190	-47 957	-108 119	-168 282	-228 444	-288 606	-348 769	-408 931	-469 094	-529 256	-589 419	-649 581	-709 744	1,14
Срок окупаемости простой, лет	6,14	61,43	122,85	184,28	245,70	307,13	368,56	429,98	491,41	552,83	614,26	675,69	737,11	1,11
Срок окупаемости динамический, лет	7,52	149,92	312,90	475,88	638,86	801,84	964,82	1 127,81	1 290,79	1 453,77	1 616,75	1 779,73	1 942,71	1,12
Внутренняя норма доходности, %	15,34%	-8,92%	-13,29%	-15,60%	-17,16%	-18,32%	-19,25%	-20,01%	-20,67%	-21,23%	-21,74%	-22,18%	-22,59%	0,24
Индекс прибыльности, коэффициент	1,029	-0,797	-0,899	-0,932	-0,949	-0,959	-0,966	-0,971	-0,975	-0,977	-0,98	-0,982	-0,983	0,03
Изменение стоимости электроэнергии, %	-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-516 432	-517 162	-519 351	-523 001	-528 110	-534 679	-542 707	-552 195	-563 143	-575 551	-589 419	-604 746	-621 533	0,24
Срок окупаемости простой, лет	88,01	88,77	91,13	95,36	101,99	111,99	127,26	151,68	194,84	287,56	614,26	-2 401,97	-376,60	11,36
Срок окупаемости динамический, лет	220,44	222,46	228,73	239,95	257,54	284,09	324,58	389,39	503,90	749,91	1 616,75	-6 386,22	-1 012,31	11,56
Внутренняя норма доходности, %	-11,26%	-11,32%	-11,48%	-11,76%	-12,18%	-12,74%	-13,50%	-14,51%	-15,91%	-17,98%	-21,74%			2,09
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,858	-0,86	-0,863	-0,869	-0,878	-0,889	-0,902	-0,918	-0,936	-0,957	-0,98	-1,005	-1,033	0,24
Изменение объема экономии тепловой энергии, %	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	150%	250%	350%	450%	Коэф.
	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	250%	350%	450%	550%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-633 741	-618 967	-604 193	-589 419	-574 645	-559 871	-545 097	-530 322	-515 548	-367 808	-220 067	-72 326	75 415	-0,25

Срок окупаемости простой, лет	-233,45	-432,33	-2 919,34	614,26	277,89	179,57	132,63	105,15	87,10	32,07	19,65	14,17	11,07	-5,48
Срок окупаемости динамический, лет	-632,48	-1 160,16	-7 758,95	1 616,75	724,27	463,37	338,85	265,93	218,05	72,01	39,07	24,52	16,32	-5,52
Внутренняя норма доходности, %				-21,74%	-17,81%	-15,46%	-13,74%	-12,36%	-11,20%	-4,13%	0,17%	3,54%	6,44%	-1,81
Индекс прибыльности, коэффициент	-1,053	-1,029	-1,004	-0,98	-0,955	-0,931	-0,906	-0,881	-0,857	-0,611	-0,366	-0,12	0,125	-0,26
Изменение эксплуатационных расходов, %	-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-526 871	-534 689	-542 508	-550 326	-558 145	-565 963	-573 782	-581 600	-589 419	-597 237	-605 056	-612 874	-620 693	0,13
Срок окупаемости простой, лет	100,30	112,01	126,83	146,16	172,44	210,24	269,28	374,42	614,26	1 708,91	-2 185,14	-666,47	-393,20	-22,79
Срок окупаемости динамический, лет	253,05	284,14	323,44	374,73	444,46	544,77	701,42	980,39	1 616,75	4 521,18	-5 810,90	-1 784,41	-1 056,34	-22,85
Внутренняя норма доходности, %	-12,07%	-12,74%	-13,48%	-14,30%	-15,24%	-16,32%	-17,64%	-19,33%	-21,74%					
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,879	-0,889	-0,902	-0,915	-0,928	-0,941	-0,954	-0,967	-0,98	-0,993	-1,006	-1,019	-1,032	0,13
Изменение стоимости тепловой энергии, %	-30%	-20%	-10%	0%	10%	50%	100%	150%	200%	250%	300%	350%	400%	Коэф.
	70%	80%	90%	100%	110%	150%	200%	250%	300%	350%	400%	450%	500%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-633 741	-618 967	-604 193	-589 419	-574 645	-515 548	-441 678	-367 808	-293 937	-220 067	-146 196	-72 326	1 544	-0,25
Срок окупаемости простой, лет	-233,45	-432,33	-2 919,34	614,26	277,89	87,10	46,88	32,07	24,37	19,65	16,46	14,17	12,43	-5,48
Срок окупаемости динамический, лет	-632,48	-1 160,16	-7 758,95	1 616,75	724,27	218,05	111,31	72,01	51,59	39,07	30,61	24,52	19,92	-5,52
Внутренняя норма доходности, %				-21,74%	-17,81%	-11,20%	-7,03%	-4,13%	-1,81%	0,17%	1,93%	3,54%	5,03%	-1,81
Индекс прибыльности, коэффициент	-1,053	-1,029	-1,004	-0,98	-0,955	-0,857	-0,734	-0,611	0,489	-0,366	-0,243	-0,12	0,003	-0,26

