ВВЕДЕНИЕ

Жизнь современного человека немыслима без определенного уровня комфортности помещений. В сущности любое здание нельзя рассматривать без инженерных систем.

Цель дисциплины - системное изложение положений, составляющих физическую сущность теплового, воздушного и влажностного режимов здания и представляющих основу изучения технологии обеспечения микроклимата для подготовки дипломированного бакалавра по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Задачи освоения дисциплины:

- сформировать общее представление о постановке и методах решения теплового, влажностного и воздушного режима здания, как единой системы обеспечения заданного микроклимата в помещении;

- научить студента умению использовать теоретические положения и методы расчета в процессе проектирования и эксплуатации систем обеспечения микроклимата здания.

ВВЕДЕНИЕ

Вследствие особенностей климата на большей части территории страны человек проводит в закрытых помещениях до 80% времени. Для создания нормальных условий его жизнедеятельности необходимо поддерживать в этих помещениях строго определенный тепловой режим.

Тепловой режим в помещении, обеспечиваемый системой отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, определяется в первую очередь теплотехническими и теплофизическими свойствами ограждающих конструкций. В связи с этим высокие требования предъявляются к выбору конструкции наружных ограждений, защищающих помещения от сложных климатических воздействий: резкого переохлаждения или перегрева, увлажнения, промерзания и оттаивания, паро- и воздухопроницания.

ВВЕДЕНИЕ

При принятии научно обоснованного решения по теплотехнической оценке ограждения и выбору средств поддержания требуемого теплового режима необходимо базироваться на положениях теории тепло- и массообмена и теплопередачи, теории подобия, термодинамики воздуха, климатологии и других наук, которые лежат и в основе современных методик расчета, регламентируемых, в частности, действующими, СНиП 41-01-2003, СП 60.13330.2012, СП 131.13330.2012, СП 50.13330.2012, СП 54.13330.2011, СП 118.13330.2012 и другими нормативными документами.

1. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА

Известно, что при взаимодействии человека с окружающей средой происходит теплообмен, в результате которого поверхность тела может поглощать теплоту или отдавать ее в окружающую среду. Так, в спокойном состоянии взрослый человек отдает 120 Вт, при легкой работе до 250 Вт, при тяжелой – до 500 Вт. Если выбранная телом теплота равна отдаваемой, то человек чувствует себя хорошо, не ощущает влияния окружающей среды. Такое его состояние называется комфортным, а внутренние условия помещения оптимальными, или комфортными.

Процесс теплообмена тела человека с окружающей средой происходит на основе общих теплофизических законов путем конвективного теплообмена, лучистого теплообмена, испарения и через дыхание.

При комфортных условиях теплоотдача, т.е. конвективный теплообмен, составляет 14-30% от общей величины теплообмена и зависит от разности температуры тела человека и внутреннего воздуха, а также от подвижности воздуха в помещении. В жилых помещениях для обеспечения комфортных условий, т.е. теплообмена конвекцией в указанных пределах (до 30%), должна поддерживаться температура от 18 до 28°С и подвижность воздуха в пределах от 0,1 до 0,3 м/с.

Для ощущения полного теплового комфорта необходимо, чтобы тепловой режим в помещении обеспечивал указанные выше соотношения отдельных видов теплообмена между человеком и окружающей средой. Нарушение этих соотношений или глубокое их перераспределение приводит к резкому изменению физиологических процессов в организме человека и вызывает дискомфорт.

Взаимосвязь рассматриваемых факторов и их влияние на человека впервые отметил русский инженер И.И. Фловицкий, а позднее американские ученые выработали критерии оценки теплового режима помещений, называемые эффективной (ЭТ) и эквивалентно-эффективной температурой (ЭЭТ).

Критерий ЭТ учитывает одновременное влияние температуры и относительной влажности воздуха. В критерий ЭЭТ включалось еще и влияние на самочувствие человека подвижности воздуха.

2. УСЛОВИЯ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТА В ПОМЕЩЕНИИ

Исходя из технико-экономической целесообразности комфортные условия должны поддерживаться не во всем объеме помещения, а лишь в местах преимущественной деятельности человека и постоянного его пребывания, т.е. в рабочей зоне высотой 2 м от пола. За расчетное значение $t_в$ принимают температуру воздуха на высоте 1,5 м от пола и на расстоянии 1 м от наружной стены.

Тепловой режим помещения, характеризуемый температурой воздуха $t_в$, °С, и температурой внутренних поверхностей $\tau_{вп}$, °С, считается комфортным, если соблюдаются первое и второе условия комфортности.

<u>По первому условию комфортности</u> **поддерживается такой температурный режим в помещении ($t_в$, $\tau_{вп}$, °С), при котором человек, находясь в середине помещения, не испытывает перегрева или переохлаждения.**

Радиационная температура в помещении t_R, °С, определяется по формуле:

$$T_R = \sum \tau_{\text{вп}(i)} \phi_r \to i \qquad (2.1)$$

где $\tau_{\text{вп}(i)}$ – коэффициент излучения с поверхности тела человека в сторону окружающих поверхностей;

$\phi_r \to i$ – температура окружающих поверхностей, °С.

