**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и технической оценки соответствия в строительстве»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ ЗДАНИЯ

Москва 2019

gost.e-ecolog.ru

Содержание

1 Область применения 1

2 Нормативные ссылки 2

3 Термины и определения 4

4 Обозначения и сокращения 4

5 Общие положения 7

6 Методика учета влияния технических решений по использованию ВЭР и ВИЭ на снижение удельного годового энергопотребления зданий и сооружений 8

6.1 Годовой расход энергии на отопление и вентиляцию здания при использовании ВЭР и ВИЭ с помощью ТСТ 8

6.2 Годовой расход энергии на горячее водоснабжение здания при использовании ВЭР и ВИЭ с помощью ТСТ 13

6.3 Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов 155

7 Методика определения класса энергетической эффективности МКД, использующего ВЭР и ВИЭ 17

Приложение А Пример определения класса энергетической эффективности МКД с использованием ВЭР и ВИЭ 22

Приложение Б Рекомендации по использованию ВЭР и ВИЭ для снижения удельного годового энергопотребления зданий 29

Приложение В Районирование территории Российской Федерации в части определения влияния использования ВЭР и ВИЭ на энергопотребление здания 44

Библиография 53

Введение

Настоящие методические рекомендации представляют собой практическое руководство по учету влияния использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) на снижение удельного годового энергопотребления зданий и сооружений на отопление и вентиляцию, горячее водоснабжение, электроснабжение и по определению класса энергетической эффективности МКД, использующих ВЭР и ВИЭ.

В настоящих методических рекомендациях изложены основные принципы использования ВЭР и ВИЭ в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий. Приведены методики учета влияния технических решений использования ВЭР и ВИЭ на снижение удельного годового энергопотребления зданий. Применение разработанных методик позволит проектировщикам корректно учитывать при расчетах влияние ВЭР и ВИЭ на энергопотребление зданий и определять класс энергетической эффективности МКД в зависимости от внедряемых инновационных технологий.

В настоящих методических рекомендациях реализованы требования федеральных законов от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] и от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2], постановлений Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [3] и от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [4], а

также требований приказов Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 6 июня 2016 г. № 399/пр [5], от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр [6] и от 19 сентября 2016 г.№ 653/пр [7].

Настоящие методические рекомендации основаны на ранее проведенных исследованиях [8]–[26]. Они адресованы широкому кругу специалистов, чья деятельность связана с проектированием, строительством зданий различного назначения, в том числе специалистам:

- проектных организаций;

- государственных и иных органов экспертизы и согласования;

- надзорных служб, в сфере природопользования, охраны водных ресурсов, защиты прав и интересов потребителей;

- органов декларирования и сертификации.

Методические рекомендации разработаны авторским коллективом ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» (*И.М. Абуев*, д-р техн. наук *Г.П. Васильев*, *В.Ф. Горнов*, канд. техн. наук *А.С. Горшков*, *В.А. Лесков*, канд. физ.-мат. наук *В.А. Личман*).

1 Область применения

Настоящие методические рекомендации следует применять при проектировании жилых и общественных зданий, в которых величины удельного годового расхода энергетических ресурсов частично или полностью обеспечиваются за счет использования ВЭР и ВИЭ, а также в процессе периодического подтверждения величины удельного годового расхода энергетических ресурсов такими зданиями.

Методические рекомендации разработаны в развитие положений СП 60.13330.2016 (раздел 11) в части использования энергии, получаемой от ВЭР и ВИЭ, для теплоснабжения зданий, а также СП 30.13330.2016 (разделы 5 и 10) в части экономии энергии на горячее водоснабжение при использовании рассматриваемых в настоящих методических рекомендациях источников энергии, для реализации требований по повышению энергетической эффективности зданий и снижению удельного годового расхода энергетических ресурсов.

Методические рекомендации разработаны для содействия реализации положений документов [27]–[32].

Настоящие методические рекомендации не распространяются на следующие здания, строения и сооружения:

- культовые здания, строения и сооружения;

- здания, строения, сооружения, которые в соответствии с законодательством Российской Федерации отнесены к объектам культурного наследия (памятники истории и культуры);

- временные постройки, срок службы которых составляет менее чем два года;

- объекты индивидуального жилищного строительства, дачные дома, садовые дома;

- строения, сооружения вспомогательного использования;

- отдельно стоящие здания, строения, сооружения, общая площадь которых составляет менее чем 50 м^2;

- иные, определенные уполномоченными органами исполнительной власти, здания, строения, сооружения.

2 Нормативные ссылки

В настоящих методических рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 30494–2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ Р 54418.12.1–2011 (МЭК 61400-12-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 12-1. Измерение мощности, вырабатываемой ветроэлектрическими установками

ГОСТ Р 54418.12.3–2011 Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 12-3. Методы испытаний для определения количества вырабатываемой электроэнергии

ГОСТ Р 54531–2011 Нетрадиционные технологии. Возобновляемые и альтернативные источники энергии. Термины и определения

ГОСТ Р 54539–2011 Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости и тепловые насосы с компрессорами с электроприводом для обогрева и охлаждения помещений. Методы испытаний функциональных характеристик

ГОСТ Р 54856–2011 Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с солнечными установками

ГОСТ Р 54865–2011 Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с тепловыми насосами

ГОСТ Р МЭК 61853-1–2013 Модули фотоэлектрические. Определение рабочих характеристик и энергетическая оценка. Часть 1. Измерение рабочих характеристик в зависимости от температуры и энергетической освещенности. Номинальная мощность

СП 30.13330.2016 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий» (с изменением № 1)

СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» (с изменением № 1)

СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (с изменением № 1)

СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

Примечание – При пользовании настоящими методическими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящих методических рекомендаций в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящих методических рекомендациях применены термины по ГОСТ Р 54531, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **вторичные энергетические ресурсы;** ВЭР: Сбросная теплота зданий и сооружений – вентиляционные выбросы, канализационные стоки и т. п.

3.2 **возобновляемые источники энергии;** ВИЭ: Постоянно пополняемые природные энергетические ресурсы – энергия солнца, ветра, водных потоков, теплота атмосферного воздуха, грунтового массива и т. п.

3.3 **многоквартирный дом;** МКД: Жилое многоэтажное здание, оснащенное необходимыми внутренними инженерными системами.

3.4 **тепловой насос:** Агрегат, преобразующий низкопотенциальную (низкотемпературную) тепловую энергию в тепловую энергию на потребительском уровне температуры.

3.5 **теплонасосная система теплохладоснабжения;** ТСТ: Инженерная система здания, обеспечивающая эффективную работу теплонасосного оборудования.

3.6 **система солнечного теплоснабжения;** ССТ: Инженерная система, состоящая из солнечных коллекторов и других компонентов, предназначенная для теплоснабжения.

4 Обозначения и сокращения

Обозначения и единицы измерений, примененные в настоящих методических рекомендациях, приведены в таблице 4.1, сокращения и индексы – в таблице 4.2.

Таблица 4.1 – **Обозначения и единицы измерений**

Обозначение	Наименование величины	Единица измерения
A	Площадь	$м^2$
c	Удельная теплоемкость	кДж/(кг·°С)
$D_{от}$	Климатологический фактор	°С · ч
g	Суточный расход горячей воды	$м^3/(сут \cdot чел)$
h_t	Средний за период использования (отопительный период) температурный напор между теплоносителем на входе в систему отопления и внутренним воздухом помещения	°С
h_t	Средний за период использования (отопительный период) температурный напор между теплоносителем на входе в систему отопления и внутренним воздухом помещения	°С
i	Номер периода	–
$K_{тр}$	Коэффициент трансформации	–
$K_{эф}$	Коэффициент эффективности рекуператора	–
$N_ж$	Число жильцов в жилом доме	чел.
n	Количество периодов	–
Q	Величина расхода на энергопотребление здания	кВт·ч
$Q_{от}$	Величина расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания	кВт·ч
q	Удельное годовое потребление энергии	$кВт \cdot ч/м^2$
$q_{от}^{р}$	Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания	$Вт/(м^3 \cdot °С)$
t	Температура	°С
$t_в$	Температура внутреннего воздуха в помещении	°С
$t_{н.ср}$	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	°С

Обозначение	Наименование величины	Единица измерения
$t_{от}$	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	°С
t_k	Средняя температура теплоносителя за период использования (отопительный период)	°С
t_u	Средняя за период использования (отопительный период) температура источника тепла низкого потенциала	°С
$V_{от}$	Отапливаемый объем здания	$м^3$
z	Длительность периода	сут
α	Коэффициент, учитывающий длительность периода работы пикового доводчика	–
η	Коэффициент термодинамической эффективности теплонасосной системы	–
ρ	Плотность	$кг/м^3$, $г/см^3$

Т а б л и ц а 4.2 – **Сокращения и индексы**

Сокращение, индекс	Определение
ОДН	Общедомовые нужды
ГСОП	Градусо-сутки отопительного периода
ВЭУ	Ветроэнергетическая установка
гв	Горячая вода
ГВС	Горячее водоснабжение
н	Наружный
от	Отопление
ТН	Тепловой насос
ФЭС	Фотоэлектрическая система
хв	Холодная вода
ЭЭ	Электрическая энергия

5 Общие положения

Настоящие методические рекомендации разработаны в развитие положений, изложенных в СП 50.13330.2012 (приложение Г), СП 30.13330.2016 (подраздел 5.2) и СП 60.13330.2016 (раздел 11), поскольку в указанных нормативных документах отсутствует методика учета влияния технических решений по использованию ВЭР и ВИЭ на снижение удельного годового энергопотребления зданий и в соответствии с этим – определения класса энергетической эффективности МКД.

В настоящих методических рекомендациях представлены методики определения годового расхода энергии на отопление и вентиляцию здания, годовой расход энергии на горячее водоснабжение здания, а также суммарного удельного годового расхода энергетических ресурсов зданием. Кроме того, в настоящих методических рекомендациях приведена методика определения класса энергетической эффективности МКД, использующего ВЭР и ВИЭ.

Настоящие методические рекомендации разработаны для реализации требований энергетической эффективности зданий, установленных в законодательных актах и нормативных документах.

Использование ВЭР и ВИЭ для тепло-, холодо- и электроснабжения зданий, выбор технологических схем, а также применяемого оборудования следует предусматривать с учетом неравномерности поступления ВЭР и ВИЭ, а также графиков потребления энергетических ресурсов инженерными системами зданий.

Использование ВЭР и ВИЭ в зданиях должно сопровождаться расчетом величины экономии энергии в течение жизненного цикла здания с учетом взаимного влияния применяемых мероприятий.

В жилых и общественных зданиях могут быть использованы следующие ВЭР:

- низкопотенциальная теплота и холод удаляемого вентиляционного воздуха;

- низкопотенциальная теплота сточных вод;

- теплота конденсации холодильных установок,

а также следующие виды ВИЭ:

- низкопотенциальная теплота грунта;

- низкопотенциальная теплота атмосферного воздуха;

- солнечная энергия;

- низкопотенциальная теплота водоемов;

- кинетическая энергия ветра.

При проектировании жилых и общественных зданий, в которых предусматривается использование ВЭР и ВИЭ, необходимо стремиться к созданию энергетически эффективного здания, теплопотери и энергетические затраты которого сведены к минимуму.

6 Методика учета влияния технических решений по использованию ВЭР и ВИЭ на снижение удельного годового энергопотребления зданий и сооружений

6.1 Годовой расход энергии на отопление и вентиляцию здания при использовании ВЭР и ВИЭ с помощью ТСТ

Вторичные энергетические ресурсы и возобновляемые источники тепловой энергии (за исключением солнечной радиации) имеют низкий температурный потенциал, что, как правило, не позволяет напрямую использовать эти источники энергии в теплоснабжении зданий, так как требуется преобразование этой энергии с повышением ее температурного уровня. Основным инструментом решения этой проблемы является ТСТ.

В отличие от систем на основе таких ВИЭ, как ветер, солнце и т. п., установка которых эффективна лишь в тех районах, где существует достаточный потенциал для их применения, ТСТ можно использовать

практически повсеместно. В качестве источника тепловой энергии низкого температурного потенциала ТСТ используют грунт или комбинацию грунта и других источников (атмосферного воздуха, теплоты вентиляционных выбросов), которые доступны в любом месте и параметры которых (за исключением атмосферного воздуха) остаются стабильными и хорошо прогнозируемыми в течение всего года. Таким образом, ТСТ могут рассматриваться как наиболее перспективный путь использования ВЭР и ВИЭ в МКД.

Годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания $Q_{от}$ следует определять согласно СП 50.13330.2012 (приложение Г, формула (Г.10)):

$$Q_{от} = 10^{-3} \cdot 24 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от}^{р}, \quad (6.1)$$

где $q_{от}^{р}$ – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию (СП 50.13330.2012, приложение Г, формула (Г.1)), Вт/(°С · м^3);

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м^3;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, определяемые согласно СП 50.13330.2012 (формула 5.2):

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от}, \quad (6.2)$$

здесь $t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

$z_{от}$ – длительность отопительного периода, сут.

Годовой расход энергии на отопление и вентиляцию здания с помощью ТСТ следует определять согласно ГОСТ Р 54865–2011 (формула (49)) пошаговым методом.

При отсутствии данных для применения пошагового метода вычисления рекомендуется проводить по следующей методике. Средний за период

использования (отопительный период) температурный напор между теплоносителем на входе в систему отопления и внутренним воздухом помещения h_t, °С, вычисляют следующим образом:

$$h_t = t_k - t_в. \quad (6.3)$$

В данном случае, с учетом того, что при покрытии нагрузки отопления и вентиляции здания за счет работы ТСТ затраты энергии обратно пропорциональны коэффициенту преобразования низкопотенциальной тепловой энергии, величину расхода энергии на отопление и вентиляцию здания с помощью ТСТ $Q_{отТСТ}$, кВт·ч, следует вычислять ([33]–[40]) по формуле

$$Q_{от,ВИЭ} = 10^{-3} \cdot D_{от} \cdot q^{р}_{от} \cdot V_{от}, \quad (6.4)$$

где $D_{от}$ – климатологический фактор ([33]–[40]), °С·ч, определяемый по формуле

$$D_{от} = \frac{(t_k - h_t - t_{от}) \cdot 24 \cdot z_{от}}{K_{тр,от}}, \quad (6.5)$$

для случая, когда вся нагрузка отопления и вентиляции обеспечивается за счет ТСТ, а для случая, когда используется пиковый доводчик, по формуле

$$D_{от} = \left(\alpha + \frac{(1-\alpha)}{K_{тр,от}}\right)(t_k - h_t - t_{от}) \cdot 24 \cdot z_{от}, \quad (6.6)$$

где α – коэффициент, учитывающий длительность периода работы пикового доводчика, рекомендуется принимать в диапазоне α=0,1–0,15, причем меньшее значение соответствует меньшему периоду работы доводчика;

$K_{тр,от}$ – условный коэффициент трансформации низкопотенциальной тепловой энергии, вычисляемый по формуле [31, формула (А.3)]:

$$K_{тр,от} = \frac{(273 + (t_k + 5)) \cdot \eta}{(t_k - t_u)}, \quad (6.7)$$

здесь t_k – средняя за период использования (отопительный период) температура теплоносителя, подаваемого в систему отопления, °С;

t_u – средняя за период использования (отопительный период) температура источника тепла низкого потенциала, определяемая в зависимости от климатических условий рассматриваемого района и используемого источника низкопотенциального тепла, °С;

η – коэффициент термодинамической эффективности теплонасосной системы, принимается по данным [31, таблица А.1].

