

ПРООН/ГЭФ

Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий
в Республике Беларусь»

**ИТОГОВЫЙ ОТЧЕТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТЫ ЭКСПЕРТА ПО ВОПРОСАМ
ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ:**

**РАЗДЕЛЫ В ОСНОВНЫЕ ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО РАМОЧНОЙ
КОНВЕНЦИИ ООН ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА**

**РАЗДЕЛ В ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ «НОВЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЖИЛЫЕ
ЗДАНИЯ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ»**

Исполнитель,
Эксперт по вопросам оценки и
сокращения выбросов парниковых газов

Е.И. Бертош

Минск
июнь 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 РАЗДЕЛЫ В ОСНОВНЫЕ ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ООН ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА	4
2 РАЗДЕЛ В ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ «НОВЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ»	9
2.1 Строительство энергоэффективного жилья: вклад в сокращение выбросов парниковых газов	9
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ	16

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси на протяжении четырех лет реализовывался проект ПРООН-ГЭФ «Повышение энергоэффективности жилых зданий в Республике Беларусь». Целью данного проекта являлось экономически обоснованное снижение потребления энергии при строительстве и эксплуатации жилых зданий и соответствующее сокращение выбросов парниковых газов.

На первом этапе реализации климатического компонента проекта были разработаны основные положения методики расчета выбросов парниковых газов в жилом здании для интеграции ее в систему сертификации энергетической эффективности жилых зданий, а также выполнена оценка объема предполагаемых выбросов парниковых газов при эксплуатации трех пилотных зданий, построенных партнерами проекта.

В настоящее время проект ПРООН-ГЭФ приступил к мониторингу энергоэффективности и анализу условий и результатов эксплуатации упомянутых пилотных зданий.

Полученные данные по энергопотреблению этих зданий в сравнении с расчетными (проектными) показателями и в сравнении с типовыми жилыми зданиями таких же строительных серий позволяют выполнить оценку фактических значений сокращения выбросов парниковых газов для каждого здания в целом и для каждой меры повышения энергоэффективности и использованной технологии в отдельности в процессе эксплуатации этих зданий.

Данные этих оценок помогли разработать рекомендации по созданию системы сертификации энергоэффективности зданий в части включения климатической составляющей, а также позволяют уточнить данные национальных отчетных документов в области изменения климата.

Настоящий отчет содержит раздел по оценке эффективности реализации энергосберегающей политики в жилом секторе, который может быть включен в 7-ое Национальное сообщение Республики Беларусь во исполнение обязательств по Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), Двухгодичный доклад. Данные оцениваемого потенциале жилого сектора в сокращение выбросов парниковых газов могут стать основой для разработки национальных определяемых вкладов по сокращению выбросов парниковых газов Республики Беларусь.

Также в отчет включен раздел, который войдет в технический отчет «Новые энергоэффективные жилые здания: проектирование, строительство и эксплуатация».

1 РАЗДЕЛЫ В ОСНОВНЫЕ ОТЧЕТНЫЕ ДОКУМЕНТЫ ПО РАМОЧНОЙ КОНВЕНЦИИ ООН ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА

Данная глава включает в себя сведения о политике и мерах по сокращению выбросов парниковых газов в жилищном секторе, а также эффекте от реализации такой политике и мер в Республике Беларусь. Кроме того, приводятся данные о выбросах парниковых газов и об оценочном потенциале сокращений выбросов парниковых газов в жилищном секторе, которые были рассчитаны по методике, разработанной в рамках заданий проекта по климатическому компоненту (Приложение 1).

Информация, представленная в данной главе, может быть включена в 7-ое Национальное сообщение Республики Беларусь во исполнение обязательств по Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), Двухгодичный доклад, а также стать основой для разработки прогнозов выбросов парниковых газов на перспективу и национальных определяемых вкладов по сокращению выбросов парниковых газов Республики Беларусь.

Выбросы парниковых газов в жилищном секторе

Выбросы парниковых газов в секторе жилых зданий напрямую не оцениваются в кадастре парниковых газов, поскольку учитываются при производстве тепловой и электрической энергии. Тем не менее и могут быть определены косвенно по потребленной электрической и тепловой энергией населением.

Таким образом, сектор жилых зданий производит 19% выбросов парниковых газов в секторе «Энергетика», в котором аккумулируется более 60% всех выбросов страны. В общем объеме выбросов парниковых газов Беларуси сектор жилых зданий занимает более 12% и является значимым источником выбросов.

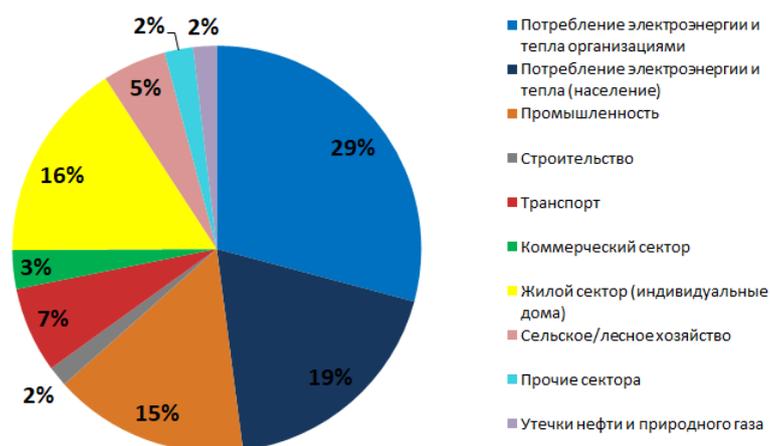


Рисунок 1 – Распределение источников выбросов по сектору «Энергетика», 2016 год

В свою очередь, при производстве электроэнергии и тепла сектором жилых зданий выбрасывается более 39% выбросов, и их доля растет из года в год (рисунок 2 ниже). Остальные 61% выбросов от данной категории производятся организациями

государственной и частной форм собственности страны, в том числе в секторе общественных зданий.