Зависимость между t_R и $t_в$ в холодный период можно выразить как

$$t_R = (1{,}57 \cdot t_п) - (0{,}057 \cdot t_в) \pm 1{,}5, \qquad (2.2)$$

где $t_п$ – температура помещения, равная $t_п = (t_в + t_R)/2$, °С, (при спокойном состоянии человека $t_п$ = 23°С, при легкой работе – $t_п$ = 21°С, при умеренной работе $t_п$ = 18,5°С, при тяжелой работе – $t_п$ = 16°С).

<u>Второе условие комфортности</u> **определяет температурный режим для человека, находящегося около нагретых или охлажденных поверхностей в рабочей зоне (главным образом в условиях производственных цехов).**

Из уравнения лучистого теплообмена при контакте человека с окружающими поверхностями допустимая температура нагретой поверхности в помещении $\tau_{п}^{доп}$, °С, для холодного периода года определится как

$$\tau_{п}^{доп} \leq 19{,}2 + 8{,}7/\phi_{r \to n}, \qquad (2.4)$$

где $\phi_{r \to n}$ – коэффициент излучения с поверхности тела человека в сторону нагретых поверхностей.

В теплый период года температура нагретых поверхностей должна быть не более

$$\tau_{п}^{доп} \leq 29{,}3 + 2{,}7/\phi_{r \to n}. \qquad (2.5)$$

Допустимая температура холодной поверхности в холодный период года, определяемая выражением

$$\tau_{п}^{доп} \geq 23 - 5/ф_{r} \rightarrow n, \qquad (2.6)$$

обеспечивает условие недопустимости конденсации влаги на внутренней по-верхности наружных ограждений.

Допустимая температура на внутренней поверхности окна: $\tau_{ок}^{доп}$

$$\geq 14 - 4{,}4 / ф_{r} \rightarrow n \qquad (2.7)$$

В практике строительства, особенно с применением систем напольного панельно-лучистого отопления, необходимо учитывать, что ноги человека особенно чувствительны к переохлаждению и перегреву поверхности пола. Допустимая температура поверхности пола $т_{пл}$, °С, зависит от $t_{в}$, °С, и на высоте 1 м составляет $\tau_{пл}^{доп}$

$$\leq 55{,}7 - 1{,}63 \cdot t_{в}. \qquad (2.8)$$

3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Теплотехнический расчет проводится для всех наружных ограждений для холодного периода года с учетом района строительства, условий эксплуатации, назначения здания и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям и помещению, из условия, что температура на внутренней поверх ности $t_в$,°С, должна быть выше температуры точки росы $t_р$, °С, но не менее чем на 2-3°С. Теплотехнический расчет внутренних ограждающих конструкций (стен, перегородок, перекрытий) про водится при условии, если разность температур воздуха в помещениях более 3°С.

3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

В качестве исходных данных для выполнения теплотехнического расчета, определения теплозащитных свойств ограждающих конструкций и проектирования систем отопления принимаются термодинамические параметры внутреннего и наружного воздуха и тепло физические характеристики строительных материалов ограждений.

В холодный период **($t_н$ < 8°С) в качестве исходных данных принимают: расчетную зимнюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_{хп}$, °С, наиболее холодных суток $t_{хс}$, °С, и абсолютно минимальную $t_{н.min}$, °С с коэффициентами обеспеченности 0,92 или 0,98; среднюю температуру отопительного периода $t_{оп}$, °С; продолжительность отопительного периода $z_{оп}$, сут; максимальную среднюю скорость ветра за январь $v_{хп}$, м/с; относительную влажность наружного воздуха, %, [14,**

В теплый период **($t_н$ > 8°С) в качестве исходных данных используют: минимальную из средних скоростей ветра за теплый период (июль) $v_{тп}$, м/с; среднюю летнюю температуру за июль $t_{нл}$, °С; максимальное значение суммарной солнечной радиации, прямой и рассеянной, I_{max}, Вт/м^2; среднее значение суммарной солнечной радиации, прямой и рассеянной, $I_{ср}$, Вт/м^2; максимальную амплитуду суточных колебаний температуры наружного воздуха за июль $A_{tн}$, °С.**

При выполнении теплотехнического расчета ограждений важно учитывать назначение и условия эксплуатации помещения, которые определяются температурой $t_в$, °С, и относительной влажностью $ф_в$, %, внутреннего воздуха, значения которых регламентируются санитарными нормами, строительными нормами и правилами, а также ГОСТ 30494-2011 (табл. 3.6).

Известно, что строительные материалы являются капиллярно- пористыми телами и интенсивно поглощают влагу из окружающей среды. Следовательно, теплофизические характеристики материалов при расчетах строительных ограждений (расчетные коэффициенты теп лопроводности λ, Вт/(м ·°С), и теплоусвоения *S*, Вт/(м^2 ·° С), следует принимать с учетом зоны влажности и влажностного режима помещения. Зона влажности района застройки может быть сухая, нормальная и влажная и определяется по схематической карте территории РФ [11, прил.В]. Влажностный режим помещения бывает сухой, нормальный, влажный и мокрый. Для холодного периода в жилых зданиях принимается режим нормальный, для дру гих помещений он выбирается в зависимости от $\phi_в$, %, [11, табл.1], (табл. 3.1).

