



ru.depositphotos.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

многоквартирные дома (МКД),
энергосберегающие мероприятия,
внутреннее теплоснабжение
и отопление зданий (ВТиО),
выбросы CO₂,
климатические проекты

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД ЗДАНИЙ

В. А. Грановский, канд. техн. наук, технический директор ООО «Данфосс»

Актуальным трендом современной мировой экономики является переход на низкоуглеродные технологии. Киотское, а затем Парижское соглашение по климату определили основные подходы и принципы взаимодействия стран по снижению выбросов парниковых газов в атмосферу с целью предотвращения глобального повышения температуры воздуха.

Россия, являясь участницей Парижского соглашения, приняла 2 июля 2021 года Федеральный закон № 296-ФЗ «О выбросах парниковых газов» (далее – Закон № 296-ФЗ), который создает правовые предпосылки для развития в стране климатической повестки, внедрения климатических проектов и энергосберегающих технологий во всех сегментах экономики.

Основными мероприятиями для достижения поставленных целей являются:

- сокращение выбросов за счет повышения энергоэффективности технологических процессов, оборудования и изделий во всех сферах экономики;
- повышение поглощающей способности экосистемы, в основном за счет сохранения и развития лесного хозяйства.

Многоквартирные жилые дома – объекты для климатических проектов

Значительный потенциал сокращения выбросов парниковых газов содержится в сегменте конечно-

го потребления тепловой энергии, в частности в многоквартирных жилых домах (далее – МКД). Особенно это относится к зданиям, построенным во второй половине прошлого столетия, составляющим основную долю существующего жилого фонда. Конструкция систем внутреннего теплоснабжения и отопления этих зданий (далее – системы ВТиО) и их оснащение не соответствуют современным требованиям и целевым показателям по энергоэффективности. В результате именно эти здания являются основными косвенными эмитентами парниковых газов, и именно они должны стать объектами так называемых **климатических проектов**, то есть проектов, направленных на **выполнение комплекса мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов**. Указанный комплекс мероприятий полностью соответствует мероприятиям по энергоэффективности в системах ВТиО МКД, требования по выполнению которых прописаны в действующем законодательстве.

Рыночный механизм обращения углеродных единиц

Однако только законодательные, административные меры недостаточны. Нужна экономическая мотивация, заинтересованность бизнеса в реализации климатических проектов. В этой ситуации для мотивации бизнеса было бы целесообразно использовать рыночные механизмы обращения так называемых **углеродных единиц – верифицированного результата реализации климатического проекта, выраженного в массе парниковых газов, эквивалентной 1 тонне CO₂** (Закон № 296-ФЗ).

В приложении к рассматриваемым нами задачам в несколько упрощенном виде рыночный механизм обращения углеродных единиц мог бы работать следующим образом.

Государство устанавливает так называемые бенчмаркеры объектов строительства – эталонные значения эмиссии CO₂ на единицу площади здания. Все «свободные» углеродные еди-

ницы в пределах бенчмаркеров, то есть разница между значением бенчмаркеров и реальным, верифицированным углеродным следом построенного или отремонтированного здания, являются для застройщика товаром, который он может реализовывать на углеродном рынке. Покупателем углеродных единиц могут быть, например, компании, которые исчерпали свои технологические возможности по снижению выбросов, но их уровень все еще превышает установленный уровень бенчмаркеров.

В России рынка торговли углеродными единицами и квотами пока нет. Законом № 296-ФЗ предусмотрено создание **реестра углеродных единиц – информационной системы, в которой регистрируются климатические проекты и ведется учет углеродных единиц и операции с ними**.

Это пока не рынок. Механизмы обращения и торговли углеродными единицами еще не отработаны.

В этой связи актуальность приобретает разработка методов оценки потенциала российского углеродного рынка в сегменте МКД существующего жилого фонда и расчета объема эмиссии углеродных единиц.