Климатологический фактор следует определять по формулам (6.5) и (6.6), используя данные СП 131.13330, или по результатам расчетов, представленных на рисунках В.1–В.4 (приложение В). Примеры определения климатологического фактора приведены в приложении А.

Результаты, представленные на рисунках В.1–В.4, получены при двух значениях $t_k = 35$ °С и $t_k = 55$ °С, что соответствует стандартным расчетным режимам для теплонасосных систем, установленным ГОСТ Р 54539–2011 (таблицы 2.7 и 2.9). Значение $t_k = 35$ °С относится к напольным и воздушным системам отопления, $t_k = 55$ °С – к радиаторным.

Значение температурного напора между теплоносителем на входе в систему отопления и внутренним воздухом помещения $h_t = 35 - 20 = 15$ °С соответствует температуре теплоносителя, подаваемого в систему отопления $t_k = 35$ °С, а значение $h_t = 55 - 20 = 35$ °С – температуре $t_k = 55$°С, при этом температура внутреннего воздуха в помещении $t_{\text{внутр}}$ принималась равной 20 °С, что соответствует оптимальной температуре для жилых комнат в холодный период в соответствии с ГОСТ 30494–2011 (таблица 1).

Значения коэффициента термодинамической эффективности теплонасосной системы приняты равными 0,47 для геотермальных ТСТ и 0,34 – для воздушных.

Величина t_u принималась по СП 131.13330 равной:

- для геотермальных ТСТ с вертикальными термоскважинами – среднегодовой температуре наружного воздуха, увеличенной на 1 °С;

- для воздушных систем ТСТ – средней за отопительный сезон или период эксплуатации температуре наружного воздуха;

- для комбинированных систем – средней температуре каждого источника низкопотенциального тепла за период его работы.

При использовании комбинации грунта и атмосферного воздуха климатологический фактор $D_{от}$, °С·ч ([33]–[40]), в случае отсутствия пикового доводчика следует определять по формуле

$$D_{от} = \sum_{i=1}^{n} \frac{(t_{k,i} - h_{t,i} - t_{от,i}) \cdot 24 \cdot z_i}{K_{тр,от,i}}, \quad (6.8)$$

а при его наличии – по формуле

$$D_{от} = \sum_{i=1}^{n} \left(\alpha - \frac{(1-\alpha)}{K_{тр,от,i}}\right)\left(t_{k,i} - h_{t,i} - t_{от,i}\right) \cdot 24 \cdot z_i, \quad (6.9)$$

где $K_{тр,от,i}$ – условный коэффициент трансформации низкопотенциальной тепловой энергии, принимается равным 1, если ВЭР и ВИР не используются, а при их использовании посредством ТСТ $K_{тр,от,i}$ ([33]–[40]) вычисляется по формуле

$$K_{тр,от,i} = \frac{\left((t_{k,i}+5)+273\right) \cdot \eta}{(t_{k,i} - t_{u,i})}, \quad (6.10)$$

где i – номер периода, в течение которого используется источник низкопотенциального тепла;

z_i – длительность периода использования данного источника, сут;

n – количество периодов использования различных источников в году.

Если низкотемпературный источник тепла используется несколько периодов в году, то каждому из периодов присваивают свой номер. Отопительный сезон должен условно разделяться на периоды, в котором используется выбранный источник: грунт или атмосферный воздух.

Климатологический фактор при использовании комбинации грунта и атмосферного воздуха следует определять по формулам (6.8) и (6.9), используя данные СП 131.13330, или по результатам расчетов, представленных на

рисунках В.5 и В.6. Примеры определения климатологического фактора приведены в приложении А.

Величина расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом рекуперации вентиляционных выбросов вычисляется также по СП 50.13330.2012 (приложение Г, формулы (Г.1) и (Г.2)). Значения коэффициента эффективности рекуператора $K_{эф}$ принимаются по паспортным данным или по таблице 6.1.

Таблица 6.1 – **Коэффициент эффективности рекуперации вентиляционных выбросов**

Тип утилизатора	Коэффициент эффективности $K_{эф}$
Роторный с аккумулирующей насадкой	0,8
Пластинчатый противоточный	0,8
Пластинчатый перекрестно-точный	0,6
С промежуточным теплоносителем	0,45

6.2 Годовой расход энергии на горячее водоснабжение здания при использовании ВЭР и ВИЭ с помощью ТСТ

Годовой расход энергии на горячее водоснабжение при использовании ВЭР и ВИЭ с помощью ТСТ следует определять согласно ГОСТ Р 54865–2011 (формула (50)) пошаговым методом.

При отсутствии данных для применения пошагового метода вычисления рекомендуется проводить по следующей методике.

Величину годового расхода энергии на горячее водоснабжение, кВт·ч, с учетом использования ВЭР и ВИЭ с помощью ТСТ ([33]–[40]) вычисляют по формуле

$$Q_{ГВС,ТСТ} = \frac{Q_{ГВС}}{K_{тр,ГВС}}, \quad (6.11)$$

где $Q_{\text{ГВС}}$ – величина годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение здания без использования ВЭР и ВИЭ, кВт·ч;

$K_{\text{тр,ГВС}}$ – условный коэффициент трансформации энергии.

Величину годового расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение здания $Q_{\text{ГВС}}$, кВт·ч, следует определять по формуле

$$Q_{\text{ГВС}} = c_{\text{р,в}} \cdot g_{\text{гв,сут}}^{\text{норм}} \cdot N_{\text{ж}} \cdot (t_{\text{гв}} - t_{\text{хв}}) \cdot \left((365 - z_{\text{рем}}) \cdot k_{\text{тр}} + z_{\text{от}} + \frac{\alpha \cdot (365 - z_{\text{от}} - z_{\text{рем}})(t_{\text{гв}} - t_{\text{хв,л}})}{(t_{\text{гв}} - t_{\text{хв}})} \right), \quad (6.12)$$

где $c_{\text{р,в}} = \frac{c_{\text{воды}} \cdot \rho_{\text{воды}}}{3600} = 1{,}17$ – постоянная, кВт·ч/(м^3·К);

$\rho_{\text{воды}}$ – плотность воды, принимают равной 1000 кг/м^3;

$c_{\text{воды}}$ – удельная теплоемкость воды, принимают равной 4,2 кДж/(кг·К);

$g_{\text{гв,сут}}^{\text{норм}}$ – расчетный нормативный средний суточный расход горячей воды на человека, м^3/(сут·чел) (СП 30.13330.2016, таблица А.2);

$N_{\text{ж}}$ – число жильцов в жилом доме, чел.;

$t_{\text{гв}} = 60$ °С – температура горячей воды;

$t_{\text{хв}} = 5$ °С – температура холодной воды в отопительный период;

$t_{\text{хв,лп}} = 15$ °С – температура холодной воды в межотопительный период;

$k_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий тепловые потери в трубопроводе;

$z_{\text{от}}$, $z_{\text{рем}}$ – длительность отопительного периода и летнего ремонта соответственно, сут;

α – коэффициент, учитывающий снижение горячего водопотребления в летний период:

α = 0,9 – для МКД;

α = 1,0 – для остальных зданий.

Условный коэффициент трансформации энергии для нужд ГВС $K_{\text{тр,ГВС}}$ вычисляется на основе методики, изложенной в ГОСТ Р 54865, или определяется по упрощенному методу в зависимости от используемого

источника низкопотенциальной энергии для климатических условий различных регионов Российской Федерации. Данные по величине условного коэффициента трансформации энергии ТСТ для нужд ГВС $K_{тр,ГВС}$ приведены ниже для следующих источников низкопотенциальной энергии и их комбинаций:

- грунта – на рисунке В.7;

- грунта и атмосферного воздуха – на рисунке В.8;

- комбинации грунта, атмосферного воздуха и вентиляционных выбросов – на рисунке В.9.

Численные примеры применения условного коэффициента трансформации энергии для нужд ГВС $K_{тр,ГВС}$ приведены в приложении А.

6.3 Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов вычисляется, как сумма расхода энергии на отопление и вентиляцию (формула (6.1) или (6.4)), горячее водоснабжение (формула (6.6) или (6.12)), общедомовые нужды [5], минус количество энергии, получаемой в ССТ, количество электрической энергии, получаемой от ВЭУ и ФЭС, по формулам:

- для МКД

$$Q_{сум} = Q_{от,ТСТ} + Q_{ГВС,ТСТ} + Q_{ЭЭ,ОДН} - Q_{от,ССТ} - Q_{ЭЭ,ВЭУ} - Q_{ЭЭ,ФЭС}; \quad (6.13)$$

- для общественных зданий

$$Q_{сум} = Q_{от,ТСТ} + Q_{ГВС,ТСТ} + Q_{ЭЭ} - Q_{от,ССТ} - Q_{ЭЭ,ВЭУ} - Q_{ЭЭ,ФЭС}, \quad (6.14)$$

где $Q_{от,ССТ}$ – количество энергии, получаемой в ССТ, определяется по ГОСТ Р 54856, кВт·ч;

$Q_{ЭЭ,ВЭУ}$ – количество электрической энергии, получаемой от ВЭУ, определяется по ГОСТ Р 54418.12.1 и ГОСТ Р 54418.12.3, кВт·ч;

$Q_{ЭЭ,ФЭС}$ – количество электрической энергии, получаемой ФЭС, определяется по ГОСТ Р МЭК 61853-1, кВт·ч;

$Q_{ЭЭ,ОДН}$ – электрическая энергия на общедомовые нужды, определяемая согласно [5].

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов $q_{сум}$, кВт·ч/м^2, следует определять [5]:

- для МКД – по отношению к площади помещений, не отнесенных к общему имуществу (общей площади квартир $A_{кв}$ и полезной площади нежилых помещений здания $A_{пнж}$):

$$q_{сум} = \frac{Q_{сум}}{(A_{кв}+A_{пнж})}; \quad (6.15)$$

- для общественных зданий – по отношению к полезной площади помещений $A_{пол}$:

$$q_{сум} = \frac{Q_{сум}}{A_{пол}}. \quad (6.16)$$

Применение решений по интеграции ВЭР и ВИЭ в проектах энергоснабжения зданий и сооружений должно предусматриваться таким образом, чтобы затраты энергии, необходимые для работы устройств, осуществляющих использование данных источников энергии, были значительно меньше того количества энергии, которое ими вырабатывается, чтобы энергопотребление здания снижалось.

Количественная оценка снижения энергопотребления зданий за счет использования ВЭР и ВИЭ выполняется с использованием методики расчетов, изложенной в настоящих методических рекомендациях. Численные примеры применения методики расчетов и определения класса энергетической эффективности МКД с использованием ВЭР и ВИЭ приведены в приложении А.

7 Методика определения класса энергетической эффективности МКД, использующего ВЭР и ВИЭ

Класс энергетической эффективности МКД определяется исходя из величины отклонения значений показателя суммарного удельного годового расхода энергетических ресурсов МКД, использующего ВЭР и ВИЭ $q_{\text{сум}}$ и базовых значений этого показателя $q_{\text{баз}}$, указанных в таблице 7.1 [5].

Таблица 7.1 – **Базовый уровень удельного годового расхода энергетических ресурсов в МКД $q_{\text{баз}}$, кВт·ч/м^2**

Наименование показателя	°С·сут отопит. периода	Этажность многоквартирного дома					
		2 эт.	4 эт.	6 эт.	8 эт.	10 эт.	>12 эт.
Расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электроэнергии на общедомовые нужды	2000	215	206	203	201	199	198
	3000	228	216	212	208	205	203
	4000	256	239	234	229	225	223
	5000	284	263	256	251	245	242
	6000	312	287	278	272	265	262
	8000	370	337	326	317	308	304
	1000	426	384	370	359	348	342

Примечание – Для МКД, оборудованных лифтом, базовый уровень удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды принимается равным 10 кВт·ч/м^2. Для МКД, не оборудованных лифтом, базовый уровень удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды принимают равным 7 кВт·ч/м^2, и из указанных в настоящей таблице показателей следует вычесть 3 кВт·ч/м^2.

При установлении базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов были приняты следующие расчетные условия: температура внутреннего воздуха в квартирах – 20 °С, заселение – 20 м^2

общей площади помещения на одного жильца, что соответствует нормативному воздухообмену 30 м³/ч на одного жильца и удельным бытовым внутренним теплопоступлениям 17 Вт/ м² общей площади.

Для корректного сопоставления, полученного в результате проведенных расчетов, значения суммарного удельного годового расхода энергетических ресурсов $q_{сум}$ с базовыми значениями, представленными в таблице 7.1, величина суммарного удельного годового расхода энергетических ресурсов $q_{сум}$ должна быть приведена к расчетным условиям. Для этого требуется провести пересчет базовых значений, которые должны быть уменьшены или увеличены методом линейной интерполяции от расчетных условий в зависимости от отклонений фактических климатологических характеристик района расположения здания, его этажности, средней температуры внутреннего воздуха в помещениях, плотности заселения, воздухообмена, удельных бытовых внутренних теплопоступлений, качества коммунальных услуг (при предоставлении коммунальной услуги ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность).

Градусо-сутки отопительного периода определяют по формуле (5.2) СП 50.13330.2012. Среднюю температуру наружного воздуха и продолжительность отопительного периода принимают для базовых значений по СП 131.13330 для района расположения здания.