С учетом зоны влажности и влажностного режима помещения выбирают условия эксплуатации (А или Б) (табл. 3.2) для ограждающих конструкций по [11, табл. 2].

Таблица 3.1

Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12	свыше 12 до 24	свыше 24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Свыше 60 до 75	Свыше 50 до 60	Свыше 40 до 50
Влажный	Свыше 75	Свыше 60 до 75	Свыше 50 до 60
Мокрый	-	Свыше 75	Свыше 60

Таблица 3.2

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по табл.2)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Исходя из условий эксплуатации А и Б для материалов ограждающих конструкций значения коэффициентов теплопроводности и теплоусвоения λ и *S* выбираются по [4, прил. 3*].

Все теплофизические характеристики материала конструкций наружных ограждений удобно свести в табл. 3.3.

Исходные данные и расчетные параметры внутреннего и наружнего воздуха заносятся в табл. 3.4.

3.2. Расчет толщины утепляющего слоя однородной однослойной и многослойной ограждающей конструкции

Используемые в настоящее время в практике строительства однослойные и многослойные ограждающие конструкции (стена, покрытие, перекрытие) состоят из однородных и неоднородных слоев.

Рассмотрим методику выполнения теплотехнического расчета однослойной и многослойной ограждающей конструкции стены, состоящей из однослойной и многослойной конструкции покрытия.

Задача состоит в определении толщины слоя утеплителя $\delta_{ут}$, м.

При выполнении теплотехнического расчета для зимних условий прежде всего необходимо убедиться, что конструктивное решение проектируемого ограждения позволяет обеспечить необходимые санитарно гигиенические и комфортные условия микроклимата.

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_0^{норм}$, (м²·°С)/Вт, следует определять по формуле

$$R_0^{норм} = R_0^{тр} m_p, \quad (3.1)$$

где $R_0^{тр}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, (м²·°С)/Вт, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), регион строительства и определять по таблице 3.6 [17];

m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете в формуле (3.1) принимается m_p равным 1. Согласно [17], допускается снижение значения коэффициента m_p в случае, если при выполнении расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике. Значения коэффициента m_p при этом должны быть не менее: m_p=0,63 - для стен, m_p=0,95- для светопрозрачных конструкций, m_p= 0,8 - для остальных ограждающих конструкций.

Градусо-сутки, °С·сут, отопительного периода следует определять по формуле

$$ГСОП = (t_в – t_{оп}) \cdot Z_{по}, \quad (3.1)$$

где $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий, [21], (табл. 3.5);

$t_{оп}$ – средняя температура отопительного периода, °С, по [16, табл. 3.5]

Таблица 3.5

Расчетные параметры внутреннего воздуха для жилого здания

Наименование помещения	Температура внутреннего воздуха t в , °С	Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_в$, %
Жилая комната, квартира	20	50-55
Кухня квартиры	18	50-55
Лестничная клетка в жилом доме	16	50-55
Коридор в квартире	18	50-55
Жилая угловая комната	22	50-55

Примечание. В районах с температурой $t_{оп}$ = -31 °С и ниже в жилых комнатах надо принимать $t_в$ на 2 °С выше нормативной.

1. Значения $R_0^{тр}$ для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_0^{тр} = a * ГСОП + b,$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, °С·сут, для конкретного пункта;

a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6 для группы зданий в поз. 1, где для интервала до 6000 °С·сут: a = 0,000075, b = 0,15; для интервала 6000-8000 °С·сут: a = 0,00005, b = 0,3; для интервала 8000 °С·сут и более: a = 0,000025, b = 0,5.

2. Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче

В случаях, когда средняя наружная или внутренняя температура для отдельных помещений отличается от принятых в расчете ГСОП, базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций, определенные по таблице 3.6, умножаются на коэффициент n_t, который рассчитывается по формуле

$$n_t = \frac{t_в^* - t_{от}^*}{t_в - t_{от}} \qquad (3.3)$$

где $t_в^*, t_{от}^*$ **– средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, ^{0}С;**

$t_в, t_{от}$ **– то же, что в формуле (3.2).**

В случаях реконструкции зданий, для которых по архитектурным или историческим причинам невозможно утепление стен снаружи, нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен допускается определять по формуле

$$R_o^{норм} = \frac{(t_в - t_{от})}{\Delta t^н \alpha_в} \qquad (3.4)$$

где $t_в$ **– то же, что и в уравнении (3.2);**

$t_н$ **– расчетная зимняя температура, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [16, табл. 3.1];**

$\Delta t^н$ **– нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, по [17, табл. 5], (табл. 3.7);**

$\alpha_в$ **– коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м^2·°С), по [17, табл. 4], (табл. 3.8).**

В данном курсовом проектировании расчет базового значения требуемого сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции стены для реконструируемых зданий выполняется в учебных целях.

