

Руководство АВОК-8-2011

РУКОВОДСТВО АВОК

РУКОВОДСТВО ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ HEAT CONSUMPTION CALCULATION MANUAL FOR EXISTING RESIDENTION BUILDINGS

Дата введения 2011-09-01

Предисловие

Сведения о руководстве

1 РАЗРАБОТАНО творческим коллективом специалистов некоммерческого партнерства "Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике" (НП "АВОК") по заданию Департамента топливно-энергетического хозяйства г.Москвы:

В.И.Ливчак, канд. техн. наук, государственный эксперт по проведению экспертизы проектной документации (НП "АВОК") - руководитель;

Ю.А.Табунщиков, доктор техн. наук, проф. (НП "АВОК");

М.М.Бродач, канд. техн. наук, проф. (НП "АВОК");

Е.Г.Малявина, канд. техн. наук, проф. (МГСУ);

Н.В.Шилкин, канд. техн. наук, доцент (МАрХИ).

2 УТВЕРЖДЕНО Первым заместителем Мэра Москвы в Правительстве Москвы, руководителем Комплекса городского хозяйства Москвы 20 сентября 2005 г.

3 Настоящее руководство согласовано с Департаментом жилищно-коммунального хозяйства и благоустройства г.Москвы, Комитетом по архитектуре и строительству г.Москвы (Москомархитектурой), ОАО "Моспроект", ГУП "Мосжилниипроект", ГУП МНИИТЭП, НП "Российское теплоснабжение", ОАО "ВНИПИэнергопром", НИИСФ РААСН, НП "Группа Тепло", ООО "ТЕРМЭК".

4 ВЗАМЕН руководства АВОК-8-2007 "Руководство по расчету теплоснабжения эксплуатируемых жилых зданий" со следующими уточнениями:

- актуализировано с учетом требований Федерального закона РФ от 23.11.2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации";

- актуализировано с учетом поручений Постановления Правительства Москвы от 20.04.2010 г. N 333-ПП "Об организации работ по переходу городского хозяйства Москвы на энергоэффективные технологии в условиях климатических изменений".

Документ содержит в качестве приложения оптический носитель (CD-ROM) с программой расчета теплоснабжения эксплуатируемых жилых зданий и примером расчета, изложенным в настоящем руководстве.

Введение

Количество тепловой энергии, потребляемой системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения здания, является необходимым показателем при определении тепловой эффективности зданий, проведении энергоаудита, деятельности энергосервисных организаций, сравнении фактического теплоснабжения здания, измеренного теплосчетчиком, с требуемым исходя из фактических теплотехнических характеристик здания и степени автоматизации системы отопления и во многих других случаях.

Преимуществами представленного метода определения являются:

- детализированный в необходимой степени учет теплотерь за счет воздухообмена с учетом инфильтрации;
- учет в тепловом балансе здания внутренних теплоступлений от солнечной радиации и бытовых теплоступлений;
- учет в тепловом балансе здания теплоснабжения помещениями общественного и технического назначения;
- возможность проведения расчетов потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания не только за отопительный период, но и за отдельные его части.

В руководстве содержится методика обработки наружных климатических параметров, необходимых для определения расчетного теплоснабжения здания при фактических значениях наружных климатических параметров за отопительный или иной период времени.

1 Область применения

1.1 Настоящее руководство предназначено для расчета количества тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых зданий высотой до 25 этажей включительно, в которых встроенно-пристроенные помещения общественного назначения не превышают по площади 15% от площади квартир. Руководство не предназначено для зданий с системой кондиционирования воздуха.

1.2 Метод расчета количества тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых зданий предназначен для использования теплоснабжающими организациями, управляющими жилым фондом компаниями, арендаторами и собственниками жилья.

1.3 Метод расчета, изложенный в руководстве, позволяет:

- прогнозировать потребление тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилого здания за отопительный период или за его часть;
- рассчитывать потребление тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилого здания за отопительный период или за его часть при известных (или заданных) значениях сопротивлений теплопередаче и воздухопроницаемости ограждающих конструкций здания при отсутствии домовых счетчиков тепловой энергии и горячей воды;
- сравнивать фактическое теплоснабжение здания, измеренное теплосчетчиком, с требуемым исходя из фактических теплотехнических характеристик здания и степени автоматизации системы отопления;
- распределять объемы потребляемой тепловой энергии на отопление и вентиляцию между зданиями с различными тепловыми характеристиками при наличии счетчиков тепловой энергии на ЦТП и при отсутствии домовых систем учета;
- разрешать спорные ситуации между теплоснабжающими организациями, управляющими жилым фондом компаниями, арендаторами и собственниками жилья;
- проводить энергоаудит с целью выявления причин увеличенных теплотерь;

- пересчитывать тепловые нагрузки при смене назначения помещений;
- оценивать в конкретных условиях эффективность энергосберегающих мероприятий;
- рассчитывать удельные тепловые характеристики зданий по результатам измерений теплосчетчиком;
- определять лимиты требуемой тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых зданий.

1.4 В настоящем руководстве учтены разделение жилища на категории по уровню комфорта, изложенное в МГСН 3.01-2001 "Жилые здания", нормы минимального воздухообмена в помещениях жилых зданий, приведенные в СТО НП "АВОК" 2.1-2008 "Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена", а также методика расчета удельного теплотребления на отопление и вентиляцию жилых зданий за отопительный период, включая встроенно-пристроенные помещения общественного назначения, изложенная в СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий".

2 Нормативные ссылки

В настоящем руководстве использованы ссылки на нормативные документы, приведенные в приложении А.

3 Термины и определения

В настоящем руководстве использованы термины с соответствующими определениями, приведенные в приложении Б.

4 Расчет количества тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий за отопительный период при нормативных и при фактических значениях параметров наружного климата

4.1 Количество тепловой энергии, требуемой для отопления и вентиляции жилых зданий за отопительный период, Q_H^y , кВт·ч, определяют по формуле

$$Q_H^y = (Q_{tr}^y + Q_{inf}^y - (Q_{int}^y + Q_s^y) \nu \xi) (1 - \xi) \delta_h, \quad (1)$$

где Q_{tr}^y - теплотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период, кВт·ч; определяют по формуле (2);

Q_{inf}^y - теплотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации за отопительный период, кВт·ч; определяют по формуле (5);

Q_{int}^y - бытовые тепlopоступления в квартирах и в помещениях общественного назначения за отопительный период, кВт·ч; определяют по формулам (7а) и (7б);

Q_s^y - тепlopоступления через наружные светопрозрачные ограждающие конструкции от солнечной радиации с учетом ориентации фасадов по восьми румбам за отопительный период, кВт·ч; определяют по формуле (8);

ν - коэффициент, учитывающий снижение использования тепlopоступлений в периоды превышения их над тепlopотерями помещений; $\nu = 0,8$ - для зданий с улучшенной теплозащитой; $\nu = 0,85$ - для зданий строительства до 2000 г. и не подвергавшихся капитальному ремонту;

ξ - коэффициент эффективности систем автоматического регулирования подачи теплоты на отопление; рекомендуемые значения: $\xi = 1,0$ - в системе отопления с термостатами и пофасадным авторегулированием на узле управления ввода или с поквартирной горизонтальной разводкой; $\xi = 0,95$ - в двухтрубной системе

отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе; $\zeta = 0,9$ - в двухтрубной системе отопления с термостатами без авторегулирования на вводе; $\zeta = 0,9$ - в однотрубной системе с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе или в однотрубной системе без термостатов и с пофасадным авторегулированием на вводе; $\zeta = 0,85$ - в однотрубной системе с термостатами и без авторегулирования на вводе; $\zeta = 0,7$ - в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха; $\zeta = 0,6$ - в системе без термостатов и с центральным авторегулированием на вводе без коррекции по температуре внутреннего воздуха; $\zeta = 0,5$ - в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе (центральное регулирование температуры теплоносителя в ЦТП или в котельной в зависимости от температуры наружного воздуха);

ξ - коэффициент, учитывающий снижение теплотребования жилых зданий при наличии поквартирного учета потребленной тепловой энергии; из-за отсутствия статистических данных принимают равным: $\xi = 0,1$ - для центральных систем отопления с измерением теплоотдачи на отопительном приборе или на стояке; $\xi = 0,15$ - для квартирных систем отопления с измерением теплосчетчиком в целом на квартиру; $\xi = 0$ - при отсутствии поквартирного учета потребленной тепловой энергии;

β_h - коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения, дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях; в приточной вентиляции общественных зданий - учитывающий теплопотери воздуховодов, проложенных в неотапливаемых помещениях; рекомендуемые значения: $\beta_h = 1,13$ - для многосекционных и других протяженных зданий; $\beta_h = 1,11$ - для зданий башенного типа; $\beta_h = 1,07$ - для зданий с отапливаемыми подвалами или с техподпольями, но с отапливаемыми чердаками; $\beta_h = 1,05$ - для зданий с отапливаемыми чердаками и подвалами, а также с квартирными генераторами теплоты.