Энергосбережение как средство снижения углеродного следа МКД

Мероприятия по энергоэффективности в системах ВТиО обеспечивают снижение потребления тепловой энергии в МКД в диапазоне **20–40 %** в зависимости от внешних и внутренних условий эксплуатации здания. Принимаем ориентировочно, что на эту же долю снижается и объем сжигаемого топлива, идущего на теплоснабжение МКД.

1. Если системы ВТиО МКД не оснащены энергосберегающим оборудованием, косвенная эмиссия здания, возникающая при сжигании топлива на его теплоснабжение (углеродный след здания), вычисляется по формуле (1) (здесь и далее см. Формулы).

2. В случае оснащения систем ВТиО МКД энергосберегающим оборудованием потребляется меньше тепла на его теплоснабжение, следовательно, меньше сжигается топлива. Углеродный след здания вычисляется при этом по формуле (2). В результате величина снижения углеродного следа при применении мероприятий по энергосбережению в указанных системах МКД рассчитывается по формуле (3).

Ориентировочный эквивалент поглощающей способности деревьев для расчета эффекта климатических проектов –

1 углеродная единица ≈ 12 деревьев



Условия расчета и значения исходных величин представлены в таблице. С учетом данных таблицы:

- значение коэффициента эмиссии K_3 определяется по формуле $K_3 = K_T \cdot K_{CO_2} / K_n$, т CO_2 /Гкал;
- количество тепла, потребляемого всеми МКД существующего жилого фонда, определяется по формуле $Q_{потр} = q_{потр} \cdot S$, Гкал/год.

Тогда формулу (1) можно записать в виде формулы (4), а формулу (3) – в виде формулы (5). Выполнив расчеты, получим, что:

- косвенная суммарная эмиссия всех зданий существующего жилого фонда (углеродный след зданий), не оснащенных энергосберегающим оборудованием, составляет $УС \approx 155$ млн УЕ/год;

- суммарная величина снижения годового количества выбросов CO_2 в результате применения в системах ВТнО МКД мероприятий по энергоэффективности составляет $\Sigma УС \approx 53$ млн УЕ/год.

Финансовый эффект от снижения выбросов CO_2

Оценим стоимость рассчитанного объема углеродных единиц, который может быть получен при применении мероприятий по энергосбережению в системах ВТнО МКД, то есть **потенциального бизнес-актива исполнителей климатических проектов.**

Средняя цена углеродной единицы (1 т CO_2) в 2020 году на разных мировых площадках составляла от 20 до 50 евро. В России пока стоимость углеродной единицы не сформировалась, поэтому для расчетов принимаем минимальную из приведенного диапазона стоимость в размере $C_{УЕ} = 20$ евро/т CO_2 , или, исходя из курса **1 евро \approx 90 руб., $C_{УЕ} = 1800$ руб./т CO_2 .**

Тогда суммарная стоимость $\Sigma C_{УЕ}$ снижения годового количества выбросов CO_2 рассчитывается по формуле (6) и составляет **95,4 млрд руб./год.** Это как раз и есть те **«карбоновые деньги»**, которые при внедрении мероприятий по энергоэффективности в системы ВТнО МКД и функционировании углеродного рынка могут ежегодно зарабатывать при реализации климатических проектов и вновь направляться на инвестиции в мероприятия по энергоэффективности.

Общий объем инвестиций, необходимых для реализаций этих мероприятий во всех МКД существующего жилого фонда, составляет **2,7 трлн руб.** (см. формулу (7)).

Простое сравнение требуемого объема инвестиций в мероприятия по повышению энергоэффективности в системах ВТнО МКД (формула (7)) с возможным количеством «карбоновых денег» (95,4 млрд руб./год), которое потенциально можно заработать на углеродном рынке при продаже углеродных единиц при их стоимости порядка **20 евро/УЕ**, показывает, что