Таблица 3.8

Значение коэффициента теплоотдачи у внутренней поверхности $\alpha_в$

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи αв, Вт/(м2·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию а между гранями соседних ребер h/a ≤ 0,3	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении h/a > 0,3	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Далее определяют предварительную толщину слоя утеплителя по формуле

$$\delta_{ут} = \left[R_o^{норм} - \left(\frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_н} \right) \right] \lambda_{ут}, \qquad (3.5)$$

где δ_i – толщина отдельных слоев ограждающей конструкции, м, по заданию;

λ_i – коэффициент теплопроводности отдельных слоев ограждающей конструкции в зависимости от условий эксплуатации ограждающей конструкции, Вт/(м·°С), по [17, прил. 1];

$\lambda_{ут}$ – коэффициент теплопроводности утепляющего слоя в зависимости от условий эксплуатации ограждающей конструкции, Вт/(м·°С), по [13, прил. 3];

α_i – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м^2·°С), принимаем по [13, табл. 8].

Вычисленное значение $\delta_{ут}$ должно быть скорректировано в соответствии с требованиями унификации конструкции ограждений. Для наружных стеновых панелей - 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50 м, для кирпичной кладки - 0,38, 0,51, 0,64, 0,77.

После выбора толщины утеплителя $\delta_{ут}$, м, уточняют приведенное фактическое сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций, (м^2·°С)/Вт, для всех слоев ограждения по формуле

$$R_0^{пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{1}{\alpha_н}, \qquad (3.6)$$

и проверяют условие

$$R_0^{пр} \geq R_0^{ном}$$

$$R_0^{пр}, \qquad (3.7)$$

т.к. согласно [17, п.5.1] $R_0^{ном}$ должно быть не менее нормируемых значений .

Если условие (3.7) не выполняется, то целесообразно выбрать строительный материал с меньшим коэффициентом теплопроводности $\lambda_{ут}$, Вт/(м·°С), или можно увеличить толщину утеплителя.

Коэффициент теплопередачи принятого ограждения стены *к*, Вт/(м^2·°С), определяют из уравнения

$$k = \frac{1}{R_0^{пр}} \qquad (3.8)$$

где $R_0^{пр}$ **- общее фактическое сопротивление теплопередаче, принимаемое по уравнению (3.6), (м2·°С)/Вт.**

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНОГО ОГРАЖДЕНИЯ (СТЕНЫ)
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. **Ограждающая конструкция стены вновь возводимого здания, состоящая из трёх слоёв (рис. 1): бетон на гравии или щебне из природного камня γ_1 = 2400 кг/м^3 толщиной δ_1 = 0,16 м, слоя утеплителя из жестких минераловатных плит γ_2 = 50 кг/м^3; железобетон γ_3 = 2500 кг/м^3 толщиной δ_3 = 0,16 м.**
2. **Район строительства - г. Пенза.**
3. **Расчетная температура внутреннего воздуха $t_в$ = 20 °С.**
4. **Рассчитываемая ограждающая конструкция будет эксплуатироваться в условиях А [13, прил. 2].**
5. **Значение теплотехнических характеристик и коэффициентов в формулах: $t_{хп(0,92)}$ = – 27 °С; $t_{оп}$ = – 4,1 °С; $Z_{оп}$ = 200; λ_1 = 1,74 Вт/(м·°С) [17, прил. Т]; $\lambda_{ут}$ = 0,041 Вт/(м·°С) [17, прил. Т]; λ_3 = 1,92 Вт/(м·°С) [17, прил. Т]; $\alpha_в$ = 8,7 Вт/(м^2·°С) (см.табл. 3.9); $\Delta t^н$ = 4 °С (см. табл. 3.7).**