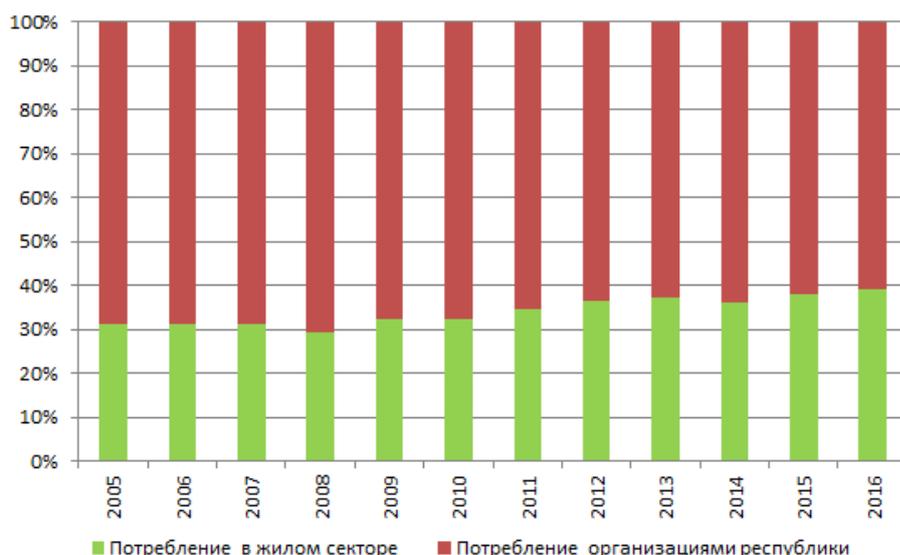


Рисунок 2 – Распределение выбросов в категории «Производство электроэнергии и тепла», 2005-2016 гг.

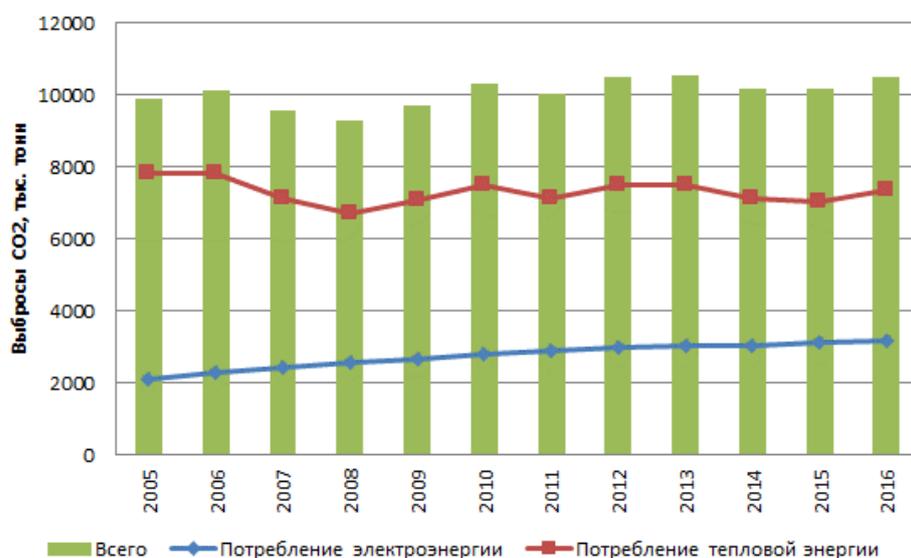


Рисунок 3 – Динамика выбросов парниковых газов в секторе жилых зданий, 2005 – 2016гг.

Как видно из представленных данных на рисунке 3, выбросы парниковых газов при эксплуатации жилых зданий колеблются на протяжении последних лет, при чем выбросы при потреблении тепловой энергии сокращаются, а выбросы парниковых газов при потреблении электрической энергии непрерывно растут на всем временном отрезке 2005-2016гг. Следует отметить, что некоторому снижению выбросов при потреблении тепловой энергии способствует целенаправленная политика государства в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. Кроме того, на динамику выбросов от потребления

тепловой энергии существенно влияет температурный режим отопительного периода, который изменяется из года в год.

Политика и меры по сокращению выбросов парниковых газов в жилищном секторе Республики Беларусь

Жилищно-коммунальный сектор Беларуси является крупным потребителем топливно-энергетических ресурсов, и в отрасли сосредоточен значительный потенциал повышения энергетической эффективности и снижения выбросов парниковых газов.

По итогам 2016 г. отпуск электрической энергии населению Беларуси составил 6,69 млрд кВтч, тепловой энергии - 22,93 млн. Гкал, природного и попутного газа - 1,98 млрд. м куб.

Основными направлениями повышения энергетической эффективности и снижения выбросов парниковых газов в сфере жилищного строительства и ЖКХ в средне- и долгосрочном периоде будут являться:

- обеспечение доли энергоэффективных жилых домов в общем объеме строительства многоквартирных жилых домов на уровне 100% к 2020 г. При этом доля жилых домов с высокими классами энергоэффективности в общем объеме строительства многоквартирных жилых домов должна к 2020 г. составить не менее 20%, к 2030 г. - 100%;
- снижение потерь энергии в тепловых сетях за счет ежегодной замены тепловых сетей, находящихся на балансе организаций жилищно-коммунального хозяйства ежегодно в объеме не менее 4% от их протяженности, что составит к 2020 году 3156 км. После 2020 г. предполагаемые объемы замены теплосетей составят не менее 3% в год;
- достижение доли теплосетей с использованием ПИ-труб не менее 69% к 2020 г., 75-80% к 2030 г. и 90-100% к 2030 г.;
- снижение потерь тепловой энергии в тепловых сетях до 10% к 2020 г., до 9,3% к 2030 г., до 7,7% к 2050 г.;
- оптимизация схем теплоснабжения населенных пунктов с ликвидацией неэффективных теплоисточников или децентрализацией систем теплоснабжения;
- развитие систем теплоснабжения населенных пунктов, в том числе строительство локальных теплоисточников, на основании утвержденных в установленном законодательством порядке схем теплоснабжения;
- оснащение водозаборов современным энергоэффективным насосным оборудованием с автоматизированными системами управления;
- утилизация отходов водоочистных сооружений за счет создания биогазовых установок;
- оптимизация режимов водоснабжения городов и поселков в целях снижения потребления электроэнергии;
- внедрение энергоэкономичных осветительных устройств и автоматических систем управления уличным освещением;

