

Проект ПРООН/ГЭФ №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий
в Республике Беларусь»

**ИТОГОВАЯ ПСД В РАМКАХ ОБЩИХ ПРОЕКТОВ ПИЛОТНЫХ ЗДАНИЙ
В МИНСКЕ И ГРОДНО С УЧЕТОМ ЗАМЕЧАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ**

Исполнитель,

Эксперт по вопросам энергетической
эффективности в зданиях

Л. Н. Данилевский

Минск
август 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ОСНОВНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗДАНИЯ И РАСЧЕТНЫЕ ПО ПРОЕКТУ РЕЗУЛЬТАТЫ В Г. ГРОДНО.....	4
Краткое описание мероприятий	4
Теплоэнергетический паспорт здания	6
Общая информация о проекте.....	6
Расчетные условия	6
Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания.....	7
Геометрические и теплоэнергетические показатели	7
Коэффициенты.....	9
Комплексные показатели.....	9
Проблемные вопросы, вызвавшие интерес Госэкспертизы.....	12
ОСНОВНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗДАНИЯ И РАСЧЕТНЫЕ ПО ПРОЕКТУ РЕЗУЛЬТАТЫ В Г. МИНСКЕ.	17
Краткое описание мероприятий	17
Теплоэнергетический паспорт здания	18
Общая информация о проекте.....	18
Расчетные условия	18
Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания.....	19
Геометрические и теплоэнергетические показатели	19
Коэффициенты.....	21
Комплексные показатели.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	23

Введение

При выполнении экспериментальных зданий Проектом ПРООН/ГЭФ ожидается достижение следующих результатов:

- Увеличение капитальных затрат на величину не более 10%
- Удельный показатель потребления тепловой энергии на отопление – не более 25 кВт-ч/м² в год
- Расход тепловой энергии для приготовления горячей воды – не более 35 кВт-ч/м² в год (т.е. сокращение на 40-50%)
- Сокращение потребления тепловой энергии из сети на 3.25 МВт-ч на квартиру в год
 - в то же время – повышение потребления электроэнергии из сети на 0.40 МВт-ч на квартиру в год
- Сокращение выбросов парниковых газов до 2027 года:
 - на 12,2 тысяч тонн – непосредственный эффект
 - на 6,2 миллиона тонн – кумулятивный непрямо́й эффект

Цель реализации пилотных проектов – демонстрация энерго- и затратосберегающего потенциала:

- в Минске: типовой крупнопанельный девятнадцатиэтажный жилой дом на 140 квартир с одним подъездом. Общая площадь 10 000 м²
- в Могилеве: десятиэтажный жилой дом блочной серии реполный каркас на 160 квартир с четырьмя подъездами. Общая площадь 13 400 м²
- в Гродно: типовой десятиэтажный жилой дом с кирпичными несущими стенами и наружными стенами из ячеистого бетона на 120 квартир с тремя подъездами. Общая площадь 9 800 м²

К настоящему времени выполнены проекты энергоэффективных зданий для г. Гродно, Могилева и г. Минска. В сотрудничестве с другими национальными консультантами при проектировании зданий было обеспечено научно-техническое сопровождение, информационная поддержка и консультирование проектной организации по внесению необходимых изменений и корректировок в соответствующую часть проектно-строительной документации. В данном отчете приведены основные теплоэнергетические характеристики спроектированных зданий в гг. Гродно и Минск.

Основные энергосберегающие мероприятия экспериментального здания и расчетные по проекту результаты в г. Гродно