Формула линейной интерполяции, применяемая при определении значений в промежуточных точках:

$$y = y_k + (x - x_k)\cdot((y_(k+1) - y_k))/((x_(k+1) - x_k)), \qquad (7.1)$$

где y_k – значение базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов, установленное в таблице 7.1 для шестиэтажных МКД при ГСОП, равном 4000 °С·сут, кВт·ч/м²;

$y_(k + 1)$ – значение базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов, установленное в таблице 7.1 для шестиэтажных МКД при ГСОП, равном 5000 °С·сут, кВт·ч/м²;

x – промежуточное значение ГСОП, для которого устанавливается значение базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов в шестиэтажном МКД, °С·сут;

x_k – ближайшее меньшее по отношению к рассматриваемому значение ГСОП, для которого для шестиэтажных МКД в таблице 7.1 установлено значение базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов y_k, °С·сут;

$x_(k + 1)$ – ближайшее бóльшее по отношению к рассматриваемому значение ГСОП, для которого для шестиэтажных МКД в таблице 7.1 установлено значение базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов $y_(k + 1)$, °С·сут.

Например, при определении базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов в соответствии с таблицей 7.1 в шестиэтажном МКД при ГСОП, равном 4537 °С·сут, получают:

$$y = 234 + (4537 – 4000)\cdot((256 – 234))/((5000 – 4000)) = 246 \text{ кВт·ч/м}^2.$$

Удельные бытовые внутренние теплопоступления и воздухообмен зависят от плотности заселения. При плотности заселения выше 20 м² общей площади удельные бытовые внутренние теплопоступления и воздухообмен пропорционально увеличиваются, при плотности заселения ниже 20 м² – уменьшаются, что приводит к увеличению или уменьшению соответственно базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов в здании, указанного в таблице 7.1.

В соответствии с приложением Г СП 50.13330.2012 значение бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений, Вт/м², принимают:

а) для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м² общей площади на человека $q_{быт}$=17 Вт/ м²;

б) для жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м² общей площади и более на человека $q_{быт}$=10 Вт/ м²;

в) для других вариантов заселенности значение бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений следует определять методом линейной интерполяции.

Класс энергетической эффективности МКД обозначают латинскими буквами по шкале от А++ до G по значению отклонения показателя суммарного удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового показателя согласно таблице 7.2.

Класс энергетической эффективности МКД определяют в соответствии с [5]. Согласно [41] СП 50.13330.2012, являющийся актуализированной редакцией СНиП 23-02-2003, предусматривает установление классов энергосбережения зданий, которые не эквивалентны классам энергетической эффективности.

Таблица 7.2 – **Классы энергетической эффективности МКД**

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
А++	Высочайший	– 60 включительно и менее
А+	Высочайший	От –50 включительно до –60
А	Очень высокий	От –40 включительно до –50
В	Высокий	От –30 включительно до –40
С	Повышенный	От –15 включительно до –30
D	Нормальный	От 0 включительно до –15
Е	Пониженный	От +25 включительно до 0
F	Низкий	От + 50 включительно до +25
G	Очень низкий	Более +50

Согласно [4] на этапе проектирования в разделе 10 (1) «Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов» должны содержаться сведения о классе энергетической эффективности МКД.

Согласно [3] после установления базового уровня требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений требования энергетической эффективности должны предусматривать уменьшение по отношению к базовому уровню показателей, характеризующих годовые удельные расходы энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении, не реже чем один раз в пять лет, для вновь построенных зданий, строений, сооружений:

- с 1 января 2018 г. – не менее чем на 20 %;
- с 1 января 2023 г. – не менее чем на 40 %;
- с 1 января 2028 г. – не менее чем на 50 % [6].

Приложение А

Пример определения класса энергетической эффективности МКД с использованием ВЭР и ВИЭ

Пример – Определение класса энергетической эффективности МКД с использованием ВЭР и ВИЭ

Проект 16-этажного МКД по адресу:

г. Москва, район Южное Бутово, ул. Краснолиманская. вл. 29.

Данные по проекту:

- отапливаемый объем $V_{от} = 56035$ м^3;

- общая площадь квартир $A_{кв} = 11686$ м^2;

- полезная площадь нежилых помещений $A_{пнж} = 508$ м^2;

- площадь помещений, не отнесенных к общему имуществу МКД

$$A = A_{кв} + A_{пнж} = 11686 + 508 = 12194 \text{ м}^2;$$

- градусо-сутки отопительного периода: ГСОП $= 4551$ °С · сут;

- удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания:

$$q_{от}^{р} = 0{,}222 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot °\text{С}).$$

Сначала определяют класс энергетической эффективности МКД без использования ВЭР и ВИЭ. Годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания:

$$Q_{от} = 0{,}024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{от}^{р} \cdot V_{от} = 0{,}024 \cdot 4551 \cdot 0{,}222 \cdot 56035 = 1358721{,}4 \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания:

$$q_{от} = \frac{Q_{от}}{\text{А}} = \frac{1358721{,}4}{12194} = 111{,}4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение определяют по формуле (6.12):

$$Q_{ГВС} = 1{,}17 \cdot g_{гв,сут}^{норм} \cdot N_{ж} \cdot (t_{гв} - t_{хв}) \cdot$$

$$\cdot \left((365 - z_{рем}) \cdot k_{тр} + z_{от} + \frac{\alpha \cdot (365 - z_{от} - z_{рем})(t_{гв} - t_{хв,л})}{(t_{гв} - t_{хв})} \right).$$

$$Q_{ГВС} = 1{,}17 \cdot 0{,}085 \cdot 600 \cdot 55 \cdot \left((365 - 14) \cdot 0{,}2 + 205 + \frac{0{,}9 \cdot (365 - 205 - 14) \cdot 45}{55} \right) =$$

$$= 1255993{,}8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Удельный годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение:

$$q_{ГВС} = \frac{Q_{ГВС}}{\text{А}} = \frac{1255993{,}8}{12194} = 103{,}0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Удельный годовой расход электрической энергии на общедомовые нужды:

$$q_{ЭЭ} = 10{,}0 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов:

$$q_{ЭР} = q_{от} + q_{ГВС} + q_{ЭЭ} = 111{,}4 + 103{,}0 + 10{,}0 = 224{,}4 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

В таблице А.1 приведены базовые и соответствующие классам энергоэффективности значения суммарного удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электрической энергии на общедомовые нужды МКД, кВт · ч/м², для условий города Москвы. По таблице А.1 класс энергетической эффективности МКД без использования ВЭР и ВИЭ – D (нормальный).

Таблица А.1 – **Базовые и нормативные, соответствующие классам энергоэффективности для города Москвы, значения суммарного удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и электрической энергии на общедомовые нужды МКД,** кВт · ч/м²

Класс		A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Этажность	Базовый уровень	Величина отклонения, %								
		Менее –60 %	max –50 %	max –40 %	max –30 %	max –15 %	max 0 %	max +25 %	max +50 %	Более +50 %
2	271,4	108,6	135,7	162,8	190,0	230,7	271,4	339,3	407,1	407,1
4	252,2	100,9	126,1	151,3	176,5	214,4	252,2	315,3	378,3	378,3
6	246,1	98,4	123,1	147,7	172,3	209,2	246,1	307,6	369,2	369,2
8	241,1	96,4	120,6	144,7	168,8	204,9	241,1	301,4	361,7	361,7
10	236,0	94,4	118,0	141,6	165,2	200,6	236,0	295,0	354,0	354,0
12 и выше	233,5	93,4	116,8	140,1	163,5	198,5	233,5	291,9	350,3	350,3

Вариант А. Использование для отопления и вентиляции в качестве источника низкопотенциального тепла грунта при значениях параметров $t_k = 55$ °С и $h_t = 35$ °С

По рисунку В.2 (приложение В) для города Москвы климатологический фактор равен

$$D_{от,ВИЭ} = 35000 \text{ °С} \cdot \text{ч}.$$

Годовой расход энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом применения ТСТ:

$$Q_{\text{от,ВИЭ}} = 10^{-3} \cdot 35000 \cdot 0{,}222 \cdot 56035 = 435392{,}0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Удельный годовой расход энергии на отопление и вентиляцию:

$$q_{\text{от,ВИЭ}} = \frac{Q_{\text{от,ВИЭ}}}{\text{А}} = \frac{435392{,}0}{12194} = 35{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов:

$$q_{\text{ЭР}} = q_{\text{от,ВИЭ}} + q_{\text{ГВС}} + q_{\text{ЭЭ}} = 35{,}7 + 103{,}0 + 10{,}0 = 148{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

По таблице А.1 класс энергетической эффективности МКД в данном случае – В (высокий).

Более точное значение климатологического фактора можно получить путем вычисления по формуле (6.3). Условный коэффициент трансформации низкопотенциальной тепловой энергии:

$$K_{\text{тр,от}} = \frac{(273+t_k)\cdot\eta}{(t_k - t_u)} = \frac{(273+55)\cdot 0{,}47}{(55-7)} = 3{,}21,$$

$$D_{\text{от,ВИЭ}} = \frac{(t_k - h_t - t_{\text{н,ср}})\cdot z_{\text{от}}}{K_{\text{тр,от}}} = \frac{(55-35-(-2{,}2))\cdot 24\cdot 205}{3{,}21} = 34026{,}2 \text{ °С}\cdot\text{ч}.$$

Годовой расход энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом применения ТСТ:

$$Q_{\text{от,ВИЭ}} = 10^{-3} \cdot 34026{,}2 \cdot 0{,}222 \cdot 56035 = 423278{,}1 \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Удельный годовой расход энергии на отопление и вентиляцию:

$$q_{\text{от,ВИЭ}} = \frac{Q_{\text{от,ВИЭ}}}{\text{А}} = \frac{423278{,}1}{12194} = 34{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов:

$$q_{\text{ЭР}} = q_{\text{от,ВИЭ}} + q_{\text{ГВС}} + q_{\text{ЭЭ}} = 34{,}7 + 103{,}0 + 10{,}0 = 147{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Класс энергетической эффективности МКД, определяемый по таблице А.1, – В (высокий).

Вариант Б. Использование для нужд ГВС, отопления и вентиляции в качестве источника низкопотенциального тепла комбинации атмосферного воздуха и грунта

По рисунку В.6 для города Москвы климатологический фактор равен

$$D_{\text{от,ТСТ}} = 45000 \text{ °С}\cdot\text{ч}.$$

Годовой расход энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом применения ТСТ:

$$Q_{\text{от,ВИЭ}} = 10^{-3} \cdot 45000 \cdot 0{,}222 \cdot 56035 = 559789{,}7 \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Удельный годовой расход энергии на отопление и вентиляцию:

$$q_{\text{от,ВИЭ}} = \frac{Q_{\text{от,ВИЭ}}}{\text{А}} = \frac{559789{,}7}{12194} = 45{,}9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Более точное значение климатологического фактора получают, путем вычисления по формуле (6.4). Используемые для вычисления климатологического фактора параметры по периодам использования комбинации атмосферного воздуха и грунта приведены в таблице А.2.

Т а б л и ц а А.2 – **Данные для вычисления климатологического фактора по периодам использования комбинации атмосферного воздуха и грунта**

№ периода	Вид источника	$t_{u,i}$	$t_{k,i}$	z_i	$t_{\text{н,ср},i}$	h_t	η_i	$K_{\text{тр,от},i}$	$D_{\text{от}}$
1	Воздух	5	55	744	5,2	35	0,34	2,44	4512
2	Воздух	–1	55	720	–1,1	35	0,34	2,15	7055
3	Грунт	–5	55	744	–5,6	35	0,47	2,76	6900
4	Грунт	–8	55	744	–7,8	35	0,47	2,62	7902
5	Грунт	–7	55	672	–7,1	35	0,47	2,66	6838
6	Воздух	–1	55	744	–1,3	35	0,34	2,15	7359
7	Воздух	7	55	720	6,4	35	0,34	2,55	3834
								Сумма:	44400

Климатологический фактор равен

$$D_{\text{от,ВИЭ}} = 44400\ ^\circ\text{С}\cdot\text{ч}.$$

Годовой расход энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом применения ВИЭ:

$$Q_{\text{от,ВИЭ}} = 10^{-3} \cdot 44400 \cdot 0{,}222 \cdot 56035 = 552325{,}8\ \text{кВт}\cdot\text{ч}.$$

Удельный годовой расход энергии на отопление и вентиляцию:

$$q_{\text{от,ВИЭ}} = \frac{Q_{\text{от,ВИЭ}}}{\text{А}} = \frac{552325{,}8}{12194} = 45{,}3\ \text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Для нужд ГВС по рисунку В.8 для города Москвы условный коэффициент трансформации энергии для ТСТ равен:

$$K_{\text{тр,ГВС}} = 2{,}55.$$

Годовой расход энергии на ГВС

$$Q_{\text{ГВС,ВИЭ}} = \frac{1255996{,}8}{2{,}55} = 492547{,}8\ \text{кВт}\cdot\text{ч}.$$

Удельный годовой расход на нужды ГВС:

$$q_{\text{ГВС}} = \frac{Q_{\text{ГВС,ВИЭ}}}{\text{А}} = \frac{492547{,}8}{12194} = 40{,}4\ \text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов:

$$q_{\text{ЭР}} = q_{\text{от,ВИЭ}} + q_{\text{ГВС,ВИЭ}} + q_{\text{ЭЭ}} = 45{,}3 + 40{,}4 + 10{,}0 = 95{,}7\ \text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

По таблице А.1 получают класс энергетической эффективности МКД – А+ (высочайший).

Вариант В. Использование для отопления и вентиляции в качестве источника низкопотенциального тепла грунта при значениях параметров $t_k = 55$ ℃ и $h_t = 35$ ℃, для нужд ГВС – солнечного коллектора

Удельный годовой расход энергии на отопление и вентиляцию, как и в варианте А равен

$$q_{\text{от,ВИЭ}} = 35{,}7 \text{кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

Годовые теплопоступления от солнечного коллектора на горячее водоснабжение, вычисленные согласно формуле (1) ГОСТ Р 54856–2011:

$$Q_{\text{ВИЭ,СК}} = 325137{,}1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Удельная величина теплопоступлений:

$$q_{\text{ВИЭ,СК}} = \frac{325137{,}1}{12194} = 26{,}7 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

Удельный годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение

$$q_{\text{ГВС}} = 103{,}0 - 26{,}7 = 76{,}3 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов:

$$q_{\text{ЭР}} = q_{\text{от,ВИЭ}} + q_{\text{ГВС}} + q_{\text{ЭЭ}} = 37{,}5 + 76{,}3 + 10{,}0 = 123{,}8 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

По таблице А.1 класс энергетической эффективности – А (очень высокий).

