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

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

Методическое пособие

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ТЕПЛОВЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Москва 2017 г.

gost.e-ecolog.ru

Содержание

Введение 4
1 Область применения 5
2 Нормативные ссылки 6
3 Термины и определения 7
4 Общие положения 8
5 Расчет тепловых потребностей эксплуатируемых зданий 10
5.1 Метод расчета тепловых потребностей эксплуатируемых зданий на основании приложения Г СП 50.13330.2012 10
5.2 Метод расчета тепловых потребностей эксплуатируемых зданий индивидуально по помещениям 21
6 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых жилых зданий 55
6.1 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых многоквартирных домов 55
6.2 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых одноквартирных домов 60
7 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых общественных и административных зданий 63
7.1 Особенности расчета тепловых потребностей общественных зданий 63
7.2 Особенности расчета тепловых потребностей административных зданий 66
Приложение А Ориентировочная структура энергопотребления гражданина Российской Федерации в жилом многоквартирном здании 67
Приложение Б Пример архитектурно-планировочных решений типового жилого многоквартирного дома 70

Приложение В Пример расчета нагрузки на системы отопления и вентиляции для типового жилого многоквартирного дома 74
Приложение Г Пример расчета температуры наружного воздуха переходного периода 83
Приложение Д Пример совмещенных расчетов тепловой мощности систем отопления и вентиляции и потребления энергии здания 86
Заключение 95
Список использованной литературы 96

Введение

Настоящие методические рекомендации разработаны в развитие Сводов правил СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» и СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Настоящие методические рекомендации разработаны в развитие СП 50.13330 и СП 60.13330 в целях корректного определения нормативных показателей по энергопотреблению помещений эксплуатируемых зданий.

Методические рекомендации разрабатываются в развитие требований СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» для реализации проектировщиками требований, заложенных в строительных нормах и правилах, и выполнения более грамотного и рационального проектирования в соответствии с положениями, заложенных в нормах проектирования тепловой защиты зданий.

Документ разработан авторским коллективом: федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (доктор техн. наук Гагарин В.Г., канд. техн. наук, Козлов В.В., канд. техн. наук Неклюдов А.Ю., канд. техн. наук Пастушков П.П.).

1 Область применения

Настоящие методические рекомендации разработаны в целях корректного определения нормативных показателей по энергопотреблению помещений эксплуатируемых зданий, приведенных в СП 50.13330, а также в СП 60.13330.

Нормируемым обязательным показателем энергопотребления общественных и жилых зданий является: удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

2 Нормативные ссылки

В настоящих методических рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие документы:

СП 50.13330.2012. «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»

СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение»

СП 54.13330.2016 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные»

СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»

СП 131.13330.2012. «СНиП 23-01-99* «Строительная климатология»

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

СП 230.1325800.2015. «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»

ГОСТ 7076-99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме»

ГОСТ 24816-2014 «Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности»

ГОСТ 25898-2012 «Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию»

ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»

ГОСТ 31167-2009 «Здания и сооружения Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях»

ГОСТ Р 56733-2015 «Здания и сооружения. Метод определения удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающей конструкции»

3 Термины и определения

В настоящих методических рекомендациях применены термины с соответствующими определениями по СП 50.13330.

4 Общие положения

4.1 Хозяйственная деятельность человека в здании образует потребности в энергии.

Эти потребности в энергии можно классифицировать следующим образом:

– энергетические потребности для обеспечения теплового режима помещений здания;

– энергетические потребности для обеспечения помещений свежим воздухом, а также для удаления загрязненнго (т.е. обеспечение воздушного режима);

– энергетические потребности для обеспечения холодной и горячей водой;

–энергетические потребности для обеспечения приготовления пищи.

4.2 В помещениях жилых зданий создается и поддерживается тепловой и воздушный микроклимат помещений, необходимый для обеспечения жизнедеятельности человека. Такой микроклимат обеспечивается совместным воздействием ограждающих конструкций и инженерных систем отопления и вентиляции.

Например, при проектировании инженерных систем отопления и вентиляции учитывается нетолько климатологическая характеристика района строительства, но и искажающее воздействие ограждающих конструкций на взаимное сообщение наружного климата с микроклиматом помещений зданий.

Такие энергетические потребности образуются в результате принятия конкретных проектных решений и характеризуют энергопотребление здания.

4.3 Энергетические потребности, образуемые системами приготовления пищи и системами холодного и горячего водоснабжения, носят преимущественно субъективный характер, т.е. зависящий от поведения потребителей при осуществлении хозяйственной деятельности.

Такие энергетические потребности характеризуют не энергопотребление здания, а интенсивность хозяйственной деятельности потребителя.

Например, жилое здания без систем горячего и холодного водоснабжения, скорее всего, не отвечает минимальному уровню технической оснащенности современного жилья, однако отсутствие указанных систем энергетически выгодно

как при рассмотрении энергетического баланса хозяйства человека, так и при рассмотрении теплового баланса здания (при включении воздействия от систем ГВС и ХВС в этот баланс). При этом велчина энергетических потребностей этих систем обусловлена только количеством потребителей и их поведением.

4.4 Энергетические потребности, характеризующие энергопотребление здания, исчерпываются такими, которые направлены на поддержание приемлемого теплового и воздушного микроклимата помещений зданий. Такие энергетические потребности будут называться тепловыми потребностями зданий в соответствии с СП 50.13330.

При определении энергопотребления эксплуатируемого здания учитываются полезно используемые тепловые поступления от хозяйственной деятельности потребителей и от солнечной радиации.

При проектировании систем отопления и вентиляции учитывают только регулярные, постоянные тепловые поступления, характерные для помещений даже в самых неблагоприятных климатологических условиях (в расчетном режиме) в соответствии с СП 60.13330.

5 Расчет тепловых потребностей эксплуатируемых зданий

5.1 Метод расчета тепловых потребностей эксплуатируемых зданий

5.1.1 Тепловые потребности жилых, а также общественных зданий определяют с помощью расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в соответствии с СП 50.13330.

5.1.2 Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{от}^{р}$, Вт/(м^3·°С) следует определять по формуле:

$$q_{от}^{р} = k_{об} + k_{вент} - \beta_{пол} \cdot (k_{быт} + k_{рад}), \quad (5.1)$$

где:

$k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м^3 °С), определяется в соответствии с приложением Ж СП 50.13330;

$k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м^3 °С);

$k_{быт}$ – удельная характеристика внутренних теплопоступлений здания, Вт/(м^3 °С);

$k_{рад}$ – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м^3 °С);

$\beta_{пол}$ – коэффициент полезного использования теплопоступлений.

$$\beta_{пол} = K_{рег} / (1 + 0{,}5 \cdot n_{в}) \quad (5.1а)$$

$K_{рег}$ – коэффициент эффективности регулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

$K_{рег}$ = 0,95 – в системе отопления с местными терморегуляторами и с пофасадным авторегулированием на вводе;

$K_{рег}$ = 0,9 – в системе отопления с местными терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе;

$K_{рег}$ = 0,85 – в системе отопления без местных терморегуляторов и с пофасадным авторегулированием;

$K_{рег}$ = 0,8 – в системе отопления с местными терморегуляторами и без авторегулирования на вводе;

$K_{рег}$ = 0,7 – в системе отопления без местных терморегуляторов и с центральным авторегулированием на вводе;

$K_{рег}$ = 0,6 – в системе отопления без местных терморегуляторов и без авторегулирования на вводе.

$n_в$ – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, $ч^{-1}$, см. формулу (5.4).

5.1.3 Удельную вентиляционную характеристику здания, $k_{вент}$, Вт/($м^3$ °С), следует определять по формуле:

$$k_{вент} = 0{,}28 \cdot c \cdot \left(L_{вент} \cdot \rho_в^{вент} \cdot n_{вент} \cdot \left(1 - k_{эф}\right) + G_{инф} \cdot n_{инф}\right) / \left(168 \cdot V_{от}\right), \qquad (5.2)$$

где

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

$\rho_в^{вент}$ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/$м^3$, определяемая по формуле:

$$\rho_в^{вент} = 353 / \left[273 + t_{от}\right], \qquad (5.3)$$

$t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, отопительного периода, принимаемая по СП 13.330 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°С, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10 °С;

$L_{вент}$ – количество приточного воздуха в здание, $м^3$/ч, определяемое в п. 5.1.4 настоящих рекомендаций;

$G_{инф}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание, кг/ч, определяемое в п. 5.1.5 настоящих рекомендаций;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, $м^3$.

$K_{эф}$ – коэффициент эффективности рекуператора.

Коэффициент эффективности рекуператора $k_{эф}$ отличен от нуля в том случае, если:

- средняя воздухопроницаемость квартир жилых и помещений общественных зданий (при закрытых приточно-вытяжных вентиляционных отверстиях) обеспечивает в период испытаний воздухообмен кратностью n_{50}, $ч^{-1}$, при разности давлений 50 Па наружного и внутреннего воздуха при вентиляции – с механическим побуждением $n_{50} \leq 2\ ч^{-1}$;

- кратность воздухообмена зданий и помещений при разности давлений 50 Па и их среднюю воздухопроницаемость определяют по ГОСТ 31167.

5.1.4 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период $n_в$, $ч^{-1}$, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_в = [(L_{вент}\, n_{вент}) / 168 + (G_{инф} \cdot n_{инф}) / (168\ \rho_в^{вент})] / (\beta_v V_{от}) , \quad (5.4)$$

где

$L_{вент}$ – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, $м^3/ч$, равное для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 $м^2$ общей площади на человека – 3 $A_ж$;

б) других жилых зданий – $0{,}35 \cdot h_{эт} \cdot (A_ж)$, но не менее 30 m; где m – расчетное число жителей в здании;

в) общественных и административных зданий определяют согласно подразделу проектной документации «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети» с учетом величины приточного воздуха для формирования воздушного режима при использовании систем рециркуляции, либо согласно приложению К «Минимальный расход, $м^3/ч$, наружного воздуха на одного человека» СП 60.13330 с учетом количества человек в помещениях;

$A_ж$; $A_р$ – для жилых зданий – площадь жилых помещений ($A_ж$), к которым относятся спальни, детские, гостиные, кабинеты, библиотеки, столовые, кухни-столовые; для общественных и административных зданий – расчетная площадь

(A_p), определяемая согласно СП 117.13330 как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, внутренних открытых лестниц и пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м^2;

$h_{эт}$ – высота этажа от пола до потолка, м;

$n_{вент}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 – число часов в неделе;

$G_{инф}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода, определяемое согласно 5.1.5 настоящих рекомендаций; для общественных зданий – воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать для общественных зданий в нерабочее время в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным $0{,}1\beta_v V_{общ}$, от четырех до девяти этажей – $0{,}15\beta_v V_{общ}$, выше девяти этажей – $0{,}2\beta_v V_{общ}$, где $V_{общ}$ – отапливаемый объем общественной части здания;

$n_{инф}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий с сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и (168 – $n_{вент}$) для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м^3;

$\rho_в^{вент}$ – то же, что и в формулах (5.2) и (5.3);

β_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций.

При отсутствии данных принимать $\beta_v = 0{,}85$.

В случаях, когда здание состоит из нескольких зон с различным воздухообменом, средние кратности воздухообмена находятся для каждой зоны в отдельности (зоны, на которые разделено здание, должно составлять весь

отапливаемый объем).

Все полученные средние кратности воздухообмена суммируются и суммарный коэффициент подставляется в формулы (5.2) и (5.4) для расчета удельной вентиляционной характеристики здания и средней кратности воздухообмена за отопительный период.

5.1.5 Количество инфильтрующегося воздуха, поступающего в лестничную клетку жилого здания или в помещения общественного здания через неплотности заполнений проемов, полагая, что все они находятся на наветренной стороне, следует определять по формуле

$$G_{инф} = \left(A_{ок} / R^{тр}_{и,ок}\right) \cdot \left(\Delta p_{ок} / 10\right)^{2/3} + \left(A_{дв} / R^{тр}_{и,дв}\right) \cdot \left(\Delta p_{дв} / 10\right)^{1/2}, \qquad (5.5)$$

где

$A_{ок}$ и $A_{дв}$ – соответственно суммарная площадь окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м^2;

$R^{тр}_{и,ок}$ и $R^{тр}_{и,дв}$ – соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей, м^2·ч/кг;

$\Delta p_{ок}$ и $\Delta p_{дв}$ – соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, определяют по формуле (5.5а); для окон и балконных дверей с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычислением удельного веса по формуле (5.5б) при температуре воздуха равной $t_{от}$.

10 – номинальный перепад давления, при котором должны испытываться окна и двери на воздухопроницаемость, Па.

Разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций Δp, Па, следует определять по формуле:

$$\Delta p = 0{,}55\, H\, (\gamma_н - \gamma_в) + 0{,}03\, \gamma_н v^2, \qquad (5.5а)$$

где

H – высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м;

$\gamma_н$, $\gamma_в$ – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха,

Н/м^3, определяемый по формуле

$$\gamma = 3463 \,/(273 + t), \qquad (5.5б)$$

t – температура воздуха: внутреннего (для определения $\gamma_в$) – принимается согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.2645; наружного (для $\gamma_н$) – принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330;

v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая по таблице 1* СП 131.13330.

Для общественных зданий в нерабочее время – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным $0{,}1\beta_v V_{общ}$, от четырех до девяти этажей – $0{,}15\beta_v V_{общ}$, выше девяти этажей – $0{,}2\beta_v V_{общ}$, где $V_{общ}$ – отапливаемый объем общественной части здания.

Для лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ) жилых зданий – количество инфильтрующегося воздуха, поступающего через неплотности заполнения проемов; допускается принимать в зависимости от этажности здания: до трех этажей – равным $0{,}3\beta_v V_{ЛЛУ}$, от четырех до девяти этажей – $0{,}45\beta_v V_{ЛЛУ}$, выше девяти этажей – $0{,}6\beta_v V_{ЛЛУ}$, где $V_{ЛЛУ}$ – отапливаемый объем лестнично-лифтовых холлов здания.

Для ЛЛУ без поэтажных выходов на балконы количество инфильтрующегося воздуха, полученное по упрощенным формулам следует уменьшать в 2 раза.

5.1.6 Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания, $k_{быт}$, Вт/(м^3 °С), следует определять по формуле:

$$k_{быт} = \frac{q_{быт} \cdot A_{ж}}{V_{от} \cdot (t_в - t_{от})}, \qquad (5.6)$$

где

$q_{быт}$ – величина бытовых тепловыделений на 1 м^2 площади жилых помещений $A_{ж}$ или расчетной площади общественного здания $A_{р}$, Вт/м^2, принимаемая для:

а) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир менее 20 м^2 общей площади на человека $q_{быт}$ = 17 Вт/м^2;

б) жилых зданий с расчетной заселенностью квартир 45 м^{2}общей площади и более на человека $q_{быт}$ = 10 Вт/м^2;

в) других жилых зданий – в зависимости от расчетной заселенности квартир по интерполяции величины $q_{быт}$ между 17 и 10 Вт/м^2;

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/ м^2) с учетом рабочих часов в неделю;

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий по ГОСТ 30494 (в интервале 16 – 22 °С), либо по нормам проектирования соответствующих зданий;

$t_{от}$ – то же что и в формуле (5.3), °С;

$A_{ж}$ – то же, что и в 5.1.4.

5.1.7 Удельную характеристику теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $k_{рад}$, Вт/(м^3 °С), следует определять по формуле:

$$k_{рад} = \frac{11,6 \cdot Q_{рад}^{год}}{(V_{от} \cdot ГСОП)}, \qquad (5.7)$$

где

$Q_{рад}^{год}$ – теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по методике СП «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты».

Суммарные теплопоступления $Q_{рад}^{от}$ через окна, расположенные на фасадах,

ориентированных по направлениям j, и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, определяются по формуле:

$$Q_{рад}^{ОП} = \sum_{j}^{J} [I_j^{вер} \cdot \sum_{l=1}^{L} g_{jl} \cdot \tau_{2jl} \cdot A_{jl}] + I^{гор} \cdot \sum_{y=1}^{Y} g_{фон} \cdot \tau_{2фон} \cdot A_{фон}, \quad (5.8)$$

где

$I_j^{вер}$ – суммарная радиация за отопительный период для вертикальной поверхности, ориентированной по направлению j, МДж/год·м^2;

$I_{гор}$ – суммарная радиация за отопительный период для горизонтальной поверхности, МДж/год·м^2;

A_{jl}, $A_{фон}$ – площадь окон, ориентированных по направлению j, и зенитных фонарей, соответственно, м^2;

g_{jl}, $g_{фон}$ – коэффициенты общего пропускания солнечной энергии для окон, ориентированных по направлению j, и зенитных фонарей, соответственно, определяемые как сумма коэффициента прямого пропускания солнечной энергии и коэффициента вторичной теплопередачи внутрь помещения, отн. ед.; мансардные окна с углом наклона к горизонту 45^0 и более следует считать как вертикальные окна, с углом наклона менее 45^0 – как зенитные фонари, определяемые экспериментально или по приложению Д СП «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты», либо с помощью Пособия по расчетам теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период;

τ_{2jl}, $\tau_{2фон}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон и зенитных фонарей, соответственно, непрозрачными элементами заполнения, рассчитываемые по формуле:

$$\tau_2 = \frac{1}{A_0} \sum A_i \cdot \left\{ K_{пі} + \frac{\beta_i \cdot \rho \cdot (1 - K_{пі})^2}{2 - \rho \cdot [K_{пі} \cdot (2 + \beta_i) - \beta_i]} \right\}_j, \quad (5.9)$$

где β_i – индекс i-той ячейки переплета, отн.ед.; для переплета прямоугольной формы $\beta_i = 2a_i b_i / d_i \sqrt{\pi}(a_i + b_i)$, для переплета круглой формы $\beta_i = r_i / d_i$; d_i – толщина i-той ячейки переплета, м;

r_i – радиус ячейки переплета, м;

A_0 – площадь оконного блока по наружному обмеру, м^2;

$A_i = a_i \cdot b_i$ – площадь i-той ячейки в свету, м^2;

a_i, b_i – ширина и высота i-той ячейки в свету, м;

$K_{Гi}$ – составляющая коэффициента светопередачи, зависящая от геометрических размеров ячейки переплета.

$$K_{\text{П}} = 0{,}25\left[\sqrt{\left(1/\beta_i\right)^2 + 4} - \left(1/\beta_i\right)\right]^2. \qquad (5.9а)$$

Также коэффициенты $\tau_{2\,jl}$, $\tau_{2\,фон}$ могут быть определены согласно Пособию по расчетам теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период по упрощенной формуле (5.10).

$$\tau_{2\,jl} = \frac{1}{A_0}\sum_{l'=1}^{L'}\left[A_{l'} \cdot (1 - \frac{2(1-\rho_i)}{\beta_i(2-\rho_i)})\right]. \qquad (5.10)$$

Суммарная (прямая плюс рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность (покрытие, зенитные фонари) $I_{гор}$, МДж/год·м^2, при действительных условиях облачности за отопительный период для климатического района строительства определяется по формуле:

$$I^{гор} = \sum_{i=1}^{m} I_i^{гор}, \qquad (5.11)$$

где

$I_i^{гор}$ – суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверх-ность при действительных условиях облачности для i-того месяца отопительного периода, МДж/год·м^2, принимается по данным таблицы 1.10 «Научно-прикладного справочника по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные». Части 1–6, вып. 1–34. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1989–1998;

m – число месяцев отопительного периода со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 8 °С.

Суммарная (прямая, рассеянная и отраженная) солнечная радиация на вертикальную поверхность (стены и окна) $I_j^{вер}$, МДж/год·м^2, при действительных

условиях облачности за отопительный период определяется по формуле:

$$I_j^{вер} = \sum_{i=1}^{m} I_i^{вер} = \sum_{i=1}^{m} (S_{ji}^{вер} + D_i^{вер} + R_i^{вер}) = \sum_{i=1}^{m} (S_i^{гор} k_{ji} + D_i^{гор} / 2 + I_i^{гор} \cdot A_{ki} / 200), \quad (5.12)$$

где

$S_{ji}^{вер}$ – прямая солнечная радиация на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в *i*-том месяце отопительного периода для *j*-й ориентации, МДж/м^2, определяется с учетом коэффициента пересчета с горизонатльной поверхности на вертикальную $K_{ГВ\ ji}$ согласно Пособию по расчетам теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации за отопительный период;

$D_i^{вер}$, $R_i^{вер}$ – рассеянная и отраженная солнечная радиация на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в *i*-том месяце отопительного периода, МДж/м^2;

$S_i^{гор}$, $D_i^{гор}$ – прямая и рассеянная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности в *i*-том месяце отопительного периода, МДж/м^2, принимаются по данным таблиц 1.8, 1.9 «Научно-прикладного справочника по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные». Части 1–6, вып. 1–34. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1989–1998;

m – то же, что и в формуле (5.11);

A_{ki} – альбедо поверхности земли в *i*-м месяце отопительного периода, %, принимается по данным таблицы 1.10 «Научно-прикладного справочника по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные». Части 1–6, вып. 1–34. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 1989–1998;

k_{ji} – коэффициент пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную *i*-го месяца отопительного периода для *j*-й ориентации, принимается по данным Приложения ЕСП «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты».