Приложение В. Анализ чувствительности показателей экономической эффективности системы солнечной фотоэлектрической станции

Изменение объема капитальных вложений, %	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	31 593	20 514	9 436	-1 643	-12 722	-23 800	-34 879	-45 958	-57 037	4,66
Срок окупаемости простой, лет	6,73	8,41	10,10	11,78	13,46	15,14	16,83	18,51	20,19	1,12
Срок окупаемости динамический, лет	4,59	9,99	15,40	20,80	26,21	31,61	37,01	42,42	47,82	1,71
Внутренняя норма доходности, %	12,76%	9,22%	6,68%	4,74%	3,18%	1,89%	0,79%	-0,16%	-1,00%	-5,82
Индекс прибыльности, коэффициент	0,713	0,37	0,142	-0,021	-0,144	-0,239	-0,31	-0,377	0-0,429	2,97
Изменение стоимости электроэнергии, %	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Коэф.
	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-57 652	-50 061	-42 470	-34 879	-27 288	-19 698	-12 107	-4 516	3 075	-2,18
Срок окупаемости простой, лет	24,04	21,03	18,70	16,83	15,30	14,02	12,94	12,02	11,22	-0,91
Срок окупаемости динамический, лет	60,17	50,52	43,02	37,01	32,10	28,01	24,54	21,57	19,00	-1,33
Внутренняя норма доходности, %	-2,59%	-1,38%	-0,26%	0,79%	1,78%	2,72%	3,63%	4,50%	5,34%	12,53
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,52	-0,452	-0,383	-0,31	-0,246	-0,178	-0,109	-0,041	0,028	-2,06
Изменение объема выработки электроэнергии, %	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Коэф.
	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-57 652	-50 061	-42 470	-34 879	-27 288	-19 698	-12 107	-4 516	3 075	-2,18
Срок окупаемости простой, лет	24,04	21,03	18,70	16,83	15,30	14,02	12,94	12,02	11,22	-0,91
Срок окупаемости динамический, лет	60,17	50,52	43,02	37,01	32,10	28,01	24,54	21,57	19,00	-1,33
Внутренняя норма доходности, %	-2,59%	-1,38%	-0,26%	0,79%	1,78%	2,72%	3,63%	4,50%	5,34%	12,53
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,52	-0,452	-0,383	-0,31	-0,246	-0,178	-0,109	-0,041	0,028	-2,06

Приложение Г. Анализ чувствительности показателей экономической эффективности системы тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков

Изменение объема капитальных вложений, %		-99%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%
		1%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-85 643	52 698	31 547	8 047	-15 454	-38 955	-62 455	-85 956	-109 456	-132 957	-156 457	-179 958	-203 459	-226 959
Срок окупаемости простой, лет	18,51	0,46	4,58	9,16	13,75	18,33	22,91	27,49	32,08	36,66	41,24	45,82	50,41	54,99
Срок окупаемости динамический, лет	37,90	0,58	3,68	16,10	28,00	40,15	52,31	64,47	76,63	88,79	100,95	113,11	125,26	137,42
Внутренняя норма доходности, %	0,19%	216,86%	18,53%	6,96%	2,25%	-0,57%	-2,54%	-4,04%	-5,24%	-6,24%	-7,09%	-7,82%	-8,47%	-9,05%
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,364	22,424	1,342	0,171	-0,219	-0,414	-0,532	-0,61	-0,665	-0,707	-0,74	-0,766	-0,787	-0,805
Изменение стоимости электроэнергии, %		-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-85 643	-81 713	-82 696	-85 643	-90 555	-97 433	-106 275	-117 082	-129 853	-144 590	-161 292	-179 958	-200 589	-223 186
Срок окупаемости простой, лет	18,51	18,06	18,17	18,51	19,10	20,00	21,28	23,10	25,69	29,50	35,47	45,82	67,67	141,59
Срок окупаемости динамический, лет	37,90	36,66	36,97	37,90	39,53	42,00	45,54	50,53	57,66	68,16	84,58	113,11	173,25	376,80
Внутренняя норма доходности, %	0,19%	0,44%	0,38%	0,19%	-0,13%	-0,58%	-1,19%	-1,97%	-2,59%	-4,18%	-5,75%	-7,82%	-10,81%	-16,20%
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,364	-0,348	-0,352	-0,364	-0,385	-0,415	-0,452	-0,498	-0,553	-0,615	-0,686	-0,766	-0,854	-0,95
Изменение объема экономии тепловой энергии, %		-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	75%	100%	125%	150%
		70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	175%	200%	225%	250%
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-85 643	-228 605	-212 389	-196 174	-179 958	-163 742	-147 527	-131 311	-115 096	-98 880	-58 341	-17 802	22 737	63 276
Срок окупаемости простой, лет	18,51	191,86	93,03	61,40	45,82	36,55	30,40	26,02	22,74	2 020,00	15,79	12,95	10,99	9,54
Срок окупаемости динамический, лет	37,90	515,20	243,09	156,00	113,11	87,57	70,63	58,58	49,55	42,55	30,40	22,60	17,28	13,19

														59
Внутренняя норма доходности, %	0,19%	-18,44%	-13,15%	-10,08%	-7,82%	-6,00%	-4,44%	-3,06%	-1,82%	-0,68%	1,86%	4,09%	6,12%	8,01%
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,364	-0,973	-0,904	-0,835	-0,766	-0,697	-0,628	-0,559	-0,49	-0,421	-0,248	-0,076	0,097	0,269
Изменение эксплуатационных расходов, %														
		-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-85 643	-171 095	-171 981	-172 867	-173 754	-174 640	-175 526	-176 413	-177 299	-178 185	-179 072	-179 958	-180 844	-181 731
Срок окупаемости простой, лет	18,51	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82	45,82
Срок окупаемости динамический, лет	37,90	108,52	108,98	109,44	109,90	110,35	110,81	111,27	111,73	112,19	112,65	113,11	113,56	114,02
Внутренняя норма доходности, %	0,19%	-6,68%	-6,96%	-7,05%	-7,14%	-7,24%	-7,34%	-7,43%	-7,53%	-7,63%	-7,72%	-7,82%	-7,92%	-8,02%
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,364	-0,728	-0,732	-0,736	-0,739	-0,743	-0,747	-0,751	-0,754	-0,758	-0,762	-0,766	-0,77	-0,773
Изменение стоимости тепловой энергии, %														
		-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	75%	100%	125%	150%
		70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	175%	200%	225%	250%
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-85 643	-228 605	-212 389	-196 174	-179 958	-163 742	-147 527	-131 311	-115 096	-98 880	-58 341	-17 802	22 737	63 276
Срок окупаемости простой, лет	18,51	191,86	93,03	61,40	45,82	36,55	30,40	26,02	22,74	2 020,00	15,79	12,95	10,99	9,54
Срок окупаемости динамический, лет	37,90	515,20	243,09	156,00	113,11	87,57	70,63	58,58	49,55	42,55	30,40	22,60	17,28	13,19
Внутренняя норма доходности, %	0,19%	-18,44%	-13,15%	-10,08%	-7,82%	-6,00%	-4,44%	-3,06%	-1,82%	-0,68%	1,86%	4,09%	6,12%	8,01%
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,364	-0,973	-0,904	-0,835	-0,766	-0,697	-0,628	-0,559	-0,49	-0,421	-0,248	-0,076	0,097	0,269

Приложение Д. Анализ чувствительности показателей экономической эффективности системы тепловых насосов на свайных фундаментах

