

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЗДАНИЯХ**

*Методические указания  
к курсовому проектированию*

**Ташкент 2021**

УДК: 551.5.662.99699.8

Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Энергосбережение в зданиях» для студентов направления «Энергоаудит и обследование промпредприятий» Сост. Короли М.А., Ташкент, ТашГТУ, 2021, 52 с.

В данной работе показана последовательность теплотехнического расчета ограждающих конструкций с целью выбора энергосберегающего варианта. Приведены вариант расчета в **Microsoftexcel** программе, справочные данные и рекомендации КМК.

Методические указания предназначены для проведения курсового проекта по курсу «Энергосбережение в теплоэнергетических установках» и рассчитаны для бакалавров направления 5310100 - «Энергетика (энергосбережение в теплоэнергетике)» и 5312100 – «Энергоаудит и энергетическое обследование промышленных предприятий».

Печатаются по решению научно-методического совета  
Ташкентского государственного технического университета  
Протокол №6 от 24 февраля 2021 г.

Рецензенты:

д.т.н., проф. Рашидов Ю.К. (ТАСИ)

к.т.н., доц. Юнусов Б.Х. (ТашГТУ)

©Ташкентский государственный технический университет, 2021

## **ВВЕДЕНИЕ**

Значение дисциплины «Энергосбережение в зданиях» особенно велико при решении вопросов энергосбережения в зданиях и сооружениях, в связи с этим цель данной работы:

1. Научить студентов правильно устанавливать прогноз теплового, влажностного и воздушного режимов отдельных помещений здания и конструкций, с тем, чтобы принять оптимальные с гигиенической, технической и экономической точек зрения решения при их проектировании;
2. Закрепить сведения из теории теплообмена, происходящих при формировании микроклимата помещения;
3. Научить пользоваться нормативными документами, каталогами, технической литературой, используемой при проектировании ограждающих конструкций.

### **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

1. Каждый студент получает индивидуальное задание, которое содержит следующие исходные данные:

- назначение и этажность здания;
- место строительства;
- план помещения в М 1:100;
- размеры светопроемов и ориентация;
- конструктивные решения ограждающих конструкций (наружные стены, перекрытия, покрытия).

2. На основании исходных данных студент в первой части работы выполняет теплотехнический расчет конструкций который сводится к определению:

- требуемой толщины слоя утеплителя многослойного ограждения для зимних и летних условий;
- проверке на влажностный режим при принятой толщине утеплителя;
- проверке на воздухопроницаемость при принятой толщине утеплителя.

Во второй части работы определяются:

- потери теплоты через ограждающие конструкции (наружные стены, покрытия, полы, окна, двери и т.д.) в зимнее время;
- теплопоступления через наружные стены и световые проемы в летнее время.

3. Все расчеты производятся в соответствии с рекомендациями КМК 2.01.04.97\*«Строительная теплотехника», КМК 2.04.05-97\*. «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». КМК 2.01.01-97. Климатические и физико-геологические данные для проектирования.
4. Курсовая работа должна быть оформлена чернилами, четким почерком на одной стороне писчей бумаги формата 210x297 (мм). Она должна включать – титульный лист, бланк задания (образцы приводятся в приложениях).
5. Курсовая работа оформляется в точном соответствии и последовательности расчетов, предлагаемых в данной методической разработке.
6. Каждый студент выполняет обязательно все расчеты в ручную, а затем по заданию консультанта один из расчетов выполняет на компьютере по образцу программы предложенной в приложении. Предлагаемые **Microsoft excel** программы – обучающие и студент работая по ним получает решение, которое сопоставляет с результатами ручного расчета, анализирует их и делает окончательные выводы.
7. Выполняя расчеты студент должен во первых обосновать необходимость выполнения данного расчета и во вторых произвести анализ полученных результатов по все параметрам, сравнить (если необходимо) с нормированными и обязательно сделать соответствующие выводы.
8. После оформления работы студент сдает ее на проверку консультанту (руководителю работы) и после исправления замечаний готовится к ее защите.
9. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций в курсовой работе является единым для курсовых работ по дисциплинам: «Отопление и кондиционирование воздуха» и «Системы обеспечения микроклимата».