5.1.8 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период *q*, кВт ч/(м^{3}год) или, кВт ч/(м^{2}год) следует

определять по формулам:

$$q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^{р}, \quad \text{кВт ч/(м}^3\text{год)} \tag{5.13}$$

$$q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^{р} \cdot h, \quad \text{кВт ч/(м}^2\text{год)} \tag{5.13а}$$

где

$q_{от}^{р}$ – то же, что в 5.1.2 настоящих рекомендаций;

h – средняя высота этажа здания, м, равная $V_{от}/A_{от}$;

$A_{от}$ – сумма площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м^2, за исключением технических этажей и гаражей;

$V_{от}$ – то же, что в 5.1.4

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{от}^{год}$, кВт ч/год следует определять по формуле:

$$Q_{от}^{год} = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от}^{р}. \tag{5.14}$$

5.1.9 Общие теплопотери здания за отопительный период $Q_{общ}^{год}$, кВт ч/год, следует определять по формуле:

$$Q_{общ}^{год} = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}). \tag{5.15}$$

где

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), °С·сут/год, определяют по формуле:

$$ГСОП = (t_в - t_{от}) \cdot z_{от}, \tag{5.16}$$

$z_{от}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут./год, отопительного периода, принимаемые по СП для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8 °С, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10 °С;

$V_{от}$ – то же, что в 5.1.4 настоящих рекомендаций;

$k_{об}$, $k_{вент}$ – то же, что в 5.1.2 настоящих рекомендаций.

5.1.10 Особенности коррекции расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию при определении тепловых

потребностей эксплуатируемого жилого здания представлены в 6.1 настоящих рекомендаций.

5.2 Метод расчета тепловых потребностей эксплуатируемых зданий индивидуально по помещениям

5.2.1 Современное здание может представлять собой сложную совокупность помещений, заключенных в конструкции со сложной геометрией. При этом тепловой и воздушный режимы в этих помещениях может обеспечивать сложный набор инженерных систем.

При определении характеристик тепловой защиты зданий можно допустить ряд погрешностей, которые окажутся негативно влияющими на расчет тепловых потерь [9, 11, 12], т.к. при дальнейшем проектировании систем отопления можно выбрать некорректные величины тепловых потоков и перегрев/недогрев отдельных помещений в связи с этим.

Для эффективного применения инженерных систем необходимо верно определить набор тепловых потребностей, характерных для каждого помещения, и собственно набор применяемых инженерных систем.

Расчеты трансмиссионных и вентиляционных тепловых потерь представляют сложную задачу, для разрешения который в настоящих рекомендациях используется матричный метод, который также учитывает передовые методики определения различных теплофизических и теплоэнергетических характеристик здания.

5.2.2 В соответствии с СП 60.13330 основные составляющие тепловой нагрузки систем отопления и вентиляции могут быть представлены в виде модели со сосредоточенными параметрами.

Если представить набор тепловых потоков, образуемых различными факторами, независимо для каждого помещения, то тепловую нагрузку на системы отопления и вентиляции можно записать в виде алгебраической суммы матриц (5.17).

$$\boldsymbol{Q}^{p}_{сов} = \begin{pmatrix} Q^{p}_{сов\ 1} \\ Q^{p}_{сов\ 2} \\ Q^{p}_{сов\ 3} \\ \dots \\ Q^{p}_{сов\ n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q^{p}_{со\ 1} \\ Q^{p}_{со\ 2} \\ Q^{p}_{со\ 3} \\ \dots \\ Q^{p}_{со\ n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Q^{p}_{св\ 1} \\ Q^{p}_{св\ 2} \\ Q^{p}_{св\ 3} \\ \dots \\ Q^{p}_{св\ n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_{тр\ 1} \\ Q_{тр\ 2} \\ Q_{тр\ 3} \\ \dots \\ Q_{тр\ n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Q_{неорг.вент\ 1} \\ Q_{неорг.вент\ 2} \\ Q_{неорг.вент\ 3} \\ \dots \\ Q_{неорг.вент\ n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Q_{мтс\ 1} \\ Q_{мтс\ 2} \\ Q_{мтс\ 3} \\ \dots \\ Q_{мтс\ n} \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Q_{\sum б\ 1} \\ Q_{\sum б\ 2} \\ Q_{\sum б\ 3} \\ \dots \\ Q_{\sum б\ n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Q_{орг.вент\ 1} \\ Q_{орг.вент\ 2} \\ Q_{орг.вент\ 3} \\ \dots \\ Q_{орг.вент\ n} \end{pmatrix}. \quad (5.17)$$

Все помещения здания в выражении (5.17) имеют свой порядковый номер – номер строки.

Таким образом, матричный метод для расчета максимальной нагрузки на системы отопления и вентиляции – метод, который использует матрицы для представления наборов характеристик, определяющих соответствующие тепловые потоки, при этом операции над характеристиками определены как стандартные операции над матрицами, используемые в линейной алгебре, а также операция нахождения максимума. Под стандартными операциями над матрицами понимают следующие действия: сложение матриц; умножение матрицы на число (скаляр); произведение матриц. Определение тепловой мощности систем отопления и вентиляции с помощью матричного метода для каждого помещения производится отдельно и одновременно.

Алгоритм расчета тепловых потерь в общем виде можно представить в матричной форме:

$$Q^{p}_{сов} = \Delta T_{в} \cdot (H_{т} + H_{в} + H_{тт}) - C_{в} \cdot N. \quad (5.18)$$

Основные результаты расчетов в соответствии с матричным методом – векторы, т.е. матрицы, состоящие из единственного столбца (строки).

При необходимости, например, в случае сопряжения расчетов по определению тепловой нагрузки и воздухообменов, помещения можно также разбить на зоны. Тогда в качестве элементов матриц можно использовать тепловые потоки, вызываемые рассматриваемыми факторами, в пределах зон помещения, а последовательности (вектор-столбцы) будут строиться согласно разбивке здания на зоны помещений. Также возможен совмещенный случай (зоны помещений и помещения при симметрической разности множеств этих

помещений), в зависимости от набора решаемых задач.

В настоящих рекомендациях рассматриваются вопросы расчета тепловой нагрузки систем отопления и вентиляции. Энергетические потребности для систем кондиционирования воздуха, обеспечивающих холодный период года могут быть осложнены необходимостью увлажнять воздух. Также при наличии значительных теплоизбытков их ассимиляция может быть реализована с помощью снижения температуры приточного воздуха (при 100% компенсации трансмиссионной и инфильтрационной составляющих тепловых потерь системами отопления). Сложный случай также образуется при использовании систем воздушного отопления, т.к. при этом на такие системы определяется совокупная нагрузка трансмиссионной и вентиляционной составляющих тепловых потерь. Однако во всех указанных случаях до проведения расчетов на ассимиляцию различных вредностей и выбора применяемого набора инженерных систем следует понимать, что все составляющие теплового баланса, в т.ч. вентиляционные тепловые потери должны быть скомпенсированы.

С учетом формулы (5.18) различные компоненты тепловых потерь связаны с одинаковой разностью температуры наружного и внутреннего воздуха (для каждого помещения соответственно). Тогда выражение для тепловых потерь в расширенном виде может быть представлено в виде:

$$Q_{пот} = \Delta T_в \cdot \left(H_t + H_v\right) = \begin{pmatrix} (t_{в1} - t_н)_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & (t_{в2} - t_н)_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & (t_{в3} - t_н)_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & (t_{вn} - t_н)_n \end{pmatrix} \cdot \left[\begin{pmatrix} H_{1(t)} \\ H_{2(t)} \\ H_{3(t)} \\ \dots \\ H_{n(t)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} H_{1(v)} \\ H_{2(v)} \\ H_{3(v)} \\ \dots \\ H_{n(v)} \end{pmatrix} \right]. \quad (5.19)$$

Трансмиссионные и вентиляционные потоки теплоты для всех помещений здания являются результатом умножения матрицы разностей температуры наружного и внутреннего воздуха помещений $\Delta T_в$ на сумму вектор-столбцов удельной теплопередачи помещений H_t и удельных тепловых потребностей для обеспечения воздушного режима помещений H_v.

5.2.3 Тепловые потери засчет теплопередачи через ограждающие

конструкции являются существенной частью теплового баланса здания. Эти потери обусловлены разницей температуры внутри помещений здания и снаружи (либо между внутренними помещениями), а также теплофизическими свойствами строительных конструкций. Расчет этой составляющей является важной задачей: как внутри системы расчетов, так и для проектирования зданий в целом.

5.2.4 Расчет трансмиссионных тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции выполняют следующим образом.

Коэффициент теплопередачи применительно ко всему помещению, т.е. со всем характерным набором ограждающих конструкций, можно представить при замене относительных геометрических и количественных характеристик элементов этих ограждений a_i, l_j, n_k по СП 50.13330 с учетом СП 230.1325800.2015 на абсолютные значения A_i, L_j, N_k.

Базовая формула для оценки удельной теплопередачи через совокупность ограждений помещения может быть представлена в виде:

$$H_{n(t)} = \sum (K_i \cdot A_i)_n = \left[\Sigma (A_i \cdot U_i) + \Sigma (L_j \cdot \psi_j) + \Sigma (N_k \cdot \chi_k)\right]_n , \qquad (5.20)$$

где

$H_{n(t)}$ – удельная теплопередача n-го помещения, Вт/°С,

A_i – площадь плоского элемента конструкции i-го вида, м^2;

L_j – протяженность линейной неоднородности j-го вида, м;

N_k – количество точечных неоднородностей k-го вида, шт.

Тогда, традиционная формула для расчета потока теплоты через ограждающие конструкции применительно для n-ного помещения целиком принимает вид:

$$Q_{mp\ n} = \sum (K_i \cdot A_i)_n \cdot (t_{en} - t_n) \cdot (1 + \Sigma\beta_i)_n = H_{n(t)} \cdot (t_{en} - t_n) \cdot (1 + \Sigma\beta_i)_n . \qquad (5.21)$$

Множитель $(1+\Sigma\beta_i)_n$, учитывающий различные добавочные тепловые потери, обеспечивающие корректный расчет, будет изъят для последующей актуализации системы поправочных коэффициентов. Итак, для каждого n-го помещения можно рассчитать трансмиссионный поток теплоты Q_{mp}, Вт, по формуле:

$$Q_{mp\,n} = H_{n(t)} \cdot (t_{в\,n} - t_н)\,. \qquad (5.22)$$

Для современных зданий со сложной структурой и смешанным функциональным назначением расчет удельной теплопередачи помещений, а также потоков теплоты через ограждающие конструкции, в т. ч. по формулам (5.20) и (5.22), для всех помещений представляет собой многодельную задачу, требующую особой тщательности от инженера-проектировщика, т.к. набор теплопроводных элементов в каждом помещений здания может быть уникальным. Решение такой задачи может быть реализовано с помощью произведения матриц параметров, образующих тепловые потоки через ограждающие конструкции.

Последовательность значений трансмиссионных потоков теплоты для всех помещений здания можно представить в виде вектора-столбца:

$$\boldsymbol{Q}_{тр} = \begin{pmatrix} Q_{тр\,1} \\ Q_{тр\,2} \\ Q_{тр\,3} \\ \dots \\ Q_{тр\,n} \end{pmatrix} \qquad (5.23)$$

Для получения матрицы, представляющей собой вектор-столбец (5.23), координаты которого являются трансмиссионными потерями теплоты помещений здания, необходимо выполнить операцию умножения матриц:

$$\boldsymbol{Q}_{тр} = \boldsymbol{\Delta T} \cdot \boldsymbol{H}_t = \begin{pmatrix} (t_{в_1} - t_н)_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & (t_{в_2} - t_н)_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & (t_{в_3} - t_н)_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & (t_{в_n} - t_н)_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H_{1(t)} \\ H_{2(t)} \\ H_{3(t)} \\ \dots \\ H_{n(t)} \end{pmatrix}. \qquad (5.24)$$

Чтобы определить значения удельной теплопередачи $H_{n(t)}$ для каждого помещения, необходимо выполнить операцию умножения матриц:

$$H_t = C_t \cdot F = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1i} & L_{11} & L_{12} & \dots & L_{1j} & N_{11} & N_{12} & \dots & N_{1k} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2i} & L_{21} & L_{22} & \dots & L_{2j} & N_{21} & N_{22} & \dots & N_{2k} \\ A_{31} & A_{32} & \dots & A_{3i} & L_{31} & L_{32} & \dots & L_{3j} & N_{31} & N_{32} & \dots & N_{3k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{ni} & L_{n1} & L_{n2} & \dots & L_{nj} & N_{n1} & N_{n2} & \dots & N_{nk} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} n_1 U_1 \\ n_2 U_2 \\ \dots \\ n_m U_i \\ \psi_1 \\ \psi_2 \\ \dots \\ \psi_j \\ \chi_1 \\ \chi_2 \\ \dots \\ \chi_k \end{pmatrix}. \quad (5.25)$$

Количество строк в матрицах C_t, H_t, $Q_{тр}$, ΔT – количество помещений здания, равное n. Каждая строка матрицы C_t является набором геометрических и количественных характеристик всех типов элементов для соответствующего n-го помещения здания.

В практике проектирования распространен случай, когда ограждение можно классифицировать как условно наружное: перекрытия над неотапливаемыми подвалами, чердачные перекрытия, участки наружных стен, расположенные за остекленными лоджиями и балконами. В этих случаях пространства образующихся помещений: чердаков, подвалов, лоджий и балконов – являются с точки зрения теплопередачи своеобразными воздушными прослойками. Это означает, что температура воздуха в этих пространствах может отклоняться от величины температуры наружного воздуха. Чтобы учесть это отклонение, используется величина n_m согласно формуле (5.26) являющейся отношением разности температуры воздуха внутри рассматриваемого n-ного помещения и воздуха в неотапливаемом пространстве, образованном соответствующим(и) ограждением(ями), к разности температуры воздуха внутри этого рассматриваемого n-ного помещения и наружного воздуха:

$$n_m = \frac{t_{в_n} - t_{в_m}}{t_{в_n} - t_н}. \quad (5.26)$$

При этом, если для чердачных перекрытий и перекрытий над

неотапливаемым подвалами этот учет важен во всех случаях, то для остекленных балконов и лоджий коэффициент n_m должен применяться лишь в тех случаях, где исключена возможная перепланировка помещений, примыкающих к балконам и лоджиям, в результате которой эти балконы и лоджии становятся частью внутренних помещений. Т.к. в таких случаях фактические тепловые потери через ограждающие конструкции могут оказаться недооценены.

5.2.5 Для корректного расчета теплопередачи через конструкции помещений, помимо наружных ограждений, необходимо учесть возможные потери теплоты через внутренние ограждения: для подбора отопительных приборов помещений эти величины могут оказываться весьма существенными [7]. Согласно СП 60.13330, тепловые потоки через внутренние ограждения подлежат учету только в том случае, если разница температуры воздуха рассматриваемого помещения и воздуха помещения за рассматриваемым внутренним ограждением превышает 3 °С.

Для расчета трансмиссионных тепловых потоков через внутренние ограждения необходимо выполнение операций, аналогичных рассмотренным в пункте 5.2.4 настоящих рекомендаций, с формированием матриц $\tilde{C}_t$, $\tilde{F}$, $\tilde{H}_t$, $\Delta\tilde{T}$, $\tilde{Q}_{тр}$, аналогичных матрицам $\boldsymbol{C_t}$, $\boldsymbol{F}$, $\boldsymbol{H_t}$, $\boldsymbol{\Delta T}$, $\boldsymbol{Q_{тр}}$ соответственно; см. формулы (5.27), (5.28) и (5.29).

Кроме того, для внутренних ограждений, допустимо не учитывать линейные и точечные теплопроводные включения. Это допущение возможно ввиду наличия сравнительно небольших значений температурных напоров, имеющих место между разделяемыми рассматриваемым ограждением помещениями.

$$\tilde{Q}_{тр} = \begin{pmatrix} \tilde{Q}_{тр\,1} \\ \tilde{Q}_{тр\,2} \\ \tilde{Q}_{тр\,3} \\ \dots \\ \tilde{Q}_{тр\,n} \end{pmatrix} = \Delta\tilde{T} \cdot \tilde{H}_t = \begin{pmatrix} 0 & (t_{в_1} - t_{в_2})_1 & (t_{в_1} - t_{в_3})_1 & \dots & (t_{в_1} - t_{в_n})_1 \\ (t_{в_2} - t_{в_1})_1 & 0 & (t_{в_2} - t_{в_3})_2 & \dots & (t_{в_2} - t_{в_n})_2 \\ (t_{в_3} - t_{в_1})_1 & (t_{в_3} - t_{в_2})_2 & 0 & \dots & (t_{в_3} - t_{в_n})_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ (t_{в_n} - t_{в_1})_1 & (t_{в_n} - t_{в_2})_2 & (t_{в_n} - t_{в_3})_3 & \dots & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{H}_{1(t)} \\ \tilde{H}_{2(t)} \\ \tilde{H}_{3(t)} \\ \dots \\ \tilde{H}_{n(t)} \end{pmatrix} \quad (5.27)$$

$$\tilde{H}_t = \tilde{C}_t \cdot \tilde{F} = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \dots & \tilde{A}_{1i} \\ \tilde{A}_{21} & \tilde{A}_{22} & \dots & \tilde{A}_{2i} \\ \tilde{A}_{31} & \tilde{A}_{32} & \dots & \tilde{A}_{3i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{A}_{n1} & \tilde{A}_{n2} & \dots & \tilde{A}_{ni} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \tilde{U}_1 \\ \tilde{U}_2 \\ \dots \\ \tilde{U}_i \end{pmatrix}. \quad (5.28)$$

Величина $(t_{в_n} - t_{в_{n-1}})_n$ записывается в матрицу разниц температур $\Delta\tilde{T}$ как ненулевая только в случае, если она удовлетворяет условию пункта 6.2.2 СП 60.13330, т.е. она составляет 4°С и больше.

В случае, если помещение имеет несколько различных типов внутренних ограждающих конструкций, через которые имеет место теплопередача с различным потенциалом – разностью температуры воздуха, разделенного ограждением; необходимо построение дополнительного ряда матриц,которые будут учитывать ограждения с отличными структурами. В этом случае фактически дополнительные матрицы $\tilde{C}_t$ и аналогичные будут записываться в виде вектор-столбцов вида:

$$\tilde{C}_t = \begin{pmatrix} \tilde{A}_1 \\ \tilde{A}_2 \\ \tilde{A}_3 \\ \dots \\ \tilde{A}_n \end{pmatrix}. \quad (5.29)$$

Допустимо в матрицу удельных потоков теплоты $\tilde{F}$ вводить весовые коэффициенты, которые позволят корректировать удельную теплопередачу через внутренние ограждения $\tilde{H}_{n(t)}$, Вт/°С, для каждого *n*-го помещения. Это необходимо, чтобы не переразмерить тепловые потоки, образующиеся засчет теплопередачи через внутренние ограждающие конструкции. За базовую величину, в этом случае, следует принять наиболее встречающийся перепад температуры между внутренними ограждениями.

В общем случае может потребоваться формирование нескольких комплектов дополнительных матриц, учитывающих трансмиссионные тепловые потери через внутренние ограждения. В таком случае, можно рекомендовать

второй способ проведения расчетов, а именно: внедрение поправочные весовых величин. В работе [7] был рассмотрен сложный практический случай: количество внутренних ограждений, для которых необходим расчет, не превысило 3 штук, а количество типов внутренних ограждений, для которых был характерен перепад температуры в 4 °С и больше, составило 2. Это означает, что для расчета тепловых потерь через внутренние ограждения понадобилось бы формирование двух комплектов матриц. В практике оказалось достаточным формирование одного набора матриц, аналогичных матрицам согласно формулам (5.28) и (5.29) и введение в единичном случае необходимой поправки.

5.2.6 Результирующие трансмиссионные потери теплоты будут представлены суммой матриц трансмиссионных потерь теплоты через наружные ограждения и через внутренние ограждения:

$$\boldsymbol{Q}_{\sum mp} = \boldsymbol{Q}_{mp} + \tilde{\boldsymbol{Q}}_{mp} . \tag{5.30}$$

Формула (5.30) может быть записана в подробном виде:

$$\boldsymbol{Q}_{\sum mp} = \begin{pmatrix} Q_{\sum mp_1} \\ Q_{\sum mp_2} \\ Q_{\sum mp_3} \\ \cdots \\ Q_{\sum mp_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_{mp_1} \\ Q_{mp_2} \\ Q_{mp_3} \\ \cdots \\ Q_{mp_n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \tilde{Q}_{mp_1} \\ \tilde{Q}_{mp_2} \\ \tilde{Q}_{mp_3} \\ \cdots \\ \tilde{Q}_{mp_n} \end{pmatrix} . \tag{5.31}$$

5.2.7 Для определения вентиляционной составляющей тепловых потерь, которая характеризует потребности помещений в тепловой энергии для создания воздушного режима при наиболее неблагоприятных климатических условиях (при расчетной температуре для систем отопления и вентиляции), необходимо выполнить расчет собственно вентиляционного и инфильтрационного компонентов этих тепловых потерь, а также в некоторых случаях произвести их сравнение: при естественных системах вентиляции в тепловой баланс войдет большая из расчетных величин инфильтрации и нормируемого притока.