Вариант Г. Использование для нужд ГВС в качестве источника низкопотенциального тепла комбинацию грунта, атмосферного воздуха и вентиляционных выбросов

Для нужд ГВС по рисунку В.9 (приложение В) для города Москвы условный коэффициент трансформации энергии для ТСТ равен

$$K_{\text{тр,ГВС}} = 2{,}7.$$

Годовой расход энергии на ГВС (см. пример 1):

$$Q_{\text{ГВС,ВИЭ}} = \frac{1255993{,}8}{2{,}7} = 465182{,}0 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Удельный годовой расход на нужды ГВС:

$$q_{\text{ГВС}} = \frac{Q_{\text{ГВС,ВИЭ}}}{\text{А}} = \frac{465182{,}9}{12194} = 38{,}2 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов:

$$q_{\text{ЭР}} = q_{\text{от}} + q_{\text{ГВС,ВИЭ}} + q_{\text{ЭЭ}} = 111{,}4 + 38{,}2 + 10{,}0 = 159{,}6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

По таблице А.1 класс энергетической эффективности МКД в данном случае – В (высокий).

Вариант Д. Учет использования рекуперации тепла вентиляционных выбросов

Сначала определяют удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания без рекуперации. Удельная вентиляционная характеристика при значениях коэффициента эффективности рекуператора $K_{эф} = 0$:

$$k_{вент} = c_р \cdot \left(L_{вент} \cdot \left(1 - K_{эф}\right) + G_{инф}/\rho_в\right)/V_{от},$$

$$k_{вент} = 0{,}36 \cdot \left(22585 \cdot (1 - 0) + \frac{1282}{1{,}3}\right)\frac{1}{56035} = 0{,}151 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ℃),$$

где $\rho_в = 1{,}3$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м^3;

$c_р = \frac{c_в \cdot \rho_в}{3600} = \frac{1005 \cdot 1{,}3}{3600} = 0{,}36$ – постоянная, Вт · ч/(м^3 · К);

$L_{вент} = 20552 + 2033 = 22585$ – расход воздуха в квартирах и общественных помещениях здания за отопительный период, м^3/ч;

$G_{вент} = 818 + 464 = 1282$ – количество инфильтрирующегося воздуха, поступающего в помещения общественного здания и лестничную клетку, кг/ч.

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания:

$$q_{от}^{р} = 0{,}156 + 0{,}151 - 0{,}73 \cdot (0{,}037 + 0{,}080) = 0{,}222 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ℃),$$

где $k_{об} = 0{,}156$ – удельная теплозащитная характеристика, Вт/(м^3 · ℃);

$k_{рад} = 0{,}037$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации через окна и балконные двери, Вт/(м^3 · ℃) ;

$k_{быт} = 0{,}080$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м^3 · ℃).

$\beta_{КПИ} = \frac{0{,}9}{(1+0{,}5 \cdot 0{,}465)} = 0{,}73$ – коэффициент полезного использования теплопоступлений;

$n_в = 0{,}465$ – средняя кратность воздухообмена за отопительный период, ч$^{-1}$.

Далее определяют удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания с учетом рекуперации.

Удельная вентиляционная характеристика здания при значениях коэффициента эффективности рекуператора $K_{эф} = 0{,}5$:

$$k_{вент,РК} = 0{,}36 \cdot \left(22585 \cdot (1 - 0{,}5) + \frac{1282}{1{,}3}\right) \cdot \frac{1}{56035} = 0{,}079 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ℃).$$

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания:

$$q_{от}^{р} = 0{,}156 + 0{,}079 - 0{,}73 \cdot (0{,}037 + 0{,}080) = 0{,}150\ Вт/(м^3 \cdot °C).$$

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период:

$$Q_{от,РК} = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^{р} \cdot V_{от} = 0{,}024 \cdot 4551 \cdot 0{,}150 \cdot 56035 = 918055{,}0\ кВт \cdot ч.$$

Удельный годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания:

$$q_{от} = \frac{Q_{от}}{А} = \frac{918055{,}0}{12194} = 75{,}3\ кВт \cdot ч/м^2.$$

Суммарный удельный годовой расход энергетических ресурсов:

$$q_{ЭР} = q_{от,РК} + q_{ГВС} + q_{ЭЭ} = 75{,}3 + 103{,}0 + 10{,}0 = 188{,}3\ кВт \cdot ч/м^2.$$

По таблице А.1 класс энергетической эффективности МКД – С (повышенный).

Приложение Б

Рекомендации по использованию ВЭР и ВИЭ для снижения удельного годового энергопотребления зданий

Б.1 Утилизация и рекуперация теплоты вентиляционных выбросов

Утилизация и рекуперация теплоты вентиляционных выбросов в зданиях обеспечивается за счет включения в состав их инженерных систем специального оборудования – утилизаторов теплоты. Могут применяться утилизаторы следующих типов:

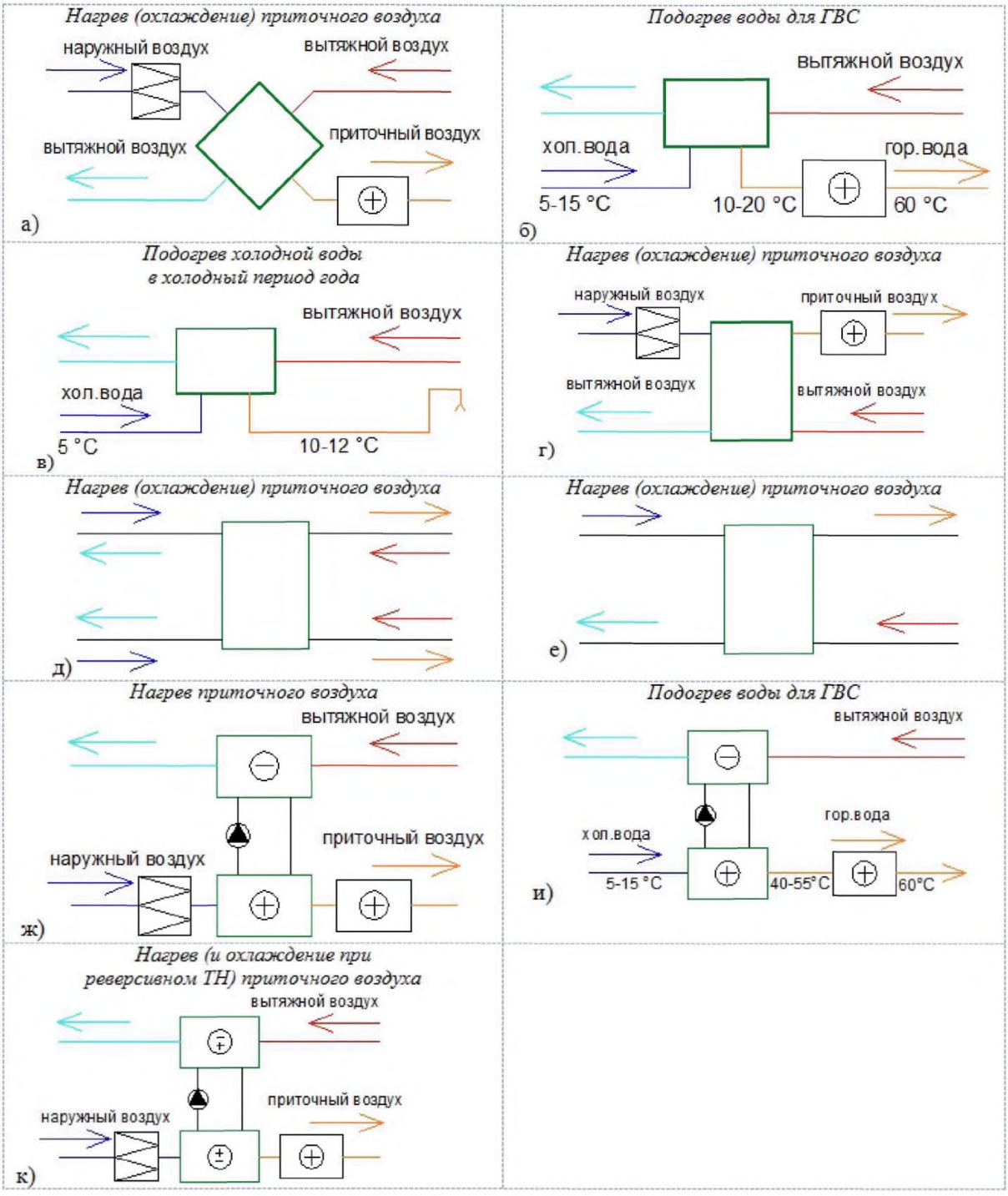
- рекуперативные теплообменники: пластинчатые, кожухотрубные и калориферы;
- регенеративные теплообменники: вращающиеся и стационарные переключающиеся;
- теплообменники на тепловых трубках;
- теплообменники с промежуточным теплоносителем.

Кроме того, для утилизации теплоты вентиляционных выбросов могут быть использованы тепловые насосы.

На рисунке Б.1 приведены наиболее часто применяемые схемы использования устройств различного типа для рекуперации и утилизации теплоты вентиляционных выбросов в зданиях ([17]–[26]).

При применении решений по рекуперации и утилизации теплоты вентиляционных выбросов необходимо принимать во внимание следующие особенности:

- использование теплоты вытяжного воздуха обеспечивает до 60 % экономии тепловой энергии на вентиляцию;
- глубокая утилизация теплоты связана с замерзанием влаги, конденсирующейся из вытяжного воздуха, и требует применения мероприятий по борьбе с инееобразованием на поверхностях теплообменного оборудования;
- увеличение коэффициента эффективности рекуперации теплоты вентиляционных выбросов повышает величину экономии тепловой энергии (рисунок Б.2), но при этом значительно увеличивает требуемую площадь теплообмена (рисунок Б.3) и, соответственно, расход электроэнергии на привод вентиляторов (рисунок Б.4).



а – рекуперативные ТО; б, в – калориферы; г – вращающиеся регенераторы; д – стационарные переключающиеся регенераторы; е – ТО с тепловыми трубками; ж – ТО с промежуточным теплоносителем; и, к – тепловые насосы

***Рисунок Б.1* – Схемы использования устройств различного типа для рекуперации и утилизации теплоты вентиляционных выбросов в зданиях**

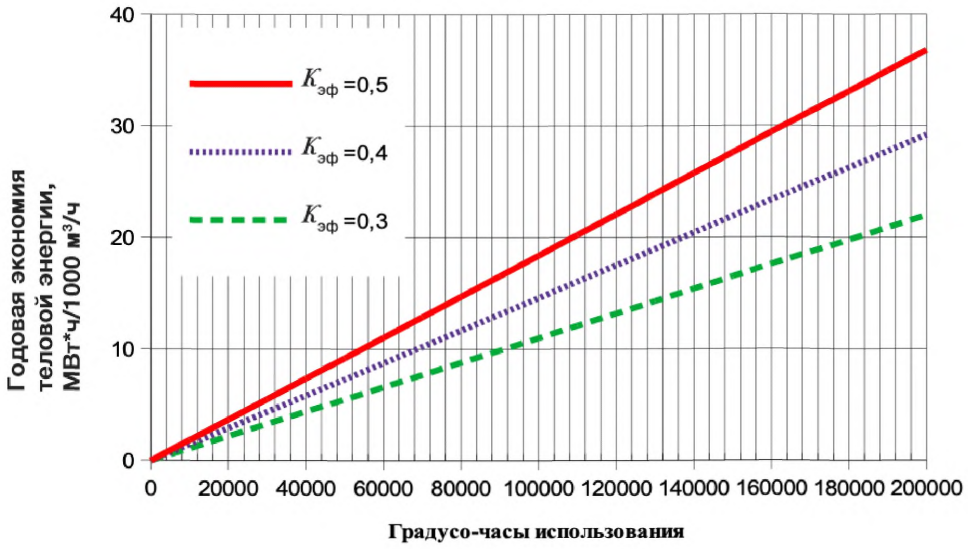


Рисунок Б.2 – **Зависимость годовой экономии теплоты от градусо-часов работы и коэффициента эффективности рекуператора $K_{эф}$**

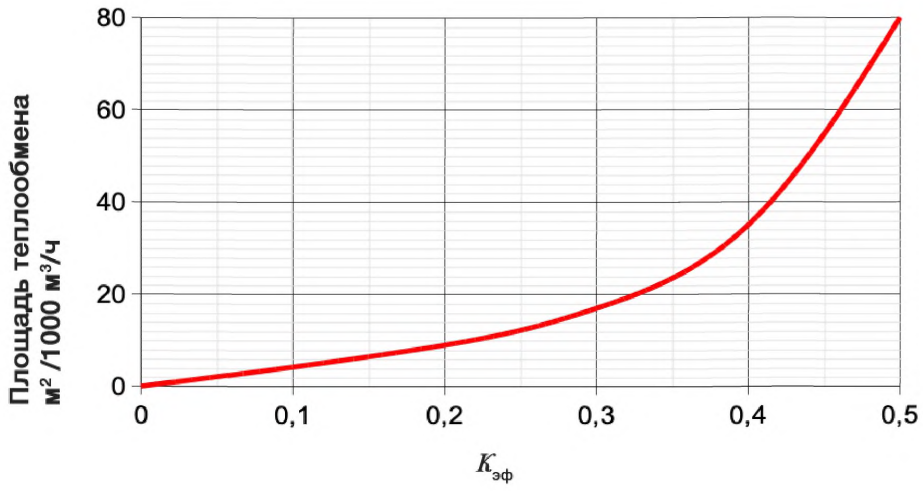


Рисунок Б.3 – **Зависимость площади теплообмена утилизаторов от коэффициента эффективности рекуператора $K_{эф}$**

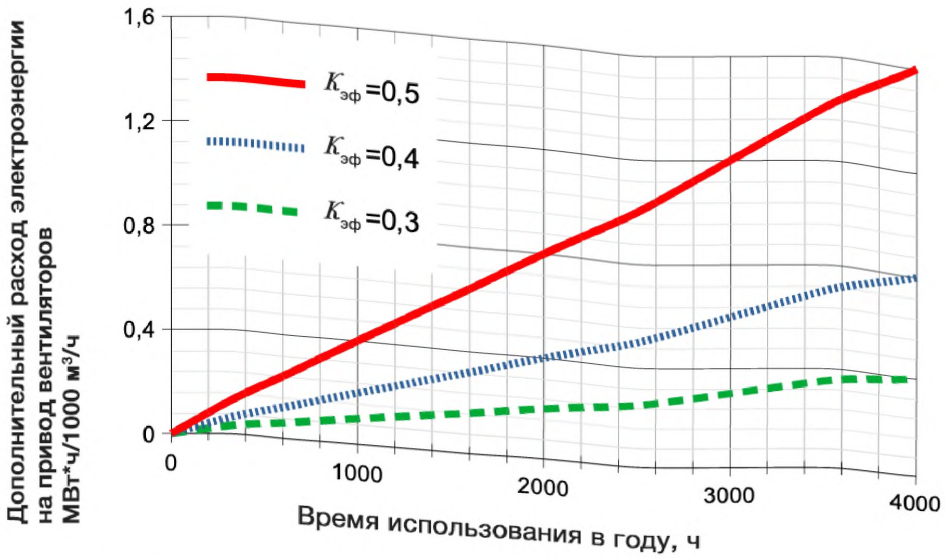


Рисунок Б.4 **– Зависимость дополнительного годового расхода электроэнергии на привод вентиляторов от числа часов использования в году и коэффициента эффективности рекуператора $K_{эф}$**