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

Номер в тексте	Формула	Расчет/размерность
(1)	$УС = K_3 \cdot Q_{потр}$	т CO_2 /год или УЕ/год
(2)	$УС_3 = K_3 \cdot [Q_{потр} \cdot m / (1 + n)]$	т CO_2 /год или УЕ/год
(3)	$\Delta УС = K_3 \cdot Q_{потр} - K_3 \cdot Q_{потр} \cdot m / (1 + n) = K_3 \cdot Q_{потр} \cdot [1 - m / (1 + n)]$	т CO_2 /год или УЕ/год
(4)	$УС = (K_T \cdot K_{CO_2} / K_n) \cdot q_{потр} \cdot S$	т CO_2 /год или УЕ/год
(5)	$\Delta УС = (K_T \cdot K_{CO_2} / K_n) \cdot q_{потр} \cdot S \cdot [1 - m / (1 + n)] \cdot \beta$	т CO_2 /год или УЕ/год
(6)	$\Sigma C_{УЕ} = \Sigma УС \cdot C_{УЕ}$	53 x 1 800 = 95,4 млрд руб./год
(7)	$\Sigma И = S \cdot C_3$	2,7 x 1 000 = 2,7 трлн руб.
(8)	$K_{дер} \approx \Sigma УС \cdot 12$ дер.	53 x 12 = 636 млн дер./год.
(9)	$S_{пос} \approx K_{дер} / 400$ дер.	1,6 млн га/год (или 16 тыс. км ² /год)
(10)	$C_{ин} = K_{дер} \cdot C_{дер}$	$\approx 636 \times 1\,000 = 636\,000$ млн руб./год или 636 млрд руб./год

Обозначения в формулах

- $УС$ – величина углеродного следа, т CO_2 /год; УЕ – углеродная единица (1 УЕ = 1 т CO_2)
- K_3 – коэффициент эмиссии, т CO_2 /Гкал, (УЕ/Гкал) – отраслевой показатель
- $Q_{потр}$ – количество тепла, потребляемое многоквартирным домом, не оснащенный энергосберегающим оборудованием и технологиями, Гкал/год
- $УС_3$ – углеродный след здания при применении мероприятий по энергосбережению, т CO_2 /год
- m – коэффициент, учитывающий эффективность мероприятий по энергосбережению
- n – коэффициент, учитывающий углеродный след, возникающий при производстве оборудования, применяемого для обеспечения мероприятий по энергоэффективности в системах ВТнО МКД
- K_T – удельный расход топлива на производство единицы тепла, кг у. т./Гкал (см. табл.)
- K_{CO_2} – удельное количество выбросов CO_2 в атмосферу при сжигании топлива, кг CO_2 /кг н. т. (см. табл.)
- K_n – коэффициент перевода из условного в натуральное топливо (см. табл.)
- $\Delta УС$ – снижение углеродного следа, при применении мероприятий по энергосбережению в системах ВТнО МКД, т CO_2 /год
- $q_{потр}$ – удельный расход тепловой энергии в МКД, Гкал/м² год
- S – общая площадь жилья МКД городов и городских поселений в России, млрд м² (см табл.)
- β – доля объемов тепловой энергии в общем балансе выработки на разных источниках
- $C_{УЕ}$ – стоимость углеродной единицы, евро/т CO_2
- $\Sigma C_{УЕ}$ – суммарная стоимость снижения годового количества выбросов CO_2 , млрд евро/год
- $\Sigma И$ – общий объем инвестиций, необходимых для реализации энергоэффективных мероприятий во всех МКД существующего жилого фонда, трлн руб.
- C_3 – ориентировочная удельная (на 1 м² МКД) стоимость мероприятий по энергоэффективности, $\approx 1\,000$ руб./м²
- $S_{пос}$ – площадь ежегодной посадки деревьев, га/год. Норматив плотности посадки деревьев равен 400 дер./га
- $K_{дер}$ – количество деревьев, эквивалентное по объему снижения выбросов CO_2 эффекту от применения мероприятий по энергосбережению
- $C_{дер}$ – ориентировочная удельная стоимость посадочного материала и работ по посадке деревьев (без учета затрат на уход, содержание, защиту от пожаров и вредителей). Примерно равна 1 000 руб./дер.
- $C_{ин}$ – ежегодный объем инвестиции в посадку рассчитанного количества деревьев, млрд руб./год