Базовая формула для определения количества теплоты, необходимого для подогрева воздуха, поступающего в помещения, имеет вид:

$$Q_{вент} = \sum G_i \cdot (t_в - t_н) \cdot 0{,}28 \cdot c = \sum \frac{L_i}{\rho} \cdot (t_в - t_н) \cdot 0{,}28 \cdot c \,. \quad (5.32)$$

Для тепловых потерь засчет вентиляции помещений результатом применения матричного метода является построение матрицы $\boldsymbol{Q_{вент}}$ (5.33), члены которой представляют тепловые потребности помещений для формирования воздушного режима:

$$\boldsymbol{Q}_{вент} = \begin{pmatrix} Q_{вент\ 1} \\ Q_{вент\ 2} \\ Q_{вент\ 3} \\ \dots \\ Q_{вент\ n} \end{pmatrix}. \quad (5.33)$$

В общем случае матрица $\boldsymbol{Q_{вент}}$ (5.33) является сумма произведений:

$$\boldsymbol{Q}_{вент} = \Delta T \cdot H_{v,инф} + \Delta T_{пр} \cdot H_{v,вент} = \begin{pmatrix} (t_{в_1} - t_н)_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & (t_{в_2} - t_н)_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & (t_{в_3} - t_н)_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & (t_{в_n} - t_н)_n \end{pmatrix} \times \quad (5.34)$$

$$\times \begin{pmatrix} H_{1(v,инф)} \\ H_{2(v,инф)} \\ H_{3(v,инф)} \\ \dots \\ H_{n(v,инф)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} (t_{пр_1} - t_н)_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & (t_{пр_2} - t_н)_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & (t_{пр_3} - t_н)_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & (t_{пр_n} - t_н)_n \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H_{1(v,вент)} \\ H_{2(v,вент)} \\ H_{3(v,вент)} \\ \dots \\ H_{n(v,вент)} \end{pmatrix}.$$

В настоящей работе рассматриваются помещения жилых и общественных зданий, для которых изначально принимается равенство температуры приточного и внутреннего воздуха помещений. Исходя из этого, матрица разностей температуры приточного для организованных вентиляционных систем и наружного воздуха примет вид:

$$\boldsymbol{\Delta T}_{пр} = \boldsymbol{\Delta T} \,. \quad (5.35)$$

В случае, когда температура приточного воздуха меньше, чем температура воздуха помещения, это означает, что полностью или частично тепловые избытки, имеющиеся в помещении, расходуются для обеспечения тепловых потребностей, необходимых для формирования воздушного режима, а использование

представленных формул также корректно при результирующем учете внутренних тепловыделений.

В случае, когда температура приточного воздуха больше, чем температура воздуха помещения, это означает, что организованная система вентиляции совмещена с системой воздушного отопления, с помощью которой компенсируются трансмиссионные тепловые потери. В таком случае, во избежание коллизий и для того, чтобы не отягощать расчет составляющей тепловых потерь через ограждающие конструкции дополнительными поправками, при расчете вентиляционной составляющей следует использовать также матрицу $\boldsymbol{\Delta T}$. Таким образом, вентиляционная составляющая должна характеризовать тепловые потребности, необходимые для формирования воздушного режима, а уже результирующие энергетические затраты систем вентиляции формируются с учетом иных компонентов теплового баланса: внутренних и солнечных тепловых поступлений, а также теплопотерь через оболочку при совмещении систем отопления и вентиляции.

Для настоящих расчетов не предполагается учет расхода воды и энергии для систем увлажнения воздуха, относимых исключительно к вопросам водопотребления в системах кондиционирования воздуха.

В связи с вышеизложенным, удельные тепловые потребности, необходимые для формирования воздушного режима, могут быть представлены с помощью формулы:

$$\boldsymbol{H}_{v} = \begin{pmatrix} H_{1(v)} \\ H_{2(v)} \\ H_{3(v)} \\ \dots \\ H_{n(v)} \end{pmatrix} = \boldsymbol{H}_{v,инф} + \boldsymbol{H}_{v,вент} = \left[\begin{pmatrix} H_{1(v,инф)} \\ H_{2(v,инф)} \\ H_{3(v,инф)} \\ \dots \\ H_{n(v,инф)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} H_{1(v,вент)} \\ H_{2(v,вент)} \\ H_{3(v,вент)} \\ \dots \\ H_{n(v,вент)} \end{pmatrix} \right]. \quad (5.36)$$

При совместном рассмотрении инфильтрационной и собственно вентиляционной составляющих матрица $\boldsymbol{H}_v$ (5.36) рассчитывается на основании произведения матрицы массовых расходов воздуха $\boldsymbol{G}$ на число s:

$$\boldsymbol{H}_{v} = \boldsymbol{G} \cdot s = \begin{pmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ \dots \\ G_n \end{pmatrix} \cdot \frac{1000}{3600} \cdot c \,. \qquad (5.37)$$

Матрица $\boldsymbol{G}$ определяется в зависимости от расчетного количества воздуха систем вентиляции с учетом технологий устройства этих систем вентиляции и свойств ограждающих конструкций. В общем случае матрица $\boldsymbol{G}$ определяется как сумма векторов-столбцов $\boldsymbol{G}_{вент}$ и $\boldsymbol{G}_{инф}$ согласно формуле:

$$\boldsymbol{G} = \boldsymbol{G}_{вент} + \boldsymbol{G}_{инф} = \begin{pmatrix} G_{вент\,1} \\ G_{вент\,2} \\ G_{вент\,3} \\ \dots \\ G_{вент\,n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} G_{инф\,1} \\ G_{инф\,2} \\ G_{инф\,3} \\ \dots \\ G_{инф\,n} \end{pmatrix}. \qquad (5.38)$$

При использовании рециркуляции количество приточного воздуха, которое нуждается в подогреве, может оказаться меньше общего количества воздуха, поступающего в помещение. Это снижение в тепловых потребностях должно быть учтено при формировании матрицы $\boldsymbol{G}_{вент}$ (5.39).

Для определения воздухообменов можно также использовать инструментарий матричного метода.

5.2.8 Собственно вентиляционный воздух – та часть воздуха, которая доставляется в помещение приточными системами вентиляции (организованным, либо неорганизованным способом) и фиксируется в качестве расчетной величины для данного помещения.

В случае применения организованных центральных систем вентиляции и, соответственно, наличия центральных калориферов для подогрева приточного воздухаматрицы $\boldsymbol{G}_{вент}$ и $\boldsymbol{G}_{инф}$ согласно формуле (5.38) подлежат прямому сложению только для расчетов результирующей (суммарной) нагрузки.

Удельные потребности в теплоте центральных систем вентиляции $H_{v,вент}$ (5.39) определяются по соответствующим расходам согласно формуле (5.37):

$$\boldsymbol{H}_{v,вент} = \begin{pmatrix} H_{1(v,вент)} \\ H_{2(v,вент)} \\ H_{3(v,вент)} \\ \dots \\ H_{n(v,вент)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} G_{вент\,1} \\ G_{вент\,2} \\ G_{вент\,3} \\ \dots \\ G_{вент\,n} \end{pmatrix} \cdot s \,. \tag{5.39}$$

Эта собственно вентиляционная составляющая используется для подбора воздухонагревателей – элементов систем вентиляционных установок.

В том случае, если для обеспечения потребностей в теплоте для формирования воздушного режима помещений используются системы утилизации теплоты вытяжного воздуха, то удельные потребности в теплоте организованных систем вентиляции должны учитывать в себе снижения соответствующих потребностей. Это может быть реализовано с помощью формулы (5.40) путем введения коэффициента $f_{эф}$ (5.41) как сомножителя числа sиз выражения (5.37). Также возможно ввести коэффициенты $f_{эф,i}$ для соответствующих членов матрицы $\boldsymbol{H}_{v,вент}$ согласно формуле (5.36). В первом случае матрица выражение для s будет иметь вид (5.40), во втором случае матрица $\boldsymbol{H}_{v,вент}$ примет вид (5.42):

$$s = \frac{1000}{3600} \cdot c \cdot f_{эф}\,, \tag{5.40}$$

$$f_{эф} = 1 - \sum_{i} \left(k_{эф,i} \cdot [L_{вент,i} / L_{вент}]\right) = 1 - \sum_{i} \left(k_{эф,i} \cdot [G_{вент,i} / G_{вент}]\right), \tag{5.41}$$

$$H_{v,вент} = \begin{pmatrix} H_{1(v,вент)} \cdot f_{эф\,1} \\ H_{2(v,вент)} \cdot f_{эф\,2} \\ H_{3(v,вент)} \cdot f_{эф\,3} \\ \dots \\ H_{n(v,вент)} \cdot f_{эф\,i} \end{pmatrix}. \tag{5.42}$$

Удельные потребности теплоты для нагрева приточного воздуха неорганизованных систем вентиляции записываются непосредственно в матрицу расходов приточного воздуха $\boldsymbol{G}_{вент}$ (5.43). В таком случае матрицы $\boldsymbol{G}_{вент}$ и $\boldsymbol{G}_{инф}$ в дальнейших расчетах подлежат сложению с помощью операции нахождения максимума из пары значений, аналогично операции дизъюнкции многозначной алгебры логики [8]:

$$G = \left(G_{вент} \vee G_{инф}\right) = \begin{pmatrix} G_{вент_1} \vee G_{инф_1} \\ G_{вент_2} \vee G_{инф_2} \\ G_{вент_3} \vee G_{инф_3} \\ \dots \\ G_{вент_n} \vee G_{инф_n} \end{pmatrix}. \quad (5.43)$$

5.2.9 В общем виде затраты теплоты на нагрев инфильтрующегося в помещения воздуха определяются по формуле:

$$Q_{инф} = \sum G_i \cdot \left(t_в - t_н\right) \cdot 0{,}28 \cdot c \cdot \beta . \quad (5.44)$$

Расчетный расход инфильтрующегося в помещение воздуха определяется в виде суммы расходов воздуха через ограждения и проемы с учетом режима фильтрации с учетом ГОСТ 31167-2009 и СП 20.13330.2016.

Целесообразно также учитывать расход воздуха, проникающего через проемы клапанов, фрамуг и форточек, предусмотренных для компенсации вытяжки и создания воздухообмена в помещениях, т.е. в случае неорганизованной приточной вентиляции соответствующие тепловые потребности могут быть учтены в матрицах, относящихся к расчету инфильтрационных тепловых затрат. Это позволит осуществлять корректный расчет соответствующих тепловых потерь при подборе приточных клапанов, фрамуг и иных устройства для подачи воздуха в помещение неорганизованным способом. При этом давление воздуха на ограждающих конструкциях определяется как сумма теплового и ветрового напора с учетом условно-постоянного давления воздуха в помещении.

Удельные тепловые потребности на подогрев инфильтрующегося воздуха $\boldsymbol{H_{v,инф}}$ могут быть определены с помощью операции умножения вектор-столбца на число:

$$H_{v,инф} = \begin{pmatrix} H_{1(v,инф)} \\ H_{2(v,инф)} \\ H_{3(v,инф)} \\ \dots \\ H_{n(v,инф)} \end{pmatrix} = \boldsymbol{G_{инф}} \cdot s . \quad (5.45)$$

Матрица $\boldsymbol{G_{инф}}$ будет определяться с помощью формулы (5.46), которая

представляет собой приведенное произведение матрицы геометрических характеристик воздухопроницаемых элементов ограждающих конструкций C_{inf} и матрицы удельных характеристик воздухопроницаемости P:

$$G_{инф} = C_{inf} \cdot P = \begin{pmatrix} A_{111} & \dots & A_{11i} & A_{211} & \dots & A_{21j} & L_{11} & \dots & L_{1k} \\ A_{121} & \dots & A_{12i} & A_{221} & \dots & A_{22j} & L_{21} & \dots & L_{2k} \\ A_{131} & \dots & A_{13i} & A_{231} & \dots & A_{23j} & L_{31} & \dots & L_{3k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{1n1} & \dots & A_{1ni} & A_{2n1} & \dots & A_{2nj} & L_{n1} & \dots & L_{nk} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{111} & \dots & P_{11x} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{1i1} & \dots & P_{1ix} \\ P_{211} & \dots & P_{21x} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{2j1} & \dots & P_{2jx} \\ P_{311} & \dots & P_{31x} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{3k1} & \dots & P_{3kx} \end{pmatrix}. \quad (5.46)$$

Количество столбцов матрицы характеристик воздухопроницаемости P – число этажей здания. С одной стороны, при использовании такой интерпретации матриц возникает возможность индивидуально определить значения тепловых и ветровых напоров для каждого помещения здания и, при необходимости, также уточнить величину внутреннего давления в помещении. С другой стороны, в результате матричного умножения (5.46) действительными значениями расходов воздуха будут являться только те члены результирующей матрицы, которые принадлежат собственному этажу. Это означает, что фактически получаемую матрицу $G_{инф(n)}$ (5.47) следует привести к виду $G_{инф(1)}$ (5.48), что можно сделать с помощью выражения (5.49):

$$\boldsymbol{G}_{\text{инф(n)}} = \begin{pmatrix} G_{\text{инф}\,111} & G_{\text{инф}\,112} & \dots & G_{\text{инф}\,11x} \\ G_{\text{инф}\,211} & G_{\text{инф}\,212} & \dots & G_{\text{инф}\,21x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{\text{инф}\,n11} & G_{\text{инф}\,n12} & \dots & G_{\text{инф}\,n1x} \\ G_{\text{инф}\,121} & G_{\text{инф}\,122} & \dots & G_{\text{инф}\,12x} \\ G_{\text{инф}\,221} & G_{\text{инф}\,222} & \dots & G_{\text{инф}\,22x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{\text{инф}\,n21} & G_{\text{инф}\,n22} & \dots & G_{\text{инф}\,n2x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{\text{инф}\,1x1} & G_{\text{инф}\,1x2} & \dots & G_{\text{инф}\,1xx} \\ G_{\text{инф}\,2x1} & G_{\text{инф}\,2x2} & \dots & G_{\text{инф}\,2xx} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{\text{инф}\,nx1} & G_{\text{инф}\,nx2} & \dots & G_{\text{инф}\,nxx} \end{pmatrix}; \tag{5.47}$$

$$\boldsymbol{G}_{\text{инф(1)}} = \begin{pmatrix} G_{\text{инф}\,11} & 0 & \dots & 0 \\ G_{\text{инф}\,21} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{\text{инф}\,n1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & G_{\text{инф}\,12} & \dots & 0 \\ 0 & G_{\text{инф}\,22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & G_{\text{инф}\,n2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & G_{\text{инф}\,1x} \\ 0 & 0 & \dots & G_{\text{инф}\,2x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & G_{\text{инф}\,nx} \end{pmatrix}; \tag{5.48}$$

$$n \in X \Rightarrow G_{\text{инф}\,nxx} \in \boldsymbol{x}(\boldsymbol{G}_{\text{инф(n)}}). \tag{5.49}$$

Если помещение n принадлежит множеству помещений x-го этажа X, то количество инфильтрующегося воздуха $G_{\text{инф}\,nxx}$, поступающего в это помещение n, образуется за счет воздухопроницаемых элементов этого помещения n при удельной характеристике воздухопроницаемости этажа x. Это следствие также можно сформулировать в виде: член $G_{\text{инф}\,nxx}$ матрицы $\boldsymbol{G}_{\text{инф(n)}}$ принадлежит столбцу, ссоответствующей удельной характеристикой воздухопроницаемости для x-го этажа, матрицы $\boldsymbol{G}_{\text{инф(1)}}$. В противном случае утверждение неверно: в матрицу

$G_{инф(1)}$ записывается нуль.

Наглядно преобразования, выполняемые в соответствии с вышеуказанными утверждениями, можно представить в виде:

$$\begin{pmatrix} G_{инф\,111} & G_{инф\,112} & \dots & G_{инф\,11x} \\ G_{инф\,211} & G_{инф\,212} & \dots & G_{инф\,21x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{инф\,n11} & G_{инф\,n12} & \dots & G_{инф\,n1x} \\ G_{инф\,121} & G_{инф\,122} & \dots & G_{инф\,12x} \\ G_{инф\,221} & G_{инф\,222} & \dots & G_{инф\,22x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{инф\,n21} & G_{инф\,n22} & \dots & G_{инф\,n2x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{инф\,1x1} & G_{инф\,1x2} & \dots & G_{инф\,1xx} \\ G_{инф\,2x1} & G_{инф\,2x2} & \dots & G_{инф\,2xx} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{инф\,nx1} & G_{инф\,nx2} & \dots & G_{инф\,nxx} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} G_{инф\,11} & 0 & \dots & 0 \\ G_{инф\,21} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_{инф\,n1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & G_{инф\,12} & \dots & 0 \\ 0 & G_{инф\,22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & G_{инф\,n2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & G_{инф\,1x} \\ 0 & 0 & \dots & G_{инф\,2x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & G_{инф\,nx} \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} G_{инф\,11} \\ G_{инф\,21} \\ \dots \\ G_{инф\,n1} \\ G_{инф\,12} \\ G_{инф\,22} \\ \dots \\ G_{инф\,n2} \\ \dots \\ G_{инф\,1x} \\ G_{инф\,2x} \\ \dots \\ G_{инф\,nx} \end{pmatrix}. \quad (5.50)$$

Также такое представление данных дает возможность учесть дополнительное давление для отдельных клапанов и проемов, в которые устанавливают, например, осевые вентиляторы, однако для этого необходимо расширить матрицу: увеличить число столбцов. Такой же прием (расширение матрицы) можно применить при необходимости учитывать различную величину ветрового давления на разные фасады здания. В этом случае увеличится количество столбцов и составит произведение числа этажей на число фасадов. В то же самое время в расчет нагрузки на системы отопления необходимо принимать максимальную величину скорости ветра без учета на фасад: учет различного инфильтрационного компонента на различных фасадах можно применять ограниченно при организации пофасадных систем отопления и соответствующих систем автоматизированного управления.

В качестве членов матрицы характеристик воздухопроницаемости P предлагается использовать величины, определяемые по формулам (5.51), (5.52), (5.54).

Для светопрозрачных ограждений характеристика воздухопроницаемости определяется по формуле:

$$P_{1ix} = \left(\frac{\Delta P_x}{10}\right)^{0,67} \cdot \frac{1}{R_{u,i}}. \qquad (5.51)$$

Для дверей и ворот характеристика воздухопроницаемости определяется по формуле:

$$P_{2,jx} = \left(\frac{\Delta P_x}{10}\right)^{0,5} \cdot \frac{1}{R_{u,j}}. \qquad (5.52)$$

Приточные устройства неорганизованных систем вентиляции могут включаться в расчет инфильтрационной составляющей как самостоятельных воздухопроницаемые элементы.

Для проемов и отверстий характеристика воздухопроницаемости определяется по формуле:

$$P_{2,jx} = \left(\frac{\Delta P_x}{10}\right)^{0,5} \cdot \frac{1}{0,0001 \ \ldots 0,15}, \qquad (5.53)$$

где 0,15 – сопротивление воздухопроницаемости, принимаемое для проемов, ограниченных конструктивными элементами (оконными рамами, решетками, т.п.), (м^{2}ч Па)/кг; 0,0001 – сопротивление воздухопроницаемости, принимаемое для условно неограниченного проема, (м^{2}ч Па)/кг.

Оконечные устройства (решети, клапаны) увеличивают сопротивление воздухопроницаемости. С помощью их характеристик воздухопроницаемости возможно осуществлять выбор типоразмера этих приточных устройств, а с помощью матрицы $G_{шф}$ ограждающую конструкцию или набор ограждающих конструкций помещений можно представить в качестве набора независимых воздухопроницаемых элементов.

Для стыков панелей характеристика воздухопроницаемости определяется по формуле:

$$P_{3jx} = \frac{\Delta P_x}{10} \cdot 0,5. \qquad (5.54)$$

5.2.10 В расчет тепловой нагрузки на систему отопления здания необходимо взять величину регулярных внутренних тепловых выделений от электрических приборов, освещения, технологического оборудования,

трубопроводов, людей и других источников теплоты.

Для каждого помещения в зависимости от его назначения может иметь место собственный набор внутренних источников теплоты. Учет этих величин для определения мощностной нагрузки должен быть произведен при наиболее неблагоприятных условиях.

Для жилых зданий с учетом режима эксплуатации можно спрогнозировать следующий вариант: самая сложная ситуация может наблюдаться ночью при расчетной температуре, равной температуре воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. В этом случае будет наблюдаться минимальное электропотребление, в т.ч. на освещение, а также полное отсутствие солнечной радиации. Таким образом, для жилых комнат внутренние тепловые выделения будут обуславливаться исключительно теплопоступлениями от людей. Кухни будут нагружены только постоянно действующими бытовыми приборами, например, холодильниками.

Для общественных зданий необходимо учитывать режим эксплуатации помещений. При ночном режиме эксплуатации, например, ресторанов необходимо учитывать также и тепловые поступления от освещения и оборудования, исходя из некоторой минимальной загруженности заведения. При исключении возможности ночного режима эксплуатации мощностная нагрузка также должна вбирать в расчет характерные минимальные величины тепловых поступлений от электрического оборудования. Учет влияния солнечной радиации СП 60.13330 не предусмотрен. Фактически это означает, что предполагаемая дневная погода при наступлении пикового режима – пасмурная, а ввиду географического расположения нашей страны поступление рассеянной радиации от Солнца зимой составляет незначительную величину и наблюдается сравнительно недолго (1–2 часа).