Упрощенный расчет количества энергии, получаемого за счет использования теплоты вентиляционных выбросов, кВт·ч, можно выполнить следующим образом:

$$Q_{вв}^{г} = \left(Q_{вент}^{г} + Q_{сумм}^{г} \cdot (1 - \eta_{ар}) \cdot \frac{k_{инф}}{k_{общ}} + \frac{Q_{гвс}^{г}}{(1+k_{доп})} \cdot k_{доп} + \sum Q_{v}^{ут}\right) \cdot \eta_{v}^{ут}, \qquad (Б.1)$$

где $Q_{вент}^{г}$ – годовой расход тепловой энергии на подогрев приточного воздуха, кВт·ч;

$Q_{сумм}^{г}$ – годовые теплопоступления от солнечной радиации и внутренних (бытовых) тепловыделений, кВт·ч;

$\eta_{ар}$ – коэффициент, учитывающий долю теплопоступлений от солнечной радиации и внутренних (бытовых) тепловыделений, вовлекаемых в покрытие нагрузки отопления;

$k_{инф}$, $k_{общ}$ – коэффициенты теплопередачи, Вт/м^{2}·°С;

$Q_{гвс}^{г}$ – годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, кВт·ч;

$k_{доп}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные потери теплоты в стояках централизованных систем горячего водоснабжения и полотенцесушителях, $k_{доп}$= 0,1–0,3;

$Q_v^{УТ}$ – дополнительный годовой расход электроэнергии на привод дополнительного оборудования систем рекуперации и утилизации (вентиляторов, циркуляционных насосов и т. п.), кВт·ч.

$\eta_v^{УТ}$ – эффективность теплообменника-утилизатора (системы утилизации), принимается по таблице 6.1.

Б.2 Утилизация теплоты сточных вод

Утилизация теплоты сточных вод производится с использованием теплообменников-утилизаторов. Наиболее часто применяемые схемы утилизации теплоты сточных вод приведены на рисунке Б.5 (см. также [18], [26]).

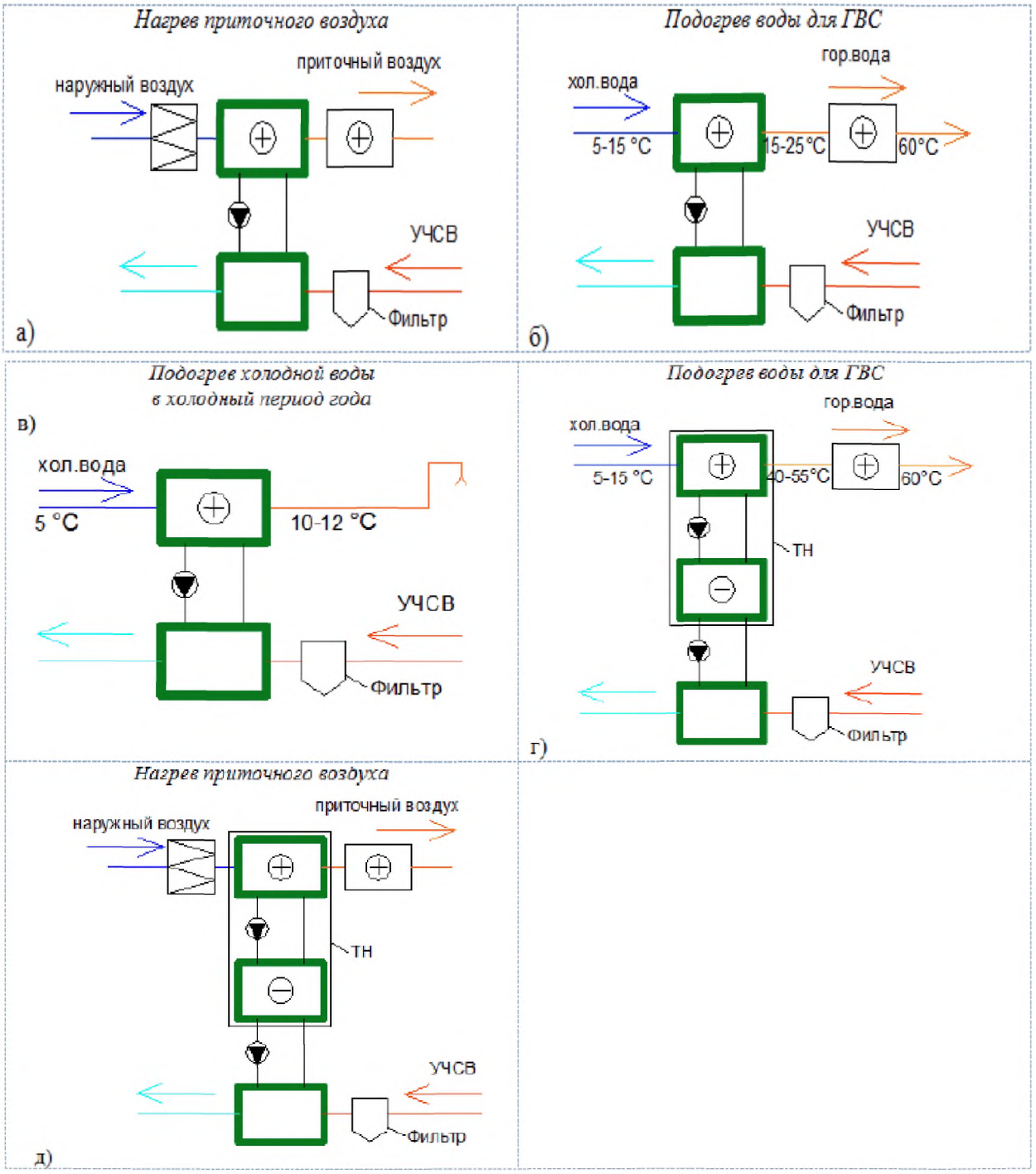
В общем случае система утилизации теплоты сточных вод состоит:

- из теплообменника-утилизатора теплоты сточных вод;
- побудителя циркуляции сточных вод через теплообменник-утилизатор;
- побудителя циркуляции нагреваемого теплоносителя;
- запорную и регулирующую арматуру, дополнительное и вспомогательное оборудование.

При необходимости в качестве побудителя циркуляции сточных вод следует применять специальные установки перекачки сточных вод.

Место расположения теплообменника-утилизатора должно обеспечивать минимальную протяженность трубопроводов сточных вод и обеспечивать выполнение требований санитарных норм.

Не допускается нарушение режима работы внутридомовой системы канализации. Следует предусматривать байпасную линию в обход теплообменника-утилизатора.



а, б, в – с промежуточным теплоносителем; г, д – с тепловыми насосами

УЧСВ – условно чистые сточные воды; ТН – тепловой насос

***Рисунок Б.5* – Наиболее часто применяемые схемы утилизации теплоты сточных вод**

Особенностью использования сточных вод в качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии является формирование на теплообменных поверхностях биопленки, которая оказывает теплоизолирующий эффект и способствует

значительному снижению коэффициента теплопередачи теплообменника. Образование биопленки и ее толщина зависят от скорости потока и состава сточных вод.

При использовании тепла неочищенных сточных вод в зданиях требуется предусматривать мероприятия, предотвращающие отложение загрязнений и засорение трубопроводов. Конструкция теплообменника-утилизатора должна быть рассчитана на протекание сточных вод и обеспечивать самоочистку от отложений и налетов. При невозможности обеспечения самоочистки следует предусматривать мероприятия по периодической очистке теплообменных поверхностей и каналов теплообменника-утилизатора.

Расход сточных вод в здании подвержен суточным, недельным и сезонным колебаниям, зависящим от числа жильцов, их образа жизни, погодных условий и т. п. За расчетное значение расхода сточных вод следует принимать среднесуточный суммарный расход воды (холодной и горячей) с понижающим коэффициентом 0,95, учитывающим разницу между количеством подаваемой воды и количеством стоков.

Особенностью режима подогрева горячей воды за счет утилизации теплоты сточных вод является совпадение периодов максимального водопотребления и максимального расхода и теплового потенциала стоков.

Количество энергии, получаемое путем утилизации теплоты точных вод, кВт·ч, вычисляют по формуле

$$Q^{\text{г}}_{\text{учсв}} = \left(Q^{\text{г}}_{\text{гвс}} \cdot \frac{k_{\text{ст.в}}}{(1+\text{k}_{\text{доп}})} + \sum E^{\text{ут}}_{\text{учсв}}\right) \cdot \eta^{\text{ут}}_{\text{учсв}}, \qquad \text{(Б.2)}$$

где $Q^{\text{г}}_{\text{гвс}}$ – годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, кВт·ч;

$k_{\text{ст.в}}$ – коэффициент, учитывающий снижение температуры сточных вод перед теплообменником-утилизатором, принимается:

- при установке утилизаторов в здании – $k_{\text{ст.в}}$ = 0,8–0,85,

- при отборе теплоты из наружных колодцев сточных вод – $k_{\text{ст.в}}$ = 0,7–0,75;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительные потери тепловой энергии в стояках горячего водоснабжения и полотенцесушителях, $k_{\text{доп}}$ = 0,1–0,3;

$\eta^{\text{ут}}_{\text{учсв}}$ – эффективность коэффициента полезного действия теплообменника-утилизатора теплоты сточных вод;

$E^{\text{ут}}_{\text{учсв}}$ – дополнительный расход электроэнергии на привод циркуляционных насосов, кВт·ч.

Б.3 Использование теплоты атмосферного воздуха

Использование такого вида ВИЭ, как теплота атмосферного воздуха, в большинстве случаев возможно только с применением тепловых насосов, поскольку уровень температуры атмосферного воздуха значительно ниже температурных параметров теплоносителей, используемых в системах теплопотребления зданий. При этом охлаждение помещений, как правило, требуется в периоды, когда температура атмосферного воздуха выше температуры, необходимой для правильного функционирования систем холодоснабжения.

Атмосферный воздух как источник низкопотенциальной теплоты характеризуется сезонными колебанием температуры и краткосрочными изменениями температуры в зависимости от погодных условий, что влечет за собой колебания режимов работы теплового насоса, в свою очередь сказывающиеся на его эффективности.

Уровень температуры окружающего воздуха влияет на коэффициент трансформации теплового насоса: чем ниже температура, тем ниже коэффициент трансформации. При использовании тепла атмосферного воздуха с помощью теплового насоса для целей отопления при расчетных температурах атмосферного воздуха минус 20 °С и ниже рекомендуется либо предусматривать переключение теплового насоса на работу от другого источника низкопотенциального тепла с более высокой температурой, либо устраивать дублирующий источник тепловой энергии.

Грунт в зимний период имеет более высокий температурный потенциал, чем атмосферный воздух. В связи с этим рекомендуется в качестве источника низкопотенциального тепла использовать атмосферный воздух в комбинации с грунтом. Такая комбинация позволит уменьшить тепловую нагрузку на грунтовый массив и сохранить его более высокую среднюю температуру за отопительный период.

Количество энергии, вырабатываемое теплонасосной системой, использующей теплоту атмосферного воздуха, следует определять в соответствии с указаниями, приведенными в разделе 5 настоящих методических рекомендаций, или вычислять по ГОСТ Р 54865.

Б.4 Использование теплоты грунта

Грунт представляет собой тепловой аккумулятор практически бесконечной емкости, тепловой режим которого определяется воздействием двух основных факторов: поступающей солнечной энергии и потока тепла из земных недр. Попадающая на земную

поверхность солнечная энергия и сезонные изменения ее интенсивности оказывают влияние на температурный режим грунта, находящегося на глубинах, как правило, не превышающих 10–15 м. Ниже этого уровня находятся слои, не подверженные сезонным колебаниям температуры.

Системы использования теплоты грунта с помощью теплообменников той или иной конструкции называют закрытыми системами, тогда как системы, предусматривающие извлечение грунтовой воды, относят к открытым системам. Особенности закрытых и открытых систем приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – **Особенности открытых и закрытых систем использования теплоты грунта**

Открытые системы	Закрытые системы (грунтовые теплообменники)
Способы передачи тепла	
От грунта к скважине или обратно за счет естественного или искусственно создаваемого перепада давления (перекачивание)	От грунта к теплообменнику или обратно за счет создаваемой разности температур
Достоинства	
- Высокая производительность при относительно низких затратах; - относительно высокий температурный уровень источника тепла / низкий уровень источника холода	- Нет регулярного технического обслуживания; - безопасно; - может применяться практически повсеместно
Недостатки	
- Засорение скважины, потеря прочности грунта; - требуется наличие водоносного горизонта с достаточным дебитом; - применимость зависит от химического состава воды; - требует организации санитарной зоны; - сложность проектирования и согласования	- Относительно низкая удельная мощность на единицу длины; - относительно низкий температурный уровень как источника тепла и высокий – как источника холода

Для извлечения тепла грунта, как правило, используют грунтовые теплообменники следующих типов:

- вертикальные грунтовые теплообменники (термоскважины);
- горизонтальные грунтовые теплообменники;
- тепловые трубы;
- системы с непосредственным испарением хладона.

Количество энергии, вырабатываемое теплонасосной системой, использующей теплоту грунта, следует определять в соответствии с указаниями, приведенными в разделе 5 настоящих методических рекомендаций, или вычислять по ГОСТ Р 54865.

Б.5 Использование теплоты природных водоемов и водных источников

Использование подземных вод, а также природных водоемов, водных потоков и источников путем извлечения низкопотенциального тепла возможно только на территориях, где температура этих вод выше плюс 4 °С.

Температура воды в поверхностных водоемах и водных потоках подвержена сезонным изменениям в соответствии со средней температурой атмосферного воздуха, причем наиболее низкая температура воды приходится на период максимальной тепловой нагрузки зданий.

