жиме. Срок окупаемости оборудования не превышает 2-3 отопительных сезонов.

На рынке России тепловые насосы – новинка, однако в развитых странах эти устройства производятся и успешно эксплуатируются уже более 30 лет.

Тепловой насос – это машина, которая поглощает низкопотенциальную теплоту из окружающей среды с температурой 4-6 °С и выше и передает ее в систему теплоснабжения потребителей в виде нагретой воды или воздуха. Передача тепла производится рабочим телом – хладагентом (фреоном). Электроэнергия, потребляемая тепловым насосом, тратится лишь на перемещение фреона по системе с помощью компрессора точно так же, как в холодильных машинах. Система работает как котел при отоплении и как кондиционер при охлаждении. Зимой система передает тепло неостывшей земли в дом. Этот же цикл используется и при нагреве воды. Летом излишки тепла в доме передаются через теплообменник в обратном направлении.

В качестве низкопотенциального источника тепловой энергии для обогрева дома может быть использовано тепло естественного происхождения (наружный воздух; тепло грунтовых, артезианских и термальных вод; воды рек, озер, морей и других незамерзающих природных водоемов). Тепловые насосы комплектуются системой управления и автоматики, которая поддерживает заданный режим работы теплового насоса.

Энергетическая эффективность применения тепловых насосов зависит от температуры низкопотенциального источника и будет тем выше, чем более высокую температуру источник будет иметь.

Экономическая эффективность применения тепловых насосов зависит от температуры низкопотенциального источника тепловой энергии, стоимости электроэнергии в регионе, себестоимости тепловой энергии, производимой с использованием различных видов топлива.

Использование тепловых насосов вместо традиционных источников тепловой энергии экономически выгодно в связи с отсутствием необходимости в закупке, транспортировке, хранении топлива и расходе денежных средств, связанных с этим, а также за счет освобождения значительной территории, необходимой для размещения котельной, подъездных путей и склада с топливом.

В ценовом отношении тепловые насосы действительно не дешевы. Начальные затраты на установку этих систем несколько выше стоимости обычных систем отопления и кондиционирования. Однако если рассматривать эксплуатационные расходы, то первоначальные вложения в геотермальный обогрев, охлаждение и горячее водоснабжение быстро окупаются за счет энергосбережения. Кроме того, необходимо учитывать, что при работе теплового насоса не требуется никаких дополнительных коммуникаций, кроме бытовой электрической сети.

Установка этих систем потребует проведения внутренних электромонтажных работ, прокладки внутренних воздуховодов, монтажа внешнего теплообменника. Стоимость этих работ зависит от ваших требований и расценок монтажной фирмы.

Применение тепловых насосов снижает затраты энергии, полученной путем сжигания топлива, и соответственно, снижает выброс в атмосферу токсичных веществ. Кроме того, применение воздушных систем отопления позволяет контролировать состояние воздуха в доме, удалять вредные примеси, частицы пыли, споры, различные аллергены и запахи.

С учетом компактности, экономичности и простоты в обслуживании, тепловые насосы по совокупности эксплуатационных параметров могут представлять интерес для различных категорий потребителей тепловой энергии.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЕКТНОГО РАСХОДА ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ

Огаркова Т.Г., Елистратова Ю.В., Семиненко А.С.

ГОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия, e-mail: seminenko.as@gmail.com

Энергетический паспорт жилых и общественных зданий предназначен для подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности и теплотехнических показателей здания нормативным показателям (СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита здания» п.12.1)

Энергетический паспорт следует заполнять при разработке проектов новых, реконструируемых, капитально ремонтируемых жилых и общественных зданий, при приемке зданий в эксплуатацию, после годичной эксплуатации, а также в процессе эксплуатации построенных зданий (СНиП 23-02-2003 п.12.1-12.4).

Главным показателем энергоэффективности здания является его класс энергетической эффективности, определяемый исходя из фактических показателей удельного годового расхода тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, а также соответствия требованиям энергетической эффективности зданий, строений, сооружений (см. табл. 1).