Таблица Условия расчета и значения исходных величин

Показатель	Значения	Комментарии	Источник
Удельный (на единицу площади) расход тепловой энергии в МКД $q_{\text{плотр}}$, Гкал/м ² год	0,12÷0,31 (~0,2)	В зависимости от региона страны, данные за 2018 год	[2]
Эффект от применения мероприятий по энергосбережению в МКД m	0,3 (30 %)	Среднее значение из указанного диапазона	–
Доля объемов тепловой энергии в общем балансе выработки на разных источниках β	ТЭЦ на природном газе	0,6 (60 %)	Условно принят только газ (метан) Условное соотношение долей
	Котельные на мазуте	0,2 (20 %)	
	Котельные на угле	0,2 (20 %)	
Удельный расход топлива на производство единицы тепла K_T , кг у. т./Гкал	ТЭЦ	169,0	Данные за 2020 год, кг у. т. – масса условного топлива
	Котельные	156,4	
Удельное количество выбросов CO ₂ в атмосферу при сжигании топлива K_{CO_2} , кг CO ₂ /кг н. т.	Природный газ	1,88	кг н. т. – масса натурального топлива
	Мазут	3,16	
	Каменный уголь	2,29	
Коэффициенты перевода из условного в натуральное топливо K_n	Природный газ	1,15	Справочный материал
	Мазут	1,40	
	Каменный уголь	0,80	
Коэффициент, учитывающий углеродный след при производстве изделий, применяемых для энергосбережения, n^{**}	0,21 (21 %)	Доля индустрии в общем балансе выбросов CO ₂	–
Общая площадь жилья городов и городских поселений (только МКД застройки до 2000 года) S , млрд м ²	2,7	Статистические данные за 2019 год.	[3]
Доля общей площади МКД, снабжаемых тепловой энергией от разных источников, S_T (ТЭЦ, котельные), млрд м ²	От ТЭЦ, природный газ – 60 %	1,62	Соотношение площадей принято по аналогии с долями источников тепловой энергии
	От котельных, мазут – 20 %	0,54	
	От котельных, уголь – 20 %	0,54	

Примечания:

* Ориентировочно принимаем для расчета среднее по регионам страны значение $q_{\text{плотр}}$.

** В настоящее время отсутствуют данные по углеродному следу оборудования, применяемого для энергосберегающих мероприятий в системах ВТиО МКД, поэтому для расчета ориентировочно принимаем значение n , равное доле, вносимой индустрией в общий баланс выбросов CO₂ страны.

ежегодно можно покрывать около **3,5 %** от общего требуемого объема инвестиций. То есть потребуются порядка **30 лет** для реализации мероприятий по энергоэффективности в системах ВТиО всего количества МКД существующего жилого фонда при сохранении объема снижения выбросов и стоимости углеродных единиц.

Вполне приемлемые сроки для столь масштабного проекта, которые станут постепенно сокращаться по мере его реализации, поскольку будет сокращаться общий объем эмиссии, а цена углеродной единицы начнет возрастать.

Выводы 1. Суммарная эмиссия всех зданий существующего жилого фонда, не оснащенных энергосберегающим оборудованием (**155 млн УЕ/год**), на 3 порядка (!) превышает установленные Законом № 296-ФЗ

целевые показатели (бенчмаркеры) (**150 тыс. УЕ/год**) для организаций, чья хозяйственная деятельность сопровождается выбросами парниковых газов.

2. Снижение суммарной эмиссии зданий (их углеродного следа) существующего жилого фонда при применении мероприятий по энергосбережению (**53 млн УЕ/год**) позволяет практически на четверть уменьшить нагрузку на экосистему России, которая по минимальным оценкам составляет порядка **200 млн УЕ/год**.