Утилизация низкопотенциальной теплоты водных источников, как правило, производится с использованием теплообменников, погруженных в воду; однако допускается осуществлять забор и последующий сброс воды обратно в водоем.

Не допускается использование естественных водоемов в качестве аккумуляторов теплоты. Специально созданные искусственные водоемы (например, противопожарные резервуары) использовать в качестве тепловых аккумуляторов возможно при условии получения соответствующих согласований со стороны органов контроля и надзора в сфере природопользования.

Для извлечения тепла подземных вод чаще всего используют водозаборные и закачивающие скважины, расстояние между которыми выбирается такими образом, чтобы минимизировать их взаимное тепловое влияние.

При использовании подземных вод в качестве источника низкопотенциального тепла необходимо учитывать риск нарушения их гидрологического и экологического баланса.

Количество энергии, вырабатываемое теплонасосной системой, использующей теплоту природных водоемов и водных источников, следует определять в соответствии с указаниями, приведенными в разделе 5 настоящих методических рекомендаций, или вычислять по ГОСТ Р 54865.

Б.6 Использование солнечной радиации

Эффективность использования солнечной радиации в значительной мере зависит от климатических условий района применения. Потенциал этого ВИЭ значителен, хотя

плотность потока энергии сравнительно невелика – порядка 0,6 кВт на 1 $м^2$, что требует значительных площадей воспринимающих устройств.

Приход солнечной радиации существенно неравномерен во времени. По этой причине использование солнечной энергии требует применения аккумулирующих устройств. Для расчета выработки энергии и определения емкости устройств аккумулирования необходимы почасовые климатические данные по приходу солнечной радиации.

Для эффективного использования солнечной радиации необходимо ориентировать воспринимающие устройства на южную сторону и учитывать высоту стояния солнца над горизонтом.

Использование солнечной радиации возможно через светопрозрачные ограждающие конструкции зданий (окна, витражи, витрины), а также с применением солнечных коллекторов и фотоэлектрических модулей.

Особенности применения различных решений по использованию солнечной радиации приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.2 – **Технические решения по использованию солнечной радиации**

Тип	Способ поступления излучения
Пассивное использование	
С прямым улавливанием солнечного излучения	Через окна или примыкающий к южной стене зимний сад (оранжерею, теплицу)
С косвенным улавливанием солнечного излучения	На теплоаккумулирующую стену, расположенную за остеклением южного фасада
Активное использование	
С вертикальным улавливанием солнечного излучения	Через встроенные коллекторы или примыкающую к стене теплицу (зимний сад, оранжерею)
С угловым улавливанием солнечного излучения	Автономные коллекторы, расположенные вне здания
С контуром принудительной циркуляции воздуха и аккумулятором теплоты	Через солнечные коллекторы с воздушным теплоносителем

Тип	Способ поступления излучения
Фотоэлектрические установки наземного использования	
С угловым и вертикальным улавливанием солнечной радиации	Крышное, настенное, крыше-настенное размещение фотогальванических модулей
С автономным размещением установок	Использование соседних зданий и сооружений, установка специальных каркасов для развертывания модулей

Количество энергии, вырабатываемое за счет использования солнечной радиации, следует определять:

- для систем солнечного теплоснабжения – по ГОСТ Р 54856;
- для фотоэлектрических систем – по ГОСТ Р МЭК 61853-1.

Б.7 Использование энергии ветра

Кинетическая энергия ветра используется для локального производства электрической энергии. Для этого применяют ветроэнергетические установки, размещаемые на зданиях или встроенные в них.

При размещении ветроэнергетических установок на зданиях следует предусматривать мероприятия по борьбе с шумом и вибрацией.

При разработке систем использования в зданиях энергии ветра следует учитывать, что здание или комплекс зданий деформируют воздушные потоки, что позволяет за счет придания зданиям специальных форм и их взаимного размещения искусственно изменять интенсивность ветровых потоков и корректировать их направление для повышения плотность потока энергии и, соответственно, эффективности работы ветроэнергетических установок.

Устройство комбинированных систем, совместно использующих энергию солнца и ветра в различном сочетании, позволяет с большей эффективностью использовать указанные виды ВИЭ.

Количество электрической энергии, получаемой от ветроэнергетических установок, следует определять по ГОСТ Р 54418.12.1 и ГОСТ Р 54418.12.3.

Б.8 Теплонасосная система теплохладоснабжения

Вторичные энергетические ресурсы и многие возобновляемые источники тепловой энергии (за исключением солнечной радиации) характеризуются низким температурным

потенциалом, что не позволяет напрямую использовать их для теплоснабжения зданий. Для преобразование этой энергии с повышением ее температурного уровня применяют тепловые насосы и системы на их основе.

Под ТСТ принято понимать комплекс технических средств, предназначенных для преобразования низкопотенциальной теплоты ВЭР и ВИЭ в теплоту более высокого потенциала с использованием обратного термодинамического цикла.

В жилых и общественных зданиях наиболее часто применяют парокомпрессионные тепловые насосы. Реже применяются абсорбционные тепловые насосы.

Тепловые насосы классифицируются по следующим признакам:

- по виду обеспечиваемой нагрузки – установки теплоснабжения (отопления, вентиляции или горячего водоснабжения) и установки тепло–холодоснабжения, предназначенные для одновременной или сезонной выработки теплоты и холода;

- по сочетанию вида теплоносителя источника низкопотенциальной теплоты и нагреваемой среды: типа «воздух – воздух», «воздух – вода», «вода – вода», «вода – воздух»;

- по виду энергии, используемой для осуществления рабочего цикла – электроприводные и с приводом от тепловых двигателей;

- по температуре нагреваемого теплоносителя – низкотемпературные (до 50 °С) и среднетемпературные (50 °С – 80 °С).

Теплонасосные системы могут быть как автономными, так и гибридными, т. е. использующими тепловую сеть в качестве доводчика. Схема энергетических потоков гибридной теплонасосной системы, обеспечивающей отопление, горячее водоснабжение и холодоснабжение (кондиционирование), показана на рисунке Б.6.

В качестве источников низкопотенциальной теплоты в теплонасосных системах могут быть использованы:

- вытяжной воздух жилых и общественных зданий;

- атмосферный воздух;

- грунтовые и поверхностные воды;

- грунтовые теплообменники;

- сточные воды;

- солнечные коллекторы.

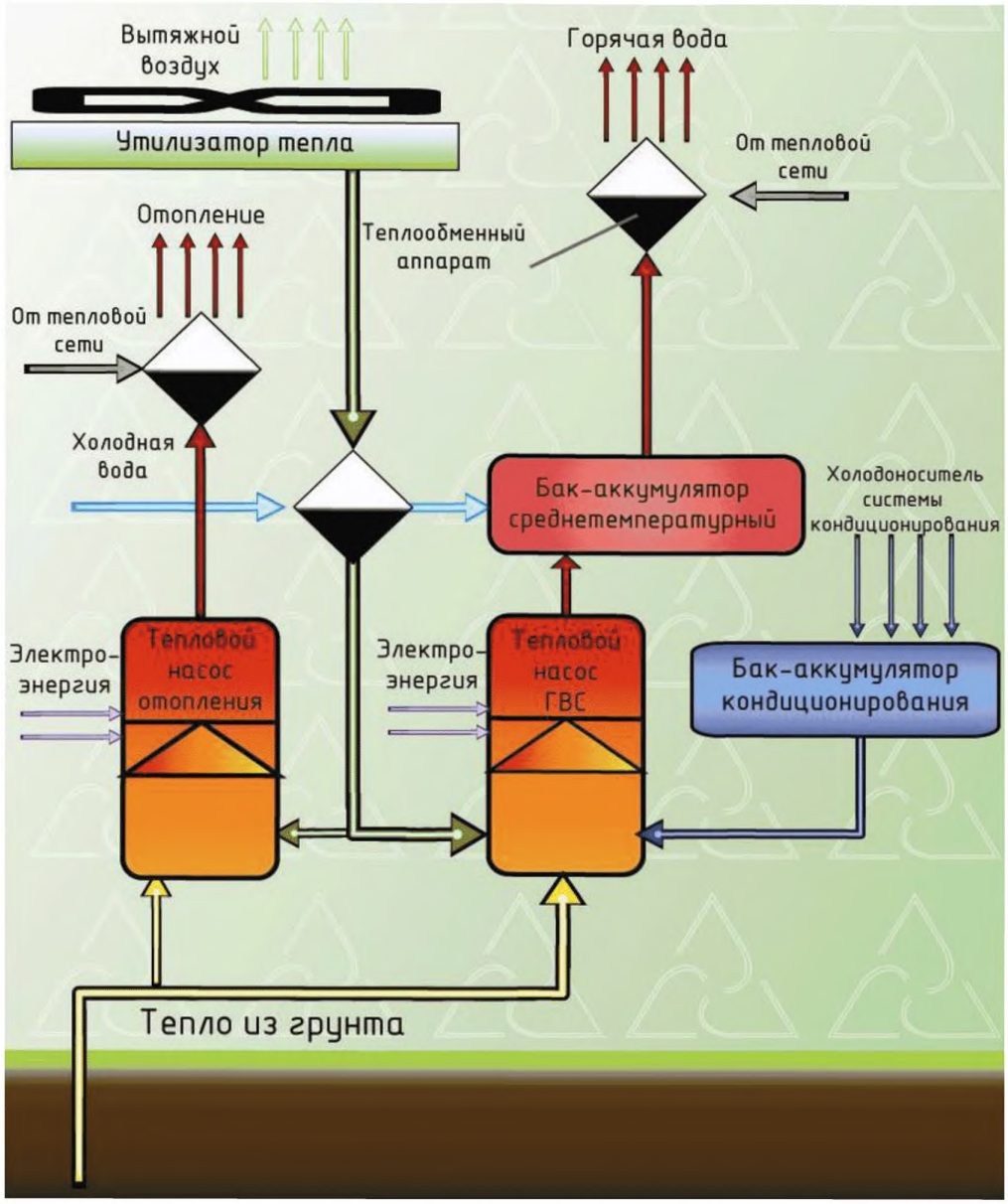


Рисунок Б.6 **– Схема энергетических потоков гибридной теплонасосной системы, обеспечивающей горячее водоснабжение и кондиционирование**

Тепловые насосы могут быть установлены как на полную тепловую нагрузку, так и на частичную нагрузку, при этом полная нагрузка обеспечивается дополнительным источником тепла.

Для улучшения технико-экономических показателей теплонасосных систем следует, преимущественно, проектировать их с дополнительным (пиковым) источником тепла.

Тепловая мощность тепловых насосов в системах с дополнительным (пиковым) источником тепла подбирается:

- на отопительно-вентиляционные нужды – по величине базовых нагрузок;

- на нужды горячего водоснабжения – по среднечасовой нагрузке горячего водоснабжения с учетом доли нагрузки, покрываемой тепловыми насосами, и периода их работы в течение суток;

- на нужды кондиционирования – по расчетной холодопроизводительности, а при использовании аккумуляторов холода – с учетом аккумулирования и периода работы тепловых насосов в течение суток.

Количество энергии, вырабатываемое теплонасосной системой, следует определять в соответствии с указаниями, приведенными в разделе 5 настоящих методических рекомендаций, или вычислять по ГОСТ Р 54865.

Приложение В

Районирование территории Российской Федерации в части определения влияния использования ВЭР и ВИЭ на энергопотребление здания

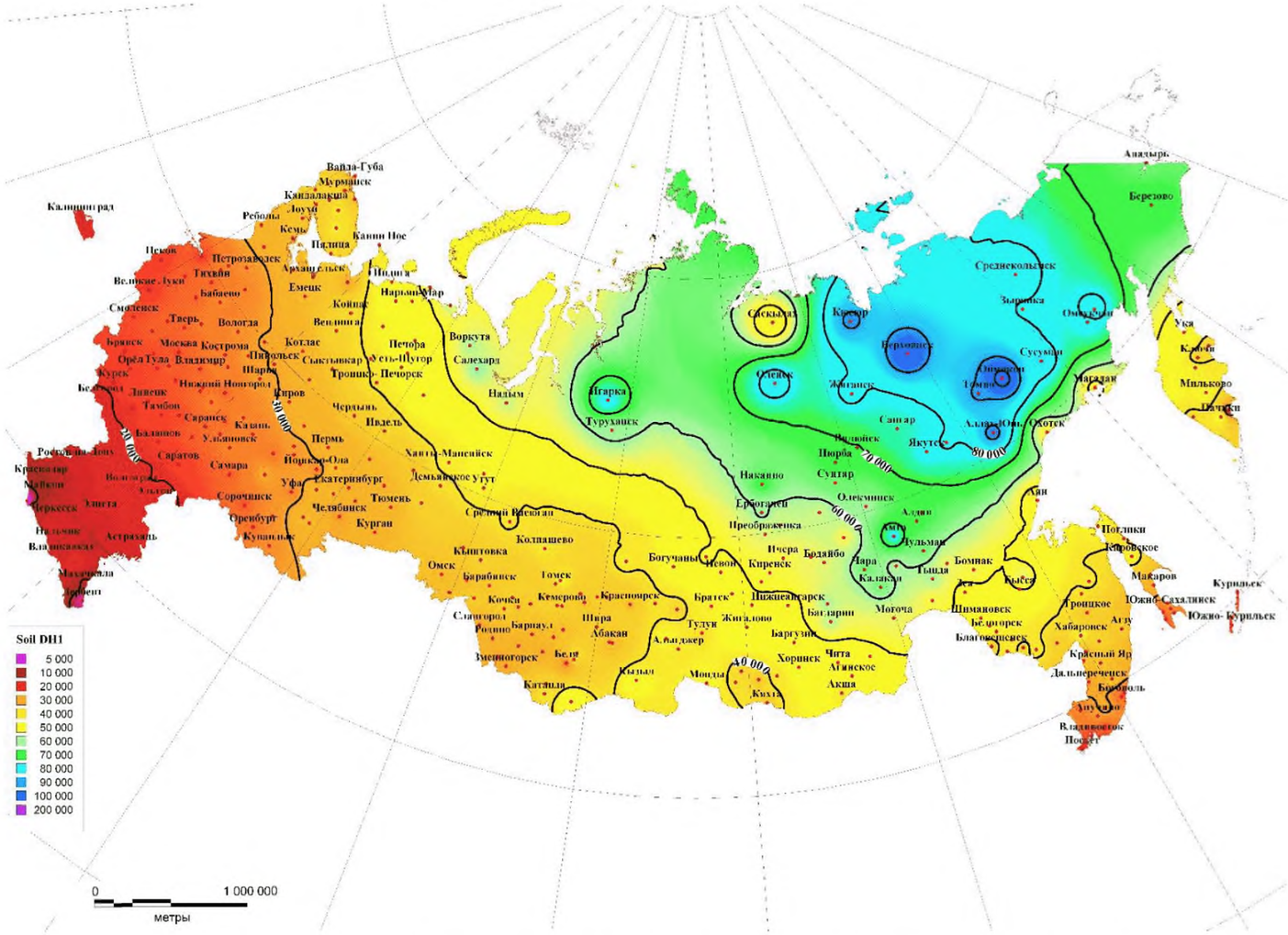


Рисунок В.1 **– Районирование территории Российской Федерации по климатологическому фактору $D_{\text{от,ВИЭ}}$ при $t_k = 35$ ℃, $h_t = 15$ ℃. Источник низкопотенциального тепла – грунт**