- внедрение энергоэкономичных осветительных устройств и автоматических систем управления освещением мест общего пользования многоквартирных жилых домов;
- оснащение многоквартирных жилых домов (от 8 квартир и более) приборами учета и системами автоматического регулирования тепловой энергии исходя из технической и экономической целесообразности;
- термореновация жилых домов в целях доведения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию не более 60 кВтч/кв.м в год после капитального ремонта и реконструкции зданий;
- внедрение практики обязательного проведения энергетических обследований многоквартирного жилого фонда и его энергетической паспортизации;
- полное оснащение индивидуальными устройствами автоматизированного регулирования и учета тепловой энергии в квартирах;
- дальнейшее вовлечение населения в процесс энергосбережения и повышения эффективности использования ТЭР в жилом комплексе.

Значительный потенциал в сфере снижения выбросов парниковых газов в жилищном секторе Беларуси сосредоточен в секторе эксплуатации зданий и связан с возможностью наращивания электропотребления на нужды отопления и горячего водоснабжения вместо использования органического топлива после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС.

Потенциал сокращений выбросов парниковых газов в жилищном секторе Республики Беларусь

Потребление тепловой энергии в жилом фонде Беларуси сильно варьируется и, в целом, зависит от года постройки и материалов наружных стен. Так жилые дома, построенные до 1995 года, потребляют 200 кВт-ч/м² тепловой энергии, для новых зданий (построенных после 2010 года) этот показатель составляет 130 кВт-ч/м². Для трех пилотных зданий, построенных в рамках проекта, удельный показатель потребления тепловой энергии варьируется от 52,8– 63,2 кВт-ч/м².

Только на отопление в Беларуси в устаревших зданиях (построенных до 1995 года), в среднем, расходуется 130 кВтч/м². В новых зданиях (построенных после 2010 года) это значение составляет 90 кВтч/м². Для энергоэффективных зданий, построенных в рамках проекта, этот показатель установлен на уровне 15,5-23,2 кВтч/м².

Удельный расход энергии для горячего водоснабжения в многоквартирных зданиях составляет 70 кВт-ч/м². Потребление энергии на горячее водоснабжение в энергоэффективных зданиях, построенных в рамках проекта, будет составлять 30 – 40 кВт-ч/м² (таблица 1).

Таблица 1 – Потребление электроэнергии жилыми зданиями

Тип зданий	Общая площадь, млн. м ²	Удельное потребление тепловой энергии на отопление кВтч/(м ² в год)	Удельное потребление тепловой энергии на ГВС кВтч/(м ² в год)	Удельное потребление тепловой энергии (отопление и ГСВ) кВтч/(м ² в год)	Общее потребление тепловой энергии на отопление, млн. кВт·ч	Общее потребление тепловой энергии на ГВС, млн. кВт·ч	Общее потребление тепловой энергии на отопление и ГСВ, млн. кВт·ч
До 1995 г.	190,00	130,00	70,00	200,00	24 700	13 300	38000,00
1995-2010	50,00	90,00	70,00	160,00	4 500	3 500	8000,00
2011 – 2015	21,00	60,00	70,00	130,00	1 260	1 470	2730,00

При реализации различных сценариев за счет внедрения мероприятий по снижению энергопотребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение в секторе жилых зданий можно сократить от 3 до 7% от общенациональных выбросов.



Рисунок 4 - Потенциал сокращений выбросов парниковых газов в жилищном секторе Республики Беларусь

2 РАЗДЕЛ В ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ «НОВЫЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ»

2.1 Строительство энергоэффективного жилья: вклад в сокращение выбросов парниковых газов

При эксплуатации жилых зданий выбросы парниковых газов происходят в результате:

- потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию от централизованного источника;
- потребления тепловой энергии на горячее водоснабжение от централизованного источника;
- потребления электрической энергии электроприемниками квартир;
- потребления электрической энергии на общедомовые нужды;
- отребления электрической энергии энергоэффективным оборудованием;
- потери, связанные с доставкой тепловой и электрической энергии.

Выработка энергии (теплой и электрической) при эксплуатации инженерных систем для повышения энергоэффективности жилых домов и связанная с этим экономия топливно-энергетических ресурсов, необходимых для энергетических нужд дома, напрямую определяет величину сокращений выбросов парниковых газов (рисунок ниже).