В общем случае составляющие внутренних тепловых выделений, которые могут быть взяты в расчет, можно представить в виде суммы матриц (5.55), слагаемые которой – вектор-столбцы, характеризующие те или иные внутренние тепловые выделения, а каждый член таких вектор-столбцов – тепловые потоки от

внутренних источников для соответствующих помещений:

$$\boldsymbol{Q}_{\textit{быт}} = \begin{pmatrix} Q_{\textit{быт}\,1} \\ Q_{\textit{быт}\,2} \\ Q_{\textit{быт}\,3} \\ \dots \\ Q_{\textit{быт}\,n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_{\textit{люд}\,1} \\ Q_{\textit{люд}\,2} \\ Q_{\textit{люд}\,3} \\ \dots \\ Q_{\textit{люд}\,n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Q_{\textit{электр}\,1} \\ Q_{\textit{электр}\,2} \\ Q_{\textit{электр}\,3} \\ \dots \\ Q_{\textit{электр}\,n} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Q_{\textit{поверхн}\,1} \\ Q_{\textit{поверхн}\,2} \\ Q_{\textit{поверхн}\,3} \\ \dots \\ Q_{\textit{поверхн}\,n} \end{pmatrix}. \quad (5.55)$$

Формула (5.55) при рассмотрении жилых комнат примет вид:

$$\boldsymbol{Q}_{\textit{быт}} = \boldsymbol{Q}_{\textit{люд}} = \begin{pmatrix} Q_{\textit{люд}\,1} \\ Q_{\textit{люд}\,2} \\ Q_{\textit{люд}\,3} \\ \dots \\ Q_{\textit{люд}\,n} \end{pmatrix}. \quad (5.56)$$

Также матрица $\boldsymbol{Q}_{\textit{быт}}$ может быть получена с помощью произведения матриц:

$$\boldsymbol{Q}_{\textit{быт}} = \boldsymbol{C}_{\textit{ig}} \cdot \boldsymbol{N} = \begin{pmatrix} N_{1h} & N_{1l1} & \dots & N_{1li} & N_{1e1} & \dots & N_{1ej} & N_{1s1} & \dots & N_{1sk} \\ N_{2h} & N_{2l1} & \dots & N_{2li} & N_{2e1} & \dots & N_{2ej} & N_{2s1} & \dots & N_{2sk} \\ N_{3h} & N_{3l1} & \dots & N_{3li} & N_{3e1} & \dots & N_{3ej} & N_{3s1} & \dots & N_{3sk} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ N_{nh} & N_{nl1} & \dots & N_{nli} & N_{ne1} & \dots & N_{nej} & N_{ns1} & \dots & N_{nsk} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Q_h \\ Q_{l1} \\ \dots \\ Q_{li} \\ Q_{e1} \\ \dots \\ Q_{ej} \\ Q_{s1} \\ \dots \\ Q_{sk} \end{pmatrix}. \quad (5.57)$$

Каждая строка матрицы количественных показателей $\boldsymbol{C}_{\textit{ig}}$ является набором количество присутствующихисточников тепловых выделений соответствующих типов для *n*-ного помещения здания.

Под нагретой поверхностью можно понимать поверхности нагретых газовых плит, приготовленную пищу и т.п., за исключением поверхностей, относящихся к электрооборудованию. Таким образом, поверхность электрической плиты, например, будет относиться к столбцу N_{nej}. Также под нагретой поверхностью можно понимать поверхность неизолированных труб систем

горячего водоснабжения, за исключением участков этих систем, используемых для отопления ванных комнат и совмещенных санузлов (обеспечение комфортных условий в указанных помещениях многоквартирных зданий – это традиционная задача полотенцесушителей систем горячего водоснабжения).

В общем случае в качестве бытовых тепловыделений необходимо также рассматривать форсированные тепловые поступления от горячей воды и сжигаемого газа. Такие теплопоступления рассматриваются для пикового режима условно в качестве нагретых поверхностей: например, зеркала ванны, плиты для приготовления пищи. Однако по определению максимально неблагоприятных условий такие теплопоступления не могут рассматриваться в расчете пикового режима, т.к. их действие – непродолжительно относительно времени работы систем отопления и не совпадает с расчетным режимом. Подобные тепловые выделения следует рассматривать при расчете энергопотребления.

При необходимости в качестве нагретых поверхностей также можно рассматривать поверхности оборудования (прежде всего, печей) и материалов различных термических цехов для определения нагрузки на системы отопления производственных помещений. Величины Q_{li} также могут быть заданы по общей освещенности в пересчете на единицу площади помещения, т.е. в зависимости от типа принятых осветительных приборов по удельным тепловыделениям. Тогда соответствующий столбец матрицы $\boldsymbol{C_{ig}}$ должен характеризовать площадь соответствующего помещения. При необходимости теплоту, выделяемую от людей, можно разгруппировать по полу и возрасту. Выбор единицы измерения нагретых поверхностей – шт. или м^2 также вариативен в зависимости от типа факторов, вбираемых в расчет.

5.2.11 Учет иных внутренних тепловых поступлений, а также потерь, таких как расход теплоты на нагревание материалов, оборудования и транспортных средств, либо тепловых поступлений от нагретых материалов (в результате производственного процесса) при их наличии для расчетов тепловой мощности систем отопления и вентиляции может проводиться совместно с рассмотрением внутренних тепловых поступлений.

В этом случае необходимо расширить матрицы $\boldsymbol{C_{ig}}$ и $\boldsymbol{N}$ столбцами, характеризующими дополнительные расходы теплоты с учетом направления воздействия (тепловые поступления/потери).

Т.к. пиковый режим должен описывать самую сложную ситуацию с точки зрения нагрузок на системы отопления и вентиляции, то в расчет должны входить только те факторы, время действия которых приходится на расчетные условия (время суток в зависимости от режима эксплуатации здания, температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 в качестве расчетной температуры наружного воздуха).

5.2.12 При формировании матричного метода из расчетов были изъяты некоторые поправочные коэффициенты.

В современной отечественной научно-технической литературе надбавка на ориентацию по сторонам света принимает значения в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1 – Значения поправки «на ориентацию» в зависимости от стороны света, к которой обращено ограждение

Север, северо-восток, северо-запад, восток	0,1
Запад, юго-восток	0,05
Юг, юго-запад	0

При расчете максимальной нагрузки на системы отопления и вентиляции в холодный период года учет поправки на ориентацию не требуется, и в связи с этим поправочный коэффициент исключается из расчетов настоящей работы.

При необходимости сохранить данный поправочный коэффициент в матричном методе он может быть учтен при определении n_m (5.26) для ограждений, ориентированных на север и другие учитываемые направления.

Имеющийся в помещении узел сопряжения стеновых конструкций говорит о наличии в помещении сразу нескольких ограждений, обращенных в наружную среду. Температура на внутренней поверхности таких ограждений несколько меньше, чем осредненная радиационная температура поверхностей помещения.

Тогда и температура помещения в соответствии с первым условием комфортности окажется несколько снижена. Чтобы обеспечить достаточную температуру помещения, в жилых угловых комнатах, вводят температурную поправку: принимается, что температура воздуха такого помещения должна быть на 2 °С больше, чем рядового (с одной наружной ограждающей конструкцией). Это соответствует действительности: поправочный коэффициент для угловых помещений не вызывает изменений в удельной теплопередаче. Однако радиационная составляющая коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности может показывать повышенные значения. В рамках матричного метода внедрение поправок, которые могут сглаживать неравномерность формирования комфортной температуры помещения, должно быть адаптировано в матрицу разности температуры: для температуры внутреннего воздуха соответствующих помещений.

Для угловых жилых комнат в условиях, например, Москвы величина поправки может быть определена по увеличению температуры воздуха помещения согласно формуле:

$$\beta_{рад} = 100\ \% \cdot \left(\frac{t_{в,угл} - t_н}{t_в - t_н} - 1 \right) = 100\ \% \cdot \left(\frac{22 - (-25)}{20 - (-25)} - 1 \right) = 4{,}45\ \% . \qquad (5.58)$$

Эта величина корреспондирует с поправкой, назначаемой при наличии нескольких наружных ограждающих конструкций.

Использование наружных обмеров ограждающих конструкций для расчета трансмиссионных тепловых потерь угловых помещений также более не требуется: вклад об удельных потерь теплоты через узел сопряжения стеновых конструкций учитывается как самостоятельный линейный теплотехнический элемент.

Величина поправки на врывание холодного воздуха через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, в существующей системе расчетов задается в сложной форме как некоторая функция, которая зависит от типа организации входа (количество дверей и

тамбуров между ними) и от высоты здания.

При использовании матричного метода рекомендуется классифицировать явление врывания воздуха через открывающиеся двери как классический процесс инфильтрации воздуха: при расчете инфильтрационной составляющей тепловых потерь необходимо учесть дополнительный воздухопроницаемый элемент – проем, образующийся при открывании двери. Основание для такого дополнения – тот факт, что при расчете нагрузки необходимо охарактеризовать именно максимальный, самый негативный случай с точки зрения наличия тепловых потерь.

В матрице геометрических характеристик $\boldsymbol{C_{inf}}$ необходимо сделать расширение в виде столбца, характеризующего дверные проемы площадью A_{2nj}. Матрица характеристик воздухопроницаемости $\boldsymbol{P}$ дополняется соответствующими значениями P_{2jx}. При этом следует отметить, что в общем случае такие дверные проемы могут оказаться, например, на эксплуатируемой кровле. Сопряженная задача по определению потока инфильтрующегося воздуха через такую дверь будет решена совместно с определением характеристик воздухопроницаемости при составлении матрицы $\boldsymbol{P}$. Таким образом, добавка на врывание холодного воздуха через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, может быть изъята из расчетов: физическое явление учтено при расчете инфильтрационных тепловых потерь в числе воздухопроницаемых элементов.

В настоящее время в качестве добавочных тепловых потерь также используется поправка «на высоту помещения», которая назначается к температуре воздуха помещений. Учесть необходимое значение температуры воздуха для случая помещений с относительно большой высотой, а также для тех случаев, когда необходимо имеет место изменение температуры помещения из-за наличия нескольких наружных ограждающих конструкций или панельных систем отопления, – не представляет сложной задачи и реализуется изменением конкретного члена матрицы $\boldsymbol{\Delta T}$.

Поправка на встречное нагревание воздуха не находит применения в современных методиках расчета: собственно оконные блоки – герметизируются, часто с наполнением.

5.2.13 Для целей расчетов энергопотребления, матрицы, составляемые при определении расчетных нагрузок, можно перестроить с использованием отапливаемого объема здания.

5.2.14 Величина удельной теплозащитной характеристики нормируется в качестве комплексного требования к тепловой защите здания. Согласно пункту Ж.2 СП 50.13330 удельная теплозащитная характеристика также может быть определена через характеристики элементов, составляющих все конструкции оболочки здания по формуле:

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}}\left[\sum\left(n_{t,i}\frac{A_{ф,i}}{R^{усл}_{o,i}}\right) + \sum n_{t,j}L_j\Psi_j + \sum n_{t,k}N_k\chi_k\right]. \qquad (5.59)$$

При таком подходе с учетом современных требований, регламентирующих экономное расходование энергетических ресурсов, целесообразно совместить расчет удельной характеристики теплозащитной оболочки и расчет трансмиссионных тепловых потерь, необходимый для проектирования систем отопления и вентиляции.

На основании формулы (5.59) становится возможным выражение величины удельной теплозащитной характеристики для каждого помещения здания – парциальной теплозащитной характеристики. Данную операцию удобно выполнять в матричном виде с применением величины удельной теплопередачи. Использование величины $\boldsymbol{H_t}$ получить следующее выражение

$$k_{об} = \frac{1}{V_{от}}\sum_i\left(n_{t,i}\frac{A_{ф,i}}{R^{пр}_{o,i}}\right) = K_{комп}\cdot K_{общ} = \frac{H_t}{V_{от}}. \qquad (5.60)$$

Номинально преобразование для каждого помещения здания можно получить также с помощью матричного метода – с помощью матрицы парциальных теплозащитных характеристик $K_{об}$:

$$\boldsymbol{K_{об}} = \boldsymbol{H_t} \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} H_{1(t)} \\ H_{2(t)} \\ H_{3(t)} \\ \dots \\ H_{n(t)} \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} k_{об_1} \\ k_{об_2} \\ k_{об_3} \\ \dots \\ k_{об_n} \end{pmatrix}. \qquad (5.61)$$

Сумма членов матрицы (5.60) является удельной теплозащитной характеристикой, нормируемой в СП 50.1330 и определяемой в разделе 5.1 настоящих рекомендаций.

При использовании матричного метода для расчета трансмиссионных тепловых потерь расчет удельной теплозащитной характеристики становится сопутствующим расчетом. При этом сохраняются все аналитические возможности для совершенствования энергетических потребностей здания с точки зрения объемно-планировочных и конструктивных решений, в т.ч. для выполнения элементных требований СП 50.13330.

Кроме того, применение дополнительных матриц позволяет выделить еще один параметр: местную теплозащитную характеристику $k_{м.об}$ – отношение удельной теплопередачи ограждений помещения к объему этого же помещения:

$$k_{м.об} = \frac{H_{n(t)}}{V_{от}} \cdot \frac{V_{от}}{V_{от_n}} = \frac{H_{n(t)}}{V_{от_n}}. \qquad (5.62)$$

Составить необходимую матрицу местных теплозащитных характеристик $K_{м.об}$ можно с помощью выражения:

$$\boldsymbol{K_{м.об}} = \boldsymbol{V_{от}^{-1}} \cdot \boldsymbol{H_t} = \begin{pmatrix} \frac{1}{V_{от_1}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{V_{от_2}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{V_{от_3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{V_{от_n}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H_{1(t)} \\ H_{2(t)} \\ H_{3(t)} \\ \dots \\ H_{n(t)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{м.об_1} \\ k_{м.об_2} \\ k_{м.об_3} \\ \dots \\ k_{м.об_n} \end{pmatrix}. \qquad (5.63)$$

Местная теплозащитная характеристика – это физическая величина, численно равная потерям тепловой энергии единицы отапливаемого объема в единицу времени при перепаде температуры в 1 °С через теплозащитную

оболочку рассматриваемого помещения. Данный параметр при учете внутренних ограждений может принимать отрицательные значения.

В таком случае, при составлении матриц для расчета трансмиссионной составляющей тепловых потерь и для наружных, и для внутренних ограждающих помещения конструкций будет учитываться перераспределение тепловых потоков в здании (засчет собственно теплопередачи через конструкции). Местная теплозащитная характеристика помещения является индикаторной величиной, которая может быть необходима для корректной оценки предполагаемых тепловых потерь: энергетических и материальных затрат жильцами квартир и арендаторами помещений – внутри одного объема. В случае применения индивидуального теплоснабжения и поквартирных систем отопления местная теплозащитная характеристики становится реальным показателем как мощностных (в единицу времени), так и энергетических затрат на системы отопления (за некоторый период времени) при различных вариантах эксплуатации помещений здания.

5.2.15 При определении величины удельной вентиляционной характеристики используются результаты осреднения потоков воздуха засчет собственно вентиляции и инфильтрации по зданию, которые закладываются в величину средней кратности воздухообмена $n_в$. Однако при выполнении совместных расчетов тепловых потерь помещений здания и удельной характеристики расхода тепловой энергии на системы отопления и вентиляции усредняемая величина удельной вентиляционной характеристики $k_{вент}$ может быть уточнена. Для осуществления такого совместного расчета может быть использован матричный метод, с помощью которого можно выполнить расчет удельной вентиляционной характеристики для помещения здания – парциальной вентиляционной характеристики. Это позволяет одновременно откорректировать некоторые вынужденные неточности методики, закрепленной в СП 50.13330. Так, коэффициент эффективности рекуператора $k_{эф}$ может быть определен для каждого помещения индивидуально.

Кроме того, можно избежать двойного последовательного учета плотности

воздуха, а также применения коэффициента снижения объема помещений здания β_v из-за наличия внутренних перегородок, величина которого принимается также весьма приближенно.

С учетом вышеизложенного возможно получить выражение

$$k^{z}_{вент} = 0{,}28 \cdot c \cdot n_{в} \cdot \beta_{v} \cdot \rho^{вент}_{в} (1 - k_{эф}) = \frac{0{,}28 \cdot c \cdot G^{z}}{V_{от}} = \frac{H^{z}_{v}}{V_{от}}. \qquad (5.64)$$

Выражение, аналогичное формуле для расчетного режима при описании вентиляционных тепловых потерь для каждого помещения здания, можно получить путем введения матрицы парциальных вентиляционных характеристик помещений здания $K_{вент}$:

$$\boldsymbol{K}_{вент} = \boldsymbol{H}_{v} \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} H_{1(v)} \\ H_{2(v)} \\ H_{3(v)} \\ \dots \\ H_{n(v)} \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} k_{вент\,1} \\ k_{вент\,2} \\ k_{вент\,3} \\ \dots \\ k_{вент\,n} \end{pmatrix}. \qquad (5.65)$$

Сумма членов матрицы (5.65) является удельной вентиляционной характеристикой для максимального режима, аналогичной нормируемой в СП 50.13330. Указанная сумма членов матрицы не эквивалентна значению, определяемому в разделе 5.1 настоящих рекомендаций, но представляет собой значениевентиляционных тепловых потребностей в расчетном режиме для систем отопления и вентиляции.

Для обеспечения корректности расчетов потребления энергии необходимо также учесть время работы вентиляционных систем. Для расчетов энергопотребления этот учет происходит путем введения поправочного коэффициента – отношения числа часов работы системы к числу часов в неделе. Этот учет можно осуществить двумя способами: собственно в рамках матриц, либо как дополнительное действие к результирующей матрице (5.65):

$$\boldsymbol{K}^{z}_{вент} = \begin{pmatrix} k^{z}_{вент\,1} \\ k^{z}_{вент\,2} \\ k^{z}_{вент\,3} \\ \dots \\ k^{z}_{вент\,n} \end{pmatrix} = \boldsymbol{K}_{вент} \cdot z = \begin{pmatrix} H_{1(v)} \\ H_{2(v)} \\ H_{3(v)} \\ \dots \\ H_{n(v)} \end{pmatrix} \cdot z \cdot \frac{1}{V_{от}} = \left[\begin{pmatrix} H_{1(v,вент)} \\ H_{2(v,вент)} \\ H_{3(v,вент)} \\ \dots \\ H_{n(v,вент)} \end{pmatrix} \cdot z_{вент} + \begin{pmatrix} H_{1(v,инф)} \\ H_{2(v,инф)} \\ H_{3(v,инф)} \\ \dots \\ H_{n(v,инф)} \end{pmatrix} \cdot z_{инф} \right] \cdot \frac{1}{V_{от}}. \quad (5.66)$$

При использовании матричного метода для определения нагрузки на инженерные системы расчет удельной вентиляционной характеристики становится также сопутствующим расчетом. Поэтому справедливо использовать именно второй способ и максимально сохранить возможности соединения расчетов.

При расчетном периоде времени – недели, характерные значения величины $z_{вент}$ и $z_{инф}$ могут быть представлены с помощью таблицы 5.2.

Таблица 5.2 – Характерные значения безразмерного временного фактора z

z		
Тип здания и вент.систем	$z_{вент}$	$z_{инф}$
Для жилых зданий:	1	1
Для общественных зданий:		
– со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией	x/168	1
– с поддержанием подбора воздуха во время работы систем, обеспечивающих воздушный режим	x/168	(168-x)/168
x – число часов работы системы вентиляции за неделю		

В приложении Г СП 50.13330 в качестве расчетного периода времени выбрана неделя. Однако при необходимости получения более точной величины, в особенности для дальнейшего прогноза эксплуатационных затрат, в качестве расчетного периода времени для определения фактора z можно выбрать отопительный сезон. При этом парциальные вентиляционные характеристики, определенные для всего отопительного сезона, не могут применяться при сравнении зданий, расположенных в различных регионах строительства. Зато в таких характеристиках достаточно просто учесть режим эксплуатации в течение года: например, бездействие систем вентиляции в праздничные дни. Этот факт можно учесть при рассмотрении недельного периода, однако и в таком случае

необходим пропорциональный пересчет праздничных дней в осредненную неделю.

Применение матричного метода позволяет также выразить параметр: местную вентиляционную характеристику $k_{м.вент}$ – отношение удельных тепловых потребностей на подогрев воздуха, поступающего в помещение, к объему этого же помещения:

$$k_{м.вент} = \frac{H_{п(v)}}{V_{от}} \cdot \frac{V_{от}}{V_{от_п}} = \frac{H_{п(v)}}{V_{от_п}}. \qquad (5.67)$$

Матрица местных вентиляционных характеристик $K_{м.вент}$ может быть представлена выражением

$$K_{м.вент} = V_{от}^{-1} \cdot H_v = \begin{pmatrix} \frac{1}{V_{от_1}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{V_{от_2}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{V_{от_3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{V_{от_n}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H_{1(v)} \\ H_{2(v)} \\ H_{3(v)} \\ \dots \\ H_{n(v)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{м.вент\ 1} \\ k_{м.вент\ 2} \\ k_{м.вент\ 3} \\ \dots \\ k_{м.вент\ n} \end{pmatrix}. \qquad (5.68)$$

Местная вентиляционная характеристика помещения – индикаторная величина, аналогичная местной теплозащитной характеристике. Это физическая величина, численно равная потерям тепловой энергии единицы отапливаемого объема в единицу времени при перепаде температуры в 1 °С за счет потребности организации воздушного режима конкретного помещения. Эта вентиляционная характеристика необходима в случаях совместного проектирования архитектурных (в т.ч. объемно-планировочных) решений и инженерных систем с точки зрения оптимального распределения помещений внутри объема здания. В случае индивидуального теплоснабжения определение этого индикатора также становится универсальным инструментом расчета энергетических потребностей систем отопления и вентиляции при различных вариантах эксплуатации помещений здания с позиции формирования воздушного режима.