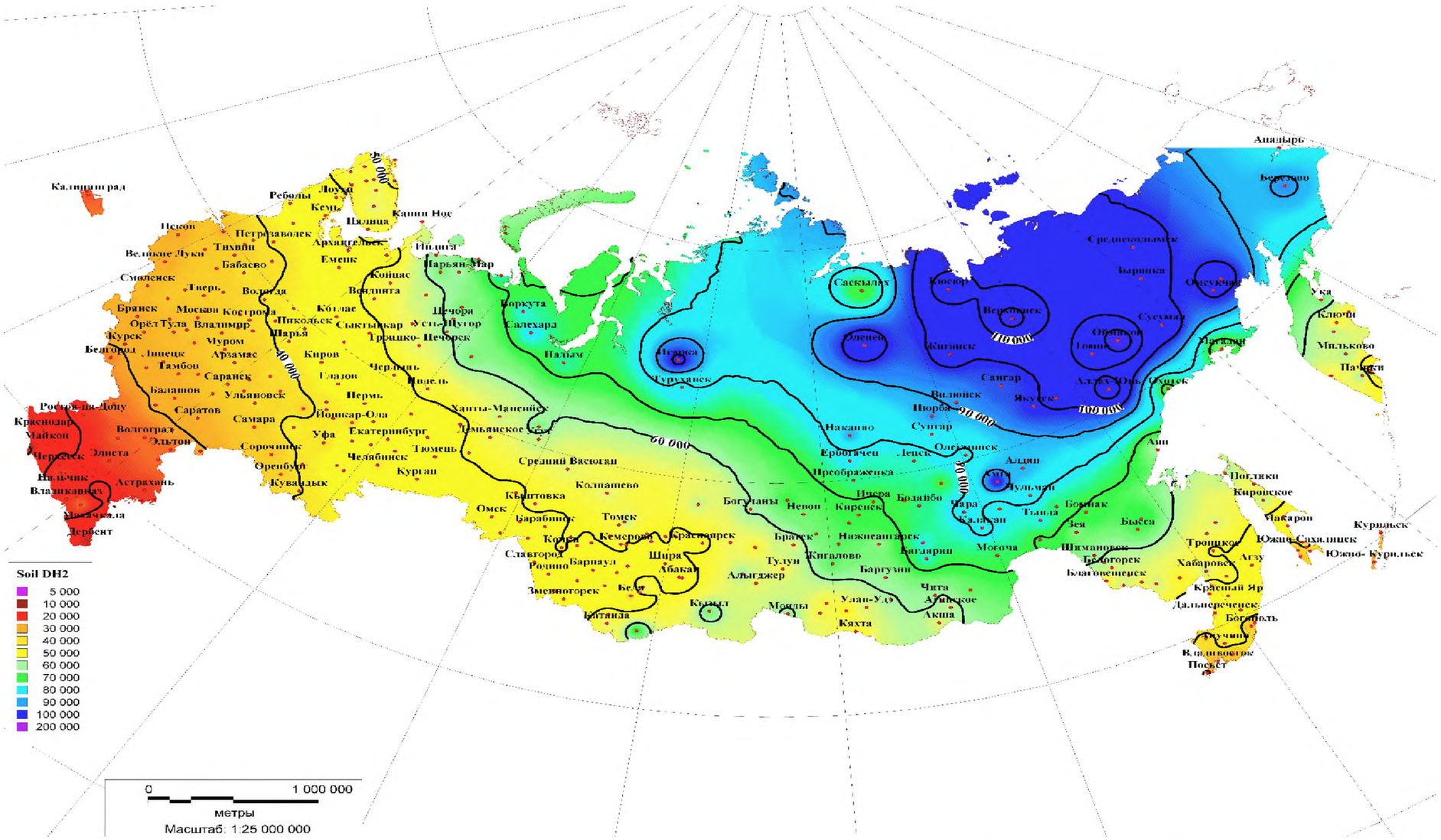


Рисунок В.2 **– Районирование территории Российской Федерации по климатологическому фактору $D_{\text{от,ВИЭ}}$ при $t_k = 50$ ℃, $h_t = 30$ ℃.**

Источник низкопотенциального тепла – грунт

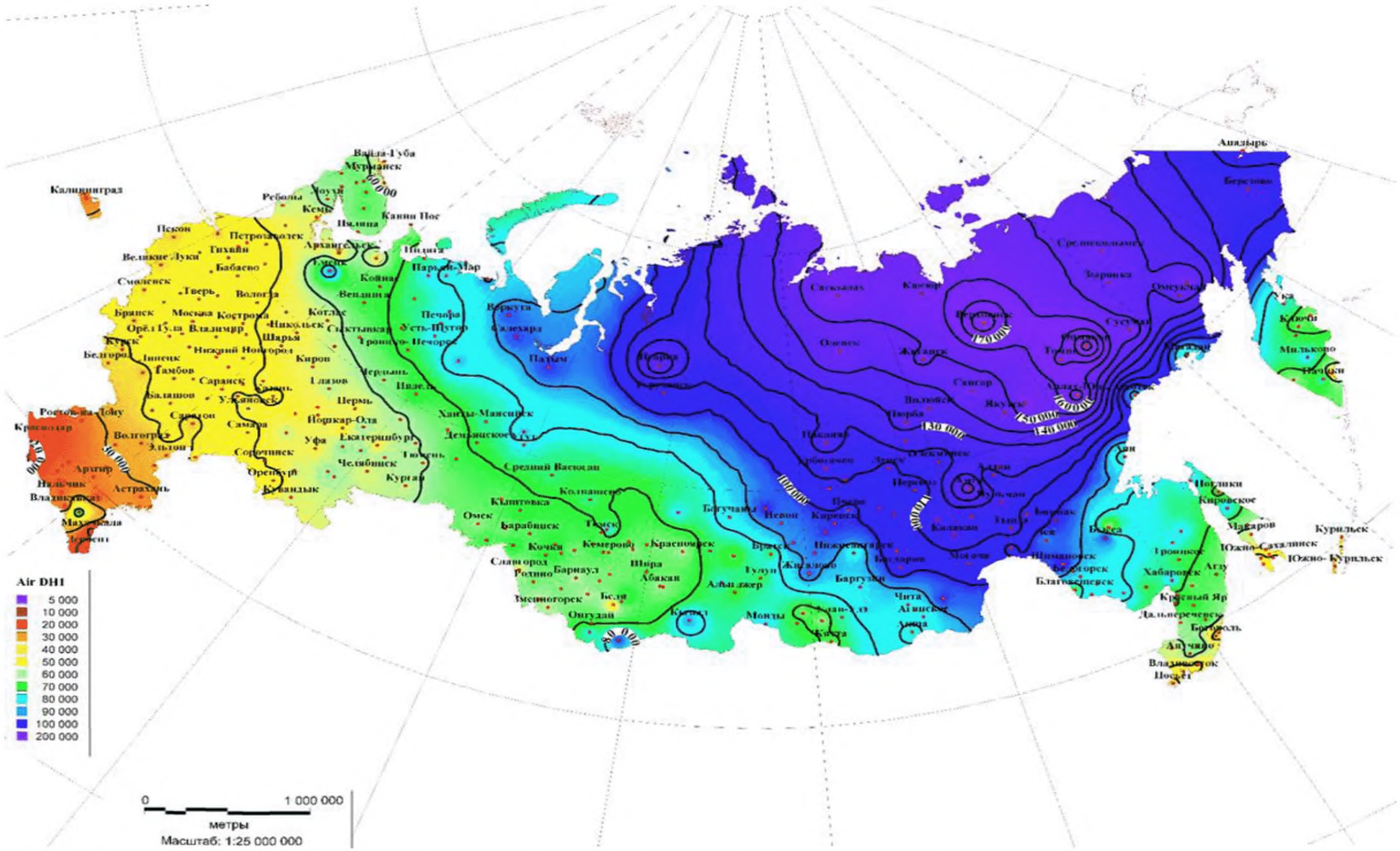


Рисунок В.3 **– Районирование территории Российской Федерации по климатологическому фактору $D_{\text{от,ВИЭ}}$ при $t_k = 35$ ℃, $h_t = 15$ ℃.**

Источник низкопотенциального тепла – атмосферный воздух

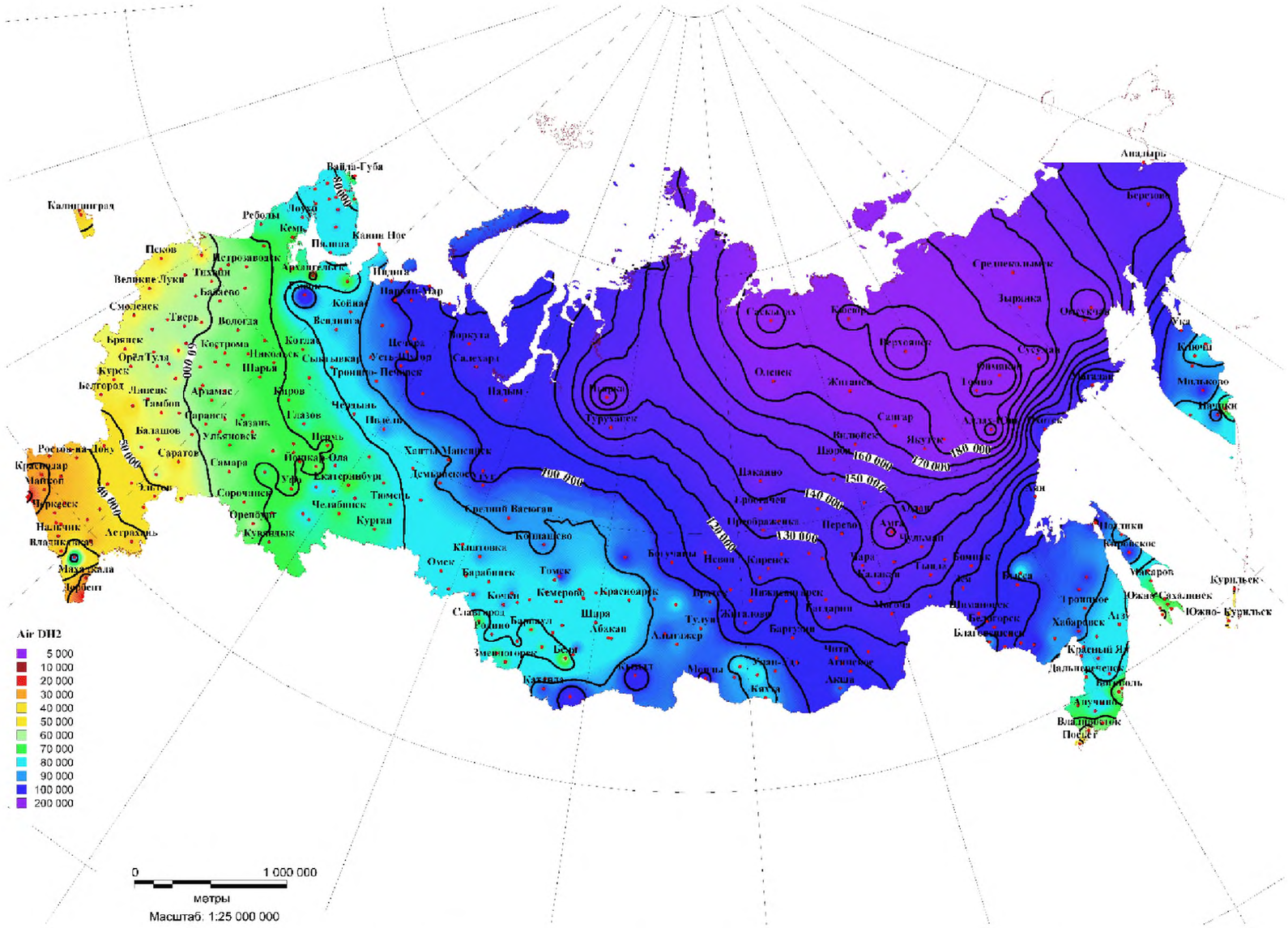


Рисунок В.4 **– Районирование территории Российской Федерации по климатологическому фактору $D_{\text{от,ВИЭ}}$ при $t_k = 50$ ℃, $h_t = 30$ ℃.**