4.2 Теплотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период Q_{tr}^y , кВт·ч, определяют по формуле

$$Q_{tr}^y = 0,024 D_d \sum_i \frac{1}{R_i} A_i n, \quad (2)$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут; определяют по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}, \quad (3)$$

где t_{int} - средняя за отопительный период температура внутреннего воздуха в здании, °С; нижнее значение оптимальных параметров принимают по ГОСТ 30494-96: $t_{int} = 20$ °С - для жилых зданий и помещений общественного назначения, где люди заняты умственным трудом на территориях с $t_{ext} > -30$ °С (t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С; принимают по СНиП 23-01-99* как среднюю температуру самой холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, для Москвы принимают -26 °С); $t_{int} = 21$ °С - то же на территориях с более низкой температурой наружного воздуха; для других помещений - по соответствующим СНиПам;

t_{ht} , z_{ht} - соответственно средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха ниже 8 °С (по СНиП 23-01-99*), а для территорий с $t_{ext} = -30$ °С и ниже - со средней суточной температурой наружного воздуха ниже 10 °С; для Московского региона на основании Информации Гидрометеобюро по Москве и Московской области о климатических изменениях в Московском регионе (приложение 1 к Постановлению Правительства от 20.04.2010 г. N 333-ПП) принимают $D_d = (20+1,5) \cdot 214 = 4600$ °С·сут;

R_i - приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт, стен, окон, витражей, покрытий или перекрытий верхнего этажа, цокольных перекрытий, перекрытий под эркером или над проездом, наружных дверей и ворот; принимают по проектным данным или расчетам по СНиП 23-02-2003 согласно фактической конструкции, для многослойных ограждающих конструкций с учетом коэффициента теплотехнической однородности. Сопротивление теплопередаче стен в земле и полов по грунту при отапливаемых подвалах или отсутствии техподполий следует определять по зонам в соответствии с приложением 9 СНиП 2.04.05-91*¹⁾;

¹⁾ На территории Российской Федерации документ не действует. Действует СНиП 41-01-2003, здесь и далее по тексту. - Примечание изготовителя базы данных.

A_1 - площадь, м², стены, окна, витража, покрытия или перекрытия верхнего этажа, цокольного перекрытия, перекрытия под эркером или над проездом, наружной двери, ворот, полов по грунту;

η - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху: $\eta = 1$ - для наружных стен и окон, покрытий, совмещенных с перекрытием, и перекрытий над проездами; $\eta = 0,9$ - для покрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, и перекрытий чердачных с неутепленной кровлей; для ограждающих конструкций, отделяющих расчетное помещение от помещений с температурой внутреннего воздуха $t_{int,c}$, °С, выше температуры наружного воздуха t_{ext} , но ниже температуры внутреннего воздуха основных помещений t_{int} на 3 °С и более, например "теплых" чердаков, техподполий, подземных или пристроенных автостоянок и т.д.; рассчитывают по формуле

$$\eta = \frac{t_{int} - t_{int,c}}{t_{int} - t_{ext}}. \quad (4)$$

4.3 В существующих зданиях площади наружных ограждающих конструкций определяют по наружному обмеру прямым измерением или по планам БТИ. Приведенные сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций рассчитывают с учетом фактической толщины и материала конструкции или каждого слоя (при многослойной конструкции с учетом коэффициента теплотехнической однородности) и в соответствии с СП 23-101-2004.

Примечание - Использование удельных тепловых характеристик и других укрупненных показателей не допускается, т.к. это приводит к значительным погрешностям.

4.4 Теплопотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации за отопительный период Q_{inf}^y , кВт·ч, определяют по формуле

$$Q_{inf}^y = 6,7 \cdot 10^{-3} (L_v \kappa_v + L_{v,o}) c_v \rho_a^{ht} D_d, \quad (5)$$

где L_v - воздухообмен в квартирах здания, м³/ч; определяют для жилых зданий по рекомендациям СТО НП "АВОК" 2.1-2008 в зависимости от средней по зданию заселенности квартир: при заселенности менее 20 м² общей площади на человека рекомендуется принимать 3 м³/ч на м² площади жилых помещений: $L_v = 3A_q$ (где A_q - площадь жилых помещений в квартирах здания, м²); при заселенности 20 м²/чел. и более - 30 м³/ч на человека: $L_v = 30m_q$ (где m_q - расчетное число жителей, проживающих в доме по списочному составу), но не менее 0,35 кратности обмена в час от объема квартир здания: $L_v = 0,35A_h h$ (где A_h - площадь квартир здания без летних помещений, м²; h - высота этажа от пола до потолка, м);

κ_v - коэффициент, учитывающий дополнительную инфильтрацию воздуха через входные вестибюли и лестнично-лифтовой узел, а также инфильтрацию, превышающую нормативный воздухообмен в квартирах при низкой герметичности окон (сопротивление воздухопроницанию менее 0,9 м²·ч/кг при $\Delta p = 10$ Па); рекомендуют принимать: $\kappa_v = 1,05$ - для жилых зданий с лестничной клеткой по типу Н2 (внутренняя с окнами); $\kappa_v = 1,1$ - для жилых зданий с лестничной клеткой по типу Н1 (с поэтажными наружными переходами); $\kappa_v = 1,3$ - для жилых зданий с низкой герметичностью окон (менее 0,6 м²·ч/кг). Более точно коэффициент κ_v определяют по приложениям В и Г;

$L_{v,o}$ - воздухообмен во встроенных в жилые здания помещениях общественного назначения, м³/ч; определяют в зависимости от назначения помещений и режима работы по рекомендациям СНиП 23-02-2003 из расчета в рабочее время: $L_{v,o} = 4A_1$ (где A_1 - расчетная площадь помещений общественного назначения, м²) - для офисов, складов и супермаркетов; $L_{v,o} = 5A_1$ - для магазинов шаговой доступности, учреждений здравоохранения, комбинатов бытового обслуживания, физкультурно-оздоровительных центров, музеев и выставочных залов; $L_{v,o} = 7A_1$ - для детских дошкольных учреждений; $L_{v,o} = 10A_1$ - для кафе и ресторанов. В нерабочее время - по обмену в час от объема на расчетной площади и в зависимости от этажности здания: $L_{v,o} = 0,1$ ч⁻¹ - для зданий до 3 этажей; $L_{v,o} = 0,15$ ч⁻¹ - от 4 до 9 этажей; $L_{v,o} = 0,2$ ч⁻¹ - выше 9 этажей. При неизвестном функциональном назначении помещений принимают так же, как для офисов с 8-часовым рабочим днем при 5-дневной рабочей неделе. Например, для 12-этажного жилого здания воздухообмен во встроенных помещениях общественного назначения определяют следующим образом:

$$L_{v,0} = \frac{4A_1 \cdot 8 \cdot \frac{5}{7} + 0,2A_1 \cdot 16 \cdot \frac{8}{7}}{24};$$

c_v - удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°С); $c_v = 1$ кДж/(кг·°С);

ρ_a^{ht} - средняя плотность инфильтрующегося воздуха за отопительный период, кг/м³; рассчитывают по формуле

$$\rho_a^{ht} = \frac{353}{273 + 0,5(t_{int} + t_{ht})}, \quad (6)$$

где t_{int} , t_{ht} - то же, что в формуле (3);

D_d - то же, что в формуле (2).

4.5 Бытовые тепlopоступления соответственно в квартирах и в помещениях общественного назначения за отопительный период Q_{int}^y , кВт·ч, определяют по формулам

$$Q_{int}^y = 0,024q_{int}z_{ht}A_r; \quad (7a)$$

$$Q_{int}^y = 0,024q_{int}z_{ht}A_1, \quad (7b)$$

где q_{int} - удельная величина бытовых тепlopоступлений, Вт/м²; в жилых зданиях следует принимать в зависимости от заселенности здания: $q_{int} = 17$ Вт/м² - муниципальные здания с заселенностью квартир до 20 м² общей площади на человека; при заселенности в 45 м² общей площади на человека - с пропорциональным понижением этой величины до 10 Вт/м². В помещениях общественного назначения внутренние тепловыделения учитывают в объеме тепlopоступлений от работающих людей (90 Вт/чел.), от осветительных приборов и от пользования оргтехники и технологическим оборудованием - по установленной мощности с учетом рабочих часов в сутках. Помещения без конкретной технологии приравнивают к офисам и принимают, что на человека приходится 10 м² расчетной площади помещений, тепlopоступления от освещения - 25 Вт/м² при использовании 50% времени, тепловыделения от оргтехники - в рабочее время не менее 10 Вт/м² при использовании 40% времени при 8-часовом рабочем дне и 5-дневной рабочей неделе. Тогда удельные тепlopоступления в час за средние сутки отопительного периода

$$q_{int} = \frac{\left(\frac{90}{10} + 25 \cdot 0,5 + 10 \cdot 0,4 \right) \cdot 8 \cdot \frac{5}{7}}{24} = 6,1 \text{ Вт/м}^2;$$

z_{ht} - то же, что в формуле (3);

A_r и A_1 - соответственно площадь жилых помещений и расчетная площадь помещений общественного назначения, м².

4.6 Тепlopоступления через наружные светопрозрачные ограждающие конструкции от солнечной радиации с учетом ориентации фасадов по восьми румбам за отопительный период Q_s^y , кВт·ч, определяют по формуле

$$Q_s^y = \tau_F k_F \sum_{k=1}^8 A_{F,k} I_k, \quad (8)$$

где τ_F - коэффициент, учитывающий затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения; принимают по таблице Л.1 СП 23-101-2004;

k_F - коэффициент относительного проникания солнечной радиации через светопропускающее заполнение окон; принимают по таблице Л.1 СП 23-101-2004;

$A_{F,k}$ - площадь поверхности светопроемов квартир k -й ориентации (светопроемы лестнично-лифтового узла исключаются), м²;

I_k - средняя за отопительный период интенсивность солнечной радиации на вертикальную поверхность светопроемов k -й ориентации при действительных условиях облачности, кВт·ч/м²; принимают по СП 23-101-2004, для Москвы по таблице 1.

Таблица 1 - Интенсивность суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации на горизонтальную и вертикальные поверхности при действительных условиях облачности в Москве без учета отраженной радиации, кВт·ч/м²

Месяц	Горизонтальная поверхность	Вертикальные поверхности с ориентацией на				
		С	СВ/СЗ	В/З	ЮВ/ЮЗ	Ю
IX	82	24	30	45	61	67
X	40	13	14	22	35	41
XI	18	7	7	10	18	23
XII	11	5	5	6	11	13
I	19	8	8	11	20	25
II	38	14	14	22	38	46
III	78	28	28	45	63	71
IV	113	37	42	59	73	76
За отопительный период	322	114	121	178	262	300

4.7 Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $q_h^{y,des}$, кВт·ч/м², характеризующий категорию энергоэффективности здания, определяют по формуле

$$q_h^{y,des} = \frac{Q_h^y}{A_h}, \quad (9)$$

где Q_h^y - количество тепловой энергии, требуемой для отопления и вентиляции жилых зданий за отопительный период, кВт·ч; определяют по формуле (1);

A_h - площадь квартир без летних помещений, включая полезную площадь помещений общественного назначения, м².