Изменение объема капитальных вложений, %	-99%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	1%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	8 286	3 048	-2 773	-8 593	-14 414	-20 234	-26 055	-31 875	-37 696	-43 516	-49 337	-55 157	-60 977	1,34
Срок окупаемости простой, лет	0,76	7,60	15,19	22,79	30,38	37,98	45,57	53,17	60,76	68,36	75,95	83,55	91,15	1,11
Срок окупаемости динамический, лет	0,82	10,80	29,60	49,75	69,91	90,06	110,21	130,36	150,52	170,67	190,82	210,98	231,13	1,18
Внутренняя норма доходности, %	130,39%	10,63%	1,99%	-1,86%	-4,26%	-5,98%	-7,31%	-8,38%	-9,28%	-10,05%	-10,73%	-11,32%	-11,86%	0,68
Индекс прибыльности, коэффициент	14,237	0,524	-0,238	-0,492	-0,619	-0,695	-0,746	-0,782	-0,81	-0,831	-0,848	-0,861	-0,873	0,20
Изменение стоимости электроэнергии, %	-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-34 656	-34 803	-35 243	-35 977	-37 005	-38 326	-39 941	-41 850	-44 052	-46 547	-49 337	-52 419	-55 796	0,60
Срок окупаемости простой, лет	29,94	30,12	30,68	31,66	33,15	35,28	38,29	42,58	48,90	58,79	75,95	112,16	234,70	2,92
Срок окупаемости динамический, лет	67,29	67,78	69,29	71,95	75,92	81,64	89,71	101,22	118,19	144,73	190,82	288,02	616,94	3,18
Внутренняя норма доходности, %	-3,90%	-3,84%	-4,00%	-4,26%	-4,63%	-5,14%	-5,78%	-6,60%	-7,63%	-8,96%	-10,73%	-13,27%	-17,78%	1,98
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,595	-0,598	-0,606	-0,618	-0,636	-0,658	-0,686	-0,719	-0,757	-0,8	-0,848	-0,901	-0,959	0,60
Изменение объема экономии тепловой энергии, %	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	100%	150%	200%	250%	Коэф.
	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	200%	250%	300%	350%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-56 606	-54 183	-51 760	-49 337	-46 913	-44 490	-42 067	-39 644	-37 221	-25 106	-12 991	-876	11 239	-0,49
Срок окупаемости простой, лет	318,02	154,20	101,78	75,95	60,58	50,39	43,13	37,70	33,48	21,47	15,80	12,50	10,34	-2,02
Срок окупаемости динамический, лет	840,60	400,87	260,14	190,82	149,56	122,19	102,70	88,13	76,81	44,58	29,36	20,50	15,21	-2,16

														61
Внутренняя норма доходности, %	-19,58%	-15,25%	-12,65%	-10,73%	-9,17%	-7,85%	-6,70%	-5,65%	-4,72%	-0,85%	2,20%	4,82%	7,18%	-1,45
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,973	-0,931	-0,889	-0,848	-0,805	-0,764	-0,723	-0,681	-0,639	-0,431	-0,223	-0,0015	0,193	-0,51
Изменение эксплуатационных расходов, %	-100% 0%	-90% 10%	-80% 20%	-70% 30%	-60% 40%	-50% 50%	-40% 60%	-30% 70%	-20% 80%	-10% 90%	0% 100%	10% 110%	20% 120%	Коэф.
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-48 655	-48 723	-48 791	-48 859	-48 928	-48 996	-49 054	-49 132	-49 200	-49 268	-49 337	-49 405	-49 473	0,01
Срок окупаемости простой, лет	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	75,95	0,00
Срок окупаемости динамический, лет	188,46	188,70	188,94	189,17	189,41	189,64	189,88	190,12	190,35	190,59	190,82	191,06	191,30	0,01
Внутренняя норма доходности, %	-10,32%	-10,36%	-10,40%	-10,44%	-10,48%	-10,52%	-10,56%	-10,61%	-10,65%	-10,69%	-10,73%	-10,77%	-10,81%	0,04
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,836	-0,837	-0,838	-0,839	-0,841	-0,842	-0,843	-0,844	-0,845	-0,846	-0,848	-0,849	-0,850	0,02
Изменение стоимости тепловой энергии, %	-30% 70%	-20% 80%	-10% 90%	0% 100%	10% 110%	20% 120%	30% 130%	40% 140%	50% 150%	100% 200%	150% 250%	200% 300%	250% 350%	Коэф.
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-56 606	-54 183	-51 760	-49 337	-46 913	-44 490	-42 067	-39 644	-37 221	-25 106	-12 991	-876	11 239	-0,49
Срок окупаемости простой, лет	318,02	154,20	101,78	75,95	60,58	50,39	43,13	37,70	33,48	21,47	15,80	12,50	10,34	-2,02
Срок окупаемости динамический, лет	840,60	400,87	260,14	190,82	149,56	122,19	102,70	88,13	76,81	44,58	29,36	20,50	15,21	-2,16
Внутренняя норма доходности, %	-19,58%	-15,25%	-12,65%	-10,73%	-9,17%	-7,85%	-6,70%	-5,65%	-4,72%	-0,85%	2,20%	4,82%	7,18%	-1,45
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,973	-0,931	-0,889	-0,848	-0,805	-0,764	-0,723	-0,681	-0,639	-0,431	-0,223	-0,0015	0,193	-0,51