3. Требуемый объем инвестиций в мероприятия по энергосбережению в системы ВТиО МКД и суммарная стоимость углеродных единиц, полученных в результате снижения годового количества выбросов CO₂, обеспечит в течение **30 лет** модернизацию систем ВТиО всех МКД существующего жилого фонда.

Энергоэффективность – эквивалент увеличения поглощающей способности экосистемы

Как было отмечено, повышение поглощающей способности экосистемы также является одним из основных мероприятий по предотвращению глобального повышения температуры атмосферного воздуха. В мировой практике и частично в России существуют самостоятельные климатические инвестиционные проекты по массовой высадке деревьев – важнейшего элемента экосистемы. В этой связи эффективность технологических мероприятий по снижению выбросов парниковых газов принято оценивать в том числе через эквивалентное количество посаженных деревьев. Ориентировочным эквивалентом поглощающей способности деревьев для расчета эффекта

таких климатических проектов является соотношением: **1 УЕ ≈ 12 деревьев.**

В этой связи актуально оценить:

- во-первых, какому количеству вновь посаженных деревьев эквивалентен эффект от сокращения выбросов CO_2 при применении мероприятий по энергосбережению в системах ВТнО МКД;

- во-вторых, какой объем инвестиций потребуется для посадки такого количества деревьев.

Количество вновь посаженных деревьев ($K_{\text{дер}}$), эквивалентное эффекту от мероприятий по энергосбережению, с учетом суммарной величины снижения годового количества выбросов CO_2 от применения в системах ВТнО МКД мероприятий по энергоэффективности ($\Sigma \text{УС} \approx 53 \text{ млн УЕ/год}$) составит **636 млн дер./год** (см. формулу (8)).

Площадь, требуемая для посадки $S_{\text{пос}}$ необходимого количества деревьев, составит **16 тыс. км²/год** (см. формулу (9)). Значит, для поглощения выбросов CO_2 в объеме ~53 млн УЕ/год нужно ежегодно высаживать деревья на площади, равной, в частности, половине площади Курской области (~30 тыс. км²).

Ежегодный объем инвестиций в посадку рассчитанного количества деревьев (формула (8)) составит **636 млрд руб./год** (см. формулу (10)).

Сравнение требуемых объемов инвестиций в посадку деревьев – **636 млрд. руб./год** (12) с возможным количеством «карбоновых денег», полученных при продаже углеродных единиц – **95,4 млрд. руб./год** (12), которые можно потенциально заработать на углеродном рынке при их стоимости **1800 руб./УЕ**, показывает, что ежегодно можно покрывать порядка 15 % инвестиций и срок их окупаемости составит порядка **7 лет**.

Простое сравнение показывает, что срок окупаемости инвестиций в посадку деревьев, при принятых в расчете данных, значительно меньше срока окупаемости в мероприятия по энергоэффективности в системы ВТнО МКД. Однако следует учитывать, что эффект поглощения парниковых газов после посадки саженцев наступает только через **6–8 лет**.

Кроме того, для реализации климатического проекта по посадке деревьев необходимы дополнительные,

не учтенные в данном расчете затраты на подготовку и освоение огромных территории для посадки и на последующий уход, содержание и защиту деревьев от пожаров и вредителей.

Еще одним сложным вопросом в данном климатическом проекте является проблема точной верификации поглощенного деревьями количества углеродных единиц для их регистрации и выведения на углеродный рынок.

В то же время эффект от снижения выбросов CO_2 при использовании мероприятий по энергосбережению в системах ВТнО МКД наступает уже на следующий год после их реализации. Верификация эффекта при наличии приборов учета тепла объективна и не вызывает сложностей.

Кроме того, синергетическим эффектом при использовании мероприятий по энергосбережению в системах ВТнО МКД является снижение коммунальных платежей жителей за тепло, улучшение устойчивости работы данных систем и повышение комфортности проживания.

Выводы. 1. Инвестировать по возможности следует в оба типа климатических проектов: и в посадку деревьев, и в энергоэффективность, что даст как увеличение поглощающей способности экосистемы, так и снижение выбросов CO_2 .