4.8 Количество тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий за отопительный период при фактических значениях параметров наружного климата $Q_{h,calc}^y$, кВт·ч, определяют по формулам (1)-(8). Значения t_{ht} и z_{ht} в формуле (3), а также I_k в формуле (8) принимают фактическими за рассчитываемый отопительный период. Фактическое значение t_{ht} определяют как среднюю за фактическую продолжительность отопительного периода температуру наружного воздуха по формуле

$$t_{ht} = \frac{\sum t_d}{z}, \quad (10)$$

где t_d - средняя за каждые сутки отопительного периода температура наружного воздуха, °С; принимают по данным ближайшей метеостанции;

z - фактическое число суток отопительного или иного периода, сут.

Среднюю за отопительный период интенсивность солнечной радиации на вертикальную поверхность светопроемов k -й ориентации при действительных условиях облачности I_k принимают по данным ближайшей метеостанции как сумму величин среднемесячных значений фактического отопительного или иного периода с пересчетом на вертикальную поверхность по СП 23-101-2004.

4.9 Количество тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий за месяц или иной отрезок времени, но не менее двух недель, определяют аналогично расчету количества тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий за отопительный период по методике, изложенной в 4.1-4.7. При расчетах используют:

- в формулах (2), (3) и (5) вместо градусо-суток отопительного периода D_d - градусо-сутки за рассматриваемый период $D_{d.m}$:

$$D_{d.m} = (t_{int} - t_{ht.m})z_{ht.m}, \quad (11)$$

где t_{int} - то же, что в формуле (3);

$t_{ht.m}$ - средняя температура наружного воздуха текущего месяца или иного отрезка времени, °С; определяют по формуле

$$t_{ht.m} = \frac{\sum t_d^m}{z_{ht.m}}, \quad (12)$$

где t_d^m - средняя за каждые сутки рассматриваемого отрезка времени температура наружного воздуха, °С; принимают по данным ближайшей метеостанции;

$z_{ht.m}$ - продолжительность, сут, рассматриваемого отрезка времени;

- в формулах (7а), (7б) вместо продолжительности отопительного периода z_{ht} - продолжительность текущего месяца или иного отрезка времени $z_{ht.m}$;

- в формуле (8) вместо средней за отопительный период интенсивности солнечной радиации I_k - среднемесячное значение $I_{k.m}$ или среднее значение за иной отрезок времени, принимаемое по данным ближайшей метеостанции как сумма величин среднемесячных значений по месяцам фактического отопительного периода.

Пример расчета количества тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого здания приведен в приложении Д.

5 Расчет количества тепловой энергии на горячее водоснабжение

5.1 Средний расчетный за сутки отопительного периода объем потребления горячей воды в жилом здании V_{hw} , м³/сут, определяют по формуле

$$V_{hw} = g m_q \cdot 10^{-3}, \quad (13)$$

где g - средний за отопительный период расход воды одним пользователем (жителем), л/сут; $g = 105$ л/сут - для жилых зданий с централизованным горячим водоснабжением и оборудованных устройствами стабилизации давления воды на минимальном уровне (регулятор давления на вводе в здание, зонирование системы по высоте, установка квартирных регуляторов давления); для других потребителей - см. СНиП 2.04.01-85*;

m_q - число пользователей (жителей), чел.

Предполагаемое водопотребление многоквартирного дома с учетом оснащенности квартир водосчетчиками и из условия, что при квартирном учете происходит 40%-е сокращение водопотребления, находят по формуле

$$V_{hw} = g m_q \frac{1 - 0,4 K_{уч}}{K_{кв}} \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

где g , m_q - то же, что в формуле (13);

$K_{уч}$ - количество квартир, оснащенных водосчетчиками;

$K_{кв}$ - количество квартир в здании.

5.2 Среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение Q_{hw} , кВт, определяют согласно СНиП 2.04.01-85*. Допускается определение среднечасового расхода Q_{hw} по формуле

$$Q_{hw} = \frac{V_{hw} (55 - t_{wc}) (1 + k_{hl}) \rho_w c_w}{3,6 \cdot 24}, \quad (15)$$

где V_{hw} - средний расчетный за сутки отопительного периода объем потребления горячей воды в жилом здании, м³/сут; определяют по формуле (13);

t_{wc} - температура холодной воды, °C; принимают $t_{wc} = 5$ °C;

k_{hl} - коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения; принимают по таблице 2;

ρ_w - плотность воды, кг/л; $\rho_w = 1$ кг/л;

c_w - удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·°C); $c_w = 4,2$ Дж/(кг·°C).

Таблица 2 - Значение коэффициента k_{hl} , учитывающего потери теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения

Тип системы горячего водоснабжения	Коэффициент k_{hl}	
	При наличии сетей горячего водоснабжения после ЦТП	Без сетей горячего водоснабжения
С изолированными стояками без полотенцесушителей	0,15	0,1
То же с полотенцесушителями	0,25	0,2
С неизолированными стояками и полотенцесушителями	0,35	0,3

5.3 Количество тепловой энергии, потребляемой системой горячего водоснабжения за год с учетом выключения системы на ремонт, Q_{hw}^y , кВт·ч, определяют по формуле

$$Q_{hw}^y = \frac{24 Q_{hw}}{1 + k_{hl}} \left((365 - m) k_{hl} + z_{ht} + \alpha (365 - m - z_{ht}) \frac{55 - t_{wcs}}{55 - t_{wc}} \right), \quad (16)$$

где Q_{hw} - среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, кВт; определяют по формуле (15);

k_{hl} , t_{wc} - то же, что в формуле (15);

m - количество дней отключения горячего водоснабжения, сут; в Московском регионе принимают $m = 14$ сут;

z_{ht} - то же, что в формуле (3);

α - коэффициент, учитывающий снижение уровня водоразбора в жилых зданиях в летний период: $\alpha = 0,9$ - для жилых зданий; $\alpha = 1$ - для остальных зданий;

t_{wcs} - температура холодной воды в летний период, °C; принимают равной 15 °C при водозаборе из открытых источников.

6 Определение количества потребленной тепловой энергии на отопление по показаниям теплосчетчика на сетевой воде

Для того чтобы определить теплоснабжение системой отопления при установке теплосчетчика на вводе тепловой сети в тепловой пункт и наличии водомера на трубопроводе холодной воды, направляемой на нагрев в водонагреватели горячего водоснабжения, необходимо значение расхода холодной воды, м³, измеренного за определенный период, подставить в формулу (15) вместо V_{hw} и полученную величину умножить на 24. Это будет теплоснабжение системой горячего водоснабжения, кВт·ч, при нормативных значениях тепловых потерь в трубопроводах горячей и циркуляционной воды за рассматриваемый период.

Полученную величину теплоснабжения следует вычесть из показаний теплосчетчика за тот же период.

Разность составит величину теплоснабжения системой отопления при отсутствии механических систем приточной вентиляции и тепловых завес. При их наличии для вычисления теплоснабжения системой отопления необходимо также из общей величины вычесть теплоснабжение на нагрев воздуха в калориферах приточной вентиляции и тепловых завес.

7 Распределение объемов потребляемой тепловой энергии на отопление и вентиляцию между жилыми зданиями с различными тепловыми характеристиками при отсутствии подомовых систем учета

7.1 В соответствии с пунктом 4 по каждому зданию, подключенному к ЦТП, рассчитывают количество тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период при нормативных значениях параметров наружного климата, с учетом фактических или проектных величин приведенного сопротивления теплопередаче и воздухопроницанию наружных ограждений и эффективности системы автоматического регулирования подачи теплоты на отопление.

7.2 Определенное в соответствии с пунктом 6 количество потребленной на отопление тепловой энергии, прошедшей через ЦТП, распределяют по каждому зданию пропорционально рассчитанному для них количеству тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период по формуле

$$Q_{h,i,изм} = Q_{h,ЦТП,изм} \frac{Q_{hi}^y}{\sum_{i=1}^h Q_h^y}, \quad (17)$$

где $Q_{h,i,изм}$ - определяемое количество тепловой энергии на отопление и вентиляцию i -го здания за период измерения по теплосчетчику в ЦТП, кВт·ч;

$Q_{h,ЦТП,изм}$ - фактически измеренное по теплосчетчику в ЦТП количество потребленной тепловой энергии на отопление и вентиляцию за вычетом расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение, кВт·ч;

Q_{hi}^y - рассчитанное количество тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период i -го здания при нормативных значениях параметров наружного климата, кВт·ч;

$\sum_{i=1}^h Q_h^y$ - сумма рассчитанных количеств тепловой энергии, требуемой для отопления и вентиляции всех зданий, подключенных к ЦТП, за отопительный период при нормативных значениях параметров наружного воздуха, кВт·ч.

8 Расчет удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых зданий за отопительный период по результатам измерения

8.1 Количество тепловой энергии, требуемой для отопления, за определенный период времени, измеренное домовым теплосчетчиком системы отопления или определенное путем вычитания согласно пункту 6 при измерении теплосчетчиком, учитывающим суммарный вместе с горячим водоснабжением расход потребленной зданием тепловой энергии, корректируется на нормативные значения параметров наружного климата и пересчитывается на нормализованный отопительный период по формуле

$$Q_{h,i,изм,кор}^y = \left[\frac{\left(\frac{Q_{hi,изм}^y}{\beta_h} + \left(\frac{Q_{int}^y z_{ht,изм}}{z_{ht}} + Q_{s,изм}^y \right) v_{\zeta}^y \right) (t_{int} - t_{ht})}{t_{int,изм} - t_{ht,изм}} - \frac{(Q_{int}^y + Q_s^y) v_{\zeta}^y \beta_h z_{ht}}{z_{ht,изм}} \right] \quad (18)$$

Примечания:

1 Все обозначения из формул (1) и (3).