Приложение Е. Анализ чувствительности показателей экономической эффективности системы утилизации серых стоков

Изменение объема капитальных вложений, %	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Коэф.
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	34 289	30 560	26 830	23 101	19 372	15 642	11 913	8 184	4 455	725	-6 733	-1,93
Срок окупаемости простой, лет	4,39	5,27	6,15	7,02	7,90	8,78	9,66	10,54	11,41	12,29	14,05	1,11
Срок окупаемости динамический, лет	5,16	6,26	7,58	8,80	10,32	11,85	13,43	15,21	17,30	19,60	21,31	1,48
Внутренняя норма доходности, %	22,38%	18,33%	15,33%	13,00%	11,12%	9,55%	8,22%	7,07%	6,06%	5,16%	3,63%	-1,41
Индекс прибыльности, коэффициент	1,839	1,366	1,028	0,774	0,577	0,419	0,29	0,183	0,092	0,014	-0,113	-2,74
Изменение стоимости электроэнергии, %	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Коэф.
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	17 307	17 134	16 893	16 571	16 158	15 642	15 013	14 257	13 365	12 324	11 123	-0,32
Срок окупаемости простой, лет	8,51	8,54	8,58	8,63	8,69	8,78	8,89	9,02	9,17	9,37	9,60	0,10
Срок окупаемости динамический, лет	11,37	11,42	11,49	11,58	11,70	11,85	12,04	12,27	12,56	12,90	13,32	0,13
Внутренняя норма доходности, %	10,00%	9,96%	9,89%	9,80%	9,69%	9,55%	9,38%	9,18%	8,93%	8,64%	8,31%	-0,14
Индекс прибыльности, коэффициент	0,464	0,459	0,453	0,444	0,433	0,419	0,403	0,382	0,358	0,33	0,298	-0,32
Изменение объема экономии тепловой энергии, %	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Коэф.
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-17 696	-11 028	-4 360	2 307	8 975	15 642	22 310	28 978	35 645	42 313	48 980	7,43
Срок окупаемости простой, лет	23,72	17,69	14,11	11,74	10,04	8,78	7,80	7,01	6,37	5,84	5,39	-1,25
Срок окупаемости динамический, лет	38,67	27,86	21,43	17,16	14,12	11,85	10,09	8,68	7,86	6,95	6,53	-1,61
Внутренняя норма доходности, %	-1,57%	1,20%	3,58%	5,72%	7,70%	9,55%	11,32%	13,03%	14,68%	16,29%	17,87%	2,40
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,475	-0,296	-0,117	0,062	0,241	0,419	0,598	0,777	0,956	1,135	1,313	7,39
Изменение эксплуатационных расходов, %	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Коэф.
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	21 561	20 378	19 194	18 010	16 826	15 642	14 459	13 275	12 091	10 907	9 724	-0,70
Срок окупаемости простой, лет	7,90	8,06	8,23	8,40	8,59	8,78	8,98	9,19	9,41	9,64	9,88	0,22

Срок окупаемости динамический, лет	10,26	10,58	10,86	11,17	11,50	11,85	12,21	12,59	12,98	13,40	13,83	0,30
Внутренняя норма доходности, %	11,13%	10,82%	10,51%	10,19%	9,87%	9,55%	9,23%	8,91%	8,58%	8,24%	7,91%	-0,32
Индекс прибыльности, коэффициент	0,578	0,546	0,515	0,483	0,451	0,419	0,388	0,356	0,324	0,292	0,261	-0,71
Изменение стоимости тепловой энергии, %	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	Коэф.
	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-17 696	-11 028	-4 360	2 307	8 975	15 642	22 310	28 978	35 645	42 313	48 980	7,43
Срок окупаемости простой, лет	23,72	17,69	14,11	11,74	10,04	8,78	7,80	7,01	6,37	5,84	5,39	-1,25
Срок окупаемости динамический, лет	38,67	27,86	21,43	17,16	14,12	11,85	10,09	8,68	7,86	6,95	6,53	-1,61
Внутренняя норма доходности, %	-1,57%	1,20%	3,58%	5,72%	7,70%	9,55%	11,32%	13,03%	14,68%	16,29%	17,87%	2,40
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,475	-0,296	-0,117	0,062	0,241	0,419	0,598	0,777	0,956	1,135	1,313	7,39