Краткое описание мероприятий



Рисунок 1 – Энергосберегающие мероприятия в здании г. Гродно

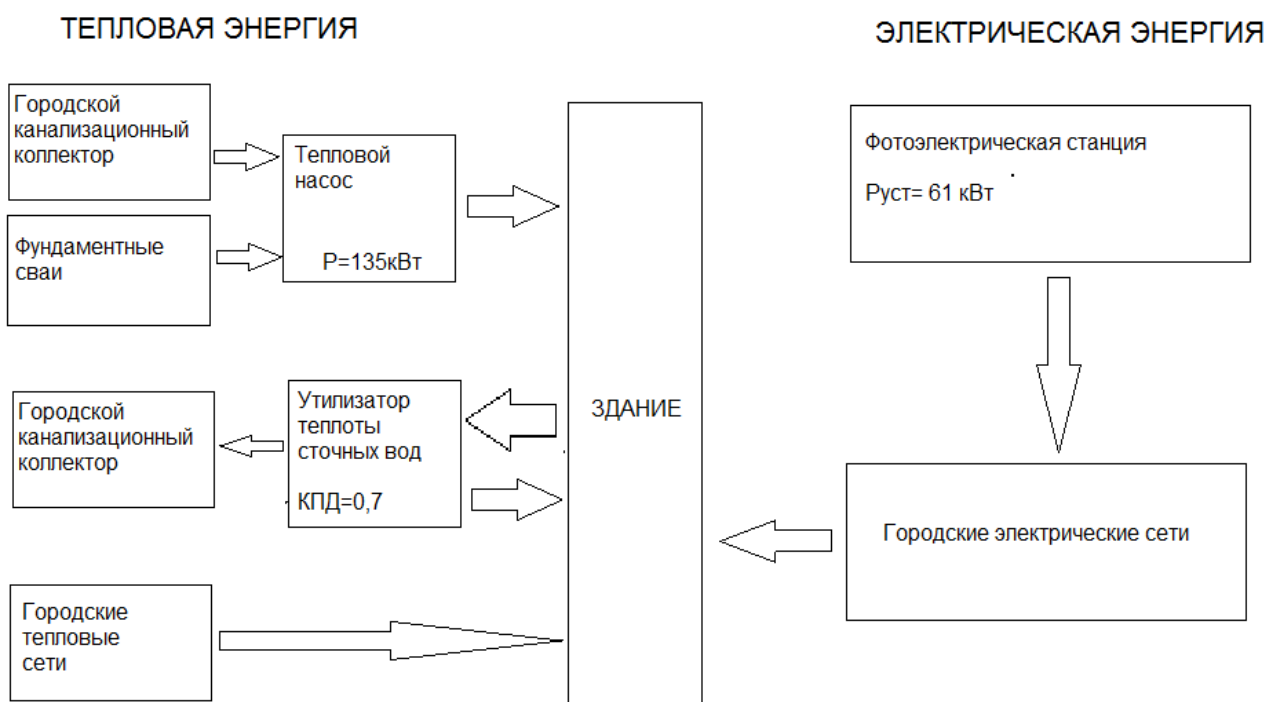


Рисунок 2 – Система энергоснабжения здания в г. Гродно

В соответствии с заданием на проектирование проектом предусматриваются следующие мероприятия, снижающие энергопотребление здания:

1. Оболочка здания с улучшенными теплозащитными свойствами (включая светопрозрачные конструкции).
2. Система теплоснабжения здания с использованием тепловых насосов для отопления и горячего водоснабжения.
3. Система утилизации теплоты сточных вод здания для предварительного нагрева воды в системе горячего водоснабжения.
4. Система отопления с горизонтальной разводкой и поквартирным учетом и регулированием потребления тепловой энергии
5. Система принудительной приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха.
6. Система фотоэлектрических батарей для генерации электрической энергии с продажей излишков электрической энергии в энергосистему города.

Для контроля за функционированием инженерного оборудования в здании предусмотрена автоматизированная система диспетчеризации с дистанционной передачей информации и информационным табло, размещенным в здании, отображающим в режиме реального времени потребление и генерацию энергии.

Для оценки эффективности функционирования оборудования предусмотрена автоматизированная система технического учета тепловой и электрической энергии с дистанционной передачей информации.

При разработке проектных решений были приняты следующие основные концептуальные положения.

- Обеспечение безопасности и комфорта проживания жильцов
- Достижение индикаторов проекта ПРООН в рамках сформированного бюджета
- Сохранение установленных мощностей оборудования системы отопления и горячего водоснабжения в тепловом пункте с целью обеспечения возможности перевода инженерных систем здания в обычный режим функционирования
- Максимальный охват системой диспетчеризации инженерного оборудования и приборов учета для оптимизации функционирования энергосберегающего оборудования и получения долгосрочных статистических данных.

- Наличие информационной системы, отображающей в режиме реального времени потребление и генерацию энергии (возможно с выходом в интернет)
- Антивандальная защита внешних элементов инженерного оборудования
- Обеспечение заинтересованности жителей в эксплуатации инженерного оборудования посредством оптимизации режимов его функционирования по отношению к действующим тарифам на энергоносители.
- Вовлечение жителей в процесс оптимизации расхода энергоносителей.

В соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-196-2010 «Тепловая защита зданий» в составе проектной документации на здание разработан теплоэнергетический паспорт экспериментального здания, представленный ниже.

Теплоэнергетический паспорт здания

Общая информация о проекте

Дата заполнения (число, м-ц, год)	24.04.2015
Адрес здания	г. Гродно, ул.Дзержинского
Разработчик проекта	УП «Гродногражданпроект»
Адрес и телефон разработчика	г. Гродно, ул.Дзержинского, 2/1
Шифр проекта	№262.12-00

Расчетные условия

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{in}	°С	18
Расчетная температура наружного воздуха	T_{ext}	°С	- 22
Расчетная температура техподполья	t_f	°С	5
Продолжительность отопительного периода	Z_{ht}	сут	194
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ext}^{av}	°С	0,1
Градусосутки отопительного периода	D_d	°С·сут	3472,6

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

Назначение	Жилое
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Тип	10-ти этажное трехподъездное
Конструктивное решение	Кирпичное с поперечными несущими стенами

Геометрические и теплоэнергетические показатели

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормативное значение	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение
Геометрические показатели				
Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	A_e^{sum} , м ²	-	8476,4	
- стен	A_w , м ²	-	5207,5	
- окон, балконных дверей	A_F , м ²	-	1108,9	
- дверей	A_{ed} , м ²	-	23,8	
- чердачного перекрытия	A_{cI} , м ²	-	922,1	
- перекрытия над техподпольем	A_f , м ²	-	1068,1	
- совмещенного покрытие над ЛЛУ	A_{c2} , м ²		111,4	
- совмещенное покрытие над козырьком	A_{c3} , м ²		34,6	
Отапливаемая площадь здания	A_h , м ²	-	10335,2	
Площадь жилых помещений	A_l , м ²	-	4023,95	
Площадь кухонь	A_k , м ²		1257,02	
Расчетная площадь	A_{I2} м ²	-	-	
Отапливаемый объем	V_h , м ³	-	29245	
Коэффициент остекленности фасада	f	-	0,20	
Показатель компактности здания	k_e^{des}	0,29	0,29	
Теплоэнергетические показатели				
Теплотехнические показатели				
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений	R_o^r , м ² ·°C/Вт			
- стен	R_w^r	3,20	4,14	
- окон	R_F^r	1,00	1,10	

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормативное значение	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение
- окон лестничной клетки	R_{Fl}^r	1,00	1,10	
- чердачного перекрытия	R_{cl}^r	6,00	6,18	
- цокольного перекрытия	R_f^r	2,50	2,92	
- входных дверей	R_{ed}^r	0,46	0,60	
- совмещенного покрытие над ЛЛУ	R_{c2}^r		6,27	
- совмещенного покрытие над козырьком	R_{c3}^r		1,22	
Приведенный коэффициент теплопередачи здания	K_m^{tr} , Вт/(м ² ·°С)	-	0,31	
Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период	n_a , 1/ч	-	0,23	
Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплотери за счет инфильтрации и вентиляции	K_m^{inf} , Вт/(м ² ·°С)	-	0,24	
Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания	K_m , Вт/(м ² ·°С)	-	0,55	
Энергетические показатели				
Общие теплотери через ограждающие конструкции здания за отопительный период	Q_h , МДж	-	1398758	
Удельные бытовые тепловыделения	q_{int} , Вт/м ²	-	8,6	
Бытовые тепlopоступления в здание за отопительный период	Q_{int} , МДж	-	761251	
Требуемое количество тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода	Q_h^y , МДж	-	577474	

Коэффициенты

Показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
Коэффициент, зависящий от способа регулирования подачи теплоты в системах отопления	ζ	0,95	
Коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях	k	-	
Коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери (теплопотребление)	β_n	1,13	

Комплексные показатели

Показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление	q_n^{des} , кВт·ч/м ²	15,5	
Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление	q_n^{des} , кВт·ч/м ²	44,0	
Класс по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию		A+	
Соответствует ли проект здания нормативному требованию		Да	
Указания о необходимости доработки проекта здания		Нет	

Из теплоэнергетического паспорта здания можно сделать вывод, что по значению удельного потребления тепловой энергии на отопление, **15,5** кВтч/(м²год) здание соответствует классу A+ в соответствии с ТКП 45-2.04-196-2010 или критерию, соответствующему для наименования «Пассивный дом».