2 Значения с индексом "изм" соответствуют измеренной величине по теплосчетчику ($Q_{h.i.изм}^y$), фактическим температуре внутреннего воздуха за период измерения ($t_{int.изм}$), средней температуре наружного воздуха ($t_{ht.изм}$) и длительности отопительного периода ($z_{ht.изм}$), а также теплоступлениям с инсоляцией ($Q_{s.изм}^y$) по данным ближайшей метеостанции; без индекса "изм" - при нормативных значениях параметров наружного климата.

Для определения фактического удельного теплоснабжения на отопление, пересчитанного на нормативные значения параметров наружного климата, используют следующую формулу, полученную на основе формулы (9):

$$q_{h.изм.с\kern 0.08em кор}^{y,des} = \frac{Q_{h.i.изм.с\kern 0.08em кор}^y}{A_h}, \quad (19)$$

где $Q_{h.i.изм.с\kern 0.08em кор}^y$ - количество тепловой энергии, требуемой для отопления, за определенный период времени; определяют по формуле (18);

A_h - то же, что в формуле (9).

8.2 Рассчитанную по формуле (19) величину удельного теплоснабжения по результатам измерений, скорректированную на нормативные значения параметров наружного климата, сравнивают с расчетным удельным теплоснабжением для рассматриваемого здания, определяемым по формуле (9), и делают вывод о соответствии фактической энергоэффективности в условиях реальной эксплуатации расчетной величине, а в сравнении с величинами, приведенными в таблицах 8, 9 СНиП 23-02-2003, устанавливают соответствие нормируемым значениям.

9 Расчет лимитов требуемой тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

9.1 Лимит требуемой тепловой энергии на отопление и вентиляцию рассчитывают в соответствии с пунктом 4 как количество тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период при нормативных значениях параметров наружного климата, с учетом проектных значений приведенного сопротивления теплопередаче и воздухопроницаемости наружных ограждений и при коэффициенте эффективности системы автоматического регулирования подачи теплоты на отопление $\zeta = 0,5$ (наличие только центрального регулирования в ЦТП).

9.2 Лимит требуемой тепловой энергии на горячее водоснабжение рассчитывают в соответствии с пунктом 5.

Приложение А

Нормативные ссылки

В настоящем руководстве использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ 31168-2003 Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление

МГСН 3.01-2001 Жилые здания

СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий

СНиП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование

СНиП 23-01-99* Строительная климатология

СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий

СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий

Приложение Б

Термины и определения

Таблица Б.1

Термин	Обозначение	Определение	Единица измерения
Градусо-сутки	D_d	Показатель, равный произведению разности температуры внутреннего воздуха и средней температуры наружного воздуха за расчетный период и продолжительности расчетного периода	$^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$
Вентиляция	-	Организованный обмен воздуха в помещениях для обеспечения параметров микроклимата и чистоты воздуха в обслуживаемой зоне помещений в пределах допустимых норм	-
Инфильтрация	-	Неорганизованное поступление наружного воздуха в здание через неплотности ограждающих конструкций вследствие ветрового и гравитационного напоров, формируемых разностью температур и давлений воздуха снаружи и внутри помещения	-
Индивидуальный прибор учета теплоты	-	Прибор учета, установленный на вводе системы отопления в жилое помещение или помещение общественного назначения	-
Общедомовой прибор учета теплоты	-	Прибор учета, установленный на вводе системы отопления в жилое здание	-
Количество тепловой энергии, требуемой для отопления и вентиляции жилых зданий за отопительный период	Q_H^y	Количество тепловой энергии, подаваемой в здание за отопительный период, необходимое для поддержания в помещениях нормируемых параметров температуры внутреннего воздуха	$\text{кВт} \cdot \text{ч}$
Прибор учета	-	Техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и/или хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение определенного интервала времени, и разрешенное к использованию для коммерческого учета	-
Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции	R_i	Величина, обратная поверхностной плотности теплового потока, проходящего через теплотехнически неоднородную ограждающую конструкцию при разности температур внутреннего и наружного воздуха в 1°C	$\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$
Расчетный период	-	Установленный договором поставщика с исполнителем или исполнителя с потребителем период времени, за который должно быть полностью оплачено потребление ресурса	-
Ресурсоснабжающая организация	-	Организация городского хозяйства, осуществляющая поставку ресурсов исполнителям или потребителям услуг	-

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q_k^y	Количество теплоты за отопительный период, необходимое для поддержания в здании нормируемых параметров, отнесенное к единице площади квартир здания вместе с полезной площадью встроенных помещений общественного назначения	кВт·ч/м ²
--	---------	--	----------------------

Приложение В

Определение расхода инфильтрующегося воздуха в жилых зданиях с герметичными оконными проемами (сопротивление воздухопроницанию превышает 0,9 м²·ч/кг)

В.1 В жилых зданиях независимо от принципа побуждения вентиляции с сопротивлением воздухопроницанию оконных проемов более 0,9 м²·ч/кг вентиляционная норма воздуха в квартирах, как правило, превышает объем инфильтрующегося через проемы воздуха под действием разности давлений на наружной и внутренней поверхностях окон даже на уровне первого этажа. Поэтому в таких зданиях часовой расход инфильтрующегося воздуха в средние за отопительный период сутки определяют расходом инфильтрующегося воздуха через окна, витражи и входные наружные двери лестнично-лифтового узла, включая пожарные двери наружных переходов в лоджиях и, если есть, то и встроенно-пристроенных помещений общественного назначения.

В.2 Количество инфильтрующегося воздуха через окна, витражи и двери лестнично-лифтового узла $G_{inf.ллу}$, кг/ч, рассчитывают исходя из того, что эти проемы ориентированы на наветренный фасад и находятся под разрежением:

$$G_{inf.ллу} = \left(\frac{A_{F.ллу}}{R_{aF.ллу}} + \frac{A_{FS}}{R_{aFS}} + \frac{A_{Fk}}{R_{aFk}} \right) \left(\frac{\Delta P_{F.ллу}}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{A_{ed}}{R_{aed}} \left(\frac{\Delta P_{ed}}{10} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (B.1)$$

где $A_{F.ллу}$, A_{FS} , A_{Fk} , A_{ed} - суммарная площадь соответственно окон, витражей, балконных дверей наружных переходов и входных наружных дверей лестнично-лифтового узла, м²;

$R_{aF.ллу}$, R_{aFS} , R_{aFk} , R_{aed} - сопротивление воздухопроницанию заполнений перечисленных выше проемов, м²·ч/кг, при разности давлений наружного и внутреннего воздуха на ограждающих конструкциях $\Delta P = 10$ Па; принимают из сертификата или по результатам испытаний (допускается принимать $R_{aF.ллу} = 0,6$ м²·ч/кг, $R_{aFS} = 1$ м²·ч/кг, $R_{aFk} = 0,47$ м²·ч/кг, $R_{aed} = 0,14$ м²·ч/кг);

$\Delta P_{F.ллу}$, ΔP_{ed} - расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха соответственно для заполнений этих проемов (окон, витражей и балконных дверей переходов) на уровне середины здания (по высоте) и входных наружных дверей на уровне их центра, Па; определяют по формулам

$$\Delta P_{F.ллу} = 0,28H(\gamma_{ht} - \gamma_{int}) + 0,03\gamma_{ht}v^2; \quad (B.2)$$

$$\Delta P_{ed} = 0,55H(\gamma_{ht} - \gamma_{int}) + 0,03\gamma_{ht}v^2, \quad (B.3)$$

где H - высота здания от пола первого этажа до устья шахты, м;

γ_{ht} , γ_{int} - удельный вес, Н/м³, соответственно наружного воздуха при средней температуре отопительного периода и воздуха помещения;

v - средняя за отопительный период скорость ветра, м/с.

Коэффициент κ_v , учитывающий дополнительную инфильтрацию воздуха через входные вестибюли и лестнично-лифтовой узел, определяют по формуле (B.4) и подставляют в формулу (5):

$$\kappa_v = \frac{L_v \rho_a^{ht} + G_{inf, ЛЛУ}}{L_v \rho_a^{ht}}, \quad (B.4)$$

где L_v, ρ_a^{ht} - то же, что в формуле (5);

$G_{inf, ЛЛУ}$ - количество инфильтрующегося воздуха через окна, витражи и двери лестнично-лифтового узла, кг/ч; рассчитывают по формуле (B.1).

В.3 Во встроенно-пристроенных к жилому зданию помещениях общественного назначения, оборудованных только вытяжной естественной или механической вентиляцией и при отсутствии термостатов на отопительных приборах и системы автоматического регулирования центрального отопления с коррекцией по температуре внутреннего воздуха в помещениях, расход инфильтрующегося воздуха в нерабочее время следует принимать равным расходу приточного воздуха в рабочее время. Это связано с тем, что отопительные приборы подобраны с учетом нагрева последнего и, несмотря на то, что объем инфильтрации будет меньше нормативного воздухообмена, снизить теплоотдачу отопительных приборов нечем и следует принимать воздухообмен в течение всех суток независимо от режима работы равным $L_{v,0}$.

В.4 Во встроенно-пристроенных к жилому зданию помещениях общественного назначения, система отопления которых оборудована термостатами, количество инфильтрующегося воздуха через закрытые окна, витражи и двери в нерабочее время будет зависеть от их сопротивления воздухопроницанию и от расчетной разности давлений. Разность давлений следует определять на уровне встроенного этажа, полагая, что все помещения находятся с наветренной стороны, - с использованием формул (B.2) и (B.3), подставляя в них значения расчетных температур внутреннего воздуха (в помещении офисов - 20 °С, лечебного учреждения - 21 °С, детского дошкольного учреждения - 22 °С, торговых залов - 16-18 °С, а лестничной клетки и входных вестибюлей - 16 °С).