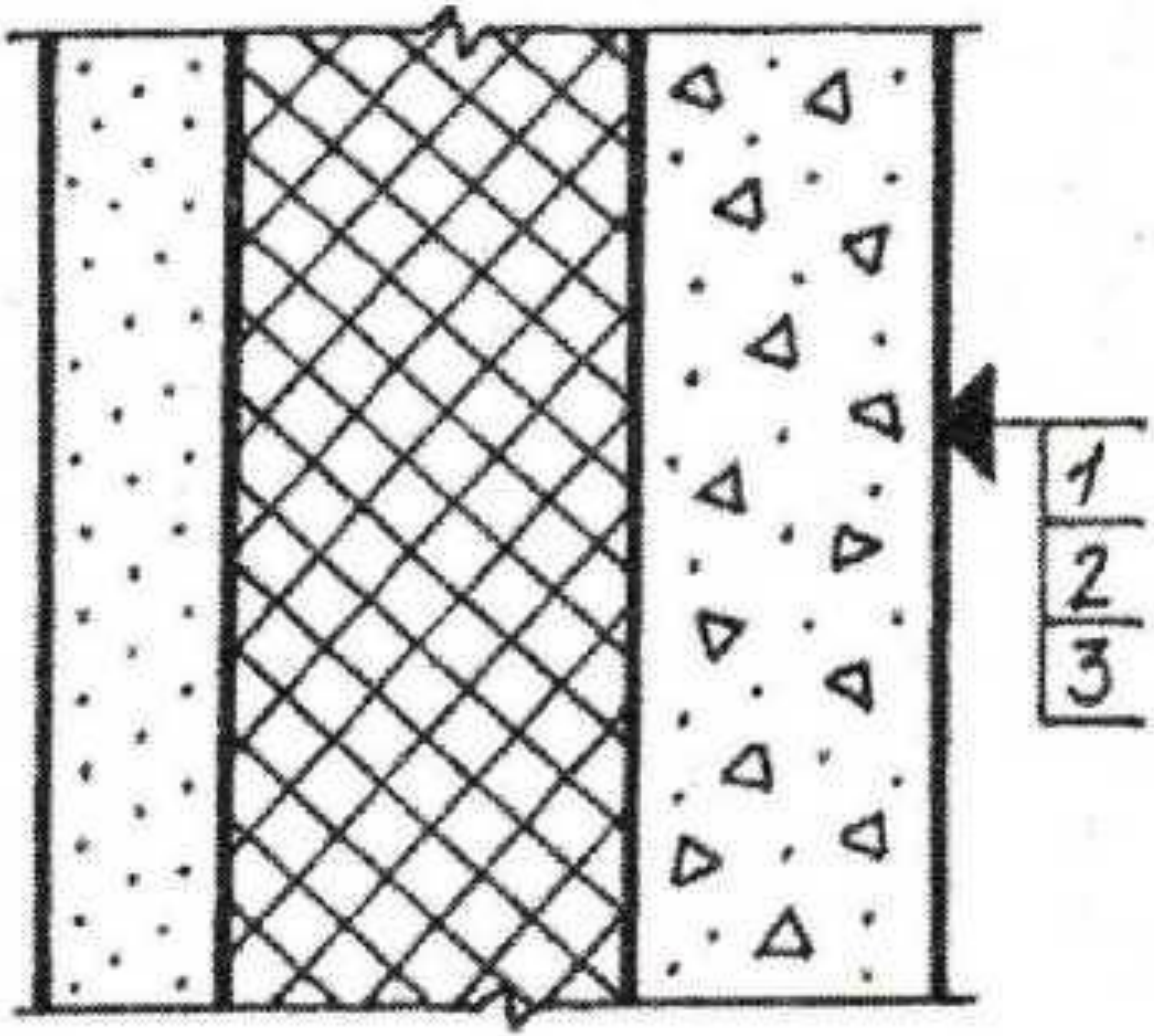

Рисунок 3.1 – Ограждающая конструкция стены

Порядок расчета

1. По формуле (3.2) рассчитывают градусо-сутки отопительного периода

ГСОП = (20 + 4,1) · 200 = 4820 °С·сут.

2. Рассчитываем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены по таблице 3.6.

$R_0^{тр}$ = 0,00035 · 4820+1,4=3,087 (м^2·°С)/Вт.

3. Определяем коэффициент n_t по формуле (3.3)

$$n_t = \frac{20-(-4,1)}{20-(-4,1)} = 1$$

.

4. Умножаем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены, полученное по таблице 3.6, на коэффициент n_t, полученный по формуле (3.3)

$R_0^{тр}$ = 3,087·1 = 3,087 (м2·°С)/Вт.

5. Рассчитываем нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены по формуле (3.1), при этом коэффициент $m_p = 1$

$R_0^{норм}$ = 3,087·1 = 3,087 (м^2·°С)/Вт.

6. Определяют предварительную толщину утеплителя из жестких минераловатных плит $\delta_{ут}$ по уравнению (3.5)

$$\delta_{ут} = \left[3,087 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,16}{1,74} + \frac{0,16}{1,92} + \frac{1}{23}\right)\right] \cdot 0,041 = 0,11 м$$

В соответствии с требованиями унификации принимают общую толщину слоя утеплителя δут = 0,15 м.

7. Уточняем приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции стены для всех слоев ограждения по выражению (3.6)

$$R_0^{пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,16}{1,74} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,16}{1,92} + \frac{1}{23} = 3,992$$ Вт/(м^2·°С)

Таким образом, условие (3.7) теплотехнического расчета выполнено, так как $R_0^{пр} \geq R_0^{ном}$ (3,992 > 3,087).

8. Коэффициент теплопередачи для ограждающей конструкции стены определяют по уравнению (3.8)

$$k = \frac{1}{3,992} = 0,25$$ Вт/(м^{2}·°С).

9. Проведем расчет нормируемого значения сопротивления теплопередаче стен в случае реконструкции здания, для которого по архитектурным или историческим причинам невозможно их утепление снаружи. Расчет проводится по формуле (3.4)

$$R_0^{ном} = \frac{(20-(-27))}{4 \cdot 8,7} = 1,351$$ Вт/(м2·°С),

10. Коэффициент теплопередачи для ограждающей конструкции стены реконструируемого здания, для которого по архитектурным или историческим причинам невозможно их утепление снаружи, определяют по уравнению (3.8)

$$k = \frac{1}{1,351} = 0,74$$ Вт/(м2·°С),

3.3. РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛЯЮЩЕГО СЛОЯ КОНСТРУКЦИИ ПОЛОВ НАД ПОДВАЛОМ И ПОДПОЛЬЕМ

В начале расчета задаются конструкцией полов.