Источник низкопотенциального тепла – атмосферный воздух

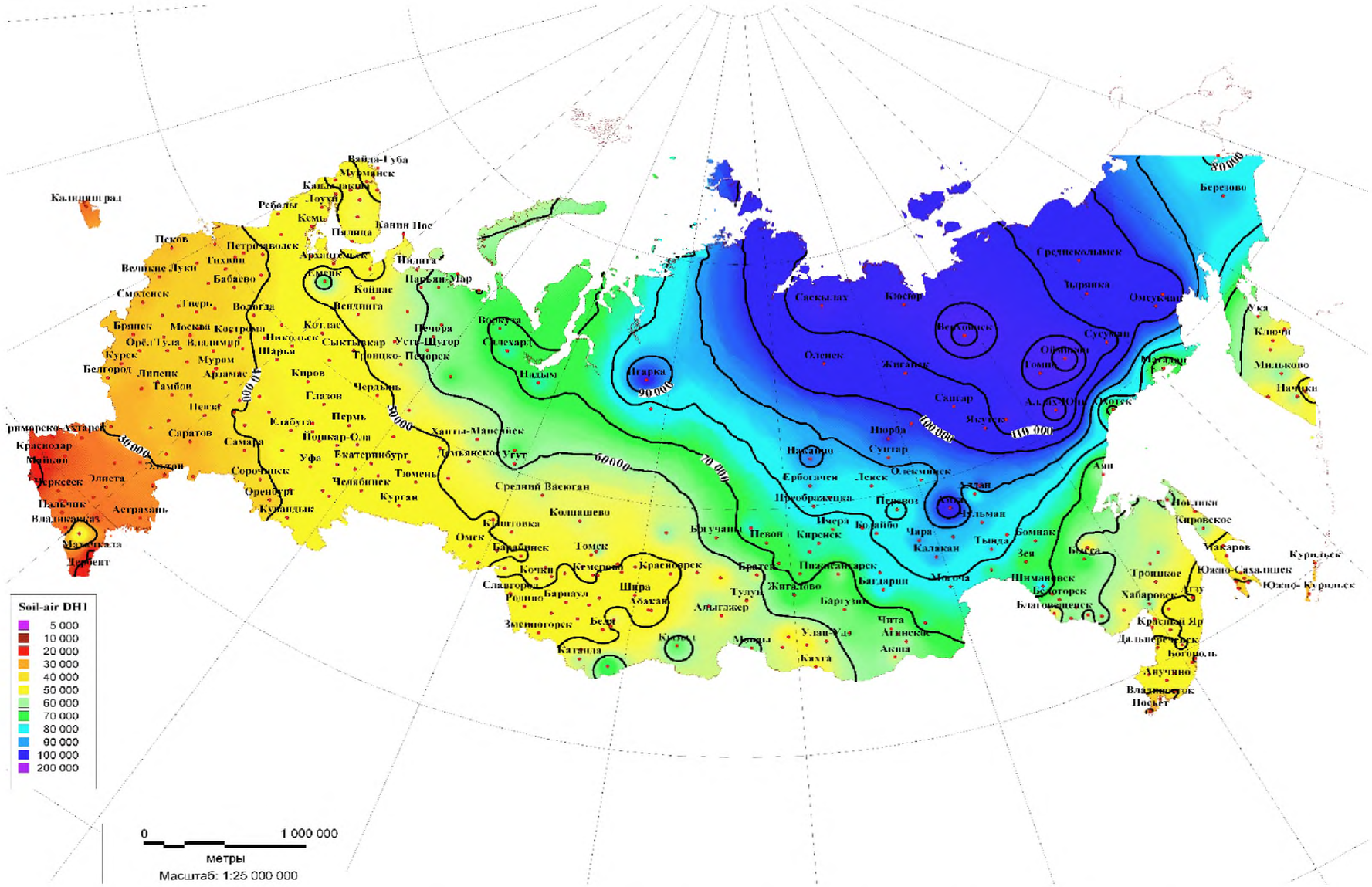


Рисунок В.5 **– Районирование территории Российской Федерации по климатологическому фактору $D_{\text{от,ВИЭ}}$ при $t_k = 35$ ℃, $h_t = 15$ ℃.**

Источник низкопотенциального тепла – комбинация «атмосферный воздух – грунт»

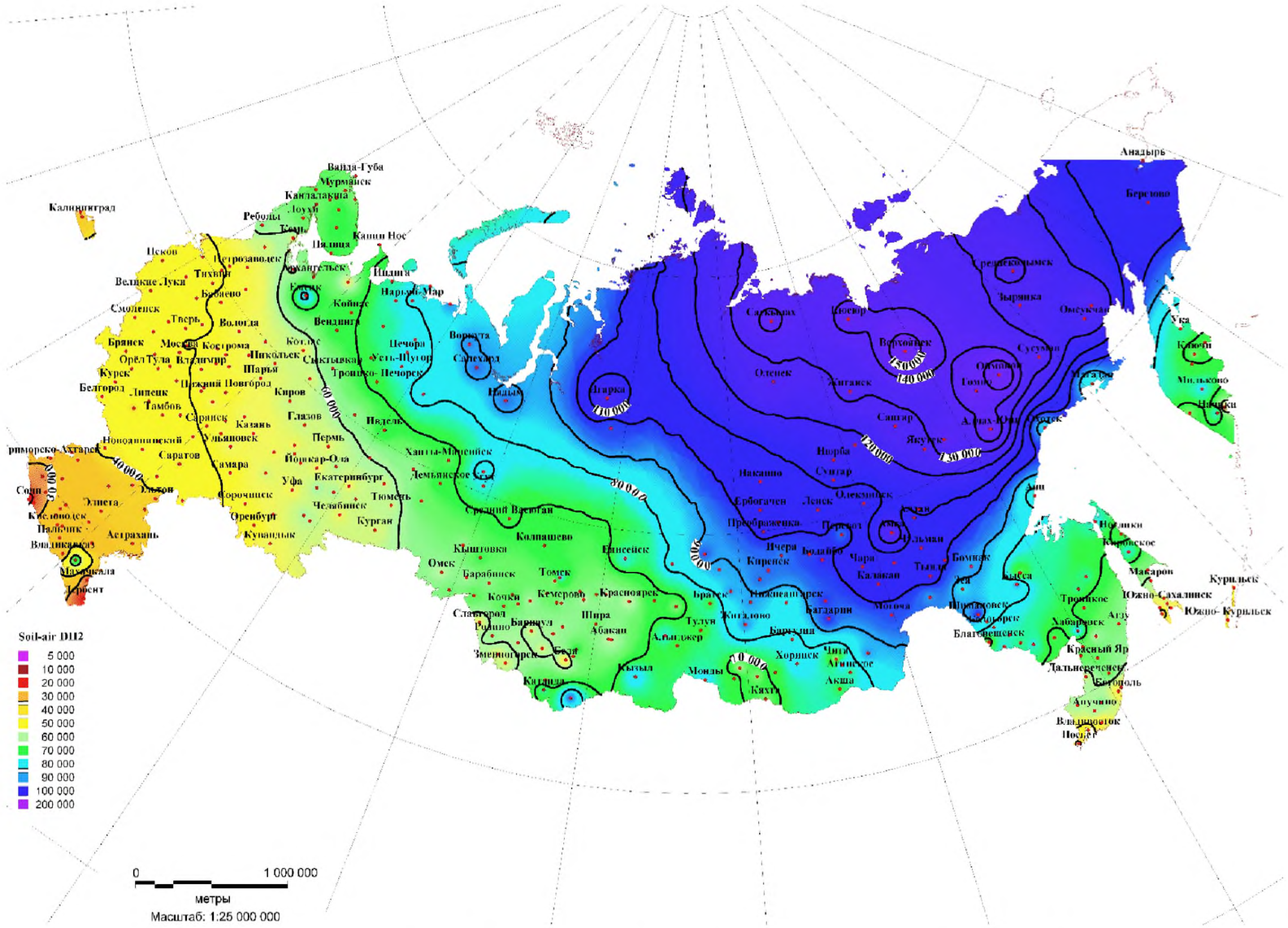


Рисунок В.6 **– Районирование территории Российской Федерации по климатологическому фактору $D_{\text{от,ВИЭ}}$ при $t_k = 50$ ℃, $h_t = 30$ ℃.**

Источник низкопотенциального тепла – комбинация «атмосферный воздух – грунт»



Рисунок В.7 **– Районирование территории Российской Федерации по условному коэффициенту трансформации тепла при использовании грунта в качестве источника низкопотенциального тепла в ТСТ для нужд ГВС**



Рисунок В.8 **– Районирование территории Российской Федерации по условному коэффициенту трансформации тепла при использовании грунта и атмосферного воздуха в качестве источников низкопотенциального тепла в ТСТ для нужд ГВС**



Рисунок В.9 **– Районирование территории России по условному коэффициенту трансформации тепла при использовании грунта, атмосферного воздуха и вентиляционных выбросов в качестве источников низкопотенциального тепла в ТСТ для нужд ГВС**

Библиография

[1] Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

[2] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

[3] Постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов»

[4] Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

[5] Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 6 июня 2016 г. № 399/пр «Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности МКД»

[6] Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 ноября 2017 г. № 1550/пр «Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений»

[7] Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 сентября 2016 г № 653/пр «Об утверждении Методических рекомендаций по реализации проектов и

мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности при капитальном ремонте общего имущества в МКД»

[8] Практическое пособие по повышению энергетической эффективности МКД при капитальном ремонте [Открытое акционерное общество «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»]. – М.: Государственная корпорация – фонд содействия реформированию ЖКХ, 2015. – Т. 1. – 89 с.

[9] Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии (утверждено и введено в действие указанием Комитета по архитектуре и градостроительству города Москвы от 31 января 2001 г. № 8)

[10] Государственный контракт № 16.516.11.6027 с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по теме: «Создание физико-технологических основ нового поколения каскадных теплонасосных систем теплохладоснабжения зданий, когенерирующих тепловую энергию и холод», 2011 г.

[11] Государственный контракт № 16.526.11.6014 с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по теме: «Разработка опытно-промышленных образцов установок, устройств и оборудования для квартирной и общедомовой утилизации вторичных энергетических ресурсов в массовом жилищном строительстве», 2012 г.

[12] Васильев Г.П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли: Монография. – Издательский дом «Граница»; М: Красная звезда, 2006.

[13] Васильев Г.П., Дмитриев А.Н., Абуев И.М., Юрченко И.А. Квартирная утилизация теплоты сточных вод // Энергетик. – 2013. № 12. – С. 030–033

[14] Васильев Г.П., Горнов В.Ф., Колесова М.В. Концепция утилизации ВЭР в массовом жилищном строительстве // Энергия: экономика, техника, экология. – 2013. – № 3. – С. 22–28

[15] Васильев Г.П., Дмитриев А.Н., Абуев И.М., Юрченко И.А. Утилизация теплоты сточных вод многоквартирных жилых домов // Энергия: экономика, техника, экология. – 2013. – № 8. – С. 44–48

[16] Васильев Г.П., Дмитриев А.Н., Тимофеев Н.А., Голубев С.С. Повышение эффективности рекуперации тепла вытяжного воздуха в вентклапанах // Энергия: экономика, техника, экология. – 2013. – № 9. – С. 56–61

[17] Васильев Г.П., Дмитриев А.Н., Горнов В.Ф., Тимофеев Н.А., Колесова М.В. Концепция повышения энергетической эффективности многоквартирных жилых домов за счет утилизации вторичных энергоресурсов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 3. – С. 7–11

[18] Васильев Г.П., Тимофеев Н.А., Колесова М.В. Утилизация теплоты вентиляционных выбросов зданий – эффективная технология повышения энергоэффективности жилых зданий // Энергетик. – 2012. – № 8. – С. 35–37

[19] Васильев Г.П., Попов М.И. Эффективность использования первичной энергии при энергоснабжении жилого фонда Москвы // Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 1. – С. 15–22

[20] Васильев Г.П. Что может нам помешать сделать Москву энергоэффективной? // Теплоэнергетика. – 2011. – № 8. – С. 58–66

[21] Васильев Г.П., Тимофеев Н.А., Личман В.А., Дубинский С.И. Температурный режим помещения с приточно-вытяжным вентканалом // Энергия: экономика, техника, экология. – 2011. – № 2. – С. 49–52

[22] Васильев Г.П. «Зеленое» строительство как инструмент экономии первичного топлива // Энергосбережение. 2011. – № 8. – С. 26–41

[23] Васильев Г.П., Тимофеев Н.А. Моделирование режимов работы рекуператора «сбросного» тепла вытяжного воздуха // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2011. – № 7. – С. 46–51

[24] Васильев Г.П., Тимофеев Н.А., Бурмистров А.А. Источник вторичных энергоресурсов – вентиляционные выбросы жилых квартир // Энергосбережение. – 2010. – № 4. – С. 14–25

[25] Васильев Г.П., Закиров Д.Г., Абуев И.М., Горнов В.Ф. О тепловом ресурсе сточных вод и его использовании // Водоснабжение и канализация. – 2009. – № 7. – С. 50–53

[26] Васильев Г.П. Экологические аспекты внедрения нетрадиционных возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе Москвы // Энергосбережение. – 2004. – № 1. – С. 34–40

[27] РМД 23-16–2019 Санкт-Петербург. Рекомендации по обеспечению энергетической эффективности жилых и общественных зданий

[28] EN 14511-3:2008 Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps with electrically driven compressors for space heating and cooling – Part 3: Test methods (Кондиционеры, охладители жидкости агрегатированные и тепловые насосы с компрессорами с электроприводом. Режим обогрева и охлаждения. Часть 3. Методы испытания)

[29] СТО НОСТРОЙ 2.15.70–2012 Инженерные сети высотных зданий. Устройство систем теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования и холодоснабжения

[30] СТО НОСТРОЙ 2.23.164–2014 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство холодильных центров. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ

[31] СТО НОСТРОЙ 2.23.166–2014 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство теплонасосных систем

теплохладоснабжения зданий. Правила, контроль выполнения, требования к результатам работ

[32] СТО НОП 2.1–2014 Требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания

[33] G. P. Vasilyev, M. V. Kolesova, V. F. Gornov, and I. A. Yurchenko Zoning of the territory of Russia by the effectiveness of low-potential heat of the ground and atmospheric air for heating buildings // AIP Conference Proceedings 1737, 060007 (2016). P. 1–5

[34] G.P. Vasilyev, V.F. Gornov, M.V. Kolesova. Research of the Effectiveness of Using Air and Ground Low-grade Heat for Buildings Heating in Different Regions of Russia // MATEC Web of Conferences 77, 06010 (2016). P. 1–4

[35] Gregory P. Vasilyev, Marina V. Kolesova, Victor F. Gornov, Igor A..Yurchenko. Study of the Dependence Effectiveness of Low-potential Heat of the Ground and Atmospheric Air for Heating Buildings from Climatic parameters // MATEC Web of Conferences, 40, 05006 (2016). P. 1–4

[36] Vasilyev G.P., Peskov N.V., Gornov V.F., Kolesova M.V., Yurchenko I.A. Zoning of the Territory of Russia According to the Efficiency of the Use of Low-Grade Ground Heat for Heating // MATEC Web of Conferences 30, 05003 (2015). P. 1–4

[37] G.P. Vasilyev, N.V. Peskov, V.F. Gornov, M.V. Kolesova. The effectiveness of low-grade geothermal heat usage under the conditions of the Russian climate // Geothermics Vol 62, (2016) Pp. 93–102

[38] Васильев Г.П. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2007. – № 5. – С. 58–74

[39] Васильев Г.П., Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России // Малая энергетика. – 2008 – № 3. – С. 79–87

[40] Васильев Г.П., Песков Н.В., Горнов В.Ф., Колесова М.В. Эффективность использования низкопотенциального геотермального тепла в климатических условиях территории России // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2015. – № 3. – С. 30–38

[41] Письмо Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 9 августа 2017 г. № 28242-ЕС/04 «О присвоении классов энергетической эффективности административным и общественным зданиям»

gost.e-ecolog.ru