Количество инфильтрующегося воздуха за нерабочее время в течение недели складывают с количеством требуемого для вентиляции воздуха в рабочее время, делят на число часов в неделю и подставляют в формулу (5) вместо $L_{v,0}$.

Приложение Г

Определение расхода инфильтрующегося воздуха в существующих жилых зданиях строительства до 2000 г.

Жилые здания строительства до 2000 г. характеризуются низкой герметичностью оконных проемов, вследствие чего расход инфильтрующегося воздуха через эти проемы под действием гравитационного и ветрового напоров зачастую превышает требуемый для вентиляции. Расход инфильтрующегося воздуха в здании G_{inf} , кг/ч, находят по следующей эмпирической зависимости*:

* Этот метод определения инфильтрации воздуха в жилом здании разработан в МНИИТЭП на основе обобщения серии компьютерных расчетов воздушного режима. Он позволяет определить суммарный расход инфильтрующегося воздуха во всех квартирах здания с учетом разгерметизации окон верхних этажей для обеспечения санитарной нормы притока в жилые помещения и с учетом особенности инфильтрации воздуха через окна и двери в лестнично-лифтовом узле. Метод опубликован в журнале "Водоснабжение и санитарная техника" (1987. N 9).

$$G_{inf} = G_{inf, кб} K_{кб} + (0,57 - 0,0172 t_{ht}) G_{inf, ЛЛУ} (N - 1) N, \quad (Г.1)$$

где $G_{inf, кб}$ - средняя по зданию величина инфильтрации через окна одной квартиры, кг/ч;

$K_{кб}$ - то же, что в формуле (14);

t_{ht} - то же, что в формуле (3);

$G_{inf, ЛЛУ}$ - величина инфильтрации при $t_{ext} = -25$ °С через окна и наружные двери помещений лестнично-лифтового узла, приходящаяся на один этаж, кг/ч; для жилых зданий, не имеющих лестничных клеток, отделенных наружными переходами, принимают в зависимости от площади окон лестнично-лифтовых узлов

$A_{F, \text{ЛЛУ}}$, м², одного этажа (таблица Г.1); для жилых зданий с лестничными клетками, отделенными наружными переходами, принимают в зависимости от этажности здания N и характеристики сопротивления дверей наружных переходов $S_{\text{дв}}$ в диапазонах $(0,5-2) \cdot 10^{-3}$ Па·ч²/кг² (первая величина для неуплотненных закрытых дверей) (таблица Г.2);

N - количество этажей в здании;

N' - число секций в здании.

Таблица Г.1

$A_{F, \text{ЛЛУ}}$, м ²	2	5	8
$G_{\text{инф. ЛЛУ}}$, кг/ч	93	129	160

Таблица Г.2

N	9	12	16	22
$G_{\text{инф. ЛЛУ}}$, кг/ч:				
- при отапливаемой лестничной клетке	348-270	380-286	419-314	457-344
- при неотапливаемой лестничной клетке	249-195	264-200	286-214	303-226

Среднюю величину инфильтрации через окна одной квартиры $G_{\text{инф. кв}}$, кг/ч, определяют по формуле

$$G_{\text{инф. кв}} = G_{\text{закр. кв}} \beta_{Fi} \beta_n, \quad (\text{Г.2})$$

где $G_{\text{закр. кв}}$ - средняя величина инфильтрации при закрытых окнах для одной квартиры с $A_{F, \text{кв. ср}} / R_{a, F} = 74,6$ кг/ч (см. пример расчета в приложении Д); значения $G_{\text{закр. кв}}$ приведены в таблице Г.3;

β_{Fi} - коэффициент, зависящий от фактической для данного здания величины $A_{F, \text{кв. ср}} / R_{a, F}$;

определяют по формуле

$$\beta_{Fi} = 0,056 \left(\frac{A_{F, \text{кв. ср}}}{R_{a, F}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (\text{Г.3})$$

где $A_{F, \text{кв. ср}}$ - средняя по зданию площадь окон и балконных дверей одной квартиры, м²;

$R_{a, F}$ - сопротивление воздухопроницанию окон по данным натурных испытаний, м²·ч/кг, при $\Delta P = 10$ Па;

β_n - коэффициент, учитывающий увеличение инфильтрации до вентиляционной нормы воздуха за счет открывания форточек, фрамуг и т.п.; определяют по таблице Г.4.

Таблица Г.3

Этажность	Скорость ветра v , м/с	$G_{\text{закр. кв}}$, кг/ч, при t_{ext} , °C							
		-40	-30	-25	-15	-10	-5	0	5
5	0	126	110	102	86	78	69	60	51
	3	168	149	143	124	115	108	98	91
	5	198	185	176	160	152	145	137	129
	7	246	231	222	207	203	196	189	183
9	0	157	137	127	108	97	86	75	64
	3	198	180	170	150	141	130	121	111
	5	227	209	199	183	174	165	156	147
	7	262	248	240	224	216	208	200	192
12	0	167	148	138	115	104	94	80	69

	3	214	194	185	165	154	143	132	121
	5	240	221	213	193	183	174	165	155
	7	274	259	251	236	226	216	207	199
16	0	180	159	150	125	113	102	88	74
	3	232	210	197	176	165	157	146	136
	5	253	235	227	206	198	183	178	169
	7	290	278	270	249	242	233	224	215
22	0	192	168	158	134	122	108	95	79
	3	249	228	216	194	181	169	156	143
	5	267	247	238	216	208	198	187	178
	7	298	283	276	256	248	239	229	219

Таблица Г.4

Скорость ветра v , м/с	β_n , при $G_{inf}^{мин} / (G_{закр.кв} \beta_{Fi})$						
	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	2
0	1,02	1,05	1,11	1,22	1,35	1,5	2
>3	1	1	1,05	1,15	1,3	1,5	2
Примечания: 1 При $G_{inf}^{мин} / (G_{закр.кв} \beta_{Fi}) > 2$ принимают $\beta_n = 2$. 2 При регулировании с коррекцией по температуре внутреннего воздуха величину $G_{закр.кв}$ принимают при отсутствии ветра.							

Минимально необходимую величину инфильтрации в квартирах, включающую санитарную норму приточного воздуха для жилых помещений и количество воздуха, поступающего через закрытые окна на кухне, $G_{inf}^{мин}$, кг/ч, определяют по формуле

$$G_{inf}^{мин} = 3,6 A_{т.ср} + G_{закр.кв} \beta_{Fi} \frac{A_{F.кух.ср}}{A_{F.кв.ср}}, \quad (Г.4)$$

где $A_{т.ср}$ - средняя по зданию жилая площадь одной квартиры, м²;

$G_{закр.кв}$, β_{Fi} - то же, что в формуле (Г.2);

$A_{F.кух.ср}$ - средняя по зданию площадь окон в одной кухне, м²;

$A_{F.кв.ср}$ - то же, что в формуле (Г.3).

Коэффициент κ_v , учитывающий дополнительную инфильтрацию воздуха в квартирах по сравнению с требуемым воздухообменом в них, вычисляют по формуле (Г.5) и подставляют в формулу (5):

$$\kappa_v = \frac{G_{inf}}{3,6 A_{т.ср} K_{кв}} = \frac{G_{inf}}{3,6 A_t}, \quad (Г.5)$$

где G_{inf} - расход инфильтрующегося воздуха в здании, кг/ч; определяют по формуле (Г.1);

$A_{т.ср}$ - то же, что в формуле (Г.4);

$K_{кв}$ - то же, что в формуле (14);

A_t - то же, что в формуле (7а).

Пример расчета количества тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого здания*

* Результаты могут несущественно отличаться от компьютерного расчета вследствие особенностей реализации алгоритма расчета.

Пример Д.1 - Расчет количества тепловой энергии на отопление и вентиляцию 16-этажного 4-секционного 256-квартирного жилого здания серии П-3/16, построенного до 2000 г.

Исходные данные

1. Отопительный период	
1.1. Продолжительность отопительного периода	$z_{ht} = 214$ сут
1.2. Средняя за период температура внутреннего воздуха в здании	$t_{int} = 20$ °C
1.3. Средняя за период температура наружного воздуха	$t_{ht} = -3,1$ °C
1.4. Расчетная температура наружного воздуха	$t_{ext} = -28$ °C
1.5. Средняя за период скорость ветра	$v = 3,8$ м/с
2. Объект (здание)	
2.1. Количество этажей в здании	$N = 16$
2.2. Количество секций в здании	$N' = 4$
2.3. Количество квартир в здании	$K_{кв} = 256$
2.4. Строительный объем отапливаемой части здания	$V_h = 51380$ м ³
2.5. Общая площадь квартир	$A_s = 17217$ м ²
2.6. Площадь квартир без летних помещений	$A_h = 16700$ м ²
2.7. Площадь жилых помещений в квартирах	$A_r = 10022$ м ²
2.8. Площадь пола кухонь	$A_{кух} = 2815$ м ²
2.9. Расчетное число жителей	$m_q = 865$ чел.
2.10. Высота здания	$H = 50$ м
2.11. Высота этажа	$h = 2,8$ м
2.12. Тип системы автоматического регулирования подачи теплоты на отопление: система без термостатов и без авторегулирования на вводе	$\zeta = 0,5$
2.13. Тип здания по снижению использования теплоступлений: здание строительства до 2000 г. и не подвергавшееся капитальному ремонту	
2.14. Тип здания по дополнительному теплостреблению: многосекционное или другое протяженное здание	$\beta_h = 1,13$
2.15. Наличие встроенных помещений общественного назначения: встроенные помещения отсутствуют	
2.16. Способ учета потребления тепловой энергии: отсутствие поквартирного учета потребленной тепловой энергии	
3. Наружные ограждающие конструкции	
3.1. Количество наружных ограждающих конструкции	5
3.2. Характеристики ограждающей конструкции	
3.2.1. Наружные стены	
Площадь	$A_w = 9356$ м ²
Приведенное сопротивление теплопередаче	$R_w = 0,84$ м ² ·°C/Вт
Тип ограждающей конструкции*	1

* Здесь 1 - наружные стены и окна, покрытия, совмещенные с перекрытием, перекрытия над проездами, двери; 2 - покрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, перекрытия чердачные с неутепленной кровлей; 3 - ограждающие конструкции, отделяющие расчетное помещение от помещений с температурой внутреннего воздуха выше температуры наружного воздуха, но ниже температуры внутреннего воздуха основных помещений на 3 °С и более (см. 4.2).