В системе горячего водоснабжения здания используется система утилизации тепловой энергии сточных вод, обеспечивающая 40% возврата энергии на горячее водоснабжение, что дает для горячего водоснабжения цифру затрат энергии, считая, что в обычном здании потребляется 70 кВтч/(м²год), 40 кВтч/(м² год). Эта величина несколько превышает значение, указанное в качестве индикатора проекта, однако суммарное значение потребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжений, равное 55 кВтч/(м² год), меньше значения 60 кВтч/(м² год), ожидаемого по Проектному документу.

В таблице 1 приведены основные теплоэнергетические характеристики экспериментального здания в г. Гродно. Следует отметить, что эффективность теплового насоса при отборе низкопотенциальной энергии из сточного коллектора, температура стоков в котором выше 15°C и максимальной температуре теплоносителя, подаваемого в систему отопления и горячего теплоснабжения, равной 45°C может быть принята равной: $\text{COP} = 4,5$. Это дает возможность получить отношение тепловой энергии, полученной от теплового насоса к электрической энергии от потребительской сети, равное 15,5, что делает экономически выгодным использование системы с тепловым насосом для населения.

Таблица 1 Основные теплоэнергетические характеристики экспериментального здания в г. Гродно и сравнение с обычным зданием такой же серии

Удельное потребление тепловой энергии на отопление, q_0 кВтч / (м ² год)		Общее потребление тепловой энергии на отопление, Q_1 МВтч/год		Удельное/общее годовое потребление тепловой энергии на ГВС, q_1 кВтч / (м ² год) / Q_2 МВтч/год		Общее годовое потребление тепловой энергии Q_0 МВтч/год		Необходимое количество дополнительной электрической энергии, E, МВтч	Площадь фото-электрической батареи S М ²	Электроэнергия фото-электрической батареи $E_{фв}$ МВтч	Электроэнергия из внешней сети, МВтч $E_{вн}$	Отношение $Q_0 / E_{вн}$
Обычное	Энергоэффективное	Обычное	Энергоэффективное	Обычное	Энергоэффективное	Обычное	Энергоэффективное	Энергоэффективное	Энергоэффективное	Энергоэффективное	Энергоэффективное	
42	15,5	434	160	70 / 397	40 / 278	831	438	95	428	67,3	27,7	15,5

Дополнительные преимущества экспериментального здания по сравнению с современными зданиями нового строительства:

- Высокое качество воздушной среды и комфортные условия проживания, которые будут обеспечены принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха;
- Низкотемпературная система отопления с максимальной температурой теплоносителя 55°C, что снижает потери энергии при ее доставке в квартире;
- Индивидуальные системы учета и управления тепловыми режимами в каждой комнате, что обеспечивает возможность дополнительной экономии энергии и обеспечение индивидуально-комфортных условий.

Проблемные вопросы, вызвавшие интерес Госэкспертизы

У экспертов Государственной экспертизы вызвали сомнение технические решения, связанные с монтажом системы фотоэлектрических элементов и конструкция теплообменника для отбора тепловой энергии стоков канализационного коллектора. Вопросы возникли в связи с опасностью протечек в местах крепления.

На рис. 4 представлена схема крепления фотоэлектрических элементов на крыше здания. Для крепления элементов на крыше здания предварительно предполагается отлить на железобетонном перекрытии здания бетонные тумбы, на которых будут закреплены элементы.

Для наглядности на рис. 5 приведены аналогичные предлагаемому элементы крепления солнечных коллекторов. Из представленного фото можно сделать вывод, что опасения экспертов обоснованы и при выполнении работ очень важно обеспечить высокое качество кровельных работ.



Рисунок 5 – Пример монтажа элементов солнечных коллекторов на крыше здания

На рис. 6 представлена схема крепления фотоэлектрических элементов на фасаде здания. Крепление предполагается выполнить из стандартных алюминиевых элементов. В данном случае также стоит вопрос об обеспечении высокого качества работ при выполнении системы теплоизоляции.

Использование теплоты сточных вод, текущих по безнапорному канализационному коллектору $d500$, обосновано близостью проектируемого жилого дома от коллектора.

Для организации съема теплоты предусмотрено устройство обводного коллектора. Перенаправление потоков канализации осуществляется при помощи пристенных затворов (рис. 7).