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

*Для решения вопросов энергосбережения зданий и сооружений при строительстве и эксплуатации необходимо:*

1. Основное внимание направить в первую очередь на разработку и реализацию мероприятий по снижению энергозатрат на отопление и вентиляцию.
2. На федеральном уровне разработать и утвердить нормативно-техническую документацию (своды правил, технические регламенты) на

проектирование, производство, монтаж и эксплуатацию фасадных систем теплоизоляции и светопрозрачных конструкций (с учетом высотного домостроения), отвечающих требованиям надежности, долговечности и безопасности, с указанием конкретных мер по решению вопросов энергосбережения при использовании таких конструкций.

3. Усовершенствовать утвержденные методики испытаний стеновых и светопрозрачных конструкций в аккредитованных лабораториях с целью получения более достоверных показателей основных технических характеристик испытуемого изделия с минимальной погрешностью.
4. Усовершенствовать существующие утвержденные методики тепло-визионного обследования зданий и сооружений, существенно снижающие погрешность измерения (в настоящее время составляет 15%).
5. При проектировании фасадных конструкций разрабатывать узлы примыканий, исключающие (существенно снижающие) теплопотери.
6. Существенным фактором, влияющим на снижение теплопотерь, является, высокое качество строительных работ.
7. В целях усиления контроля качества строительных материалов, конструкций и технологий на этапе их использования в договорах должны быть предусмотрены мероприятия по отбору на строительных объектах образцов поставляемых материалов и конструкций с целью их дальнейшей отправки в независимую лабораторию для сравнения полученных показателей с требованиями проекта.
8. Исключить случаи монтажа фасадов, в том числе светопрозрачных конструкций, при нарушении технологии и последовательности выполнения работ.

## **2.1. Процессы тепло-массообмена**

Процессы тепло-массообмена в помещениях зданий и ограждающих конструкциях связаны с действием наружных климатических условий, а также с работой систем обеспечения микроклимата. Процесс передачи теплоты от теплой среды к холодной через разделяющее их ограждение происходит всеми видами теплообмена: на поверхностях имеют место конвективный и лучистый теплообмен, а в материальных слоях — теплопроводность. Как уже было отмечено, такой сложный процесс называется теплопередачей. При расчете теплопередачи через наружные ограждения в инженерной практике принято не разделять лучистую и конвективную составляющие в общем теплообмене на поверхностях. Считается, что на внутренней поверхности наружного ограждения в отапливаемом помещении

происходит тепловосприятие, оцениваемое общим коэффициентом  $\alpha_E$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), а на наружной поверхности — теплоотдача, интенсивность которой определяется коэффициентом теплоотдачи  $\alpha_H$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С). Причем коэффициенты теплоотдачи (теплообмена) на наружной и внутренней поверхностях ограждения равны сумме коэффициентов лучистого и конвективного теплообмена с каждой стороны:

$$\alpha_E = \alpha_{к.в} + \alpha_{л.в}; \quad \alpha_H = \alpha_{к.н} + \alpha_{л.н},$$