3.2.2. Окна и балконные двери

Площадь $A_F = 2546 \text{ м}^2$
 Приведенное сопротивление теплопередаче $R_F = 0,344 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
 Тип ограждающей конструкции 1

3.2.3. Входные наружные двери

Площадь $A_{ed} = 52 \text{ м}^2$
 Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{ed} = 0,344 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
 Тип ограждающей конструкции 1

3.2.4. Перекрытие над подпольем

Площадь $A_F = 1380 \text{ м}^2$
 Приведенное сопротивление теплопередаче $R_F = 0,57 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
 Тип ограждающей конструкции 3
 Температура снаружи ограждения $t_{int.c} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$

3.2.5. Чердачное перекрытие

Площадь $A_c = 1380 \text{ м}^2$
 Приведенное сопротивление теплопередаче $R_c = 0,33 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
 Тип ограждающей конструкции 3
 Температура снаружи ограждения $t_{int.c} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$

4. Остекление

4.1. Площадь поверхности светопроемов квартир* $A_{F.кв} = 2330 \text{ м}^2$

* Площадь поверхности светопроемов квартир, светопроемы ЛПУ исключаются (см. 4.6).

4.2. В том числе площадь окон в кухнях $A_{F.кух} = 545 \text{ м}^2$

4.3. Площадь окон встроенных помещений общественного назначения $A_{F.общ} = 0 \text{ м}^2$

4.4. Площадь окон и входных дверей лестнично-лифтового узла $A_{F.ЛПУ} = 216 \text{ м}^2$

4.5. Сопротивление воздухопроницанию окон $R_{a.F} = 0,122 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$

4.6. Коэффициент относительного проникания солнечной радиации $k_F = 0,62$

4.7. Коэффициент, учитывающий затенение светового проема непрозрачными элементами заполнения $\tau_F = 0,7$

4.8. Площадь поверхности светопроемов квартир и встроенных помещений общественного назначения различной ориентации

4.8.1. На север $A_{F.кв.1} = 0 \text{ м}^2$

4.8.2. На северо-восток $A_{F.кв.2} = 0 \text{ м}^2$

4.8.3. На восток $A_{F.кв.3} = 1305 \text{ м}^2$

4.8.4. На юго-восток $A_{F.кв.4} = 0 \text{ м}^2$

4.8.5. На юг $A_{F.кв.5} = 0 \text{ м}^2$

4.8.6. На юго-запад	$A_{F.кв.6} = 0 \text{ м}^2$
4.8.7. На запад	$A_{F.кв.7} = 1025 \text{ м}^2$
4.8.8. На северо-запад	$A_{F.кв.8} = 0 \text{ м}^2$

4.9. Интенсивность солнечной радиации для светопроемов различной ориентации

4.9.1. На север	$I_1 = 114 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$
4.9.2. На северо-восток и северо-запад	$I_{2,8} = 121 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$
4.9.3. На восток и запад	$I_{3,7} = 178 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$
4.9.4. На юго-восток и юго-запад	$I_{4,6} = 262 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$
4.9.5. На юг	$I_5 = 300 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$

5. Лестнично-лифтовые узлы

5.1. Тип лестнично-лифтового узла:

без лестничных клеток, отделенных наружными переходами

5.2. Суммарная площадь окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{F.ллу} = 216 \text{ м}^2$
5.3. Суммарная площадь витражей	$A_{F.S} = 0 \text{ м}^2$
5.4. Суммарная площадь балконных дверей наружных переходов	$A_{F.k} = 0 \text{ м}^2$
5.5. Суммарная площадь входных наружных дверей	$A_{ed} = 52 \text{ м}^2$
5.6. Расчетная температура воздуха в лестнично-лифтовом узле и во входных вестибюлях	$t_{ллу} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$
5.7. Сопротивление воздухопроницанию окон	$R_{aF.ллу} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$
5.8. Сопротивление воздухопроницанию витражей	$R_{aF.S} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$
5.9. Сопротивление воздухопроницанию балконных дверей наружных переходов	$R_{aF.k} = 0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$
5.10. Сопротивление воздухопроницанию входных наружных дверей лестнично-лифтового узла	$R_{a.ed} = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$

6. Горячее водоснабжение

6.1. Тип системы горячего водоснабжения:

с неизолированными стояками и с полотенцесушителями

6.2. Наличие сетей горячего водоснабжения:

при наличии сетей горячего водоснабжения после ЦТП

6.3. Средний расход воды одним пользователем	$g = 105 \text{ л} / \text{сут}$
6.4. Количество дней отключения горячего водоснабжения	$m = 21 \text{ сут}$

Порядок расчета

1. Сопротивление воздухопроницанию окон по данным натурных испытаний $R_{aF} = 0,57 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}^{2/3} / \text{кг}$, отсюда

$$R_{aF} = 0,57 \left(\frac{1}{10} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,122 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$$

при $\Delta P = 10 \text{ Па}$.

Эта величина ниже отвечающих требованию по герметичности $R_{aF} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} / \text{кг}$, поэтому расчет воздухообмена выполняют по приложению Г.

2. Для определения минимально необходимой величины инфильтрации в квартирах $G_{inf}^{мин}$ находят среднюю величину инфильтрации при закрытых окнах для одной квартиры $G_{закр.кв}$ и коэффициент β_{F1} . По таблице Г.3 путем интерполяции вычисляют:

$$G_{\text{закр.кв}} = 164 \text{ кг/ч при } t_{\text{нт}} = -3,1 \text{ }^{\circ}\text{C и } v = 3,8 \text{ м/с.}$$

Коэффициент β_{Fi} определяют по формуле (Г.3):

$$\beta_{\text{Fi}} = 0,056 \left(\frac{2330}{\frac{256}{0,122}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,99.$$

Таким образом, по формуле (Г.4):

$$G_{\text{inf}}^{\text{мкн}} = 3,6 \cdot \frac{10022}{256} + 164 \cdot 0,99 \cdot \frac{545}{2330} = 179 \text{ кг/ч.}$$

3. По таблице Г.4 путем интерполяции вычисляют:

$$\beta_{\text{н}} = 1,15 \text{ при } v > 3 \text{ м/с и } \frac{G_{\text{inf}}^{\text{мкн}}}{G_{\text{закр.кв}} \beta_{\text{Fi}}} = \frac{179}{164 \cdot 0,99} = 1,1.$$

Среднюю по зданию величину инфильтрации через окна одной квартиры $G_{\text{inf.кв}}$ вычисляют по формуле (Г.2):

$$G_{\text{inf.кв}} = 164 \cdot 0,99 \cdot 1,15 = 187 \text{ кг/ч.}$$

4. По таблице Г.1 путем интерполяции вычисляют:

$$G_{\text{inf.ллу}} = 113 \text{ кг/ч при } A_{\text{ф.ллу}} = 216 / (4 \cdot 15) = 3,6 \text{ м}^2.$$

Расход инфильтрующегося воздуха в здании G_{inf} рассчитывают по формуле (Г.1):

$$G_{\text{inf}} = 187 \cdot 256 + (0,57 - 0,0172(-3,1)) \times 113(16 - 1) \cdot 4 = 52098 \text{ кг/ч.}$$

5. Коэффициент κ_v , учитывающий дополнительную инфильтрацию воздуха в квартирах по сравнению с требуемым воздухообменом в них, находят по формуле (Г.5):

$$\kappa_v = \frac{52098}{3,6 \cdot 10022} = 1,444.$$

6. Величину градусо-суток отопительного периода D_d определяют по формуле (3):

$$D_d = (20 - (-3,1)) \cdot 214 = 4943,4 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.}$$

7. Теплотери здания за счет вентиляционного воздухообмена, включая инфильтрацию за отопительный период, Q_{inf}^y находят по формуле (5):

$$Q_{\text{inf}}^y = 6,7 \cdot 10^{-3} \cdot (30066 \cdot 1,444 + 0) \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 4943,4 = 1797311 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

8. Теплотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период Q_{tr}^y определяют по формуле (2):

$$Q_{\text{tr}}^y = 0,024 \cdot 4943 \left(\frac{9356}{0,84} + \frac{2546}{0,344} + \frac{52}{0,344} + \frac{1380}{0,33} \times \right. \\ \left. \times \frac{20 - 16}{20 - (-28)} + \frac{1380}{0,57} \frac{20 - 14}{20 - (-28)} \right) \cdot 1 = 2294525 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

9. Бытовые тепlopоступления в квартирах и в помещениях общественного назначения за отопительный период Q_{int}^y с учетом удельной величины бытовых тепlopоступлений $q_{\text{int}} = 17 \text{ Вт/м}^2$ определяют по формуле (7а):

$$Q_{\text{int}}^y = 0,024 \cdot 17 \cdot 214 \cdot 10022 = 875041 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

10. Теплоступления через наружные светопрозрачные ограждающие конструкции от солнечной радиации за отопительный период Q_s^y с учетом ориентации фасадов на восток-запад при $I_k = 178 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$, $\tau_F = 0,7$, $k_F = 0,62$ вычисляют по формуле (8):

$$Q_s^y = 0,7 \cdot 0,62(1025 + 1305) \cdot 178 = 179997 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

11. Количество тепловой энергии, требуемой для отопления и вентиляции здания за отопительный период, Q_h^y при наличии авторегулирования подачи теплоты только в ЦТП ($\xi = 0,5$) определяют по формуле (1):

$$Q_h^y = (2294525 + 1797311 - (875041 + 179997)0,85 \cdot 0,5)(1 - 0) \cdot 1,13 = 4117116 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

12. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $q_h^{y, \text{des}}$ определяют по формуле (9):

$$q_h^{y, \text{des}} = \frac{4117116}{16700} = 246,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2.$$

Пример Д.2 - Расчет количества тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилого здания с архитектурно-планировочными решениями и площадями ограждающих конструкций, аналогичными зданию, рассматриваемому в примере Д.1

Исходные данные

Данные те же, что в примере Д.1, за исключением дополнительного утепления стен до нормируемого сопротивления теплопередаче, равного $R_w = 3,15 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, и применения герметичных окон в виде двухкамерных стеклопакетов в одинарных ПВХ-переплетах ($R_F = 0,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $R_{aF} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$, $R_{aF, \text{ЛЛУ}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$) и входных наружных дверей площадью 52 м^2 ($R_{ed} = 0,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $R_{aed} = 0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$).