Таблица 1

Классы энергетической эффективности зданий

Класс		Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии[1] от нормативного, %	Мероприятия, рекомендуемые органам администраций субъектов РФ
Наименование	Обозначение		
При проектировании и эксплуатации новых, реконструируемых, модернизируемых зданий			
Очень высокий	A+ A	ниже –60 от –45 до –59,9	Экономическое стимулирование
Высокий	B++ B+ B	от –35 до –44,9 от –25 до –34,9 от –10 до –24,9	Экономическое стимулирование в зависимости от года строительства
Нормальный	C	от +5 до –9,9	–
При эксплуатации существующих зданий			
Пониженный	D	от +5,1 до +50	Желательна модернизация здания после 2020 года
Низкий	E	более +50	Необходимо немедленное утепление здания

[1] На отопление, вентиляцию, кондиционирование, горячее водоснабжение и освещение здания, где под освещением в жилых зданиях принимается расход электроэнергии на освещение общедомовых помещений, на лифты и инженерное оборудование здания. На стадии проектирования: только величина отклонения расчетного удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию плюс обязательное выполнение вышеперечисленных энергосберегающих мероприятий в области горячего водоснабжения, освещения и электроснабжения.

Рассмотрим изменение расчета теплопотерь через наружные стены по СНиП.

СНиП II-33-75	СНиП 2.04.05.86	СНиП 2.04.05-91
$Q = \frac{F}{R_0}(t_в - t_н)n$	$Q = \frac{A}{R}(t_p - t_{ext})(1 + \sum \beta)n$	

где Q – основные потери тепла через ограждающие конструкции зданий [ккал/ч] или [Вт], $F(A)$ – расчетная площадь ограждающей конструкции [м^2], R_0 – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции в м^{2}ч С/ккал, определяемое в соответствии с главой СНиП по строительной теплотехнике; $t_в$ – расчетная температура воздуха внутри помещения в °С; $t_Н$ – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года в °С, соответствующая расчетным параметрам Б по приложению 4 к настоящей главе; n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый по табл.1 главы СНиП по строительной теплотехнике; $t_р$ – расчетная температура воздуха внутри помещения, t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года соответствующая расчетным параметрам Б по приложению СНиП; β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Т.о., рассматривая расчеты потери теплоты через ограждающие конструкции мы можем отметить, что изменения в расчетных формулах есть, хоть и не значительные как следствие уточнение расчетных теплопотерь помогают нам более точно сделать расчет отопительных приборов и подбора всей системы отопления.

Добавочные теплопотери

	СНиП II-33-75	СНиП 2.04.05.86	СНиП 2.04.05-91
ориентация: для помещений в зданиях любого назначения для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, дверей и окон,	на север, восток, северо-восток, северо-запад 0,1 на юго-восток и запад 0,05	на север, восток, северо-восток и северо-запад 10% на юго-восток и запад 5%	
для необогреваемых полов первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 и ниже	–	0,05	
для наружных дверей, не оборудованными воздушными или воздушно-тепловыми завесами при высоте здания Н, м	0,2Н – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними; 0,27Н – для двойных дверей с тамбуром между ними; 0,34Н – для двойных дверей без тамбура; 0,22Н – для одинарных дверей.		
бытовые	$q_{быт} = 26F'_n \frac{\sum F_к}{F_{кв}}$	до 21 Вт/м^2 площади пола жилых комнат и кухни	не менее 10 Вт/м^2

где $q_{быт}$ – бытовые тепловыделения, [ккал/ч]; F'_n – площадь пола отапливаемого помещения [м^2]; $\sum F_к$ – суммарная площадь пола жилых комнат квартиры [м^2]; $F_{кв}$ – суммарная площадь пола отапливаемых помещений квартиры в [м^2].

Потери тепла на инфильтрацию. В СНиП II-33-75 добавочные потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха необходимо определять, учитывая следующие поступления в помещения:

1. Через неплотности в наружных ограждениях в результате действия теплового и ветрового давления;
2. Вследствие дисбаланса между нормируемыми величинами воздухообмена по притоку и вытяжке.

За расчетные добавочные потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха следует принимать большее из полученных значений.

Добавочные потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха следует определять при температуре холодного периода года, соответствующей расчетным параметрам Б, и при расчетной скорости ветра V в м/с.