Из всех строительных сооружений здания наиболее подвержены сложным физическим воздействием. В связи с этим ограждения здания должны обладать требуемыми теплозащитными свойствами и опыт в достаточной степени воздухо- и влагонепроницаемыми. Теплозащитные свойства наружных ограждений определяется двумя показателями: величиной сопротивления теплопередачи и теплоустойчивостью, которую оценивают по величине характеристики тепловой инерции ограждения. Величина  $R_0$  определяет сопротивление ограждения передаче тепла в стационарных условиях, а теплоустойчивость характеризует сопротивляемость ограждения передаче изменяющихся во времени периодических тепловых воздействий. В зимних условиях теплозащитные свойства ограждения принято характеризовать в основном величиной  $R_0$ , а в летних – также их теплоустойчивостью. Наиболее важным является определение расчетного сопротивления теплопередаче  $R_0$  основной части (глади) конструкции ограждения, с которого и начинают теплотехнический расчет ограждения. Затем проверяют теплозащитные свойства элементов конструкций (стыки, углы и т.д.). Необходимым и достаточным условием этого расчета является отсутствие выпадения конденсата на внутренней поверхности конструкции. Так как в строительстве широко распространены дешевые и эффективные теплоизоляционные материалы, применение которых оказывается более выгодным, чем это необходимо по санитарно-гигиеническим требованиям, то необходимо произвести расчет оптимального сопротивления теплопередаче ограждения, экономической характеристикой которого является величина приведенных затрат. Для заполнения оконных и дверных проемов теплозащитные свойства регламентируются только сопротивлением теплопередаче конструкции, которое должно быть не ниже установленного КМК. Обязательным является расчет допустимой воздухопроницаемости окон, дверей, стыков конструкций, стен и перекрытий зданий. Определяется она нормируемым

сопротивлением воздухопроницанию, расходом воздуха, дополнительными затратами тепла и понижением температуры поверхности конструкции при инфильтрации. Влагозащитные свойства ограждения должны исключать переувлажнение материалов атмосферной влагой и за счет диффузии водяных паров из помещения.

Процессы передачи тепла, фильтрации и переноса влаги взаимосвязаны, и одно явление оказывает влияние на другое, поэтому определение сопротивлений тепло-, воздухо- и влагопередаче должно проводиться как общий расчет защитных свойств наружных ограждений. Для определения установочной мощности системы отопления необходимо произвести расчет наибольших потерь теплоты через ограждающие конструкции при температуре наружного воздуха для наиболее холодного периода, с учетом коэффициента обеспеченности. В тепловом балансе современных зданий с большими стеклянными поверхностями существенную роль играют теплопоступления через наружные ограждения. Приток тепла через ограждения является нестационарным и зависит от изменений температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации. В основном помещение имеет ограждения двух характерных категорий: массивные непрозрачные (наружные стены и перекрытия) и немассивные лучепрозрачные (окна, витражи, фонари). Теплопередача через них происходит различно. Интенсивность суммарной радиации характеризуется среднесуточным значением  $q_0$  и амплитудой изменения интенсивности  $\Delta q$ . Основные поступления тепла среди светопроводных ограждений происходит в помещение через окно. В помещение поступает коротковолновое излучение, непосредственно проникающее через остекление ( $q$ ), а также конвективное тепло и длинноволновое излучение за счет разности температур и поглощенного солнечного тепла элементами заполнения оконного проема ( $q$ ).

## **2.2. Расчетные параметры наружной среды**

Показатели расчетных нагрузок на системы отопления и теплозащиты здания должны отвечать нормируемым уровням наружных климатических параметров в холодный период года, который в соответствии с КМК 2.04.05-97\* определяется как отрезок времени со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 10 °С и ниже. Для большинства зданий понятие отопительного периода совпадает с понятием холодного периода года и только для лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для

престарелых считается периодом со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 12 °С.

Параметрами наружной среды, учитываемыми в расчете теплотехнических показателей здания и тепловой нагрузки на систему отопления, являются: температура наружного воздуха, скорость ветра, зона влажности в районе строительства, интенсивность солнечной радиации. Одни значения параметров климата описывают наиболее холодный расчетный период, другие — средние уровни в пределах отопительного периода. Значения климатических параметров холодного периода года принимаются по табл. 4 КМК 2.01.01-94. Наиболее значимым параметром холодного периода года для выбора теплозащитных качеств наружных ограждений и определения мощности системы отопления считается температура наружного воздуха. Так как ограждения и помещения обладают тепловой инерцией, иначе говоря, требуют времени для охлаждения или нагрева до изменившейся температуры окружающего воздуха, то в качестве расчетной принимают среднюю температуру наиболее холодной пятидневки — пяти последовательных суток с самой низкой средней температурой за год.