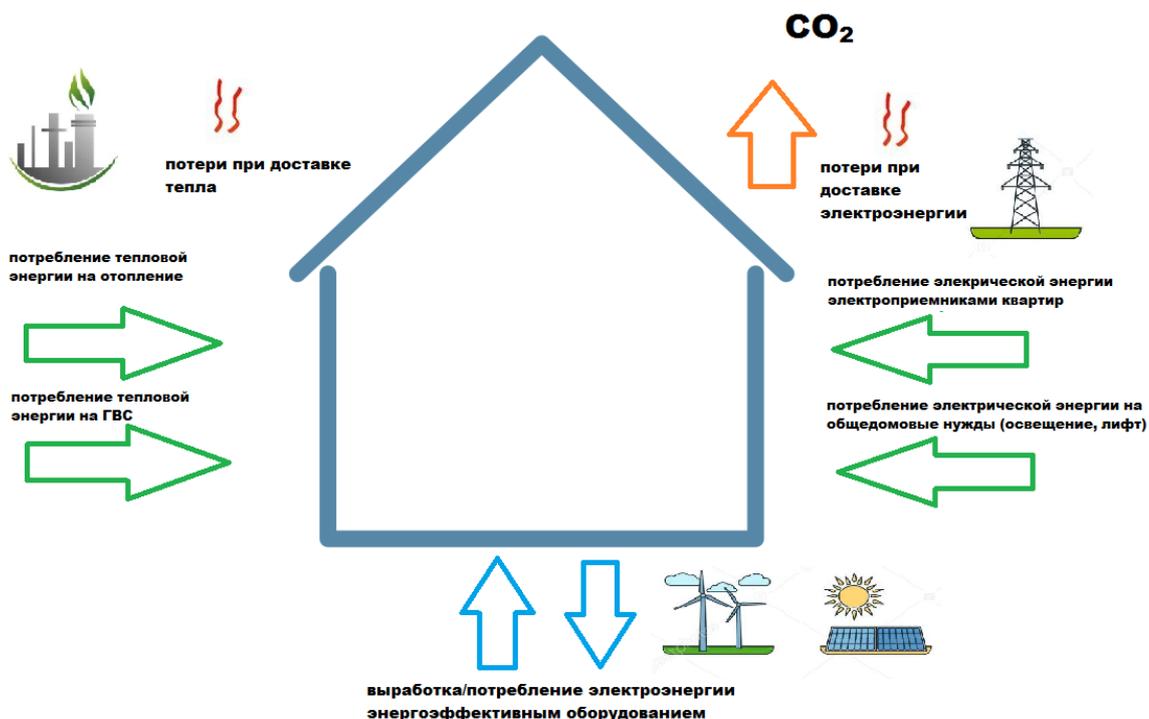


Рисунок 5 – Баланс потребления электрической и тепловой энергии энергоэффективным ДОМОМ

В Беларуси сектор жилых зданий производит 19% выбросов парниковых газов в секторе «Энергетика», в котором аккумулируется более 60% всех выбросов страны. В общем объеме выбросов парниковых газов Беларуси жилищный сектор занимает более 12% и является значимым источником выбросов.

Потенциал снижения выбросов парниковых газов в жилищном секторе также огромен и оценивается в пределах 2506-6721 тонн CO₂ экв. при реализации различных сценариев за счет внедрения мероприятий по снижению энергопотребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение в секторе (рисунок 5 ниже), что эквивалентно сокращению от 3 до 7% общенациональных выбросов.

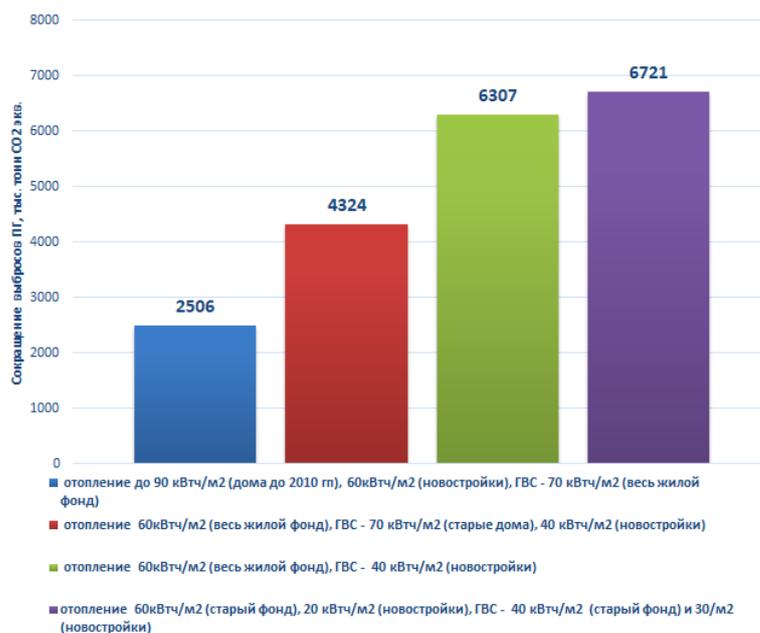


Рисунок 6 - Потенциал сокращений выбросов парниковых газов в жилищном секторе Республики Беларусь

Потребление тепловой энергии в жилом фонде Беларуси сильно варьируется и, в целом, зависит от года постройки и материалов наружных стен. Только на отопление в Беларуси в устаревших зданиях (построенных до 1995 года), в среднем, расходуется 130 кВтч/м². В новых зданиях (построенных после 2010 года) это значение составляет 90 кВтч/м². Удельный расход энергии для горячего водоснабжения в многоквартирных зданиях страны в среднем составляет 70 кВт-ч/м².

С целью демонстрации потенциала политики энергосбережения в жилищном секторе проект поддержал строительство трех пилотных энергоэффективных жилых зданий в трех городах Беларуси: г. Минске, г. Гродно и Могилеве.

Новые энергоэффективные жилые здания потребляют меньшее количество тепловой энергии от 15,5-23,2 кВтч/м² на отопление и вентиляцию и 30 – 40 кВт-ч/м² в системе горячего водоснабжения за счет эксплуатации инженерных систем для повышения энергоэффективности.