Период работы систем, формирующих воздушный режим помещений,

может быть оценен внедрением безразмерных временных факторов $z_{вент}$ и $z_{инф}$ согласно таблице 5.2. Матрица местных вентиляционных характеристик, осредненных за отопительный сезон, примет вид:

$$\boldsymbol{K}^{z}_{\text{м.вент}} = \boldsymbol{V}_{\text{от}}{}^{-1} \cdot \boldsymbol{H}^{z}_{v} = \begin{pmatrix} \frac{1}{V_{\text{от}_1}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{V_{\text{от}_2}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{V_{\text{от}_3}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{V_{\text{от}_n}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H^{z}_{1(v)} \\ H^{z}_{2(v)} \\ H^{z}_{3(v)} \\ \ldots \\ H^{z}_{n(v)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k^{z}_{\text{м.вент}_1} \\ k^{z}_{\text{м.вент}_2} \\ k^{z}_{\text{м.вент}_3} \\ \ldots \\ k^{z}_{\text{м.вент}_n} \end{pmatrix}. \quad (5.69)$$

5.2.16 Под определение тепловых потерь здания попадают те потребности в энергии, которые обусловлены собственно зданием: это необходимость компенсировать теплопередачу в окружающую среду и необходимость обеспечивать теплопередачу к воздуху, извлекаемого из окружающей среды для помещений. Соответственно, сумма удельных теплозащитной и вентиляционной характеристик для выбранного режима (средние за отопительный сезон) полностью опишет тепловые потери здания в виде удельной характеристики тепловых потерь здания $k_{пот}$:

$$k_{пот} = k_{об} + k^{z}_{вент} = \frac{\left(H_t + H^{z}_{v}\right)}{V_{от}} = \frac{H_{пот}}{V_{от}}. \quad (5.70)$$

С помощью удельной теплопередачи и удельных тепловых потребностей для обеспечения воздушного режима в расчетном режиме можно также выразить удельную мощностную характеристику систем отопления и вентиляции $p_{от}$:

$$p_{от} = k_{об} + k_{вент} = \frac{\left(H_t + H_v\right)}{V_{от}} = \frac{H_p}{V_{от}}. \quad (5.71)$$

Для величин $k_{пот}$ и $p_{от}$ могут быть получены матрицы парциальных и местных характеристик для помещений:

$$\boldsymbol{P}_{от} = (\boldsymbol{H}_t + \boldsymbol{H}_v) \cdot \frac{1}{V_{от}} = \left[\begin{pmatrix} H_{1(t)} \\ H_{2(t)} \\ H_{3(t)} \\ \dots \\ H_{n(t)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} H_{1(v)} \\ H_{2(v)} \\ H_{3(v)} \\ \dots \\ H_{n(v)} \end{pmatrix} \right] \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} H_{1(p)} \\ H_{2(p)} \\ H_{3(p)} \\ \dots \\ H_{n(p)} \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} p_{от_1} \\ p_{от_2} \\ p_{от_3} \\ \dots \\ p_{от_n} \end{pmatrix}, \quad (5.72)$$

$$\boldsymbol{K}_{пот} = \left(\boldsymbol{H}_t + \boldsymbol{H}_v^z\right) \cdot \frac{1}{V_{от}} = \left[\begin{pmatrix} H_{1(t)} \\ H_{2(t)} \\ H_{3(t)} \\ \dots \\ H_{n(t)} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} H^z_{1(v)} \\ H^z_{2(v)} \\ H^z_{3(v)} \\ \dots \\ H^z_{n(v)} \end{pmatrix} \right] \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} H_{1(пот)} \\ H_{2(пот)} \\ H_{3(пот)} \\ \dots \\ H_{n(пот)} \end{pmatrix} \cdot \frac{1}{V_{от}} = \begin{pmatrix} k_{пот_1} \\ k_{пот_2} \\ k_{пот_3} \\ \dots \\ k_{пот_n} \end{pmatrix}. \quad (5.73)$$

5.2.17 Необходимые расчеты как внутренних, так и солнечных теплопоступлений можно определить с помощью матриц, аналогичных (5.55) либо (5.57). В первом случае необходимые расчеты следует выполнять в соответствии с положениями раздела 5.1 настоящих рекомендаций. Во втором случае матрицы усложняются четырьмя столбцами с геометрическими характеристиками окон, а вектор-столбец удельных мощностей – величиной проникающей солнечной радиации.

5.2.18 В случае, если необходимо оценить тепловые потребности отдельного помещения здания, рекомендуется следующий алгоритм расчетов.

Базовая формула для определения коэффициента теплопередачи с учетом методики, используемой в настоящем разделе, принимает вид:

$$K = \left[\Sigma(a_i \cdot U_i) + \Sigma(l_j \cdot \psi_j) + \Sigma(n_k \cdot \chi_k)\right], \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}, \quad (5.74)$$

где

l_j – протяженность линейной неоднородности j-го вида, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м/м^2;

Ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j-го вида, Вт/(м°С);

n_k – количество точечных неоднородностей k-го вида, приходящихся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей

конструкции, шт/м^2;

χ_k – удельные потери теплоты через точечную неоднородность k-го вида, Вт/^{o}С;

a_i – площадь плоского элемента конструкции i-го вида, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м^2/м^2;

U_i – коэффициент теплопередачи однородной i-й части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент i-го вида), Вт/(м^2 ^{o}С).

При таком подходе коэффициент теплопередачи K представляет собой некий обобщенный коэффициент теплопередачи, позволяющий оценить тепловые потери через все ограждающие конструкции отдельно взятого помещения сразу.

В приложение к рассматриваемой задаче для расчета трансмиссионной составляющей тепловой нагрузки на систему отопления отдельно взятого помещения может быть применена таблица 5.3.

Таблица 5.3 – Сводная таблица теплотехнических элементов ограждающих конструкций помещения

Элемент конструкции (*)	**	Геометрический или количественный показатель	Удельные потери теплоты	Тепловой поток, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через ограждение/ фрагмент ограждения, %
Название элемента (*)	плоский	A_1 = м^2	U_1= Вт/(м^2 ^{o}С)	U_1A_1 = Вт/^{o}С	
…		…	…	…	…
Название элемента (*)		A_i = м^2	U_i= Вт/(м^2 ^{o}С)	U_iA_i = Вт/^{o}С	
Название элемента (*)	линейный	L_1 = м	Ψ_1= Вт/(м^{o}С)	Ψ_1L_1 = Вт/^{o}С	
…		…	…	…	…
Название элемента (*)		L_j = м	Ψ_j= Вт/(м^{o}С)	Ψ_jL_j = Вт/^{o}С	
Название элемента (*)	точечный	N_1 = 1	χ_1= Вт/^{o}С	χ_1N_1 = Вт/^{o}С	

…		…	…	…	…
Название элемента (*)		N_k = 1	χ_k= Вт/°С	$\chi_k N_k$ = Вт/°С	
Итого по помещению				H = Вт/°С	100 %
В скобках (*) может быть указано ограждение, к которому отнесен элемент. Столбец ** может не приводиться.					

В таблице 5.3 последний столбец необходим исключительно при оценке вклада того или иного элемента ограждающей конструкции в трансмиссионную составляющую тепловых потерь помещения.

Расчет прочих составляющих теплового баланса для отдельного помещения выполняют с учетом требований разделов 5.1 и 5.2 настоящих рекомендаций, однако формирование матриц и использование матричного метода для задачи по определению тепловых потребностей отдельного помещения в целом не требуется.

При этом следует учитывать режим эксплуатации помещения, в зависимости от задач расчетов: для определения тепловой мощности системы отопления, либо для определения энергопотребления здания в холодный период года.

6 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых жилых зданий

6.1 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых жилых многоквартирных зданий

6.1.1 Жилое многоквартинное здание представляет собой единый энергетический контур. Объединение целого набора квартир в рамках такого энергетического контура минимизирует энергетические потребности на отопление.

Однако в связи с распространением поквартирных систем отопления, а также в ряде случаев и децентрализованного поквартирного теплоснабжения жилых многоквартирных зданий наблюдается несоблюдение собственниками помещений требований нормативно-технических документов.

Так, в соответствии с 5.2 и 6.1.3 СП 60.13330 в холодный период года в жилых помещениях нельзя принимать температуру воздуха ниже 15 °С. Тогда максимальная возможная экономия тепловой энергии, которую можно реализовать в расчетном режиме составит приблизительно 10%. Кроме того, дальнейшее снижение температуры запрещено. Внутренние ограждающие конструкции не приспособлены для обеспечения параметров тепловой защиты, характерных для наружных ограждений.

Однако даже при снижении температуры воздуха до 15 °С смежные помещения получают ограждения, теплопотери через которые следует учитывать, т.к. температурный перепад на сторонах такого ограждения превышает 3 °С (см. пункт 6.2.2 СП 60.13330).

В связи с этим, рекомендуется соблюдать базовые принципы строительства многоквартирных зданий и не интегрировать поквартирное теплоснабжение в такие здания. Это позволяет предупредить множество коллизиций, связанных с теплопотреблением помещений. Это позволяет упростить расчеты тепловых потерь через внутренние ограждающие конструкции.

Также рекомендуется предусматривать отопление лестничных клеток, даже при использовании поквартирных систем теплоснабжения, несмотря на

разрешение на подобную операцию в пункте 6.2.4 СП 60.13330.

6.1.2 При определении тепловых потребностей эксплуатируемых жилых зданий следует предполагать возможное изменение теплозащитных свойств ограждающих конструкций в результате старения материалов в этих конструкциях и неэффективной их эксплуатацией.

Для корректного определения тепловых потребностей в части определения трансмиссионных тепловых потерь следует использовать методику определения приложения Е СП 50.133330 и, в частности, при определении термического сопротивления слоя материала следует применять коэффициент условий эксплуатации слоя материала, определяемый по результатам натурных или лабораторных испытаний, а также иные требования в соответствии с ГОСТ 7076-99, ГОСТ 24816-2014, ГОСТ 25898-2012 и ГОСТ Р 56733-2015.

6.1.3 Еще одной важной особенностью расчетов тепловых потребностей для многоквартирного здания является необходимость учета тепловых потребностей, связанных с помещениями, в которых поддерживаются комфортные параметры микроклимата, а именно: ванные и совмещенные санузлы.

В указанных помещениях температура воздуха поддерживается на более высоком уровне по сравнению с основными помещениями квартир – жилыми комнатами.

Тепловые нагрузки на такое комфортное отопление формируются:

– из-за теплопередачи через внутренние ограждающие конструкции, где температурный перепад превышает 3 °С. Зачастую помещения ванных и совмещенных санузлов имеют ограждающие конструкции, обращенные в этажный коридор и лестнично-лифтовой холл: перепад температуры на сторонах таких ограждений в расчетных условиях составляет 7 °С;

– из-за потребности в догреве вентиляционного воздуха до 25 °С.

Через помещения совмещенных санузлов осуществляется вытяжка до 50% от общего объема вентиляционного воздуха квартиры. Через помещения ванных комнат – до 25%.

Средние результирующие затраты для помещений ванных и совмещенных санузлов представлены в таблице 6.1.

Следует отметить, что указанные в таблице 6.1 тепловые потери не зависят прямым образом от условий наружного климата и наблюдаются в течение всего года, как в холодный период года, так и в теплый.

Таблица 6.1 – Тепловые потери помещений ванных комнат и совмещенных санузлов

Помещение	Тепловые потери, обусловленные теплопередачей через внутренние ограждающие конструкции, Вт	Тепловые потери, обусловленные потребностью в догреве вентиляционного воздуха, Вт	Результирующие тепловые потери, Вт
Санузел совмещенный	204,9	50,2	255,1
Ванная	123,3/177,7	100,4	223,7/278,1

Для учета соответствующих тепловых потребностей следут формировать самостоятельные матрицы, в случае применения матричного метода для определения энергопотребления здания, т.к. постоянный характер указанных тепловых потерь позволяет рассматривать их вне зависимости от расчетной температуры наружного воздуха.

В случае, если помещения ванных и совмещенных санузлов имеют и наружное ограждение, трансмиссионные тепловые потери через это наружное ограждение рассматривают в стандартных матрицах (5.24) и (5.25).

6.1.4 При централизованном теплоснабжении отпуск теплоты может быть организован исключительно по данным о тепловых потерях (без учета тепловых поступлений). В таком случае полезно усваевымые бытовые и солнечные тепловые поступления будут расходоваться на перегрев помещений до температуры, превышающей расчетные значения. Тогда фактические результирующие тепловые потребности помещений здания за отопительный сезон окажутся существенно больше расчетных значений.

Чтобы учесть теплопоступления от солнечной радиации и хозяйственно-

бытовой деятельности человека необходимо при построении температурного графика отпуска теплоты учитывать указанные факторы.

Бытовые тепловые выделения можно представить постоянной величиной, т.е. равномерно за сутки. При этом некоторая возможная необеспеченность температурного режима в отсутствие проведения хозяйственной деятельности будет характеризовать и отсутствие жильцов в отчетный промежуток времени.

Тепловые поступления от Солнца связаны с географичекой широтой и со временем года – расчетными сутками. При температурах, близких к расчетным, в условиях действительной облачности количество прямой и рассеянной солнечой радиации мало, однако на границах отопительного периода интенсивность солнечной радиации может быть существенна.

Корректность введения поправки на теплопоступления от солнечной радиации может быть обеспечения только при рассмотрении конкретного здания (коэффициент остекленности по фасадам). Именно для использования данного фактора и должно быть направлено введение дополнительного уровня регулирования (в ЦТП или ИТП).

Также перспективным в данном отношении следует считать проектирование пофасадных систем отопления.

Использование теплопоступлений от Солнца на уровне централизованного регулирования теплоснабжения города, района города и т.п. (без внедрения дополнительных мероприятий) сложно организовать из-за неопределенно продолжительного времени реагирования системы (ввиду большой теплоемкости системы теплоснабжения). Для определения такой возможности отсутствуют достаточные исследования.

Применение местных терморегуляторов в системах отопления многоквартирных жилых здания не рекомендуется. Использование бытовых тепловых выделений при энергоснабжении можно организовать на источнике теплоснабжения. Для учета солнечной радиации в рамках теплового баланса зданий необходимо выбирать более крупный объект регулирования: не отдельный отопительный прибор, а ряд веток и стояков системы, расположенные на одном

фасаде (при этом рекомендуется также учитывать противостоящие здания). Внедрение местных терморегуляторов в квартирах вызывают существенное повышение гидравлического сопротивления систем отопления в целом и, таким образом, повышенные расходы электрической энергии, необходимой для обеспечения циркуляции теплоносителя в системе.

При расчете тепловых потребностей жилого дома также предполагается, что все квартиры эксплуатируются, т.е. соответственно заняты жильцами. В связи с этим постоянный учет полезных бытовых тепловыделений при построении графика отпуска теплоты особенно необходим для нового строительства.

6.1.5 Проектировние систем отопления для жилых зданий (с определением типоразмеров основных элементов системы отопления) следует вести согласно требованиям СП 60.13330, т.е. фактически без учета тепловых поступленй, за исключением регулярных, например тепловых выделений от людей.

Подобный подход, с одной стороны, позволяет обеспечить максимально экономное энергопотребление существующими возможностями без реновации систем; с другой стороны, при этом сораняются возможности системы отопления, которые обеспечивают безопасность человека и здания.

6.2 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых одноквартирных домов

6.2.1 Основными особенностями расчета одноквартирных домов являются:

– относительно большие значения коэффициента компактности и удельной теплозащитной характеристики жилых одноквартирных зданий, что увеличивает общее потребление энергии из-за теплопередачи через ограждающие конструкции (в связи с относительно более развернутой поверхностью, заключающей отапливаемый объем), что вызывает необходиомость четкого соблюдения норм тепловой защиты для подобных зданий (в отличие от многоквартирных домов, где поэлементные требования зачастую переразмерены, для одноквартирных зданий уровень приведеннного сопротивления теплопередаче – важнейший фактор, обеспечивающий сокращение трансмиссионных тепловых потерь);

– возможности собственников к определению различных границ энергетического контура здания в холодный и теплый периоды года, что открывает широкие возможности для аппорабиции современных инженерных систем именно в малоэтажном строительстве. Например, при проектировании здания некоторые помещения могут быть назначены исключительно, как летние, что чрезвычайно распространено в странах Евросоюза;

– облегченные взаиморасчеты за предоставленные энергетические ресурсы, т.к. в качестве собственника такого здания обычно выступает только одно физическое или юридическое лицо, и, соответственно, для учета потребляемых энергетических ресурсов необходимо меньше приборов.

6.2.2 Еще одной важной особенностью расчета одноквартирных домов является тот факт, что жильцы, как правило, осуществляют свою хозяйственную деятельность в условиях низкой плотности заселения.

Этот факт сокращает величину удельных тепловых выделений, т.е. приходящихся на единицу площади помещений жилых одноквартирных зданий.

Проведенные исследования показывают, что приведенные в разделе 5.1 и закрепленные в Приложении Г СП 50.13330 данные по бытовым тепловыделениям обеспечивают достаточную точность расчетов для жилых

многоквартирных зданий, однако для больших расчетных заселенностей наблюдается некоторое падение удельных бытовых тепловыделений, Вт/м^2.

Следует также отметить, что при малых значениях расчетной заселенности (социальная норма и ниже) наблюдается резкий скачок удельных бытовых тепловыделений в сторону увеличения.

Подробнее данные по удельным бытовым тепловыделениям представлены на рисунке 6.1.

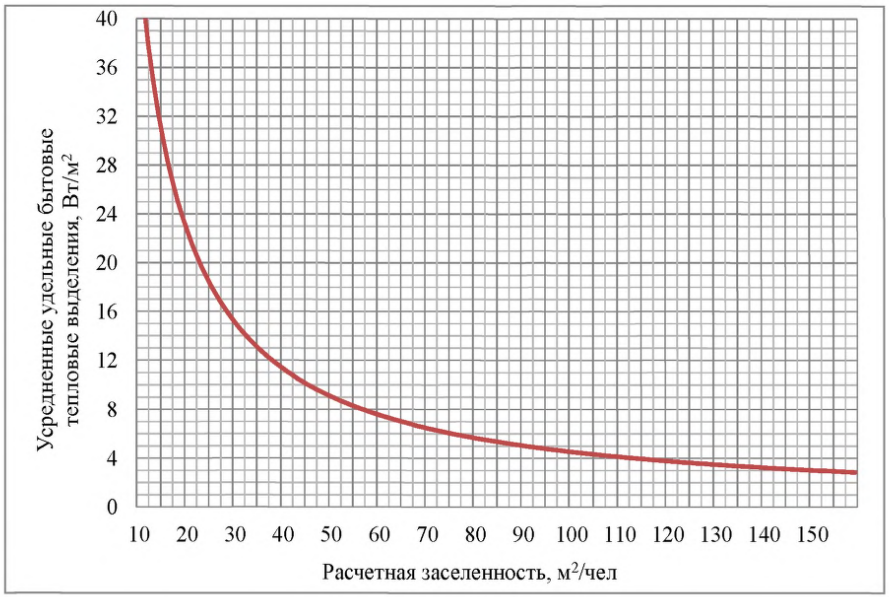

Рисунок 6.1 – Удельные бытовые тепловыделения, Вт/м^2, в зависимости от расчетной заселенности для расчетов потребления энергии

Рисунок 6.1 построен в расчете на жилую площадь квартиры.

При расчетной заселенности, составляющей 45 м^2/чел и более, удельные тепловые выделения, приходящиеся на жилую площадь квартиры, в соответствии с методикой А.Ю. Неклюдова составляют 10 Вт/м^2 и менее.

Однако, например, при расчетной заселенности, равной 75 м^2/чел, удельные бытовые тепловые выделения составят 6 Вт/м^2; при расчетной

заселенности, равной 110 м^2/чел, удельные бытовые тепловые выделения составят 4 Вт/м^2.

При расчете удельной характеристики тепловой энергии на отопление и вентиляцию для жилых одноквартирных зданий допустимо использовать значения удельных тепловых выделений, представленные на рисунке 6.1.

При проектировании зданий рекомендуется также учитывать общегородскую или районную плотность заселения: в больших городах можно прогнозировать сокращение расчетной заселенности квартир даже ниже социальной нормы (18 м^2 жилой площади/чел).

Необходимо отметить, что при сокращении расчетной заселенности наблюдается резкое возрастание удельных бытовых тепловыделений.

6.2.3 Важной особенностью определения тепловых потребностей для жилых зданий является корректный учет полезного энергетического эффекта от применения децентрализованных теплоутилизаторов.

Т.к. удаление воздуха производится совместно с забором наружного, то при обеспечении некоторой нормируемой кратности воздухообмена в жилых комнатах воздухообмен в помещениях, сопряженных с жилыми, в кухнях, ванных, санузлах, остается не обеспечен. В связи с этим для компенсации объема вытяжного воздуха, необходимого для ассимиляции вредностей, выделяющихся в кухнях и санузлах, также нужен дополнительный объем приточного воздуха.

В связи с этим применение децентрализованных систем утилизации теплоты вытяжного воздуха в жилых помещениях, а также в квартирах нецелесообразно.

7 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых общественных и административных зданий

7.1 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых общественных зданий

7.1.1 Общественные здания характеризуются собственными поэлементными требованиями к теплофизическим свойствам ограждающих конструкций.

7.1.2 При определении тепловых потребностей эксплуатируемых общественных зданий следует предполагать возможное изменение теплозащитных свойств ограждающих конструкций в результате старения материалов в этих конструкциях и неэффективной их эксплуатации.

Характерной особенностью множества общественных зданий является вынос инженерного оборудования на совмещенное кровельное покрытие и повреждение этого покрытия в результате эксплуатации отопительно-вентиляционного оборудования.

Для корректного определения тепловых потребностей в части определения трансмиссионных тепловых потерь при определении термического сопротивления слоя материала следует применять коэффициент условий эксплуатации слоя материала, определяемый по результатам натурных или лабораторных испытаний.