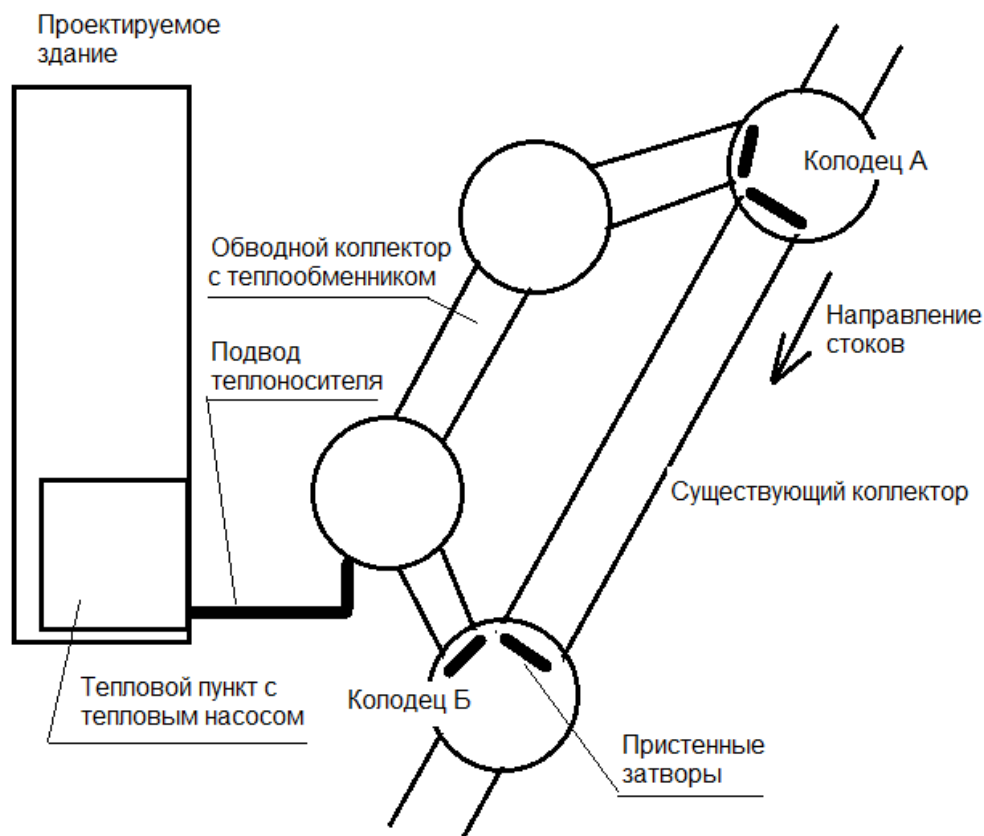


Рисунок 7 – Организация съема теплоты канализационного коллектора с устройством обводного коллектора

Основные энергосберегающие мероприятия экспериментального здания и расчетные по проекту результаты в г. Минске.

Краткое описание мероприятий

Для эксперимента в г. Минске выбран панельный девятнадцатиэтажный жилой дом серии 111-90 МАПИД. В соответствии с заданием на проектирование проектом экспериментального здания в г. Минске предусматриваются следующие мероприятия, снижающие энергопотребление здания.

1. Оболочка здания с улучшенными теплозащитными свойствами (включая светопрозрачные конструкции).
2. Система утилизации теплоты сточных вод здания для предварительного нагрева воды в системе горячего водоснабжения.
3. Система отопления с горизонтальной разводкой и поквартирным учетом и регулированием потребления тепловой энергии
4. Система принудительной приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией теплоты вытяжного воздуха.

По сравнению с экспериментальным зданием в г. Гродно здесь не предусмотрено использование теплового насоса и фотоэлектрических батарей.

Для контроля за функционированием инженерного оборудования в здании предусмотрена автоматизированная система диспетчеризации с дистанционной передачей информации и информационным табло, размещенным в здании, отображающим в режиме реального времени потребление и генерацию энергии.

Для оценки эффективности функционирования оборудования предусмотрена автоматизированная система технического учета тепловой и электрической энергии с дистанционной передачей информации.

На рис. 8 представлена структурная схема энергоснабжения здания.