По формуле (3.2) рассчитывают градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

Находят базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции полов , $R_{пол}^{тр}$ (м²·°С)/Вт , по таблице 3.6.

Определяют коэффициент n_t по формуле (3.3).

Умножают базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции полов, полученное по таблице 3.6, на коэффициент n_t, полученный по формуле (3.3).

Рассчитывают нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции полов , $R_0^{норм}$ (м²·°С)/Вт, по формуле (3.1), при этом коэффициент m = 1.

- Вычисленное значение δут должно быть скорректировано в соответствии с требованиями унификации конструкции ограждений.
- Уточняют приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции полов $R_0^{пр}$ (м2·°С)/Вт, для всех слоев ограждения по выражению (3.6).
- Проверяют условие (3.7). Если оно не выполняется, то целесообразно выбрать строительный материал с меньшим коэффициентом теплопроводности λут, Вт/(м·°С), или можно увеличить толщину утеплителя.
- Вычисляют коэффициент теплопередачи для ограждающей конструкции полов к, Вт/(м2·°С), по уравнению (3.8).

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ПОЛОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ГРУНТЕ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. **Многослойная конструкция полов состоит (рис. 3.3): слой керамзитобе¬тона, δ1 = 0,22 м, γ1 = 1800 кг/м3; пароизоляция (рубероид) δ2 = 0,01 м, γ2 = 600 кг/м3; утеплитель (вермикулит вспученный) γ3 = 200 кг/м3; цементно-песчаная стяжка, δ4 = 0,02 м, у4 = 1800 кг/м3; покрытие пола (ли-нолеум) δ5 = 0,01 м, γ5 = 1800 кг/м3.**
2. **Район строительства – г. Пенза.**
3. **Расчетная температура внутреннего воздуха tВ = 20 °С (см. табл. 3.6).**
4. **Условие эксплуатации - А [11, прил. 2].**

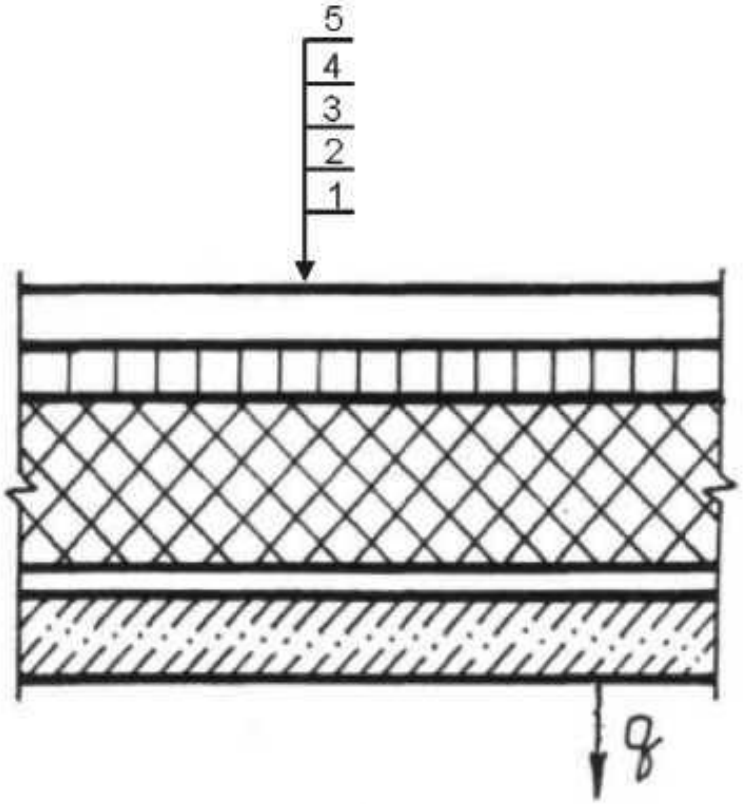

Рисунок 3. 2 – Ограждающая конструкция пола

5. Значение теплотехнических характеристик и коэффициентов в формулах:

tхп = –27 °С;
tоп = – 4,1 °С;
Zоп = 200;
λ1 = 0,8 Вт/(м·°С) [17, прил. Т],
λ2 = 0,17 Вт/(м·°С) [17, прил. Т];
λуг = 0,08 Вт/(м·°С) [17, прил. Т];
λ4 = 0,76 Вт/(м·С) [17, прил. Т];
λ5 = 0,38 Вт/(м·°С) [17, прил. Т];
αв = 8,7 Вт/(м·°С) (см. табл. 3.8);
αн = 17 Вт/(м2·°С) (см. табл. 3.10);
ΔtН = 2°С (см. табл.3.7)

Порядок расчета

1. По формуле (3.2) рассчитывают градусо-сутки отопительного периода

ГСОП = (20 + 4,1) · 200 = 4820 °С·сут.

2. Рассчитываем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции пола по таблице 3.6

$R_0^{тр}$ = 0,00045·4820+1,9 = 4,069 (м2·°С)/Вт..

3. Определяем коэффициент n_t по формуле (3.3)

$$n_t = \frac{20-(-4,1)}{20-(-4,1)} = 1 \quad .$$

4. Умножаем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены, полученное по таблице 3.6, на коэффициент n_t, полученный по формуле (3.3)

$R_0^{тр}$ = 4,069·1 = 4,069 (м2·°С)/Вт..