Порядок расчета

1. Теплотери здания через наружные ограждающие конструкции за отопительный период Q_{tr}^y вычисляют по формуле (2):

$$Q_{tr}^y = 0,024 \cdot 4943 \left(\frac{9356}{3,15} + \frac{2546}{0,56} + \frac{52}{0,8} + \frac{1380}{0,33} \times \right. \\ \left. \times \frac{20 - 16}{20 - (-28)} + \frac{1380}{0,57} \frac{20 - 14}{20 - (-28)} \right) \cdot 1 = 976662 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

2. Теплотери здания за счет вентиляционного воздухообмена с учетом инфильтрации за отопительный период Q_{inf}^y , кВт·ч, рассчитывают с использованием методики, изложенной в приложении В.

2.1. Расчетную разность давлений наружного и внутреннего воздуха на окнах лестнично-лифтового узла и входных дверях при высоте здания до верха вытяжной шахты $H = 50 \text{ м}$ определяют по формулам (В.2) и (В.3):

$$\Delta P_{F, \text{ЛЛУ}} = 0,28 \cdot 50(12,83 - 11,82) + 0,03 \cdot 12,83 \cdot 3,82 = 20 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{ed} = 0,55 \cdot 50(12,83 - 11,82) + 0,03 \cdot 12,83 \cdot 3,82 = 33,3 \text{ Па}.$$

2.2. Количество инфильтрующегося воздуха через окна, витражи и двери лестнично-лифтового узла $G_{\text{инф, ЛЛУ}}$ при площади окон лестнично-лифтового узла $A_{F, \text{ЛЛУ}} = 216 \text{ м}^2$, а входных дверей $A_{ed} = 52 \text{ м}^2$ определяют по формуле (В.1):

$$G_{\text{inf.ллу}} = \frac{216}{0,6} \left(\frac{20}{10} \right)^{\frac{2}{3}} + \frac{52}{0,14} \left(\frac{33,3}{10} \right)^{\frac{1}{2}} = 1250 \text{ кг/ч.}$$

2.3. Среднюю по зданию величину инфильтрации через окна одной квартиры $G_{\text{inf.кв}}$ определяют знаменателем формулы (Г.5), принимая норму воздухообмена 3,6 кг/ч на м² жилой площади:

$$G_{\text{inf.кв}} = 3,6 \cdot 10022 = 36079 \text{ кг/ч.}$$

2.4. Коэффициент κ_v , учитывающий дополнительную инфильтрацию воздуха в здании по сравнению с воздухообменом в квартирах, вычисляют по формуле (В.4):

$$\kappa_v = \frac{30066 \cdot 1,25 + 1250}{30066 \cdot 1,25} = 1,033.$$

2.5. Теплотери здания за счет вентиляционного воздухообмена, включая инфильтрацию за отопительный период, Q_{inf}^y находят по формуле (5):

$$Q_{\text{inf}}^y = 6,7 \cdot 10^{-3} \cdot (30066 \cdot 1,033 + 0) \times 1 \cdot 1,25 \cdot 4943,4 = 1285839 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

3. Бытовые тепlopоступления в квартирах и в помещениях общественного назначения за отопительный период Q_{int}^y с учетом удельной величины бытовых тепlopоступлений $q_{\text{int}} = 17 \text{ Вт/м}^2$ вычисляют по формуле (7а):

$$Q_{\text{int}}^y = 0,024 \cdot 17 \cdot 214 \cdot 10022 = 875041 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

4. Тепlopоступления от солнечной радиации Q_s^y с учетом ориентации фасадов на восток-запад при $I_k = 178 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$, $\tau_F = 0,8$, $k_F = 0,74$ находят по формуле (8):

$$Q_s^y = 0,8 \cdot 0,74 (1025 + 1305) \cdot 178 = 245526 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

5. Количество тепловой энергии, требуемой для отопления и вентиляции здания за отопительный период, Q_h^y при наличии авторегулирования теплоотдачи отопительных приборов и автоматизированного узла управления однотрубной системой отопления на вводе (эффективность автоматизации $\xi = 0,9$) рассчитывают по формуле (1):

$$Q_h^y = (976662 + 1285839 - (875041 + 245526) \cdot 0,8 \cdot 0,9) (1 - 0) \cdot 1,13 = 1644933 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

6. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период $q_h^{y, \text{des}}$ определяют по формуле (9):

$$q_h^{y, \text{des}} = \frac{1644933}{16700} = 98,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2.$$

Сопоставление примеров расчета Д.1 и Д.2 позволяет оценить экономию тепловой энергии от перехода на проектирование зданий по СНиП 23-02-2003. В количественном отношении экономия составляет $246,5 - 98,5 = 148 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2$, или в $246,5/98,5 = 2,5$ раза.

Пример Д.3 - Расчет количества тепловой энергии на горячее водоснабжение

Исходные данные

Те же, что в примере Д.1.

Порядок расчета

1. Средний расчетный за сутки отопительного периода объем потребления горячей воды в жилом здании V_{hw} определяют по формуле (13):

$$V_{hw} = 105 \cdot 865 \cdot 10^{-3} = 91 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

2. Среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение Q_{hw} определяют по формуле (15):

$$Q_{hw} = \frac{91(55-5)(1+0,35) \cdot 1 \cdot 4,2}{3,6 \cdot 24} = 299 \text{ кВт.}$$

3. Количество тепловой энергии, потребляемой системой горячего водоснабжения за год с учетом включения системы на ремонт, Q_{hw}^y определяют по формуле (16):

$$Q_{hw}^y = \frac{24 \cdot 299}{1+0,35} ((365-21) \cdot 0,35 + 214 + 0,9(365-21-214) \times \frac{55-15}{55-5}) = 2275058 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

4. Расчет экономии тепловой энергии при проведении отдельных энергосберегающих мероприятий

4.1. Выполнение в существующих жилых зданиях, построенных до 2000 г., автоматического регулирования системы отопления путем осуществления пофасадного автоматического регулирования с использованием датчиков температуры внутреннего воздуха либо установки термостатов на каждом отопительном приборе и устройства автоматического регулирования подачи теплоты на отопление на вводе в здание позволит сократить удельное теплоснабжение на отопление и вентиляцию жилого здания на 24,5 кВт·ч/м², или на 10% (формулы (1) и (9)):

$$Q_h^{y.1} = (2294525 + 1797311 - (875041 + 179997) \cdot 0,85 \cdot 0,9)(1-0) \cdot 1,13 = 3711747 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$q_h^{y.1.des} = \frac{3711747}{16700} = 222 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2,$$

т.е. экономия теплоты составит 246,5-222=24,5 кВт·ч/м², или 24,5·100/246,5=10%.

Если оценивать экономию теплоты от автоматизации отопления по отношению к зданию, теплозащита которого выполнена в соответствии с требованиями 2000 г., то снижение удельного теплоснабжения составит примерно ту же величину (24,5 кВт·ч/м²), но в сравнении с абсолютным теплоснабжением это будет 20%. Для здания при наличии авторегулирования подачи теплоты только в ЦТП ($\xi = 0,5$) по формулам (1) и (9):

$$Q_h^{y.1.1} = (976662 + 1285839 - (875041 + 245526) \cdot 0,8 \cdot 0,5)(1-0) \cdot 1,13 = 2050129 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$q_h^{y.1.1.des} = \frac{2050129}{16700} = 123 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2,$$

т.е. экономия теплоты составит 123-98,5=24,5 кВт·ч/м², или 24,5·100/123=20%.

4.2. Утепление стен здания до нормативного значения по сопротивлению теплопередаче с $R_w = 0,84 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ до $R_w = 3,15 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ приведет к снижению удельного теплоснабжения на 65,5 кВт·ч/м² (формулы (2), (1) и (9)):

$$Q_{tr}^{y.2} = 0,024 \cdot 4943 \left(\frac{9356}{3,15} + \frac{2598}{0,344} + \frac{1380}{0,33} \times \frac{20-16}{20-(-28)} + \frac{1380}{0,57} \frac{20-14}{20-(-28)} \right) = 1325547 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

$$Q_h^{y.2} = (1325547 + 1797311 - (875041 + 179997) \cdot 0,85 \cdot 0,5)(1 - 0) \cdot 1,13 = 3022147 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

$$q_h^{y.2.des} = \frac{3022147}{16700} = 181 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2,$$

т.е. экономия теплоты составит $246,5 - 181 = 65,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$.