### **2.3. Расчетные параметры микроклимата помещений.**

К параметрам, характеризующим микроклимат помещений, прежде всего относятся: температура  $t_{в}$ , скорость движения  $v_{в}$  и относительная влажность воздуха  $\phi_{в}$ .

В зависимости типа помещений (жилых, общественных и производственных зданий) установлены оптимальные и допустимые параметры микроклимата. Параметры микроклимата жилых зданий представлены в таблице 1 (ШНК 2.08.01-05, таб.8). Расчетная температура воздуха и кратность воздухообмена различных помещений в холодный период года должны приниматься согласно ШНК 2.08.01-05, таб.9. Для помещений общественных зданий оптимальные и допустимые параметры микроклимата приведены в ШНК 2.08.02-09 таб.25.

#### ***Градации влажностного режима помещений***

Влажностный режим помещений зданий и сооружений в зимний период в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать по таблице 2 (КМК 2.01.04-97\*, таб.1).

Таблица 2.1

**Оптимальные и допустимые параметры микроклимата  
жилых зданий**

Параметры	Период года	Расчетная температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, ≤ м/с	Величины воздухообмена
Оптимальные	Холодный	21-22	30-60	0,15	4 м <sup>3</sup> /час на 1 м <sup>2</sup> площади пола
Допустимые	Холодный	(22-23)	Не более 65-	0,2	3 м <sup>3</sup> /час на 1 м <sup>2</sup> площади пола

Примечания: 1. Значения в скобках относятся к домам для одиноких престарелых и семей с инвалидами.  
2. Прочерки означают, что данный параметр не нормируется.  
3. Для комнат, имеющих более одной наружной стены, температуру в холодный период принимать на 1<sup>0</sup>С выше.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений следует принимать: для сухого и нормального режимов – по параметрам А, а для влажного или мокрого – по параметрам Б.

Таблица 2.2

**Влажностный режим помещения**

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		
	до 12 <sup>0</sup> С	св. 12 до 24 <sup>0</sup> С	св. 24 <sup>0</sup> С
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60
Мокрый	-	Св. 75	Св. 60

### 3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

#### 3.1. Приведенное сопротивление теплопередаче однослойных и многослойных ограждений

Приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций  $R_0$  должно быть не менее значения  $R_0^{TP}$ , определяемого по формуле 3.2, исходя из санитарно-гигиенических условий и исключения конденсатообразования, а также не менее значений, соответствующих первому уровню теплозащиты, таблица 3.1.

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых зданий, лечебно-профилактических учреждений, детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов, осуществляемом за счет государственных капитальных вложений или местных бюджетов, следует принимать второй уровень теплозащиты согласно таблицы 3.2. При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых, общественных и производственных зданий, осуществляемом за счет внебюджетных ассигнований, рекомендуется принимать второй (таблице 3.2) или третий (таблица 3.3.) уровень теплозащиты в соответствии с заданием на проектирование.

При проектировании теплозащиты здания по более высокому уровню, чем первый, допускается для отдельных ограждающих конструкций принимать  $R_0^{TP}$  по первому уровню при увеличении термического сопротивления другого или других ограждений. Суммарные потери теплоты через все ограждающие конструкции здания не должны превышать теплотерю, рассчитанных по значениям  $R_0^{TP}$ , установленным таблицей для проектируемого уровня теплозащиты.