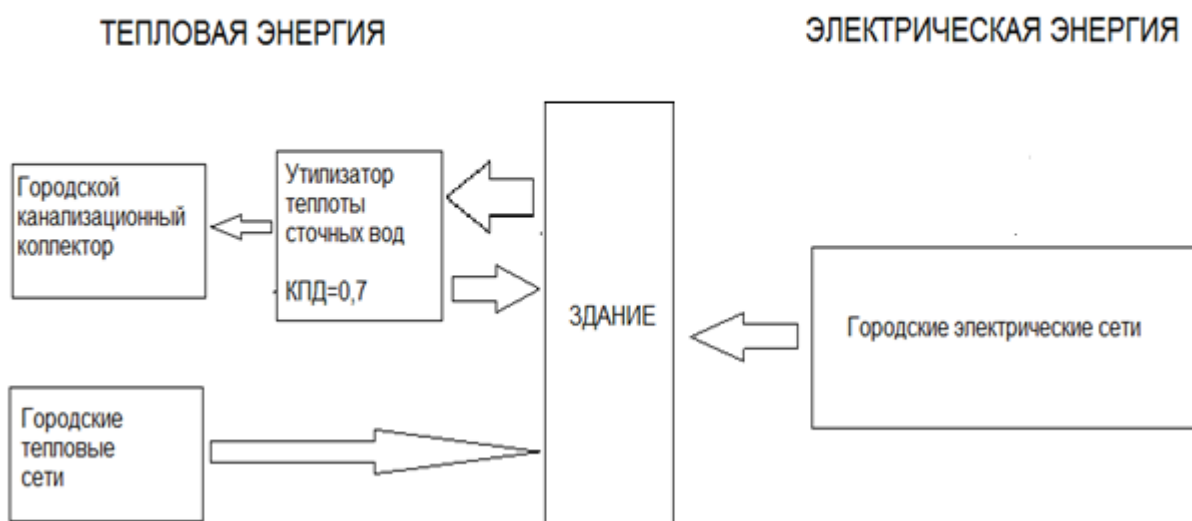


Рисунок 8 – Схема энергоснабжения экспериментального здания в г. Минске

Теплоэнергетический паспорт здания

Общая информация о проекте

Дата заполнения (число, м-ц, год)	24.06.2015
Адрес здания	г. Минск, Лошица-9, дом № 7
Разработчик проекта	ОАО «МАПИД»
Адрес и телефон разработчика	г. Минск, ул. Р. Люксембург, 205
Шифр проекта	№ 09.016.0.07

Расчетные условия

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	18
Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	- 28
Расчетная температура техподполья	t_f	°С	10*
Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	198
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°С	-0,9
Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°С·сут	3742,2

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

Назначение	Жилое
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Тип	19-ти этажное одноподъездное
Конструктивное решение	Крупнопанельное

Геометрические и теплоэнергетические показатели

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормативное значение	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение
Геометрические показатели				
Общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	A_e^{sum} , м ²	-	8194,12	
- наружных стен	A_w , м ²	-	5269,40	
- стен к холодной лестнице	A_{w2} , м ²	-	982,63	
- окон, балконных дверей	A_F , м ²	-	906,71	
- наружных дверей	A_{ed} , м ²	-	50,36	
- чердачных перекрытий (холодного чердака)	A_{c1} , м ²	-	426,31	
- перекрытий над техподпольем	A_f , м ²	-	480,60	
- совмещенного покрытие ЛЛУ	A_{c2} , м ²	-	57,07	
- покрытий над эркерами	A_{c3} , м ²	-	10,52	
- перекрытий под эркерами	A_{f2} , м ²	-	10,52	
Отапливаемая площадь	A_h , м ²	-	9209,50	
Площадь жилых помещений и кухонь	A_l , м ²	-	4964,21	
Расчетная площадь	A_{l2} , м ²	-	-	
Отапливаемый объем	V_h , м ³	-	26158,00	
Коэффициент остекленности фасада	f	-	0,15	
Показатель компактности здания	k_e^{des}	0,25	0,31	
Теплоэнергетические показатели				
Теплотехнические показатели				
Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций:	R_o^r , м ² ·°C/Вт			
- наружных стен		3,20	3,39	
- стен к холодной лестнице	R_w^r	-	2,10	