2. Объемы инвестиций в каждый из проектов при равном эффекте по снижению/поглощению CO_2 с учетом указанных выше особенностей каждого из них можно условно принять равными.

3. Наличие социально значимого эффекта при реализации проекта по энергоэффективности (повышение комфортности проживания жителей и снижение коммунальных платежей за тепло) делает климатический проект по повышению энергоэффективности в системах ВТнО МКД более предпочтительным.

Заключение

1. Мероприятия по энергоэффективности в системах внутреннего теплоснабжения и отопления МКД не только обеспечивают значительный экологический эффект – снижение огромного объема выбросов парниковых газов, сопоставимого с 25 % потенциала по-

глощающей способности экосистемы страны, но также обеспечивают важнейший социально-экономический эффект для жителей МКД, а именно снижение объемов закупки тепла, уменьшение коммунальных платежей для жителей, стабильность работы систем отопления и поддержание комфортных параметров воздуха в помещениях.

2. Здания существующего жилого фонда являются крупнейшими в стране косвенными рассредоточенными эмитентами парниковых газов, совокупный углеродный след которых на 3 порядка превышает установленные Законом № 296-ФЗ целевые показатели. Для сокращения выбросов CO_2 от МКД необходимо трансформировать действующую в стране программу капитального ремонта жилья, как наиболее подготовленную организационно и структурно, в климатический проект, введя в него мероприятия по энергоэффективности, соответствующие требованиям действующего законодательства в области энергосбережения. Практика проведения энергоэффективного ремонта существовала и существует в ряде крупных городов России с привлечением как средств жителей, так и средств из бюджетов территорий.

3. Для привлечения инвестиций со стороны бизнеса к участию в такого рода климатических проектах необходимо сформировать углеродный рынок реализации и приобретения углеродных единиц, полученных в результате применения в системах ВТнО МКД мероприятий по энергоэффективности. Это обеспечит приток внебюджетных инвестиций в программы капитального ремонта зданий существующего жилого фонда и в другие специализированные климатические программы.

Литература

1. Башмаков И. А. Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения. Часть II. Потенциал и мероприятия энергосбережения в системах теплоснабжения. // Энергосбережение. 2010. № 3.

2. Государственный доклад «О состоянии энергосбережения и повышении энергоэффективности в Российской Федерации».

3. Данные статистики; <https://ruxpert.ru>. ■



«РАСЧЕТ И ПОДБОР ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ДЕФЛЕКТОРОВ»



Настоящие рекомендации распространяются на проектирование вентиляционных дефлекторов, расположенных:

- в жилых зданиях (преимущественно малоэтажная застройка);
- в одноэтажных производственных зданиях (склады, промышленные предприятия и т. п.);
- в отдельно стоящих и встроенных общественных помещениях (торговые, спортивные и т. п.);
- в зданиях хранения сельскохозяйственной продукции;
- в животноводческих помещениях;
- в технических помещениях (подвал, чердак, подкровельное пространство, мусоросборная камера и т. п.).

Рекомендации разработаны творческим коллективом специалистов некоммерческого партнерства «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике» (НП «АВОК»):

А. С. Стронгин, канд. техн. наук (НИИСФ РААСН), – руководитель; Ю. А. Табунчиков, президент НП «АВОК», доктор техн. наук, проф., член-корр. Российской академии архитектуры и строительных наук, заведующий кафедрой Московского архитектурного института (Государственной академии); М. М. Бродач, вице-президент НП «АВОК», канд. техн. наук, проф. Московского архитектурного института (Государственной академии); Н. В. Шилкин, канд. техн. наук, проф. Московского архитектурного института (Государственной академии); О. Н. Игонин (ООО «ГЕРВЕНТ РУС», член НП «АВОК»), С. В. Миронова, сертифицированный эксперт по стандартизации (сертификат соответствия СЗ № 0002386 от 07.10.2022).

В разработке рекомендаций приняла участие компания ООО «ГЕРВЕНТ РУС» (член НП «АВОК»).