Добавочные потери тепла q в ккал/ч на нагревание наружного воздуха, поступающим путем инфильтрации в помещения жилых и общественных зданий следует определять по формуле:

$$q = 0,24(A_0 G_0 F_0 + \sum A_к G F)(t_в - t_н),$$

где A_0, $A_к$ – коэффициенты, учитывающие влияние встречного теплового потока; для окон и балконных дверей с раздельными переплетами; F_0 – расчетная площадь окон и балконных дверей в м^2; F – расчетная площадь других наружных ограждающих конструкций в м^2; G – количество воздуха , поступающего в помещение через 1 м^2 площади наружных ограждающих конструкций соответственно оконных и балконных дверей и других ограждающих конструкций; $t_в$ – расчетная температура воздуха внутри помещения в °С; $t_н$ – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года в °С.

Количество воздуха, поступающего в помещения жилых и общественных зданий путем инфильтрации через балконные двери и окна, следует определять по формуле:

$$G_0 = \frac{-A + \sqrt{A^2 + 4Б \triangle p}}{2Б} \sqrt{\frac{\gamma_н}{1,2}}$$

через другие наружные ограждающие конструкции:

$$G = \frac{\triangle p}{R_{ои}},$$

где *А, Б* – параметры окон; $R_{ои}$ – сопротивление воздухопроницанию наружной ограждающей конструкции; $\gamma_н$ – удельный вес наружного воздуха кг/м^3; Δp – разность давлений воздуха у наружной и внутренней поверхностей наружных ограждающих конструкций здания:

$$\Delta p = 0,55(H_ш - H_э)(\gamma_н - \gamma_в) + 0,075(\beta v)^2 \gamma_н \frac{18 + H_э}{60 + H_э}$$

$H_Ш$ – высота устья вентиляционной шахты в м; $H_э$ – высота центра рассматриваемого элемента ограждения или ограждающей конструкции над уровнем земли в м; v – расчетная скорость ветра в м/с; β – коэффициент, учитывающий несовпадение во времени принятых в расчете скорости ветра и температуры наружного воздуха; $\gamma_н$, $\gamma_в$ – удельный вес наружного и внутреннего воздуха в кг/м^3.

Количество тепла, необходимое для нагревания инфильтрующегося воздуха, поступающего в жилые комнаты жилых зданий вследствие естественной вытяжки, не компенсируемой подогретым приточным воздухом в размере нормативного воздухообмена, следует определять по формуле:

$$q = 0,86(t_в - t_н)F_n,$$

где $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха; $t_н$ – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода; $F_в$ – площадь пола жилой комнаты.

В СНиП II – 33-75* изменения начинаются с расчета массы воздуха, поступающего в помещения через световые проемы:

$$G = \frac{(\Delta p)^{2/3}}{R_{ои}},$$

где $R_{ои}$ – сопротивление воздухопроницанию наружной ограждающей конструкции; Δp – разность давлений воздуха у наружной и внутренней поверхностей наружных ограждающих конструкций здания:

$$\Delta p = (H - h)(\gamma_н - \gamma_в) + 0,05 v^2 \gamma_н (c_н - c_з) K - (P_в - P_д)$$

H – высота здания в м от поверхности земли до верха карниза; h – высота от поверхности земли в м до центра окон, дверей, наружных стен рассматриваемого этажа; $\gamma_н$, $\gamma_в$ – удельный вес наружного и внутреннего воздуха в кг/м^3; v – наибольшая скорость ветра в м/с из средних скоростей ветра за январь по румбам северного направления; $c_н$, $c_з$ – аэродинамические концентрации соответственно для наветренной и заветренной поверхностей, принимаемые в соответствии со СНиП по нагрузкам и воздействиям; K – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора в зависимости от высоты и типа местности; $P_в$ – давление воздуха в Па, системы вентиляции с механическим побуждением, воздушным отоплением, определенное из условий соблюдения равенства масс воздуха, поступаемого в здания удаляемого из них в результате инфильтрации через ограждение конструкции; $P_д$ – давление воздуха в Па, определяемое на основе расчета дисбаланса по притоку и вытяжке при системах вентиляции с механическим побуждением, воздушным отоплением.