Приложение Ж. Анализ чувствительности показателей экономической эффективности системы гелиоколлекторов

Изменение объема капитальных вложений, %	-99%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	1%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	112 521	85 506	55 489	25 472	-4 545	-34 563	-64 580	-94 597	-124 614	-154 631	-184 648	-214 665	-244 682	1,94
Срок окупаемости простой, лет	0,32	3,24	6,48	9,71	12,95	16,19	19,43	22,67	22,91	29,14	32,38	35,62	38,86	1,11
Срок окупаемости динамический, лет	0,38	3,62	8,12	13,72	21,30	29,89	38,48	47,08	55,67	64,26	72,85	81,44	90,03	1,34
Внутренняя норма доходности, %	308,82%	30,74%	14,39%	8,14%	4,55%	2,10%	0,28%	-1,16%	-2,35%	-3,35%	-4,21%	-4,96%	-5,63%	2,57
Индекс прибыльности, коэффициент	37,486	2,849	0,924	0,283	-0,038	-0,23	-0,359	-0,45	-0,519	-0,572	-0,615	-0,65	-0,679	0,75
Изменение стоимости электроэнергии, %	-100%	-90%	-80%	-70%	-60%	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	Коэф.
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	110%	120%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-176 192	-176 200	-176 259	-176 420	-176 733	-177 249	-178 018	-179 092	-180 521	-182 356	-184 648	-187 447	-190 804	0,13
Срок окупаемости простой, лет	30,17	30,17	30,19	30,23	30,31	30,43	30,62	30,90	31,26	31,75	32,38	33,19	34,20	0,20

Срок окупаемости динамический, лет	66,99	67,00	67,04	67,14	67,34	67,68	68,19	68,91	69,89	71,18	72,85	74,98	77,69	0,23
Внутренняя норма доходности, %	-3,63%	-3,63%	-3,64%	-3,65%	-3,67%	-3,70%	-3,75%	-3,83%	-3,92%	-4,05%	-4,21%	-4,40%	-4,64%	0,40
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,578	-0,587	-0,587	-0,588	-0,589	-0,59	-0,593	-0,597	-0,601	-0,608	-0,615	-0,624	-0,636	0,12
Изменение объема экономии тепловой энергии, %	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	75%	100%	125%	150%	Коэф.
	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	175%	200%	225%	250%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-221 842	-209 444	-197 046	-184 648	-172 250	-159 852	-147 454	-135 056	-122 658	-91 664	-60 669	-29 674	1 321	-0,67
Срок окупаемости простой, лет	47,76	41,23	36,27	32,38	29,24	26,66	24,49	22,66	21,07	17,94	15,62	13,83	12,41	-0,97
Срок окупаемости динамический, лет	113,65	96,33	83,18	72,85	64,52	57,67	51,93	47,05	42,85	34,54	28,38	23,63	19,86	-1,14
Внутренняя норма доходности, %	-7,16%	-6,08%	-5,10%	-4,21%	-3,37%	-2,59%	-1,86%	-1,16%	-0,49%	1,06%	2,48%	3,80%	5,05%	-2,00
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,739	-0,698	-0,656	-0,615	-0,574	-0,533	-0,491	-0,45	-0,409	-0,305	-0,202	-0,099	0,004	-0,67
Изменение стоимости тепловой энергии, %	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%	50%	75%	100%	125%	150%	Коэф.
	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%	140%	150%	175%	200%	225%	250%	
Чистый дисконтированный доход, долларов США	-221 842	-209 444	-197 046	-184 648	-172 250	-159 852	-147 454	-135 056	-122 658	-91 664	-60 669	-29 674	1 321	-0,67
Срок окупаемости простой, лет	47,76	41,23	36,27	32,38	29,24	26,66	24,49	22,66	21,07	17,94	15,62	13,83	12,41	-0,97
Срок окупаемости динамический, лет	113,65	96,33	83,18	72,85	64,52	57,67	51,93	47,05	42,85	34,54	28,38	23,63	19,86	-1,14
Внутренняя норма доходности, %	-7,16%	-6,08%	-5,10%	-4,21%	-3,37%	-2,59%	-1,86%	-1,16%	-0,49%	1,06%	2,48%	3,80%	5,05%	-2,00
Индекс прибыльности, коэффициент	-0,739	-0,698	-0,656	-0,615	-0,574	-0,533	-0,491	-0,45	-0,409	-0,305	-0,202	-0,099	0,004	-0,67