7.1.3 Еще одной важной особенностью расчетов тепловых потребностей для общественных зданий является учет режима эксплуатации при определении вентиляционных тепловых потерь.

Как правило, в помещениях общественных зданий организована приточно-вытяжная вентиляция с механическим побуждением движения воздуха. Соответственно, в нерабочее время поддержание воздушного режима во многих помещениях не требуется.

В связи с вышеизложенным в расчеты тепловых потребностей вводят корректировки.

При расчетах в соответствии с приложением Г СП 50.13330 в формулах (5.2) и (5.4) при определении удельной вентиляционной характеристики и средней

кратности воздухообмена за отопительный период введены коэффициенты:

$n_{вент}$ – число часов работы механической вентиляции в течение недели;

$n_{инф}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное 168 для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и (168 – $n_{вент}$) для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции;

168 – число часов в неделе.

При индивидуальных расчетах с использованием совмещенного матричного метода для матриц (5.65) и (5.66) основное отличие объясняется наличием учета режима работы вентиляционных систем с помощью значений величины $z_{вент}$ и $z_{инф}$, которые представлены в таблице 5.2.

Введение этих величин позволяет обеспечить совмещение расчетов тепловой мощности систем отопления и вентиляции и энергопотребления указанными системами через базовый параметр – удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Необходимо учитывать и специфические требования к отдельным помещениям (например, к операционным и палатам в больницах), где обеспечение теплового и воздушного микроклимата должно быть обеспечено круглосуточно.

7.1.4 При расчете тепловых потребностей для общественных зданий важными составляющими результирующего теплового баланса выступают тепловые поступления от солнечной радиации и от внутренней хозяйственной деятельности людей.

В стандартизованной методике в соответствии с СП 50.13330 рекомендованы к учету всего несколько наиболее распространенных факторов (от людей, от оргтехники, от освещения), однако уточнение полезного эффекта от теплопоступлений при использовании матричного метода может быть выполнено при детальном составлении матрицы (5.55) или (5.57), что позволяет также уточнить итоговые результаты, т.к. в теле матриц для отдельных помещений могут быть тепловыделения от специфического оборудования (например, от

холодильников в магазинах или от медицинской техники).

При этом для расчетов максимальной нагрузки на системы отопления и вентиляции следует выдерживать требования СП 60.13330 и учитывать только регулярные тепловые потоки, которые будут условно гарантированно иметь место в помещении в расчетных (максимально неблагоприятных) условиях.

7.1.5 При наличии механических систем вентиляции, а также кондиционирования воздуха интересным для энергопотребления становится также и теплый период года. Однако для разработки стандартной классификации, корреткного применения удельных характеристик при учете влагосодержания воздуха и интенсивности солнечной радиации, для создания методики расчета энергопотребления необходимы дополнительные исследования.

7.1.6 Следует учитывать, что при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых при определении продолжительности отопительного периода и, соответственно, градусо-суток отопительного периода принимается период со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 10 °С (не 8 °С).

В связи с вышеизложенным, при проектировании тепловой защиты таких зданий необходимо корректно выбирать поэлементные требования (к приведенному сопротивлению теплопередаче отдельных ограждений), а при составлении графика отпуска теплоты для системы отопления и вентиляции корректно выбирать точку срезки – температуру наружного воздуха, при которой отопительный период начинается и заканчивается.

При среднесуточной температуре наружного воздуха в диапазоне 8–10 °С, что как правило соответствует осенне-весеннему периоду года, наблюдается значительная интенсивность солнечной радиации. Поэтому для обеспечения энергосбережения в лечебно-профилактических, детских учреждениях и домах-интернатах для престарелых рекомендуется предусматривать мероприятия, позволяющие полезно использовать тепловые поступления от Солнца, а именно: проектирование пофасадных систем отопления и по технико-экономическому обоснованию установку автоматических терморегуляторов на отопительных

приборах систем.

7.2 Особенности расчета тепловых потребностей эксплуатируемых административных зданий

7.2.1 Характерной особенностью административных зданий является облегченный учет используемых энергетических ресурсов (по аналогии с одноквартирными зданиями): т.к. собственник помещений, как правило, представлен одним юридическим лицом. Однако для обеспечения внутренних взаиморасчетов (между арендаторами и арендодателями в офисных зданиях) возможны и потребности в сложных системах учета расходования энергоресурсов.

7.2.2 Применение децентрализованных теплоутилизаторов для административных зданий, большинство которых в классификации общественных зданий представляют собой здания с офисными помещениями, может быть рекомендовано, в зависимости от предполагаемых трассировок систем вентиляции: значительные площади и объемы помещений могут не позволить осуществить переточную схему, характерную для квартир и других жилых помещений. Тогда применение сбалансированного воздухообмена офисных помещений становится целесообразным, а следовательно, целесообразным становится и использование местных устройств рекуперации. Следует отметить, что именно офисы являются наиболее благоприятными помещениями для систем с переменным расходом воздуха, объем которого регулируется соответствующими датчиками концентрации углекислого газа или влажности (в зависимости от наличия людей), однако при наличии значительных тепловых поступлений в теплый период года центральные системы кондиционирования воздуха могут быть более затратными, чем местные или местно-центральные системы охлаждения.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ориентировочная структура энергопотребления гражданина Российской Федерации в жилом многоквартирном здании

А.1 В соответствии с расчетом согласно данным Федерального закона «О потребительской корзине в целом по Российской Федерации» от 03.12.2012 № 227-ФЗ (последняя редакция) структуру энергопотребления гражданина, населяющего жилое многоквартирное здание, можно охарактеризовать с помощью рисунка А.1.

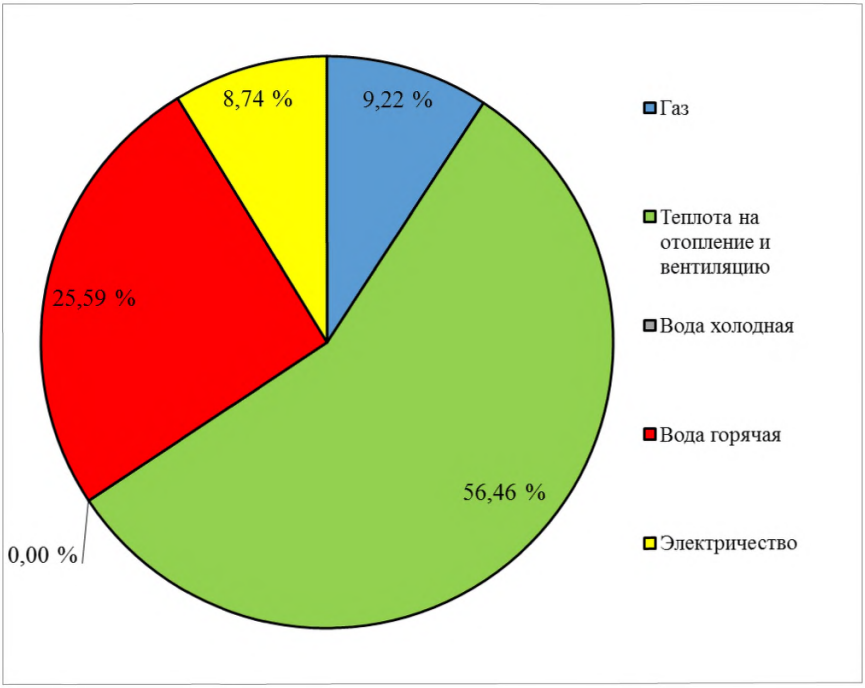

Рисунок А.1 – Потребляемые энергетические ресурсы в хозяйственной деятельности жителя многоквартирного здания, %

Рисунок А.1 не отражает энергоемкость хозяйственной деятельности человека: на диаграмме нет данных об энергетических потребностях, образуемых

тяжелой и легкой промышленностью, транспортом, медициной, образованием и т.д. Также на рисунке А.1 не отражены расчеты электрической энергии на транспортировку холодной и горячей воды до потребителя.

Например, базовые потребности в одежде составляют наибольшую долю в потребительской корзине с учетом индексов потребительских цен (свыше 1/3 от общих расходов), однако пересчет энергетических ресурсов, направляемых на покупку и производство ожежды, затруднен.

А.2 Структура тепловых потребностей, направляемых на отопление и вентиляцию и характерная для жильца жилого многоквартирного здания представлена на рис. А.2.

Рисунок основан на выборке из 40 современных жилых многоквартирных зданий.

Как видно из рисунка А.2, наибольший вклад образуется из-за вентиляционных тепловых потерь, образующихся при формировании воздушного режима помещений (свыше 59,4%). Это в целом подтверждается по данным [6, 10].

Также среди наиболее влияющих факторов выделяются трансмиссионные тепловые потери через окна и балконные двери (свыше 17,7%), трансмиссионные тепловые потери через стены (по глади – около 7%, через теплотехнические неоднородности – свыше 4%), а также тепловые потребности, которые образуются необходимостью комфортного отопления совмещенных санузлов и ванных комнат (более 7%).

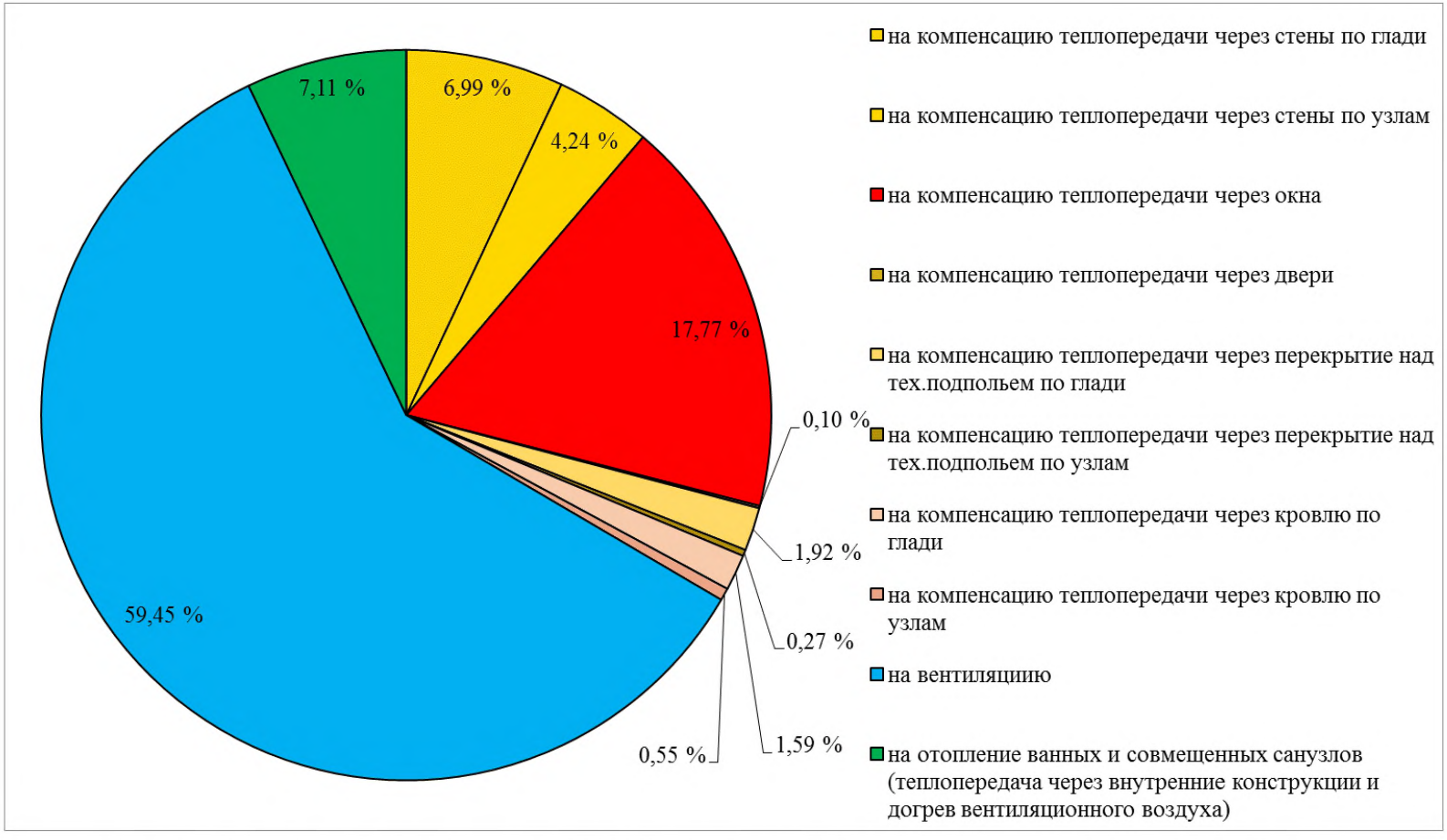

Рисунок А.2 – Структура тепловых потребностей на отопление и вентиляцию в многоквартином здании

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Пример архитектурно-планировочных решений типового жилого многоквартирного дома

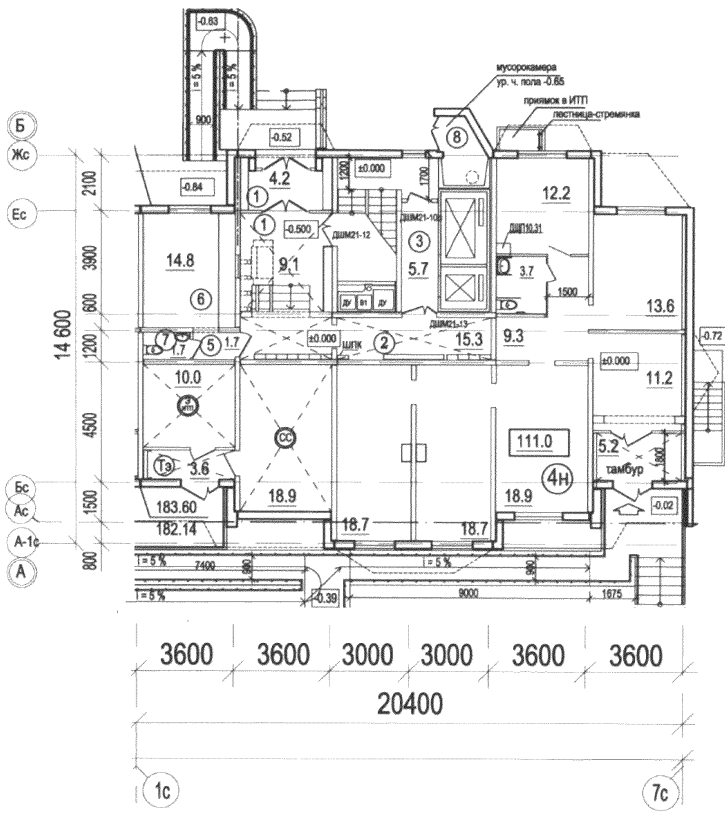

Рисунок Б.1 – Первый этаж торцевой блок-секции типового жилого дома П44

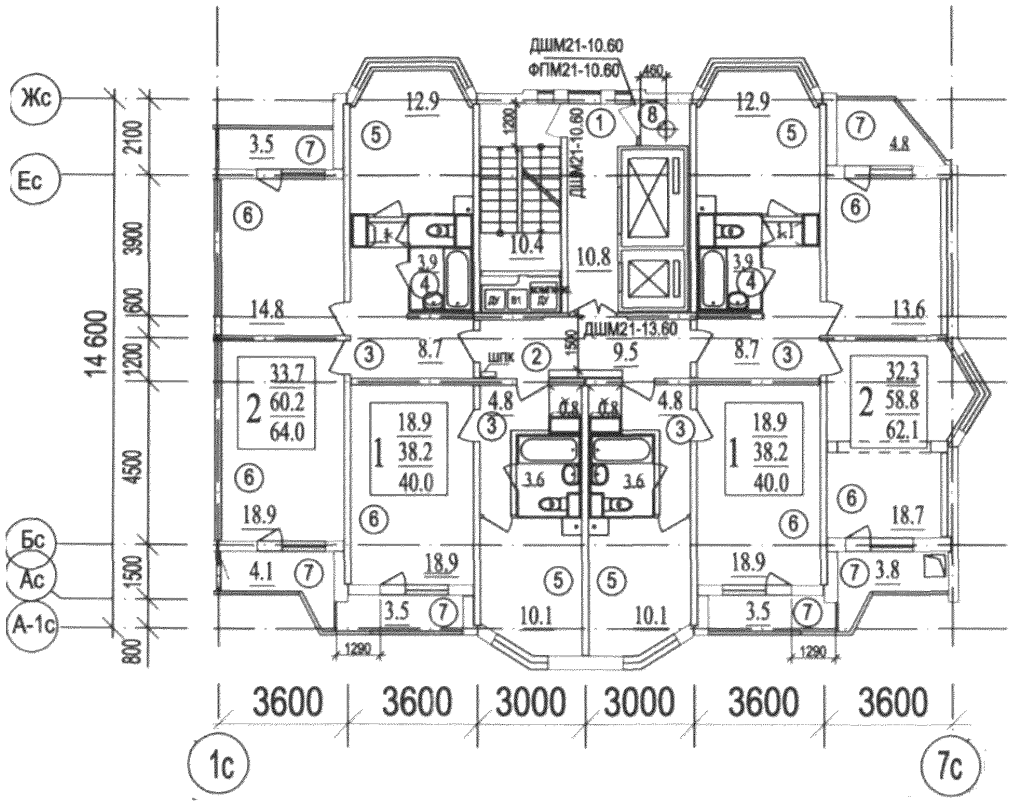

Рисунок Б.2 – Типовой этаж торцевой блок-секции типового жилого дома П44

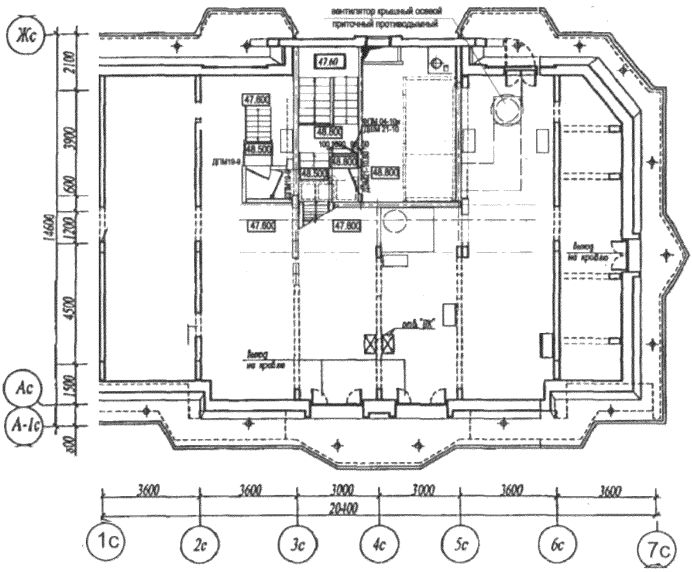

Рисунок Б.3 – Технический этаж торцевой блок-секции типового жилого дома П44

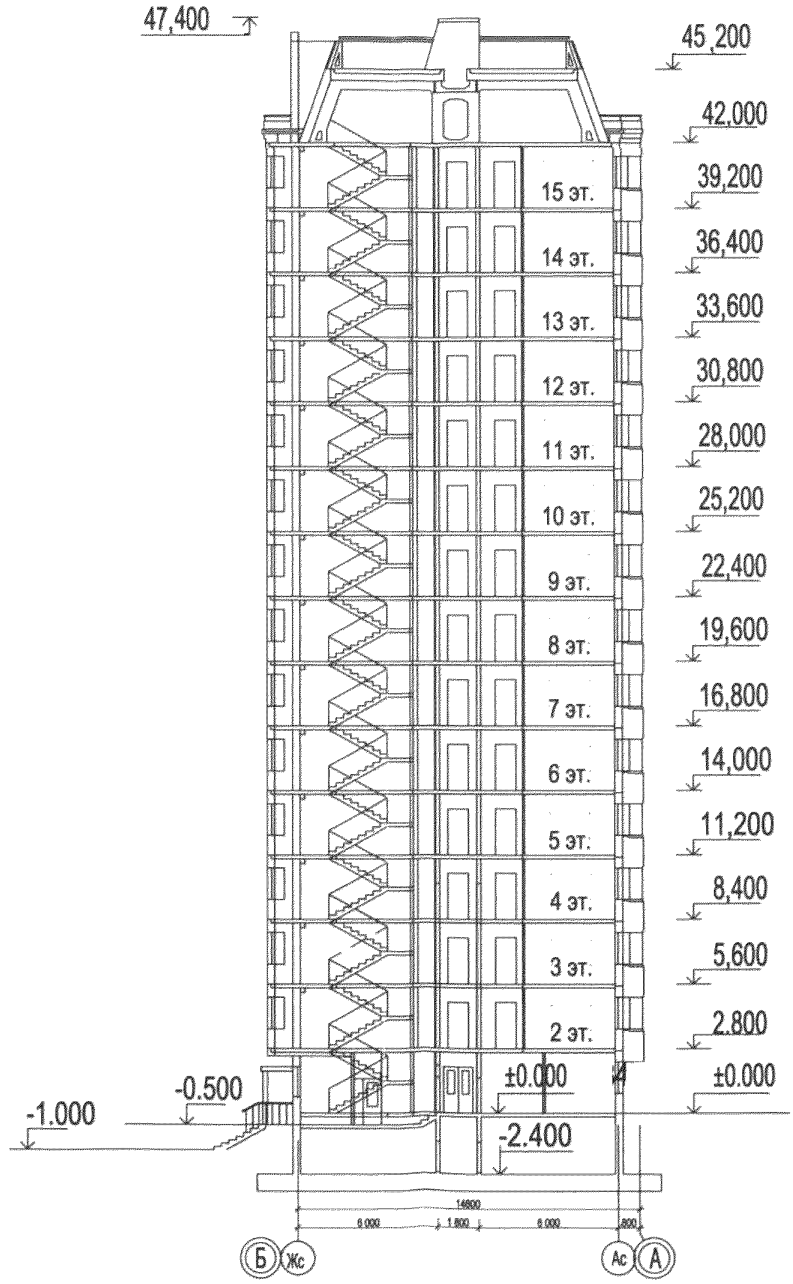

Рисунок Б.4 – Разрез типового жилого дома П44

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример расчета нагрузки на системы отопления и вентиляции для типового жилого многоквартирного дома

Для автоматизации расчетов по определению тепловой нагрузки на системы отопления и вентиляции с использованием матричного метода, представленного в разделе 5.2 настоящих рекомендаций, разработана программа на базе Microsoft Excel для конкретного примера – жилого многоквартирного дома типовой серии.