При вычислении Δp для жилых и общественных зданий с естественной вытяжной вентиляцией следует учитывать потери давления в вентиляционных системах , определяемые по формуле:

$$P_с = (H - h)(\gamma_н - \gamma_в).$$

Количество тепла $q_в$ в Вт, потребляемого для нагревания инфильтрационного воздуха, поступаемого в жилые помещения вследствие естественной вентиляции, не компенсируемой подогретым приточным воздухом:

$$q = 0,86(t_в - t_н)F_n,$$

где $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха; $t_н$ – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода; F_n – площадь пола жилой комнаты; n – коэффициент равный 1 при расчете в системе единиц физических величин, подлежащих применению в строительстве.

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха по СНиП 2.04.05-86 следует рассчитывать по формуле:

$$Q_i = 0,28 \sum G_i c (t_p - t_i) k ,$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кгС); t_p, t_i – расчетные температуры воздуха в помещении и наружного воздуха в холодный период года; k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный: 0,7 – для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с раздельными переплетами и 1 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов; $\sum G_i$ – расход инфильтрующего воздуха в помещение кг/ч, через неплотности наружных ограждающих конструкций следует определять по формуле:

$$G_i = \frac{0,21 \sum p_1^{0,67} A_1}{R_1} + \frac{\sum \Delta p_2^{0,5} A}{R_2} + \sum \Delta p_3 0,5 l ,$$

где l – длина, м, стыков стеновых проемов; A_1, R_1 – соответственно площадь, м^2, окон, балконных дверей и фонарей, сопротивление их воздухопроницанию, м^{2}ч/кг; A_2, R_2 – соответственно площадь, м^2, наружных и внутренних дверей, ворот и открытых проемов, сопротивление их воздухопроницанию, м^{2}ч/кг, R_2 следует принимать: для дверей помещения – 0,3, для дверей при входе из коридоров на открытые пожарные лестницы и лоджии – 0,47 и для наружных дверей при входе в здание через тамбур – 0,14, для ворот и проемов – по расчету; Δp – разность давлений воздуха, Па, на наружной и внутренней поверхностях соответственно окон, балконных дверей и фонарей – Δp_1; наружных дверей, ворот и открытых проемов – Δp_2; стыков стеновых панелей – Δp_3, определяемая по формуле:

$$\Delta p_i = (H - h_i)(\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 p_i v^2 (c_{e,n} - c_{e,p}) k - p_{int} ,$$

где H – высота здания, м, от уровня земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или шахты; h_i – расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей; p_i – плотность, кг/м^3, наружного воздуха; v – скорость ветра, м/с; $c_{e,n}$, $c_{e,p}$ – аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений; k – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания; p_{int} – условно – постоянное давление воздуха, Па, в помещении, определяемое расчетом из условия соблюдения равенства масс воздуха, поступающего в помещение и удаляемого из него в результате инфильтрации через ограждающие конструкции; в помещениях, имеющих системы с искусственным побуждением при расчете следует учитывать дисбаланс масс воздуха, подаваемых и удаляемых этими систе-

мами из помещения; γ_i, γ_p – удельный вес, Н/м^3, наружного воздуха и воздуха помещения, удельный вес определяется по формуле: $\gamma = 3463/(273+t)$.

Расход теплоты Q_i', Вт, для нагревания инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин:

$$Q_i' = 0,28 L_n \rho c (t_p - t_i) ,$$

где L_n – расход удаляемого воздуха, м^3/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, для жилых зданий удельный нормативный расход принимается равным 3 м^3/ч на 1 м^2 площади жилых помещений и кухни; ρ – плотность наружного воздуха, кг/м^2.

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха по СНиП 2.04.05-91 определяется по формуле:

$$Q_i = 0,28 \sum G_i c (t_p - t_i) k ,$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кгС), t_p, t_i – расчетные температуры воздуха, соответственно в помещении и наружного воздуха в холодный период года; k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с раздельными переплетами и 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов; G_i – расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через ограждающие конструкции помещения, определяемый по формуле:

$$G_i = 0,216 \sum A_1 \triangle p_i^{0,67} / R_u + \sum A_2 G_H (\triangle p_i / \triangle p_1)^{0,67} + 3456 \sum A_3 \triangle p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \triangle p_i / \triangle p_1,$$