5. Рассчитываем нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены по формуле (3.1), при этом коэффициент m_p = 1

$R_0^{норм}$ = 4,069·1 = 4,069 (м2·°С)/Вт.

6. Определяют предварительную толщину утеплителя из жестких минераловатных плит $\delta_{ут}$ по уравнению (3.5)

$$\delta_{ут} = \left[4,61 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{0,8} + \frac{0,01}{0,17} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,01}{0,38} + \frac{1}{23}\right)\right] \cdot 0,08 = 0,332 м.$$

В соответствии с требованиями унификации принимают общую толщину слоя утеплителя δут = 0,35 м.

7. Уточняем приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции стены для всех слоев ограждения по выражению (3.6)

$$R_o^{пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{0,8} + \frac{0,01}{0,17} + \frac{0,35}{0,08} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,01}{0,38} + \frac{1}{23} = 4,92 \text{ (м}^2\cdot{}^\circ\text{C)/Вт}.$$

Таким образом, условие (3.7) теплотехнического расчета выполнено, так как $R_0^{пр} \geq R_0^{ном}$ (4,920 > 4,069).

8. Коэффициент теплопередачи для ограждающей конструкции стены определяют по уравнению (3.8)

$$k = \frac{1}{4,92} = 0,203$$ Вт/(м^{2}·°С).

3.4. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СВЕТОВЫХ ПРОЕМОВ

В практике строительства жилых зданий применяется: одинарное, двойное и тройное остекление в деревянных, пластмассовых или металлических переплётах, спаренное или раздельное. Теплотехнический расчет световых проемов и выбор их конструкций осуществляется в зависимости от района строительства и назначения помещений.

По формуле (3.2) рассчитывают градусо-сутки отопительного периода, °С·сут.

Находят базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции световых проемов $R_0^{тр}$, (м^2·°С)/Вт , по таблице 3.6.

Определяют коэффициент n_t по формуле (3.3).

- Умножают базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции световых проемов, полученное по таблице 3.6, на коэффициент n_t , полученный по формуле (3.3). $R_0^{пр}$
- Рассчитывают нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции световых проемов $R_0^{норм}$ (м2·°С)/Вт, по формуле (3.1), при этом коэффициент m_p=1.
- Затем по [14, прил.Л], (табл. 3.11) в зависимости от значения $R_0^{норм}$ выбирают ограждающую конструкцию светового проема с фактическим приведенным сопротивлением теплопередаче $R_0^{пр}$ так, чтобы выполнялось условие (3.7), при этом уменьшение $R_0^{пр}$ от $R_0^{норм}$ на 5% допустимо.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. **Район строительства – г. Пенза.**
2. **Расчетная температура внутреннего воздуха основных помещений здания $t_в$ = 20 °С (см. табл. 3.5).**
3. **Условие эксплуатации – А [13, прил. 2].**
4. **Значение теплотехнических характеристик и коэффициентов в формулах: $t_{оп}$ = – 4,1 °С; $Z_{оп}$= 200; a = 0,00005, b = 0,2 (табл. 3.6).**

Порядок расчета

1. По формуле (3.2) рассчитывают градусо-сутки отопительного периода

ГСОП = (20 + 4,1) · 200 = 4820 °С·сут.

2.Рассчитываем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции светового проема по таблице 3.6

$R_0^{тр}$ = 0,00005·4820+0,2=0,441 (м2·°С)/Вт..

3. Определяем коэффициент n_t по формуле (3.3)

$$n_t = \frac{20-(-4,1)}{20-(-4,1)} = 1$$

.

4. Умножаем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей светового проема, полученное по таблице 3.6, на коэффициент n_t , полученный по формуле (3.3)

$R_0^{тр}$

= 0,441·1 = 0,441 (м2·°С)/Вт.

5. Рассчитываем нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей светового проема по формуле (3.1), при этом коэффициент m_p= 1

$$R_0^{норм} = 0{,}441 \cdot 1 = 0{,}441 \text{ (м}^2\cdot{}^\circ\text{C)/Вт.}$$

6. Таким образом, принимают конструкцию светового проема из деревянных или ПВХ переплетов с двойным остеклением из обычного стекла в раздельных переплетах с фактическим приведенным сопротивлением теплопередаче $R_0^{тр}$ = 0,44 м^2·°С/Вт.

7. Коэффициент теплопередачи для ограждающей конструкции стены определяют по уравнению (3.8)

$$k = \frac{1}{0{,}44} = 0{,}273 \quad \text{Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C).}$$

3.5. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ДВЕРЕЙ

Согласно [17], нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот $R_0^{норм}$, должно быть не менее $0,6 \cdot R_0^{норм}$ стен зданий, определяемого по формуле (3.4).

В зависимости от значения $R_0^{норм}$ выбирают ограждающую конструкцию входных дверей с фактическим приведенным сопротивлением теплопередаче $R_0^{пр}$ так, чтобы выполнялось условие (3.7).