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормативное значение	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение
- окон и балконных дверей	R_{w2}^r	1,00	1,09	
- чердачных перекрытий (холодного чердака)	R_F^r	6,00	6,03	
- перекрытий над техподпольем	R_{c1}^r	2,50	1,41	
- входных дверей, дверей лестничной клетки	R_f^r	0,48	0,48	
- совмещенного покрытие над ЛЛЮ	R_{ed}^r			
- перекрытий над эркерами	R_{c2}^r	6,00	6,21	
- перекрытий под эркерами	R_{c3}^r	6,00	6,00	
	R_{f2}^r	6,00	6,17	
Приведенный коэффициент теплопередачи здания	K_m^{tr} , Вт/(м ² ·°С)	-	0,35	
Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период (эффективная)	n_a , 1/ч	-	0,24	
Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции	K_m^{inf} , Вт/(м ² ·°С)	-	0,23	
Общий приведенный коэффициент теплопередачи здания	K_m , Вт/(м ² ·°С)	-	0,58	
Энергетические показатели				
Общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период	Q_h , МДж	-	1536636	
Удельные бытовые теплопоступления	q_{int} , Вт/м ²	-	8,60	
Бытовые теплопоступления в здание за отопительный период	Q_{intb} , МДж	-	730344	
Теплопоступления через светопрозрачные конструкции (окна и фонари) в течение отопительного периода	Q_s , МДж	-	255290	
Требуемое количество тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода	Q_k^y , МДж	-	770250	

Коэффициенты

Показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
Коэффициент, зависящий от способа регулирования подачи теплоты в системах отопления	ζ	0,95	
Коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери (теплопотребление)	β_h	1,11	

Комплексные показатели

Показатель	Обозначение и размерность показателя	Нормативное значение показателя	Фактическое значение показателя
Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию	q_h^{des} , МДж/м ² (кВт·ч/м ²)	83,52 (23,20)	
Нормативный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию	q_h^{red} , МДж/м ² (кВт·ч/м ²)	172,80 (48,00)	
Класс по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию		A+	
Соответствует ли проект здания нормативному требованию		Да	
Указания о необходимости доработки проекта здания		Да	

Из теплоэнергетического паспорта здания можно сделать вывод, что по значению удельного потребления тепловой энергии на отопление, **23,2** кВтч/(м²год) здание соответствует классу A+ в соответствии с ТКП 45-2.04-196-2010, что несколько выше показателя энергоэффективного здания в г. Гродно. Это объясняется тем обстоятельством, что для сборного здания, строящегося по технологии КПД технологически затруднительно без изменения технологии уменьшить уровень трансмиссионных тепловых потерь. На наш взгляд, определенный резерв, связанный с расположением незадымляемой лестницы, остался. В настоящее время неотапливаемая лестница расположена внутри утепленного контура здания, что влечет за собой дополнительные тепловые

потери из жилых квартир. Целесообразно вынести эту конструкцию за пределы отапливаемого периметра здания.

В системе горячего водоснабжения здания используется система утилизации тепловой энергии сточных вод, обеспечивающая 40% возврата энергии на горячее водоснабжение, что дает для горячего водоснабжения цифру затрат энергии 40 кВтч/(м² год), считая, что в обычном здании потребляется 70 кВтч/(м²год). Эта величина несколько превышает значение, указанное в качестве индикатора проекта. Суммарное значение потребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжений, равное 65 кВтч/(м² год), больше значения 60 кВтч/(м² год), ожидаемого по Проектному документу.

Однако, эта разница не превышает 10% итоговой величины и требует уточнения на стадии эксплуатации здания.

Дополнительные преимущества экспериментального здания по сравнению с современными зданиями нового строительства:

- Высокое качество воздушной среды и комфортные условия проживания, которые будут обеспечены принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха;
- Индивидуальные системы учета и управления тепловыми режимами в каждой комнате, что обеспечивает возможность дополнительной экономии энергии и обеспечение индивидуально-комфортных условий.

Заключение

Таким образом, результаты расчетов теплоэнергетических характеристик экспериментальных жилых зданий в гг. Гродно и Минск подтвердили возможность достижения планируемых показателей проекта ПРООН/ГЭФ:

- Увеличение капитальных затрат на величину не более 10%
- Удельный показатель потребления тепловой энергии на отопление – не более 25 кВт-ч/м² в год
- Расход тепловой энергии для приготовления горячей воды – не более 35 кВт-ч/м² в год (т.е. сокращение на 40-50%).

Окончательный вывод можно будет получить по результатам эксплуатации экспериментальных объектов.