Таблица В.1 – Температурные параметры воздуха помещений типового этажа типовой секции жилого здания серии П44

	Номер	Наименование помещения	Площадь, $м^2$	Температура воздуха помещения, ^oC
Типовой этаж	1	Кв. 1 (комната)	18,90	20
	2	Кв. 1 (кухня)	10,1	18
	3	Кв. 1 (с/у)	3,6	25
	4	Кв. 1 (холл)	4,8	18
	5	Кв. 2 (комната 1)	18,9	20
	6	Кв. 2 (комната 2)	14,8	20
	7	Кв. 2 (кухня)	12,9	18
	8	Кв. 2 (с/у)	1,3	18
	9	Кв. 2 (ванная)	2,6	25
	10	Кв. 2 (холл)	8,7	18
	11	Кв. 3 (комната)	18,9	20
	12	Кв. 3 (кухня)	10,1	18
	13	Кв. 3 (с/у)	3,6	25
	14	Кв. 3 (холл)	4,8	18
	15	Кв. 4 (комната 1)	18,9	20
	16	Кв. 4 (комната 2)	14,8	20
	17	Кв. 4 (кухня)	12,9	18
	18	Кв. 4 (с/у)	1,3	18
	19	Кв. 4 (ванная)	2,6	25
	20	Кв. 4 (холл)	8,7	18
	21	Холл общий	9,5	18
	22	Холл при ЛЛУ	10,8	18

Построение матриц изложено на примере 2-го (типового) этажа типовой (торцевой) секции (см. приложение Б).

Необходимые температуры воздуха, назначаемые для помещений установлены согласно таблице В.1.

На основании расчетной температуры наружного воздуха и таблицы В.1 формируется матрица разниц температуры $\boldsymbol{\Delta T}$ (см. таблицу В.4).

Для конструкций здания проводят теплотехнические расчеты по глади плоских элементов. Для характерных теплотехнических неоднородностей были составлены модели и проведены расчеты с оценкой линейных и точечных мостиков холода. Результаты расчетов сводят в матрицу $\boldsymbol{F}$ (таблица В.2).

Таблица В.2 – Матрица $\boldsymbol{F}$: удельные тепловые потоки для различных теплопроводных элементов ограждающих конструкций здания (U, Вт/[м^2 °С]; ψ, Вт/[м °С]; χ, Вт/°С)

Наименование теплового потока		Величина
$U_{1(1)}$	Уд. тепловой поток через наружную стену	0,22
$U_{2(1)}$	Уд. тепловой поток через оконные блоки квартир	1,11
$U_{3(1)}$	Уд. тепловой поток через оконные блоки ЛЛУ	1,79
$U_{4(1)}$	Уд. тепловой поток через двери балконные(глухая часть)	0,67
$U_{5(1)}$	Уд. тепловой поток через двери входные наружные	0,83
$U_{6(2)}$	Уд. тепловой поток через перекрытия чердачные	0,20
$U_{7(2)}$	Уд. тепловой поток через покрытие над ЛЛУ	0,83
$U_{8(3)}$	Уд. тепловой поток через перекрытие техподполья	0,18
$\psi_{1(1)}$	Уд. тепловой поток через узлы сопряжения с балконными плитами	0,25
$\psi_{2(1)}$	Уд. тепловой поток через стыки панелей	0,08
$\psi_{3(1)}$	Уд. тепловой поток через стыки оконных блоков квартир	0,03
$\psi_{4(1)}$	Уд. тепловой поток через стыки оконных блоков ЛЛУ	0,04
$\psi_{5(1)}$	Уд. тепловой поток через выпуклые углы наружных стен	0,112
$\chi_{1(1)}$	Уд. тепловой поток через шпонки	0,08
$\chi_{2(2)}$	Уд. тепловой поток через узлы прохода электрического кабеля	0,025
$\chi_{3(2)}$	Уд. тепловой поток через узлы прохода труб инженерных систем	0,042

Для воздухопроницаемых элементов конструкций составляется матрица $\boldsymbol{P}$, которая представлена в таблице В.3.

Таблица В.3 – Матрица ***P***: удельные характеристики вохдухопроницаемости для различных воздухопроницаемых элементов ограждающих конструкций здания (P_i, кг/[м^2 ч]; кг/[м ч])

Наименование характеристики воздухопроницаемости		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$P_{2(1)}$	Уд. характеристика воздухопроницаемости через оконные блоки квартир	0,94	0,87	0,80	0,72	0,65	0,56	0,47	0,38	0,26	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$P_{3(1)}$	Уд. характеристика воздухопроницаемости через оконные блоки ЛЛУ	1,17	1,09	1,00	0,91	0,81	0,70	0,59	0,47	0,33	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$P_{4(1)}$	Уд. характеристика воздухопроницаемости через двери балконные (глухая часть)	0,80	0,76	0,71	0,66	0,61	0,55	0,48	0,40	0,31	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$P_{5(1)}$	Уд. характеристика воздухопроницаемости через двери входные наружные	37,13	1,01	0,95	0,88	0,81	0,73	0,64	0,54	0,41	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$P_{12(1)}$	Уд. характеристика воздухопроницаемости через стыки панелей	1,28	1,14	1,00	0,87	0,73	0,60	0,46	0,33	0,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

В этой матрице размещаются удельные характеристики воздухопроницаемости окон, дверей, проемов, стыков панелей и иных воздухопроницаемых элементов конструкций.

Количество столбцов такой матрицы – количество этажей здания.

При необходимости матрица может быть расширена комбинациями «этаж+фасад», что целесообразно при создании систем автоматического регулирования, а также для совмещения расчетов по определению теплопоступлений от солнечной радиации, что необходимо для расчета мощности систем охлаждения и вентиляции в теплый период года.

Таблица В.4 – Фрагмент матрицы ΔT: разницы между температурой воздуха соответствующих помещений и наружного воздуха в расчетном режиме, °С

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Типовой этаж	1	Кв. 1 (комната)	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	Кв. 1 (кухня)	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	Кв. 1 (с/у)	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	Кв. 1 (холл)	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	Кв. 2 (комната 1)	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	Кв. 2 (комната 2)	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	Кв. 2 (кухня)	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	Кв. 2 (с/у)	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	Кв. 2 (ванная)	0	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	Кв. 2 (холл)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	Кв. 3 (комната)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	Кв. 3 (кухня)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	Кв. 3 (с/у)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	Кв. 3 (холл)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	Кв. 4 (комната 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0
	16	Кв. 4 (комната 2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0
	17	Кв. 4 (кухня)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0
	18	Кв. 4 (с/у)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0
	19	Кв. 4 (ванная)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0	0
	20	Кв. 4 (холл)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0
	21	Холл общий	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0
	22	Холл при ЛЛУ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46

Для жилого здания характерны неорганизованная приточная система вентиляции и организованная естественная вытяжная, то построение расчетов для матрицы массовых расходов воздуха $\boldsymbol{G}$ будет вестись с применением операции нахождения максимума.

Для определения членов матриц $\boldsymbol{H_t}$ и $\boldsymbol{H_v}$ следует составить характеристические матрицы $\boldsymbol{C_t}$ и $\boldsymbol{C_{inf}}$, а также найти нормируемое количество необходимого приточного воздуха (матрицу $\boldsymbol{G_{вент}}$). Матрицы $\boldsymbol{G_{вент}}$, $\boldsymbol{C_t}$, $\boldsymbol{C_{inf}}$ представлены в таблицах В.5, В.6 и В.7 соответственно.

Таблица В.5 – Матрица $\boldsymbol{G_{вент}}$: массовые расходы воздуха помещений для обеспечения приточной части систем вентиляции, кг/ч

	Номер	Наименование помещения	$G_{вент}$
Типовой этаж	1	Кв. 1 (комната)	158,49
	2	Кв. 1 (кухня)	0,00
	3	Кв. 1 (с/у)	0,00
	4	Кв. 1 (холл)	0,00
	5	Кв. 2 (комната 1)	88,97
	6	Кв. 2 (комната 2)	69,67
	7	Кв. 2 (кухня)	0,00
	8	Кв. 2 (с/у)	0,00
	9	Кв. 2 (ванная)	0,00
	10	Кв. 2 (холл)	0,00
	11	Кв. 3 (комната)	158,49
	12	Кв. 3 (кухня)	0,00
	13	Кв. 3 (с/у)	0,00
	14	Кв. 3 (холл)	0,00
	15	Кв. 4 (комната 1)	88,97
	16	Кв. 4 (комната 2)	69,67
	17	Кв. 4 (кухня)	0,00
	18	Кв. 4 (с/у)	0,00
	19	Кв. 4 (ванная)	0,00
	20	Кв. 4 (холл)	0,00
	21	Холл общий	0,00
	22	Холл при ЛЛУ	0,00

Таблица В.6 – Фрагмент матрицы $\boldsymbol{C_t}$: геометрические и количественные характеристики теплопроводных элементов ограждающих конструкций помещений типового этажа (A, м^2; L, м; N, шт.)

	Номер	$A_{1(1)}$	$A_{2(1)}$	$A_{3(1)}$	$A_{4(1)}$	$A_{5(1)}$	$A_{6(2)}$	$A_{7(2)}$	$A_{8(3)}$	$L_{1(1)}$	$L_{2(1)}$	$L_{3(1)}$	$L_{4(1)}$	$L_{5(1)}$	$N_{1(1)}$	$N_{2(2)}$	$N_{3(2)}$
Типовой этаж	1	6,41	3,15	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	9,20	7,20	0,00	2,80	7,00	0,00	0,00
	2	6,56	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,80	6,20	0,00	5,60	7,00	0,00	0,00
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	6,41	3,15	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	9,20	7,20	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00
	6	6,41	3,15	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	9,20	7,20	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00
	7	12,88	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,20	14,20	0,00	5,60	13,00	0,00	0,00
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	11	6,41	3,15	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	9,20	7,20	0,00	2,80	7,00	0,00	0,00
	12	6,56	2,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,80	6,20	0,00	5,60	7,00	0,00	0,00
	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	22,37	3,15	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	14,90	7,20	0,00	2,80	23,00	0,00	0,00
	16	19,01	3,15	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	13,70	7,20	0,00	2,80	20,00	0,00	0,00
	17	12,88	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,20	14,20	0,00	5,60	13,00	0,00	0,00
	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	22	12,32	0,00	4,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,60	0,00	8,80	0,00	13,00	0,00	0,00

Таблица В.7 – Фрагмент матрицы C_{inf}: геометрические характеристики воздухопроницаемых элементов ограждающих конструкций помещений типового этажа (A, м^2; L, м)

	Номер	$A_{2(1)}$	$A_{3(1)}$	$A_{4(1)}$	$A_{5(1)}$	$L_{12(1)}$
Типовой этаж	1	3,15	0,00	0,53	0,00	9,20
	2	2,40	0,00	0,00	0,00	8,80
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	3,15	0,00	0,53	0,00	9,20
	6	3,15	0,00	0,53	0,00	9,20
	7	8,40	0,00	0,00	0,00	13,20
	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	11	3,15	0,00	0,53	0,00	9,20
	12	2,40	0,00	0,00	0,00	8,80
	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	3,15	0,00	0,53	0,00	14,90
	16	3,15	0,00	0,53	0,00	13,70
	17	8,40	0,00	0,00	0,00	13,20
	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	22	0,00	4,48	0,00	0,00	11,60

Результаты расчетов удельной теплопередачи через ограждающие конструкции и удельных тепловых затрат на формирование воздушного режима (матрицы H_t и H_v) представлены в таблице В.8.

Для квартир жилого дома в наиболее неблагоприятном режиме в качестве тепловых выделений будут учтены: для жилых комнат: от людей (90 Вт/чел – в состоянии покоя при температуре воздуха в помещении – 20 °С); для кухонь: от постоянно работающих электроприборов – холодильников (108 Вт/шт.; при средней потребляемой мощности холодильника – 120 Вт/шт.).

Принято, что коэффициента перехода электрической энергии в тепловую для компрессоров холодильника составляет – 0,9. Для расчетов энерго-

потребления учет этого коэффициента не требуется: по закону сохранения энергии вся потребляемая энергия перейдет в тепловую. Однако для расчета пикового режима нужно определить именно долю мгновенно сообщающейся тепловой энергии. Исходя из таких же соображений по минимизации полезных тепловыделений в расчете неблагоприятного режима, принято, что в одной жилой комнате находится только 1 человек. Дополнительные тепловые потребности для комфортного отопления ванных комнат в настоящем примере не рассмотрены.

Таблица В.8 – Фрагмент матриц $\boldsymbol{H_t}$ и $\boldsymbol{H_v}$: удельной теплопередачи через ограждающие конструкции и удельных тепловых затрат на формирование воздушного режима помещений, Вт/°С

	Номер	Площадь, м^2	H_t, Вт/°С	H_v, Вт/°С
Типовой этаж	1	18,90	8,00	44,60
	2	10,1	6,20	3,41
	3	3,6	0,00	0,00
	4	4,8	0,00	0,00
	5	18,9	7,68	25,04
	6	14,8	7,68	19,61
	7	12,9	15,34	6,29
	8	1,3	0,00	0,00
	9	2,6	0,00	0,00
	10	8,7	0,00	0,00
	11	18,9	8,00	44,60
	12	10,1	6,20	3,41
	13	3,6	0,00	0,00
	14	4,8	0,00	0,00
	15	18,9	13,28	25,04
	16	14,8	12,20	19,61
	17	12,9	15,34	6,29
	18	1,3	0,00	0,00
	19	2,6	0,00	0,00
	20	8,7	0,00	0,00
	21	9,5	0,00	0,00
	22	10,8	13,06	5,09

Некоторые результаты расчетов тепловой мощности систем отопления и вентиляции представлены в таблице В.9.

Таблица В.9 – Фрагмент матриц $Q_{тр}$, $Q_{вент}$, $Q_{быт}$ и искомой матрицы $Q^{р}_{сов}$:трансмиссионных тепловых потерь, вентиляционных тепловых потерь, внутренних тепловых поступлений и результирующих расчетных потребностей помещений в теплоте, Вт

	Номер	$Q_{тр}$	$Q_{вент}$	$Q_{быт}$	$Q^{р}_{сов}$
Типовой этаж	1	383,9	2140,8	90,0	2434,7
	2	285,2	156,9	108,0	334,2
	3	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0
	5	368,9	1201,8	90,0	1480,6
	6	368,9	941,1	90,0	1219,9
	7	705,8	289,4	108,0	887,1
	8	0,0	0,0	0,0	0,0
	9	0,0	0,0	0,0	0,0
	10	0,0	0,0	0,0	0,0
	11	383,9	2140,8	90,0	2434,7
	12	285,2	156,9	108,0	334,2
	13	0,0	0,0	0,0	0,0
	14	0,0	0,0	0,0	0,0
	15	637,4	1201,8	90,0	1749,2
	16	585,4	941,1	90,0	1436,5
	17	705,8	289,4	108,0	887,1
	18	0,0	0,0	0,0	0,0
	19	0,0	0,0	0,0	0,0
	20	0,0	0,0	0,0	0,0
	21	0,0	0,0	0,0	0,0
	22	600,6	234,2	0,0	834,8

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Пример расчета температуры наружного воздуха переходного периода

Г.1 Для многоквартирного здания в условиях действующего законодательства Российской Федерации с целью некоторого упрощения расчетов можно предположить, что средняя величина удельных бытовых тепловыделений составляет 17 Вт/м^2 жилой площади помещений здания (при одновременном выполнении условия расчетной заселенности квартир).

Значения H_v (удельных тепловых потребностей на обеспечение воздушного режима, Вт/°С), рассчитанные для целого здания будут взяты в расчет как сумма соответствующих факторов, т.е. как для пикового режима, так как воздушный режим в такого рода зданиях поддерживается 24 часа в сутки 7 дней в неделю.

Необходимая температура внутреннего воздуха помещений также известна. Тогда формула, определяющая температуру преходного периода, для всего здания целиком примет вид :

$$t_н = t_в - \frac{q_{быт} \cdot A_{ж}}{H_{трансм} + H_{вент}} = 20 - \frac{28769}{1783,34 + 2778,60} = 13,7\ ^{o}\text{C}. \qquad (Г.1)$$

Полученное значение означает, что при температуре наружного воздуха меньшей, чем 13,7°С, в жилом доме серии П44 может наблюдаться недостаток теплоты (в целом для здания). Это корреспондирует с данными европейского теплоснабжения, в большинстве стран принимается температура начала отопления, равная 13 °С.

Г.2 С точки зрения практического применения, особенно в рамках развития как центрального, так и местного регулирования систем отопления, особый интерес представляет расчет температуры переходного периода для каждого помещения здания.

В таблице Г.1 приведены результаты определения температуры наружного воздуха переходного периода для жилых комнат типового (второго) этажа рассматриваемого дома серии П44.

Таблица Г.1 – Температура наружного воздуха для помещений типового (второго) этажа жилого здания типовой серии П44, при которой тепловые потери и внутренние тепловые выделения скомпенсированы, °С

	Номер	Наименование помещения	Площадь, м^2	H_t, Вт/ °С	H_v, Вт/ °С	$Q_{быт}$, Вт	$t_н$, °С
Типовой этаж	1	Кв. 1 (жил. к.)	18,9	8,00	44,60	321,3	**13,9**
	5	Кв. 2 (жил. к. 1)	18,9	7,68	25,04	321,3	**10,2**
	6	Кв. 2 (жил. к. 2)	14,8	7,68	19,61	251,6	**10,8**
	11	Кв. 3 (жил. к.)	18,9	8,00	44,60	321,3	**13,9**
	15	Кв. 4 (жил. к. 1)	18,9	13,28	25,04	321,3	**11,6**
	16	Кв. 4 (жил. к. 2)	14,8	12,20	19,61	251,6	**12,1**

Как видно из таблицы Г.1, для каждой комнаты жилого дома существует собственная температура наружного воздуха, при которой требуется работа системы отопления.

Результаты, полученные согласно (Г.1) и в таблице Г.1, несколько расходятся с общепринятой температурой переходного периода (8 °С).

Г.3 Чтобы объяснить эту разницу, необходимо адаптировать в расчет (Г.1) величину тепловых поступлений от Солнеца. В качестве расчетного периода времени примем расчетный час с температурой наружного воздуха 8 °С, а величину тепловых поступлений от солнечной радиации возьмем по типовому климатическому году для г. Москвы. Средние часовые тепловые поступления от солнечной радиации, в время наблюдения температуры наружного воздуха, равной 8 °С, осредненные по ориентации по сторонам света, составили 18,63 Вт/м^2 площади окна.

Результаты расчета действительной температуры переходного периода для здания целиком в этом случае представлены выражением:

$$t_н = t_в - \frac{(q_{быт} \cdot A_ж) + (q_{рад} \cdot A_{ок})}{H_{трансм} + H_{вент}} = 20 - \frac{28769 + 12052}{1783,34 + 2778,60} = 11,1. \quad (Г.2)$$

Аналогичные результаты расчета для помещений типового (второго) этажа представлены в таблице Г.2.

Таблица Г.2 – Температура наружного воздуха для помещений типового (второго) этажа жилого здания типовой серии П44, при которой тепловые потери и тепловые поступления (как от внутренних источников, так и от солнечной радиации) скомпенсированы, °С

	Номер	Наименование помещения	H_t, Вт/ °С	H_v, Вт/ °С	$Q_{быт}$, Вт	$Q_{рад}$, Вт	$t_н$, °С
Типовой этаж	1	Кв. 1 (жил. к.)	8,00	44,60	321,3	58,7	**12,8**
	5	Кв. 2 (жил. к. 1)	7,68	25,04	321,3	23,7	**8,4**
	6	Кв. 2 (жил. к. 2)	7,68	19,61	251,6	23,7	**8,6**
	11	Кв. 3 (жил. к.)	8,00	44,60	321,3	23,7	**12,8**
	15	Кв. 4 (жил. к. 1)	13,28	25,04	321,3	23,7	**10,1**
	16	Кв. 4 (жил. к. 2)	12,20	19,61	251,6	23,7	**10,2**

Таким образом, отопительный сезон предусматривает некоторую необеспеченность температурных условий во многих помещениях здания.

Также с этим может быть связана значительная рефлексия ситуаций, когда не обеспечена нормальная работа систем вентиляции: снижение тепловых потребностей на подогрев наружного воздуха сокращают и температуру наружного воздуха переходного периода до расчетной величины 8 °С.