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВХОДНЫХ ДВЕРЕЙ
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. **Здание жилое.**
2. **Район строительства – г. Пенза.**
3. **Расчетная температура внутреннего воздуха основных помещений здания $t_в$ = 20 °С (см. табл. 3.5).**
4. **Значение теплотехнических характеристик и коэффициентов в формулах:**

   $t_{хп(0,92)}$ = – 27 °С;

   $\alpha_в$ = 8,7 Вт/(м^2·°С) (см. табл. 3.8);

   $\Delta t^н$ = 4 °С (см. табл. 3.7);

   $\alpha_н$ = 23 Вт/(м^2·°С), (см. табл. 3.9).

Порядок расчета

1. Определяют минимальное нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей по уравнению (3.4)

$$R_0^{норм} = 0,6 \cdot \frac{(20-(-27))}{4 \cdot 8,7} = 0,811 \quad (м^2 \cdot °C)/Вт.$$

2. Выбирают ограждающую конструкцию входных дверей с фактическим приведенным сопротивлением теплопередаче так, чтобы выполнялось условие (3.7).

3. Минимальное значение коэффициента теплопередачи наружной двери k определяют по уравнению (3.8)

$$k = \frac{1}{0,811} = 1,233 \text{ Вт/(м}^2 \cdot °C).$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] / В.Н. Богословский. - Изд. 3-е. - СПб.: АВОК «Северо-Запад», 2006.
2. Богословский В.Н. Тепловой режим здания [Текст] / В.Н. Богословский. - СПб.: АВОК «Северо-Запад», 2002.
3. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция [Текст] / К.В. Тихомиров, Е.С. Сергиенко. - М.: ООО «БАСТЕТ», 2009.
4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К.Ф. Фокин; под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2006.
5. Самарин О.Д. Основы обеспечения микроклимата зданий [Текст] / О.Д. Самарин - М.: Изд-во АСВ, 2014.

6. Самарин О.Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэф-фективность [Текст] / О.Д. Самарин - М.: Изд-во АСВ, 2015.
7. Крупнов Б.А. Терминология по строительной теплофизике, отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха и теплоснабжению [Текст] / Б.А. Крупнов - М.: Изд-во АСВ, 2016.
8. Малявина Е.Г. Теплофизика зданий [Текст] / Е.Г. Малявина - М.: Изд-во АСВ, 2013.
9. Кувшинов Ю.Я., Энергосбережение в системе обеспечения микроклимата зданий. [Текст] / Ю.Я. Кувшинов - М.: Изд-во АСВ, 2010.
10. Кувшинов Ю.Я., Самарин О.Д. Основы обеспечения микроклимата зданий. [Текст] / Ю.Я. Кувшинов, О.Д. Самарин - М.: Изд-во АСВ, 2012.
11. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление [Текст] / А.Н. Сканави, Л.М. Махов – М.: Изд-во АСВ, 2002.

12. Королёва Т.И., Чичиров К. О. Строительная теплофизика. Теплотех-нические расчеты ограждающих конструкций и расчет удельного потребления теплоты на отопление и вентиляцию здания [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Королёва, К. О.Чичиров - Пенза.: ПГУАС, 2014.

13. Еремкин, А.И., Королёва Т.И. Тепловой режим зданий [Текст]: учеб. пособие / А.И. Еремкин, Т.И. Королева. - Ростов-н/Д.: Феникс, 2008.

14. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]. - М.: ООО «МЦК», 2007.

15. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Текст]. - М.: Минрегион России, 2012.

16. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуали-зированная версия СНиП 23-01-99 [Текст]. - М.: Минрегион России, 2012.

17. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Текст]. - М.: Минрегион России, 2012.

18. СП 54.13330.2011 Здания жилые многоквартирные. Актуали-зированная редакция СНиП 31-01-2003 [Текст]. - М.: Минрегион России, 2012.

19. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 [Текст]. - Минрегион России, 2012.

20. ГОСТ 21.602-2003. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. – М.: Госстрой Росии, 2003

21. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с поправкой) [Текст]. - М.: Министерство регионального развития России, 2013.

22. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология [Текст]. - М.: Минрегион России, 2003.

23. Бодров В.И., Бодров М.В. и др. Микроклимат зданий и сооружений [Текст] / В.И. Бодров [и др.]. - Нижний Новгород, Издательство «Арабеск», 2001.

24. Водяные тепловые сети: Справочное пособие / под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат,1988

25. Гагарин, В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий [Текст]: статья / В.Г. Гагарин. - М.: научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы» №3, 2010.

26. Куприянов, В.Н. Строительная климатология и физика среды [Текст] / В.Н. Куприянов. - Казань, КГАСУ, 2007.

27. Монастырев, П.В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий

28. Рекомендации по применению монолитного пенобетона в строи-тельстве: руководство по проектированию [Текст] / И.Г. Беляков [и др.]. - Самара: СГАСУ, 2007.

29. Справочник проектировщика. Ч. 1 Отопление / под. ред. И.Г. Староверова и др.- М.: Стройиздат,1990.

30. Справочник проектировщика. Ч. 3 / под. ред. Н.Н Павлова и др.- М.: Стройиздат,1992. – Кн.1.