При строительстве этих жилых зданий проекта были реализованы следующие энергоэффективные мероприятия:

- приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла удаляемого воздуха (все дома);
- фотоэлектрические модули (дом в г. Гродно);
- система тепловых насосов на коллекторе канализационных стоков (дом в г. Гродно);
- система тепловых насосов на фундаментных сваях (дом в г. Гродно);
- система гелиоколлекторов (солнечных нагревателей) (дом в г. Могилеве);
- тепло серых стоков для подогрева воды системы горячего водоснабжения (все дома);
- система отопления с поквартирным учетом и регулированием потребления тепловой энергии (все дома);
- автоматизированный мониторинг инженерного оборудования и дистанционное считывание показателей (все дома);
- тепловой пункт системы центрального теплоснабжения (резервный источник отопления и горячего водоснабжения (все дома).

Одной из целей проекта также являлось показать насколько эффективно различные мероприятия в области энергосбережения влияют на сокращение выбросов парниковых газов.

Ниже рассмотрим результаты, полученные при проведении оценок выбросов парниковых газов от эксплуатации трех пилотных жилых домов, которые были выполнены по методике, разработанной в рамках проекта (Приложение 1).

В результате эксплуатации жилых домов за счет внедрения энергоэффективных мероприятий следует ежегодно ожидать сокращение выбросов парниковых газов по сравнению с базовым проектом дома, исключая применение энергоэффективных технологий, на уровне 71 тонн CO₂ для дома в г. Минске, 180 тонн CO₂ для дома в г. Гродно и 202 тонн CO₂ для дома в г. Могилеве (рисунок 7).

Наибольшее сокращение выбросов парниковых газов наблюдается для дома в г. Могилеве, поскольку дом больше всех остальных, к примеру, отапливаемая площадь дома в г. Могилеве на 4 680 м² дома в г. Гродно (это почти половина отапливаемой площади дома в г. Гродно). Также для типового проекта данного дома в базовом исполнении без энергоэффективных технологий характерно довольно высокое удельное потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию 47,6 кВт·ч/м²) по сравнению с другими домами (для г. Минска – 44,5 кВт·ч/м², для Гродно – 36,9 кВт·ч/м²).

Кроме того, хотелось бы отметить, что, несмотря на то, что для жилого энергоэффективного дома в г. Гродно установлено самое низкое удельное энергопотребление на отопление 15,5 кВт·ч/м² год, однако потребление электрической энергии энергосберегающим оборудованием наиболее высокое по сравнению с другими домами, и не компенсируется за счет выработки электрической энергии фотоэлектрическими батареями.

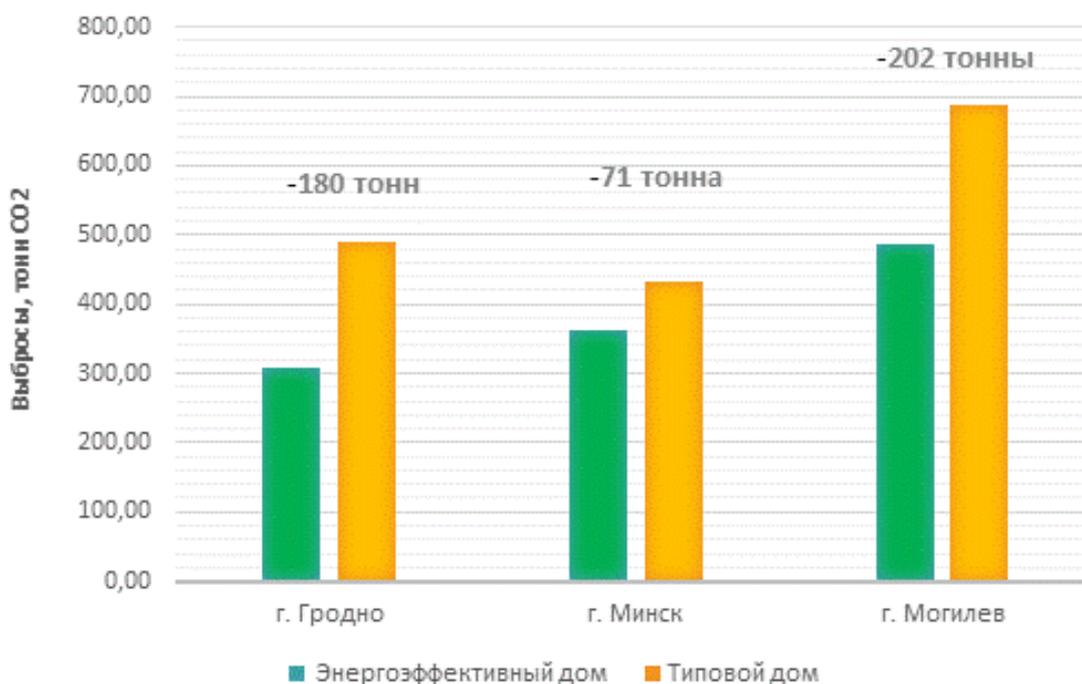


Рисунок 7 – Выбросы парниковых газов для трех жилых домов, тонн CO₂

В разрезе энергоэффективных систем и оборудования в эксплуатируемом жилом доме в г. Гродно наибольшее сокращение выбросов дают тепловые насосы. Они экономят выбросы парниковых газов на 58 тонн CO₂ ежегодно или 33% от общего сокращения парниковых газов. Ожидается, что после ввода в эксплуатацию система утилизации серых стоков будет сокращать до 45 тонн CO₂ ежегодно или 25% от общего объема сокращений. Выбросы CO₂ в результате работы системы приточно-вытяжной вентиляции уменьшаться на 37 тонн CO₂ в год (21% от общего объема сокращений). Система фотоэлектрической станции дает сокращения выбросов на 30 тонн CO₂ в год. Кроме того, за счет экономии потребления тепловых ресурсов на отоплении и ГВС будут сокращаться потери на доставку тепловой энергии, что даст сокращение выбросов CO₂ в объеме 8 тонн ежегодно (рисунок 8, таблица 2).