При этом из-за тенденции переложения данных об удельных тепловых поступлениях с одноквартирных зданий, построенных в Евросоюзе, на отечественные многоквартирные корректировка начала и конца отопительного сезона и температуры переходного периода в связи с этим не рекомендуется.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Пример совмещенных расчетов тепловой мощности систем отопления и вентиляции и потребления энергии здания

Д.1 Для представления совмещенных расчетов потребления энергии, необходимой для систем отопления и вентиляции рассмотрен пример – общественное здание с помещениями различного назначения – гостиничный комплекс. Здание представляет собой 5-этажное здание, на первом этаже которого расположены помещения ресторана и администрации. Со второго по четвертый этажи располагаются помещения номерного фонда гостиницы. На последнем этаже находится кафе. Архитектурно-планировочные решения характерного (второго) этажа номерного фонда представлены на рисунке Д.1. В качестве расчетной температуры воздуха в холодный период года для всех помещений объекта принята величина 21 °С. Расчетная температура наружного климата региона строительства составляет 1,2 °С.

Для конструкций здания проводят теплотехнические расчеты: как по глади плоских элементов, так и для теплотехнических неоднородностей. Результаты расчетов сводят в матрицу $\boldsymbol{F}$ (см. таблицу Д.1). Также для воздухопроницаемых элементов конструктивных элементов здания составляется матрица $\boldsymbol{P}$, которая представлена в таблице Д.2. В ней размещаются удельные характеристики воздухопроницаемости окон и проемов. Матрица $\boldsymbol{G_{вент}}$ представлена в таблице Д.3. Матрицы $\boldsymbol{C_t}$ и $\boldsymbol{C_{inf}}$ представлены в таблицах Д.4 и Д.5 соответственно.

Результаты расчетов удельной теплопередачи через ограждающие конструкции и удельных тепловых потребностей на формирование воздушного режима для максимального режима (матрицы $\boldsymbol{H_t}$ и $\boldsymbol{H_v}$) представлены в таблице Д.6. Также в таблице Д.6 представлены удельные тепловые потребности для формирования воздушного режима для режима, осредненного по отопительному периоду (матрица $\boldsymbol{H_v}$).

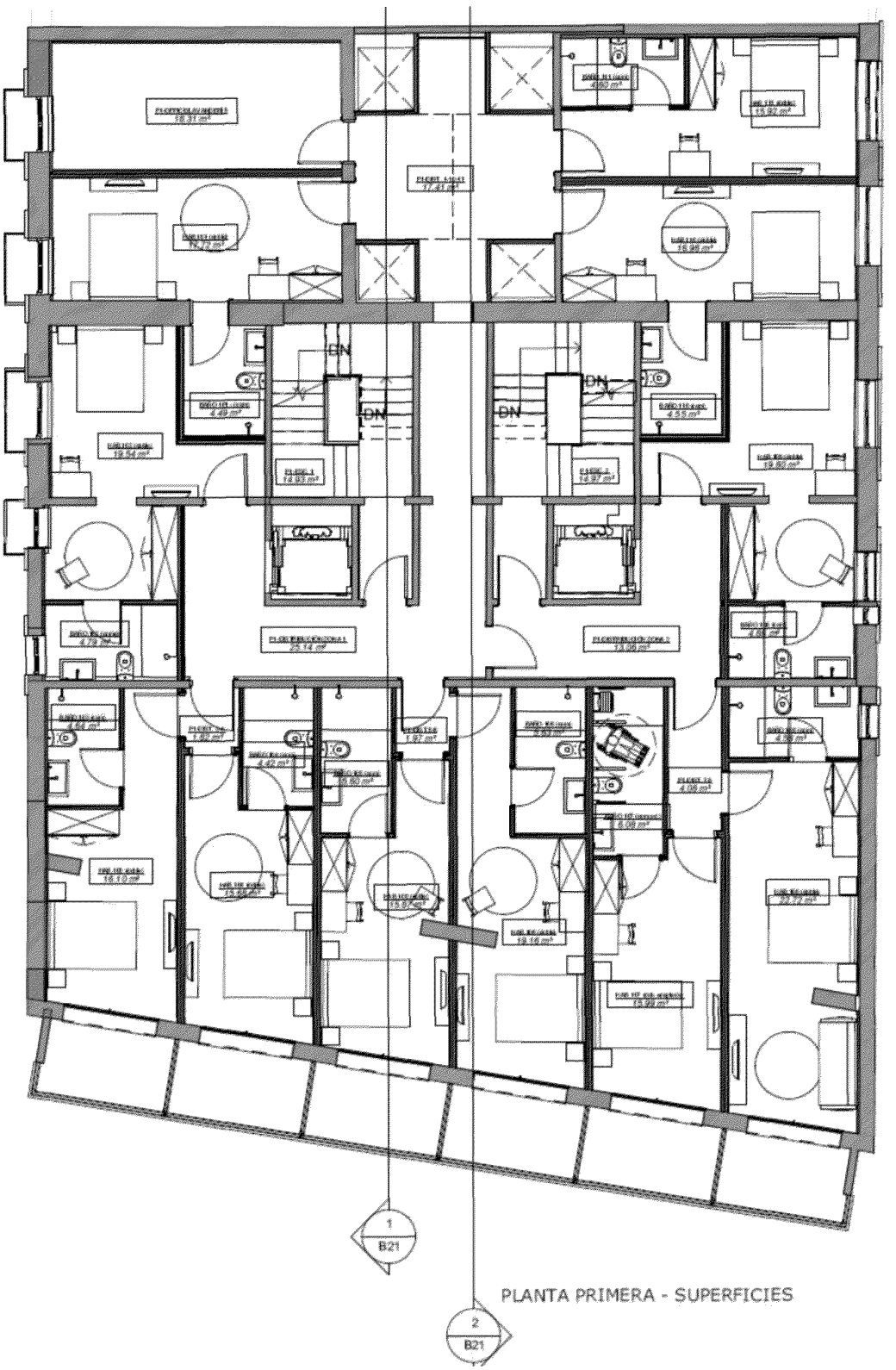

Рисунок Д.1 – Второй этаж гостиничного комплекса

Таблица Д.1 – Матрица ***F***: удельные тепловые потоки для различных теплопроводных элементов ограждающих конструкций здания (U, Вт/[м^2 °С]; ψ, Вт/[м °С]; χ, Вт/°С)

Наименование теплового потока		Величина
$U_{1(1)}$	Уд. тепловой поток через наружную стену	0,61
$U_{2(1)}$	Уд. тепловой поток через витражные остекления номеров	1,43
$U_{3(1)}$	Уд. тепловой поток через оконные блоки номеров	1,43
$U_{4(1)}$	Уд. тепловой поток через остекление общественных помещений	1,43
$U_{5(1)}$	Уд. тепловой поток через заполнения дверных проемов	1,43
$U_{6(2)}$	Уд. тепловой поток через покрытие совмещенное	0,41
$U_{7(3)}$	Уд. тепловой поток через грунтовое основание	0,37
$\psi_{1(1)}$	Уд. тепловой поток через швы кладок	0,081
$\psi_{2(1)}$	Уд. тепловой поток через стыки с витражным остеклением номеров	0,121
$\psi_{3(1)}$	Уд. тепловой поток через стыки с оконными блокаминомеров	0,121
$\psi_{4(1)}$	Уд. тепловой поток через стыки с остеклением общественных зон	0,121
$\psi_{5(1)}$	Уд. тепловой поток через узлы сопряжения стен с плитами перекрытий и балконными плитами	0,535
$\Psi_{6(3)}$	Уд. тепловой поток через узлы примыкания к фундаменту	0,157
$\psi_{7(1)}$	Уд. тепловой поток через углы (сопряжения стеновых конструкций)	0,136
$\psi_{8(2)}$	Уд. тепловой поток через узлы сопряжения стен с совмещенным покрытием	0,49
$\chi_{1(1)}$	Уд. тепловой поток через тарельчатые анкеры (крепление теплоизоляции)	0,008
$\chi_{2(2)}$	Уд. тепловой поток через узлы прохода электрического кабеля	0,026
$\chi_{3(2)}$	Уд. тепловой поток через узлы прохода труб инженерных систем	0,069

Таблица Д.2 – Матрица ***P***: удельные характеристики вохдухопроницаемости для различных воздухопроницаемых элементов ограждающих конструкций здания (P_i, кг/[м^2 ч]; кг/[м ч])

Наименование характеристики воздухопроницаемости		Ресторан	Антресоль первого этажа	Второй этаж (первый этаж номерного фонда)	Третий этаж (второй этаж номерного фонда)	Четвертый этаж (третий этаж номерного фонда)	Кафе (аттика)
$P_{2(1)}$	Уд. характеристика воздухопрониц. через витражные остекления номеров	0,99	0,92	0,84	0,75	0,65	0,54
$P_{3(1)}$	Уд. характеристика воздухопрониц. через оконные блоки номеров	0,99	0,92	0,84	0,75	0,65	0,54
$P_{4(1)}$	Уд. характеристика воздухопрониц. через остекление общественных помещений	0,83	0,69	0,64	0,59	0,53	0,46
$P_{5(1)}$	Уд. характеристика воздухопрониц. через двери входные наружные	1,15	0,96	0,90	0,82	0,74	0,64
$P_{1(1)}$	Уд. характеристика воздухопрониц. через проемы приточных устройств	15887	150323	14055	12870	11564,5	10066
$P_{12(1)}$	Уд. характеристика воздухопрониц. через швы кладки	1,06	0,95	0,83	0,69	0,56	0,42

Таблица Д.3 – Матрица $G_{вент}$: массовые расходы воздуха характерных помещений для обеспечения систем вентиляции

Уро-вень	Номер	Наименование помещения	Объем, м^3	Правило	Удельная величина		Количество человек	Расход воздуха, м^3/ч	Расход воздуха, м^3/ч	Массовый расход, кг/ч
					Приток	Вытяжка		Рез. приток	Рез. вытяжка	$G_{пр}$ (ХП)
1	1	Ресторан	1048,52	на чел.	28,8	28,8	116	**3341**	**3341**	**4301**
	2	Рисепшн	165,56	на чел.	45	45	10	**471**	**450**	**606**
	17	Дирекция	48,69	на чел.	45	45	4	**180**	**180**	**232**
1(1)	18	Администрация	47,82	на чел.	45	45	4	**180**	**180**	**232**
2	25	Номер 101 (двойной)	55,64	на чел.	28,8	28,8	2	**58**	**0**	**74**
	26	Санузел 101	14,10	норм	0	54	-	**0**	**58**	**0**
	27	Номер 102 (двойной)	61,36	на чел.	28,8	28,8	2	**58**	**0**	**74**
	28	Санузел 102	15,04	норм	0	54	-	**0**	**58**	**0**
	48	Коридор зона 1	77,75	на пом.	10,8	10,8	-	**267**	**267**	**344**
	49	Коридор зона 2	40,57	на пом.	10,8	10,8	-	**140**	**140**	**180**
3	65	Номер 207 (двойной)	52,75	на чел.	28,8	28,8	2	**58**	**0**	**74**
	66	Санузел 207	16,27	норм	0	54	-	**0**	**58**	**0**
	67	Номер 208 (сьютджуниор)	71,87	на чел.	28,8	28,8	3	**86**	**0**	**111**
	68	Санузел 208	14,57	норм	0	54	-	**0**	**86**	**0**
	76	Коридор зона 1	58,94	на пом.	10,8	10,8	-	**203**	**203**	**261**
	77	Коридор зона 2	40,69	на пом.	10,8	10,8	-	**140**	**140**	**180**
4	93	Номер 307 (двойной)	53,69	на чел.	28,8	28,8	2	**58**	**0**	**74**
	94	Санузел 307	16,56	норм	0	54	-	**0**	**58**	**0**
	95	Номер 308 (сьютджуниор)	73,02	на чел.	28,8	28,8	3	**86**	**0**	**111**
	96	Санузел 308	14,83	норм	0	54	-	**0**	**86**	**0**
5	107	Кафе	202,09	на чел.	28,8	28,8	62	**1786**	**1786**	**2299**
							Итого:	**12634**	**12634**:	

Таблица Д.4 – Фрагмент матрицы $\boldsymbol{C_t}$: геометрические и количественные характеристики теплопроводных элементов ограждающих конструкций характерных помещений (A, м^2; L, м; N, шт.)

Уро-вень	Но-мер	$A_{1(1)}$	$A_{1(1)}$	$A_{1(1)}$	$A_{1(1)}$	$A_{1(1)}$	$A_{1(1)}$	$A_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$L_{1(1)}$	$N_{1(1)}$	$N_{1(1)}$	$N_{1(1)}$
1	1	158,13	45,58	0,00	6,38	10,25	0,00	194,17	632,51	100,28	0,00	11,48	0,00	45,75	10,80	0,00	949,00	0,00	0,00
	2	30,58	0,00	0,00	1,82	4,86	0,00	30,66	122,31	0,00	0,00	3,28	0,00	8,25	0,00	0,00	184,00	0,00	0,00
1(1)	17	7,84	0,00	0,00	1,82	0,00	0,00	0,00	31,35	0,00	0,00	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	48,00	0,00	0,00
	18	27,58	0,00	0,00	1,82	0,00	0,00	0,00	110,31	0,00	0,00	3,28	0,00	0,00	2,80	0,00	166,00	0,00	0,00
2	25	8,13	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	32,53	0,00	4,86	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	49,00	0,00	0,00
	26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27	11,43	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	45,72	0,00	4,86	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	69,00	0,00	0,00
	28	9,95	0,00	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	39,79	0,00	5,83	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	60,00	0,00	0,00
	48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	50	16,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	64,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	97,00	0,00	0,00
3	65	4,96	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,85	11,88	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00
	66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	67	32,28	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,12	11,88	0,00	0,00	3,00	0,00	3,14	0,00	194,00	0,00	0,00
	68	4,03	0,00	1,62	0,00	0,00	0,00	0,00	16,13	0,00	2,92	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00
	76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	93	5,13	5,40	0,00	0,00	0,00	16,83	0,00	20,51	11,88	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	31,00	0,00	0,00
	94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	95	32,88	5,40	0,00	0,00	0,00	22,89	0,00	131,52	11,88	0,00	0,00	3,00	0,00	3,19	0,00	198,00	0,00	0,00
	96	4,12	0,00	1,62	0,00	0,00	4,65	0,00	16,49	0,00	2,92	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00
5	107	44,44	24,77	3,04	0,00	0,00	63,35	0,00	177,77	54,50	5,47	0,00	0,00	0,00	6,38	22,50	267,00	18,00	2,00

Таблица Д.5 – Фрагмент матрицы C_{inf}: геометрические характеристики воздухопроницаемых элементов ограждающих конструкций характерных помещений (A, м^2; L, м)

Уровень	Номер	$A_{2(1)}$	$A_{3(1)}$	$A_{4(1)}$	$A_{5(1)}$	$A_{1(1)}$	$L_{12(1)}$
1	1	45,58	0,00	6,38	10,25	0,00	632,51
	2	0,00	0,00	1,82	4,86	0,00	122,31
1(1)	17	0,00	0,00	1,82	0,00	0,00	31,35
	18	0,00	0,00	1,82	0,00	0,00	110,31
2	25	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	32,53
	26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27	0,00	2,70	0,00	0,00	0,00	45,72
	28	0,00	3,24	0,00	0,00	0,00	39,79
	48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	65	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	19,85
	66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	67	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	129,12
	68	0,00	1,62	0,00	0,00	0,00	16,13
	76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	93	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	20,51
	94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	95	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	131,52
	96	0,00	1,62	0,00	0,00	0,00	16,49
5	107	24,77	3,04	0,00	0,00	0,00	177,77

Ввиду наличия различных систем вентиляции по способу организации удельные потребности, необходимые для формирования воздушного режима, разнесены на составляющие согласно системам, на которые данные нагрузки будут возложены, согласно таблице Д.6.

Таблица Д.6 – Фрагмент матриц H_t, H_v, H_v^z: удельной теплопередачи через ограждающие конструкции и удельных тепловых потребностей на формирование воздушного режима помещений, Вт/^{o}С

Уровень	Номер	H_t	H_v (для с. о.)	H_v (для с. в.)	H_v	$z_{вент}$ (для с. о.)	$z_{вент}$ (для с. в.)	H_v^z (для с. о.)	H_v^z (для с. в.)	H_v^z
1	1	337,73	203,54	1200,66	1404,20	1,00	0,75	203,54	900,50	1104,04
	2	52,54	37,87	169,20	207,07	1,00	0,75	37,87	126,90	164,77
1(1)	17	10,70	8,67	64,69	73,36	1,00	0,75	8,67	48,52	57,19
	18	30,43	29,52	64,69	94,21	1,00	0,75	29,52	48,52	78,04
2	25	13,23	20,70	0,00	20,70	1,00	0,00	20,70	0,00	20,70
	26	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27	16,46	20,70	0,00	20,70	1,00	0,00	20,70	0,00	20,70
	28	15,74	9,95	0,00	9,95	1,00	0,00	9,95	0,00	9,95
	48	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	49	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	65	15,63	20,70	0,00	20,70	1,00	0,00	20,70	0,00	20,70
	66	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	67	42,85	31,05	0,00	31,05	1,00	0,00	31,05	0,00	31,05
	68	7,27	3,46	0,00	3,46	1,00	0,00	3,46	0,00	3,46
	76	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	77	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	93	22,66	20,70	0,00	20,70	1,00	0,00	20,70	0,00	20,70
	94	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	95	52,79	31,05	0,00	31,05	1,00	0,00	31,05	0,00	31,05
	96	9,25	2,87	0,00	2,87	1,00	0,00	2,87	0,00	2,87
5	107	128,93	25,22	641,73	666,96	1,00	0,75	25,22	481,30	506,52
		1954,43	**1538,24**	**2880,55**	**4418,79**			**1538,24**	**2160,41**	**3698,65**

В таблице Д.7 собраны результаты расчетов удельных и парциальных характеристик рассматриваемого объекта: теплозащитной $k_{об}$, вентиляционной для максимального $k_{вент}$ и среднего для отопительного сезона режимов $k^{z}_{вент}$, тепловых потерь $k_{пот}$ и мощности систем отопления и вентиляции $p_{от}$.

Таблица Д.7 – Фрагмент матриц парциальных характеристик $k_{об}$, $k_{вент}$, $k^{z}_{вент}$, $k_{пот}$, $p_{от}$, Вт/(м^3°С)

Уровень	Номер	$k_{об}$	$k_{вент}$	$k^{z}_{вент}$	$k_{пот}$	$p_{от}$
1	1	0,0602	0,2502	0,1967	0,2569	0,3104
	2	0,0094	0,0369	0,0294	0,0387	0,0463
1(1)	17	0,0019	0,0131	0,0102	0,0121	0,0150
	18	0,0054	0,0168	0,0139	0,0193	0,0222
2	25	0,0024	0,0037	0,0037	0,0060	0,0060
	26	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	27	0,0029	0,0037	0,0037	0,0066	0,0066
	28	0,0028	0,0018	0,0018	0,0046	0,0046
	48	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	49	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	65	0,0028	0,0037	0,0037	0,0065	0,0065
	66	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	67	0,0076	0,0055	0,0055	0,0132	0,0132
	68	0,0013	0,0006	0,0006	0,0019	0,0019
	76	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	77	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	93	0,0040	0,0037	0,0037	0,0077	0,0077
	94	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	95	0,0094	0,0055	0,0055	0,0149	0,0149
	96	0,0016	0,0005	0,0005	0,0022	0,0022
5	107	0,0230	0,1188	0,0903	0,1132	0,1418
Итого по зданию:		0,3483	0,7874	0,6591	1,0073	1,1357

Заключение

1 Разработаны методические рекомендации по расчету тепловых потребностей эксплуатируемых жилых зданий в развитие Сводов правил СП 50.13330 «Тепловая защита зданий» и СП 60.13330 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

2 Методические рекомендации по определениею тепловых потребностей эксплуатируемых жилых зданий содержат методы расчета нормируемых параметров энергопотребления жилых и общественных зданий.

3 В методических рекомендациях детализированы указания СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» в части определения энергетических характеристик здания для жилых, общественных и административных зданий.

4 В методических рекомендациях приведены основные принципы расчета тепловых потребностей эксплуатируемых жилых, общественных и административных зданий, с учетом применяемых в СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» удельных характеристик.

5 В методических рекомендациях гармонизированы указания СП 60.13330.2016 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» для определения тепловых потерь и СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» для внедрения сопряженного метода определения тепловых потребностей помещений с расчетом максимальной тепловой нагрузки на системы отопления и вентиляции.

Список использованной литературы

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

2. Федеральный закон от 30 сентября 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

3. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

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

5. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Стройиздат, 1985.

6. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России – Энергия: экономика, техника, экология. – 2012. – № 5. – С. 25 – 32.

7. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания – Жилищное строительство. – 2014. – № 6. – С. 3 – 7.

8. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. Использование матричного метода для определения вентиляционной составляющей тепловой нагрузки на систему отопления здания – Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 7. – С. 21 – 25.

9. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция – М.: АСВ, 2008. – 624 с.

10. Козлов В.В. Основы оптимизации теплозащиты ограждающих конструкций по окупаемости энергосберегающих мероприятий – Строительные материалы. – 2013. – № 3. – С. 10 – 13.

11. Малявина Е.Г. Теплопотери здания: справочное пособие – 2-е изд., испр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2011. – 144 с.

12. Сканави А.Н. Отопление – М.: АСВ, 2008. – 576 с.

УДК 697.12 ОКС 91.120.10, 91.140.10, 91.140.30

Ключевые слова: тепловые потребности, жилые здания, тепловые потери, матричный метод

gost.e-ecolog.ru