где A_1, A_2 – площади наружных ограждающих конструкций, м^2, соответственно световых проемов и других ограждений; A_3 – площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях; $R_и$ – сопротивление воздухопроницанию, м^{2}хПа/кг; $G_н$ – нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, кг/(м^{2}ч); l – длина стыков панелей, м; Δp_i, Δp_1 – расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней повехностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже при Δp_1= 10 Па;

$$\triangle p_i = (H - h_i)(\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 p_i v^2 (c_{e,n} - c_{e,p}) k - p_{\text{int}}$$

H – высота здания, м, от уровня земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или шахты; h_i – расчетная высота, м, от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей; p_i – плотность, кг/м^3, наружного воздуха; v – скорость ветра, м/с; $c_{e,n}$, $c_{e,p}$ – аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений; k – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания; p_{int} – условно-постоянное давление воздуха, Па, в помещении, определяемое расчетом из условия соблюдения равенства масс воздуха, поступающего в помещение и удаляемого из него в результате инфильтрации через ограждающие конструкции; в помещениях, имеющих системы с искусственным побуждением при расчете следует учитывать дисбаланс масс воздуха, подаваемых и удаляемых этими системами из помещения; γ_i, γ_p – удельный вес, Н/м^3, наружного воздуха и воздуха помещения, удельный вес определяется по формуле: $\gamma = 3463/(273+t)$.

Расход теплоты Q_i' ,Вт, для нагревания инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует принимать равным большей из величин:

$$Q_i' = 0,28 L_n \rho c (t_p - t_i) ,$$

где L_n – расход удаляемого воздуха, м^3/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, для жилых зданий удельный нормативный расход принимается равным 3 м^3/ч на 1 м^2 площади жилых помещений и кухни; ρ – плотность наружного воздуха, кг/м^2.

Расчетно-нормативная удельная тепловая характеристика $q_{р.н}$ заполняется по проектным данным (результатам расчета энергетического паспорта здания по методике СНиП 23-02 с использованием расчетных характеристик ограждающих конструкций и нормативных показателей ГСОП, температуры внутри помещения, кратности воздухообмена), или нормативным данным (табл. 9, СНиП 23-02):

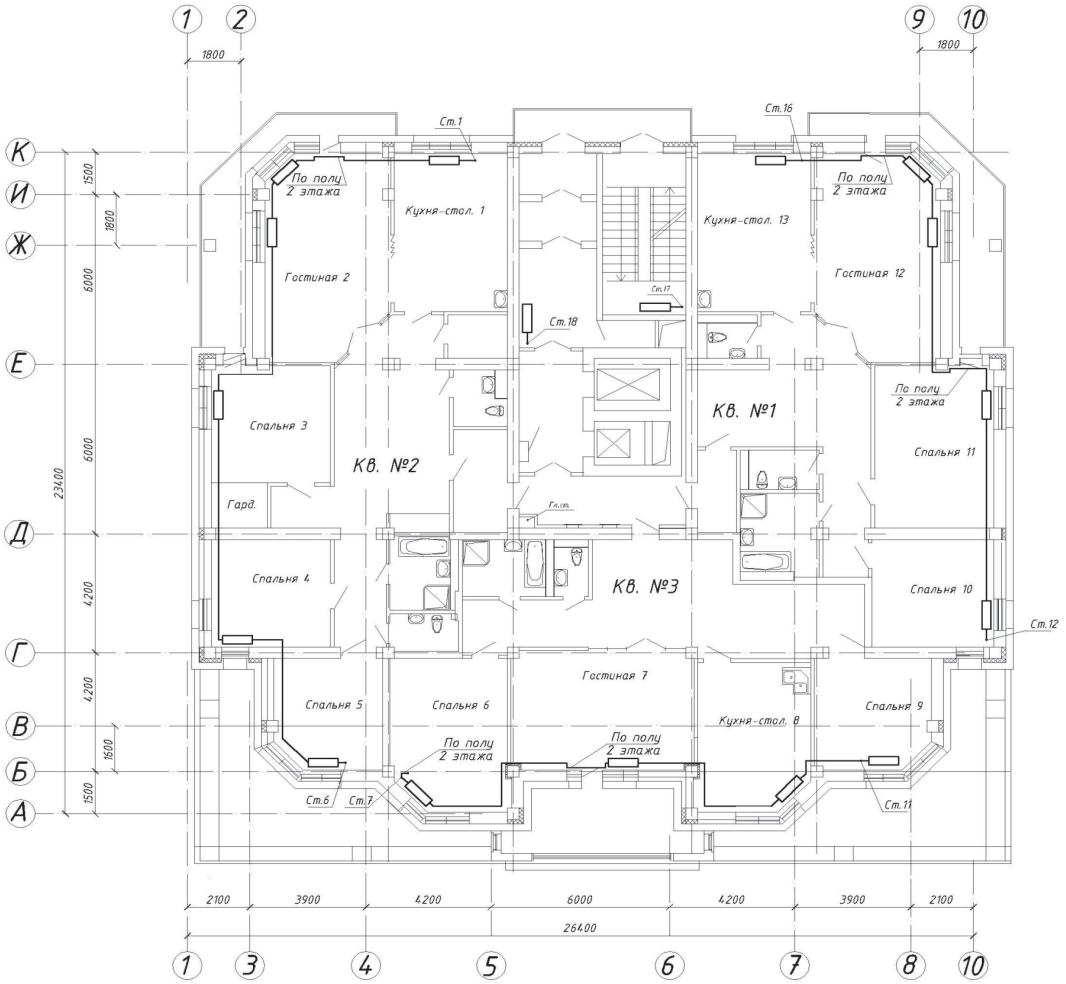
Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период q_h^{des}, кДж (м^2·°С·сут) или кДж/(м^2·°С·сут), следует определять по формуле:

$$q_h^{des} = 10^3 \cdot Q_h^y / (A_h \cdot D_d),$$

где Q_h^y – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж; A_h – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м^2; D_d – ГСОП$_н$ – нормативное значение ГСОП, сут·°С (для Белгородской области принимаемый по ТСН 23-310-2000 «Энергетическая эффективность в жилых и общественных зданиях»).

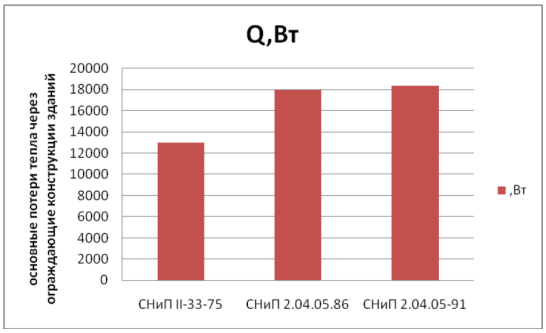
Рассмотрим изменение значений теплопотерь на примере первого этажа многоэтажного жилого дома (см. рисунок) с климатическими параметрами, соответствующие данным СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» для Белгородской области.

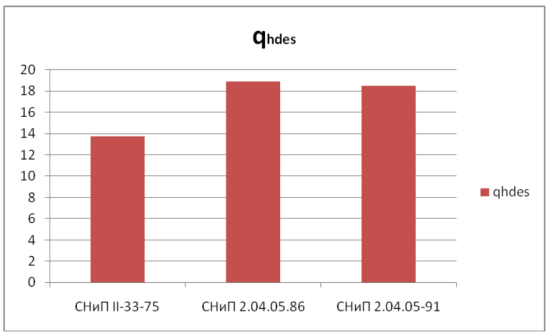
Наименование расчётной величины	Обозначение, единица измерения	Значение характеристики
1	2	3
1. Средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	$t_н$, °С	–23
2. Средняя температура за отопительный период	$t^c_{от.пер}$, °С	–1,9
3. Продолжительность отопительного периода	$z_{от.пер}$, сут	191



План типового этажа, выбранного в качестве примера

	СНиП II-33-75	СНиП 2.04.05.86	СНиП 2.04.05-91
Q, Вт	12954	17946	18373
q_h^{des}	13,7	18,9	18,5





ПРОБЛЕМА ПЕРЕТОПОВ И НЕДОТОПОВ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Парамонова Е.Ю., Елистратова Ю.В., Семиненко А.С.

ГОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, e-mail: seminenko.as@gmail.com

В связи с возникновением проблем в области ЖКХ, связанных с исторической наследственностью СССР, отсутствием средств у предприятий ЖКХ на реализацию энергосберегающих программ, а также отсутствием массовой бытовой культуры энергосбережения, Правительство разработало Государственную программу Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Главной её целью является обеспечение повышения конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энерге-