В доме в Минске установлены система приточно-вытяжной вентиляции и система утилизации серых стоков. Они сокращают выбросы парниковых газов на 26 тонн CO₂ в год (или 36% от общего объема сокращений) и 40 тонн CO₂ в год (или 56% от общего объема сокращений) соответственно. Сокращение выбросов CO₂ в результате уменьшения потерь по доставке тепловой энергии составят 5 тонн (или 8% от общего объема сокращений).

В доме в г. Могилеве наибольшее сокращение выбросов дает система гелиоколлекторов, которая сокращает выбросы парниковых газов на 65 тонн CO₂ в год или 32% от общего сокращения парниковых газов. Ожидается, что после ввода в эксплуатацию система утилизации серых стоков будет сокращать до 35% от общего объема сокращений по дому или на 61 тонну CO₂ ежегодно. Выбросы CO₂ в результате работы системы приточно-вытяжной вентиляции уменьшаться на 54 тонны в год, что составляет 27% от общего объема сокращений. Экономия потребления тепловых ресурсов на отоплении и ГВС сократит потери на доставку тепловой энергии и соответственно выбросы CO₂ в объеме 22 тонны в год (11 от общих сокращений по дому).



Рисунок 8 – Сокращение выбросов CO₂ при эксплуатации инженерных систем, установленных для повышения энергоэффективности жилых домов

Таблица 2 – Вклад в сокращение выбросов CO₂ каждой инженерной системы, установленной для повышения энергоэффективности жилых домов

Системы	Дом в г. Гродно	Дом в г. Минск	Дом в г. Могилев
Система приточно-вытяжной вентиляции	20,8	36,3	26,9
Система солнечной фотоэлектрической станции	16,9		
Система теплового насоса для жилого здания	32,7		
Система утилизации серых стоков	25,1	56,2	30,1
Система гелиоколлекторов			32,3
Уменьшение потерь по доставке тепла	4,5	7,5	10,8
Всего	100,0	100,0	100,0

Что касается удельных выбросов парниковых газов по нашим энергоэффективным домам, то они варьируются в пределах от 29,9 до 39,2 кг CO₂ на м² общей площади здания. Наибольшее значение приходится на жилой дом в г. Минске, наименьшее – г. Гродно. Дома в базовом исполнении (без установки энергосберегающего оборудования) производят намного большее количество выбросов парниковых газов от 47,3- 49,5 кг CO₂/м² в год (рисунок 9).

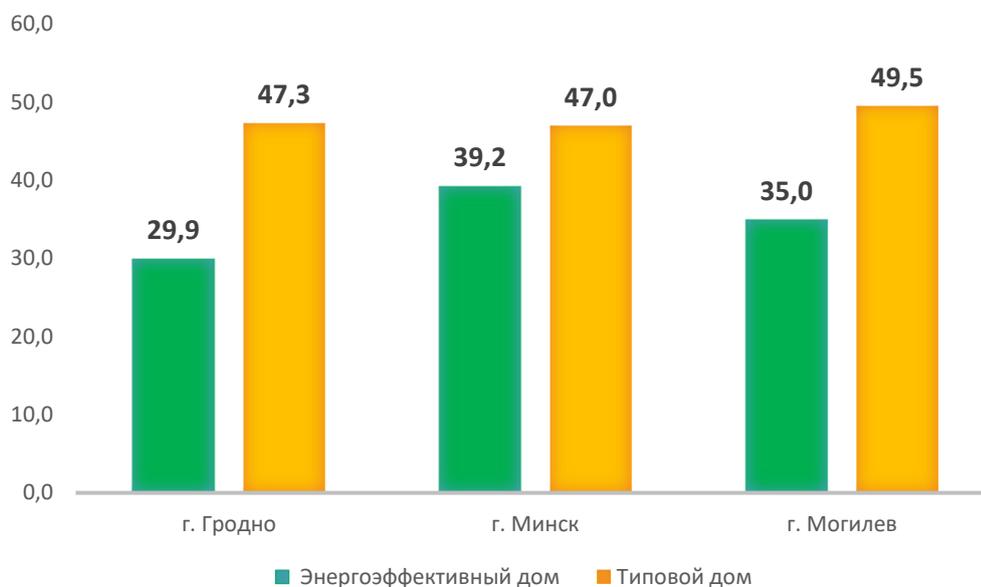


Рисунок 9 – Удельные выбросы парниковых газов, кг CO₂/м²

Необходимо также проанализировать показатели выбросов парниковых газов, рассчитанные без учета потребления электрической энергии квартирами и на общедомовые нужды, поскольку потребление электрической энергии жильцами зависит от различных факторов: степени оснащённости квартиры электрическими приборами, их класса энергопотребления, а также от индивидуальных знаний и желания жильцов по экономии электроэнергии. Кроме того, применение мероприятий по оснащению мест общего пользования энергоэффективным оборудованием выходит за рамки проекта.