4.3. Замена окон с $R_F = 0,344 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ на более теплые с $R_F = 0,56 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и более герметичные позволит снизить расчетный удельный расход тепловой энергии на

$$q_h^{y.2.des} - q_h^{y.1.1.des} = 181 - 123 = 58 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Из них уменьшение инфильтрации из-за повышения сопротивления воздухопроницанию окон с $R_{a,F} = 0,122 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ до $R_{a,F} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ приводит к экономии теплоты (формулы (1) и (9)):

$$Q_h^{y.3} = (976662 + 1797311 - (875041 + 179997) \cdot 0,85 \cdot 0,5)(1 - 0) \cdot 1,13 = 2657712 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

$$q_h^{y.3.des} = \frac{2657712}{16700} = 159 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2.$$

Экономия теплоты от повышения сопротивления воздухопроницанию окон составит $159 - 123 = 36 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ из $58 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, полученных за счет замены окон.

Приведенные примеры демонстрируют возможность данного руководства оценивать энергетическую эффективность энергосберегающих мероприятий. Зная стоимость инвестиций в энергосберегающие мероприятия, можно рассчитать срок их окупаемости (инвестиционную привлекательность) в соответствии с разработанным НП "АВОК" Положением об экономическом стимулировании проектирования и строительства энергоэффективных зданий и выпуска для них энергосберегающей продукции.

Приложение Е

Состав энергетического паспорта

Таблица Е.1 - Форма для заполнения энергетического паспорта

Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	
Разработчик проекта	

Расчетные условия

N п/п	Расчетные параметры	Обозначение	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	$^\circ\text{C}$	
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	$^\circ\text{C}$	

3	Расчетная температура "теплого" чердака	t_c	°C	
4	Расчетная температура техподполья	t_f	°C	
5	Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ht}	°C	
7	Градусо-сутки отопительного периода	D_d	°C·сут	

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

8	Назначение	
9	Размещение в застройке	
10	Тип и этажность	
11	Расчетное количество жителей $m_{\text{ж}}$, чел.	
12	Конструктивное решение	

Геометрические и теплоэнергетические показатели

N п/п	Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормативное значение	Расчетное (проектное) значение	Фактическое значение
Геометрические показатели					
13	Площадь квартир без летних помещений	A_h , м ²	-		
14	Полезная площадь встроенных помещений общественного назначения	A_{ho} , м ²	-		
15	Площадь жилых помещений	A_j , м ²	-		
16	Расчетная площадь встроенных помещений общественного назначения	A_1 , м ²	-		
17	Отапливаемый объем	V_h , м ³	-		
18	Коэффициент остекленности фасада здания	F			
19	Показатель компактности здания	k_e^{des}			
20	Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	A_e^{sum} , м ²	-		
	- фасадов	A_{w+F+ed} , м ²	-		
	- стен	A_w , м ²	-		
	- окон и балконных дверей (раздельно) жилой и нежилой части	$A_{F,1}$, м ²	-		
	- витражей	$A_{F,2}$, м ²	-		
	- фонарей	$A_{F,3}$, м ²	-		
	- окон лестнично-лифтовых узлов	$A_{F,4}$, м ²	-		
	- балконных дверей наружных переходов	$A_{F,k}$, м ²	-		
	- входных дверей и ворот (раздельно) утепленных	$A_{ed,1}$, м ²	-		
	- входных наружных дверей витражных	$A_{ed,2}$, м ²	-		
	- покрытий (совмещенных)	$A_{c,1}$, м ²	-		
	- чердачных перекрытий ("холодного" чердака)	$A_{c,2}$, м ²	-		
	- перекрытий "теплых" чердаков	$A_{c,3}$, м ²	-		

	<ul style="list-style-type: none"> - перекрытий над техподпольями или над неотапливаемыми подвалами или подпольями - перекрытий над проездами и под эркерами - стен в земле и полов по грунту (раздельно по зонам) 	$A_{f1}, \text{ м}^2$ $A_{f2}, \text{ м}^2$ $A_{f3}, \text{ м}^2$	-			
Теплотехнические показатели						
21	Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе: <ul style="list-style-type: none"> - стен - окон и балконных дверей - витражей - фонарей - окон лестнично-лифтовых узлов - балконных дверей наружных переходов - входных дверей и ворот (раздельно) утепленных - входных наружных дверей витражных - покрытий (совмещенных) - чердачных перекрытий ("холодных" чердаков) - перекрытий "теплых" чердаков - перекрытий над техподпольями или над неотапливаемыми подвалами - перекрытий над проездами и под эркерами - стен в земле и полов по грунту (раздельно) 	$R_o^r, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_w, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{F1}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{F2}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{F3}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{F4}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{Fk}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{ed}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{c1}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{c2}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{c3}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{f1}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{f2}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{f3}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ $R_{f4}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$				
22	Приведенное сопротивление воздухопроницанию: <ul style="list-style-type: none"> - окон - витражей - окон лестнично-лифтового узла - балконных дверей наружных переходов - входных наружных дверей 	$R_{aF1}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ $R_{aF2}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ $R_{aF.ллу}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ $R_{aFk}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ $R_{aed}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$				
23	Расчетный воздухообмен в квартирах То же во встроенных помещениях общественного назначения	$L_v, \text{ м}^3/\text{ч}$ $L_{v.o}, \text{ м}^3/\text{ч}$				
Энергетические показатели						
24	Теплопотери здания через наружные ограждения за отопительный период	$Q_{tr}^y, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	-			
25	Теплопотери здания за счет вентиляции с учетом инфильтрации за отопительный период	$Q_{inf}^y, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$				
26	Общие теплопотери через ограждающую оболочку здания за отопительный период	$Q_{ht}^y, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	-			
27	Удельные бытовые тепlopоступления в квартирах То же во встроенных помещениях общественного назначения	$q_{int.1}, \text{ Вт}/\text{м}^2$ $q_{int.2}, \text{ Вт}/\text{м}^2$	-			

28	Бытовые теплоступления в здание за отопительный период	Q_{int}^y , кВт·ч	-		
29	Теплоступления в здание от солнечной радиации за отопительный период	Q_s^y , кВт·ч	-		
30	Количество тепловой энергии, требуемой для отопления и вентиляции здания за отопительный период	Q_h^y , кВт·ч	-		
31	Расчетный (нормируемый) удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_h^{\text{des}} (q_h^{\text{req}})$, кВт·ч/м ²			
32	Соответствует ли проект здания нормативному требованию по энергетической эффективности				ДА/НЕТ

Коэффициенты

N п/п	Показатель	Обозначение	Нормативное значение	Фактическое значение
33	эффективности авторегулирования	ζ		
34	учета снижения теплоснабжения на отопление за счет оснащения квартир индивидуальными приборами учета потребления тепловой энергии	ξ		
35	снижения использования теплоснабжений в период превышения их над теплоснабжениями	ν		
36	учета дополнительных теплоснабжений в системе отопления	β_h		
37	встречного теплового потока в окнах	k		
38	учета затенения светового проема непрозрачными элементами здания	τ_F		
39	проникания солнечной радиации через окно	k_F		
40	учета дополнительной инфильтрации воздуха	κ_v		
41	учета потерь теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения	k_{hl}		
42	учета снижения уровня водоснабжения в жилых зданиях в летний период	α		

Энергетические нагрузки здания

N п/п	Параметры	Обозначение	Единица измерения	Величина
43	Установленная мощность систем инженерного оборудования: - отопления - горячего водоснабжения - принудительной вентиляции - воздушно-тепловых завес	Q_h Q_{hw}^{max} Q_v Q	кВт кВт кВт кВт	
44	Среднечасовой за отопительный период расход теплоты на горячее водоснабжение	Q_{hw}	кВт	
45	Средние суточные расходы: - природного газа - холодной воды	V_{ng} V_{cw}	м ³ /сут м ³ /сут	

	- горячей воды	V_{hw}	м ³ /сут	
46	Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 м ² общей площади квартир: - на отопление - на вентиляцию	q_h q_v	Вт/м ² Вт/м ²	
47	Удельная тепловая характеристика здания	q_m	Вт/(м ³ ·°C)	
Показатели эксплуатационной энергоемкости здания за год				
48	Годовые расходы конечных видов энергоносителей на здание: - тепловой энергии на отопление за отопительный период - тепловой энергии на горячее водоснабжение - тепловой энергии на принудительную вентиляцию - тепловой энергии других систем (раздельно)	Q_h^y Q_{hw}^y Q_v^y Q^y	МВт·ч МВт·ч МВт·ч МВт·ч	
49	Годовые удельные расходы конечных видов энергоносителей: - тепловой энергии на отопление за отопительный период - тепловой энергии на горячее водоснабжение - тепловой энергии на принудительную вентиляцию - тепловой энергии других систем (раздельно) - природного газа	q_h^y q_{hw}^y q_v^y q^y q_{ng}^y	кВт·ч/м ² кВт·ч/м ² кВт·ч/м ² кВт·ч/м ² м ³ /м ²	
50	Удельная эксплуатационная тепловая энергоемкость здания	q^y	кВт·ч/м ² , кг у. т./м ²	

51	Паспорт заполнен	
Организация, адрес и телефон		
Ответственный исполнитель		

Библиография

- | | |
|--|---|
| [1] Стандарт СТО НП "АВОК" 2.1-2008 | Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена |
| [2] Постановление Правительства Москвы от 20.04.2010 г. N 333-ПП | Об организации работ по переходу городского хозяйства Москвы на энергоэффективные технологии в условиях климатических изменений |

- | | |
|--|--|
| [3] Федеральный закон РФ от 23.11.2009 г. N 261-ФЗ | Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации |
| [4] Постановление Правительства РФ от 25.01.2011 г. N 18 | Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов |
| [5] Приказ Минэнерго России от 19.04.2010 г. N 182 | Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования |

Электронный текст документа
подготовлен АО "Кодекс" и сверен по:
официальное издание НП "АВОК"
М.: ООО ИИП "АВОК-ПРЕСС", 2011