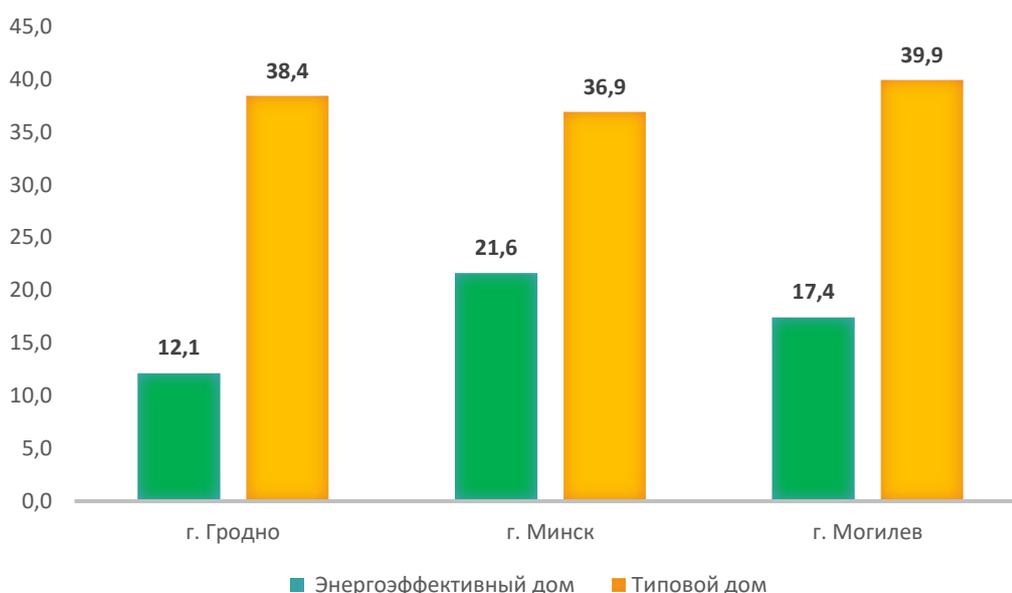


Рисунок 10 – Удельные выбросы парниковых газов, кг CO₂/м² (без учета потребления электрической энергии квартирами и на общедомовые нужды)

Таким образом, если рассматривать значения удельных показателей выбросов парниковых газов без учета потребления электрической энергией квартирами и на общедомовые нужды, то удельные выбросы на м² общей площади ниже для дома в г. Гродно 12 кг СО₂/м². Наиболее высокие выбросы на м² общей площади выше для жилого дома в г. Минске 21,6 кг СО₂/м². В жилом доме в г. Могилеве данный показатель составляет 17,4 кг СО₂/м². Типовые дома (исключающие энергоэффективные технологии и оборудование) выбрасывают 38 -40 кг СО₂/м² (без учета потребления электрической энергии квартирами и на общедомовые нужды).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ

Выбросы парниковых газов при эксплуатации жилых зданий можно определить несколькими способами в зависимости от доступной информации о потребляемом топливе и (или) энергии жилым зданием:

- на основании данных о потреблении конкретных видов топлива, используемых для обогрева зданий и горячего водоснабжения, а также для нужд электроснабжения;
- на основании данных о потребленной тепловой и электрической энергии.

Следует отметить, что в международных методиках по расчету выбросов парниковых газов от сжигания топлива, в основном, допускается определение выбросов только диоксида углерода, поскольку выбросы иных парниковых газов и их прекурсоров ничтожно малы.

Расчет выбросов диоксида углерода при эксплуатации жилых зданий по данным о потреблении топлива

Если известны данные о потреблении жилым зданием конкретных видов топлива для нужд энергоснабжения, то расчет выбросов парниковых газов можно произвести следующим способом. Такой метод оценки является наиболее предпочтительным при наличии соответствующих данных и дающим меньшие неопределенности.

Выбросы диоксида углерода E_{CO_2} , тыс. т/год от сжигания различных топлив рассчитываются по формуле:

$$E_{CO_2} = ПТР_{топл} \times НТС_{топл} \times C_C \times 10^{-3} \times KO_C \times \frac{44}{12}, \quad (1)$$

где $ПТР_{топл}$ – валовое потребление топлива, тыс. т/год;
 $НТС_{топл}$ – низшая теплотворная способность топлива, ГДж/т, которая определяется согласно таблице 1;
 C_C – содержание углерода в топливе, кг С/ГДж, которое определяется согласно таблице 1;
 KO_C – коэффициент окисления углерода, который определяется согласно таблице 1;
 $\frac{44}{12}$ – коэффициент преобразования углерода в выбросы диоксида углерода.

В данной таблице приводятся данные для различных видов топлива, которые потребляются в стране и учитываются при составлении топливно-энергетического баланса, а также используются при ведении кадастра парниковых газов. Следует отметить

вариативность источников данных, от национальных методик до методик по умолчанию МГЭИК.

Таблица 1 – Низшие теплотворные способности и содержание углерода в различных видах топлива

Наименование видов топлива	Низшая теплотворная способность топлива, $HTC_{топл}$	Источник данных	Содержание углерода, C_c	Источник данных	Коэффициент окисления углерода, KO_c	Источник данных
	ГДж/т					
Твердые виды топлива						
Уголь	11,9	ТКП 17.09-2013	27,6	2006 IPCC	1	2006 IPCC
Торф топливный	15	ТКП 17.09-2011	21,7	ТКП 17.09-2011	1	2006 IPCC
Брикеты топливные (при условной влажности 16%) /3/	16,59-17,37	ТКП 17.09-01-2011	27,1	ТКП 17.09-01-2011	1	2006 IPCC
Кокс	28,2	ТКП 17.09-2013	29,2	2006 IPCC	1	2006 IPCC
Жидкие топлива						
Нефть, включая газовый конденсат	42,3	ТКП 17.09-2013	20	2006 IPCC	1	2006 IPCC
Мазут топочный	39,64-40,48	ТКП 17.09-01-2011	20,8-21,3	ТКП 17.09-01-2011	1	2006 IPCC
Топливо дизельное	42,44-42,71	ТКП 17.09-2011	19,5-19,6	ТКП 17.09-01-2011	1	2006 IPCC
Топливо печное бытовое	42	ТКП 17.09-01-2011	20,1	ТКП 17.09-01-2011	1	2006 IPCC
Бензин автомобильный	44,3	ТКП 17.09-2013	18,9	2006 IPCC	1	2006 IPCC
Керосин осветительный	43,8	ТКП 17.09-2013	19,6	2006 IPCC	1	2006 IPCC
Топливо для реактивных двигателей (керосин авиационный)	44,1	ТКП 17.09-2013	19,5	2006 IPCC	1	2006 IPCC
Газ сжиженный	44,2	ТКП 17.09-2013	17,2	2006 IPCC	1	2006 IPCC

Смесь нефтяных отходов	40,2	2006 IPCC	22	2006 IPCC	1	2006 IPCC
Газообразные топлива						
Газ природный	33,53	ТКП 17.09-01-2011	16,02	ТКП 17.09-01-2011	1,0	2006 IPCC
Биомасса						
Древесина/древесные отходы	29,3	ТКП 17.09-05-2013	28,923	ТКП 17.09-01-2011	1,0	2006 IPCC
Дрова	15,6	ТКП 17.09-05-2013	30,5	ТКП 17.09-01-2011	1,0	2006 IPCC

Далее выбросы диоксида углерода от потребления топлива, затраченного на выработку тепловой и электрической энергии, суммируются по видам энергии (формула 2 ниже).

Расчет выбросов диоксида углерода при эксплуатации жилых зданий по данным о потреблении энергии

Расчет выбросов парниковых газов, а именно, диоксида углерода (выбросами метана и закиси азота в данном случае можно пренебречь, что согласуется с международными подходами оценки) осуществлялся отдельно по фактическим затратам энергии на отопление и горячего водоснабжения и электроснабжение (2), тонн CO₂:

$$\text{Общие выбросы}_{\text{CO}_2} = \text{Выбросы}_{\text{отопление}} + \text{ГСВ} + \text{Выбросы}_{\text{электричество}}, \quad (2),$$

Выбросы диоксида углерода, тонн CO₂, производимые жилым зданием при его отапливании и потреблении горячей воды, рассчитывались по формуле (2):

$$\text{Выбросы}_{\text{отопление+ГСВ}} = 1,83 \times 10^{-3} \times K_{\text{мэ}} \times (Q_{\text{отопление}} + Q_{\text{ГСВ}}), \quad (3),$$

где $1,83 \times 10^{-3}$ – коэффициент выбросы диоксида углерода при производстве тепловой энергии, рассчитанный на основании фактического расхода всех видов топлива на производство тепловой энергии, т CO₂/кг у.т.;

$K_{\text{мэ}}$ – среднее по Республике Беларусь значение расхода топлива на производство 1 Г кал тепловой энергии за предшествующий расчетам год, кг/у.т/Гкал, для упрощенных расчетов принимаемое равным 175 кг у.т/Гкал;

$Q_{\text{отопление}}$ и $Q_{\text{ГСВ}}$ – фактические затраты на отопление и горячее водоснабжение соответственно по данным приборов учета, Гкал/год.

Выбросы диоксида углерода тонн CO₂ при потреблении электроэнергии на нужды жильцов и освещение мест общего пользования рассчитывались по формуле 4:

$$\text{Выбросы}_{\text{электричество}} = 1,72 \times 10^{-6} \times K_{\text{эз}} \times (W_{\text{квартиры}} + W_{\text{моп}}), \quad (4)$$

где $1,72 \times 10^{-6}$ – коэффициент выброса диоксида углерода на 1 г у.т при производстве электроэнергии, рассчитанный на основании фактического расхода всех видов топлива на производство электрической энергии, т CO₂/г у.т.;

$K_{\text{эз}}$ – среднее по Республике Беларусь значение расхода топлива на производство 1 кВтч электроэнергии за предшествующий расчетам год, г у.т./ кВтч, для упрощенных расчетов принимаем равным 271 г у.т/ кВтч;

$W_{\text{квартиры}} + W_{\text{моп}}$ – фактическое потребление электроэнергии квартирами и в местах общего пользования соответственно по данным приборов учета.

Для полного учета выбросов диоксида углерода при эксплуатации жилых зданий, к общему объему потребляемой тепловой энергии и электрической необходимо добавить 10% потерь тепловой и электрической энергии для ее доставки соответственно.

Расчет сокращений выбросов парниковых газов за счет внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности здания

Ожидаемые объемы сокращения выбросов парниковых газов при внедрении энергоэффективных мероприятий рассчитываются на основании данных о потреблении энергии до внедрения мероприятия в уже построенном доме или о потреблении энергии для типовых домов такой же серии, исключая энергоэффективные технологии на стадии проектирования энергоэффективного дома, и после внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности в жилом доме по формуле 5:

$$\Delta V_y = V_y^B - V_y^P, \quad (5)$$

где: ΔV_y - сокращение выбросов парниковых газов в результате внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности здания в году y , т CO₂;

V_y^B - выбросы парниковых газов по базовому сценарию до внедрения мероприятия по повышению энергоэффективности году y , т CO₂;

V_y^P - выбросы парниковых газов по проектному сценарию после внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности здания в году y , т CO₂.

Если известны фактические или проектные данные по объемам экономии энергии за счет внедрения мероприятия по повышению энергоэффективности, расчет сокращений выбросов парниковых газов можно выполнить по таким данным, при этом необходимо

учитывать баланс выработки электрической и тепловой, а также увеличение потребления за счет работы инженерных систем по повышению энергоэффективности по формуле 6:

$$\Delta V_{y,i} = \sum_i 1,83 \times 10^{-3} \times k_{тэ} \times Q_{у т \text{ выработка}_i} + \sum_i 1,72 \times 10^{-6} \times k_{ээ} \times (Q_{уэ \text{ выработка}_i} - Q_{уэ \text{ потребление}_i}), \quad (6)$$

где $\Delta V_{y,i}$ - сокращение выбросов парниковых газов в результате внедрения мероприятий по повышению энергоэффективности здания i в году y , т CO_2 ;

$Q_{у т \text{ выработка}_i}$ - выработка тепловой энергии за счет внедрения мероприятия по повышению энергоэффективности i в году y , т CO_2 ;

$Q_{уэ \text{ выработка}_i}$ - выработка электрической энергии мероприятия по повышению энергоэффективности i в году y , т CO_2 ;

$Q_{уэ \text{ потребление}_i}$ - потребление электрической энергии инженерной системой по повышению энергоэффективности i в году y , т CO_2 .