Таблица 3.1

#### Первый уровень теплозащиты

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, $D_d$ , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $R_0^{TP}$ , ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ )/Вт				
		Наружных стен	Бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий	Перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно	До 2000	0,75	1,2n	1,7n	0,39	0,15

профилактические и детские учреждения, школы, лицеи, колледжи, интернаты	2000-3000	0,94	1,4n	2,0n	0,39	0,31
	Свыше 3000	0,94	1,6n	2,4n	0,39	0,31
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	До 2000	0,75	1,0n	1,4n	0,39	0,15
	2000-3000	0,75	1,1n	1,6n	0,39	0,15
	Свыше 3000	0,90	1,2n	1,9n	0,39	0,31
Производственные	До 2000	0,45	0,8n	1,2n	0,15	0,15
	2000-3000	0,65	0,9n	1,5n	0,15	0,15
	Свыше 3000	0,75	1,0n	1,8n	0,31	0,15

**Примечания:** 1. Значение коэффициента n следует принимать по табл.9.  
2. Приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее, чем в 1,5 раза выше сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих изделий.  
3. Для кондиционируемых (охлаждаемых) зданий значения  $R_0^{TP}$  бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по таблице с коэффициентом 1,5.

Градусо-сутки отопительного периода  $D_d$ ,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ , следует определять по формуле

$$D_d = (t_{\text{в}} - t_{\text{о.п}}) * Z_{\text{о.п}}, \quad [^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}], \quad (3.1)$$

где  $Z_{\text{о.п}}, t_{\text{о.п}}$  и  $t_{\text{в}}$  – то же, что в примерах 1 и 2 соответственно.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям определяют по формуле:

$$R_0^{TP} = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} * \alpha_{\text{в}}}, \quad \left[ \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \right], \quad (3.2)$$

где  $n$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по приложению (таблица 9)

$\alpha_e$  - Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции (таблица 6)

$\Delta t^{\text{н}}$  - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $^{\circ}\text{C}$ , принимаемый по таблице 8 (приложения).

Таблица 3.2

### Второй уровень теплозащиты

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, $D_d$ , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $R_0^{\text{пр}}$ , ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ )/Вт				
		Наружных стен	Бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий	Перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, лицеи, колледжи, интернаты	До 2000	1,4	2,1n	1,8n	0,39	0,31
	2000-3000	1,8	2,6n	2,3n	0,39	0,31
	Свыше 3000	2,2	3,2n	2,8n	0,42	0,34
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	До 2000	1,2	1,6n	1,4n	0,39	0,31
	2000-3000	1,5	2,0n	1,8n	0,39	0,31
	Свыше 3000	1,8	2,4n	2,0n	0,42	0,31
Производственные	До 2000	0,9	1,4n	1,2n	0,15	0,15
	2000-3000	1,1	1,6n	1,6n	0,31	0,15
	Свыше 3000	1,4	2,0n	1,9n	0,34	0,15

**Примечания:** см. примечания к таблице 3.1

Таблица 3.3

## Третий уровень теплозащиты

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, $D_d$ , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $R_0^{\text{TP}}$ , $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$				
		Наружных стен	Бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий	Перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, лицеи, колледжи, интернаты	До 2000	2,2	3,2n	2,8n	0,42	0,34
	2000-3000	2,6	3,7n	3,2n	0,42	0,34
	Свыше 3000	3,0	4,2n	3,6n	0,53	0,34
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	До 2000	1,8	2,4n	2,0n	0,39	0,31
	2000-3000	2,2	2,8n	2,4n	0,39	0,31
	Свыше 3000	2,6	3,2n	2,7n	0,42	0,34
Производственные	До 2000	1,4	2,0n	1,4n	0,31	0,31
	2000-3000	1,8	2,2n	1,7n	0,34	0,31
	Свыше 3000	2,2	2,4n	2,0n	0,39	0,31

**Примечания:** см. примечания к таблице 3.1

Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_0^{\text{TP}}$  дверей (кроме балконных) и ворот должно быть не менее  $0,6R_0^{\text{TP}}$  стен зданий и сооружений, определяемого по формуле 3.2 при расчетной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

**Примечание:** При разности расчетных температур внутреннего воздуха между соседними помещениями  $5^{\circ}\text{C}$  и выше, если помещения расположены одно над другим или  $10^{\circ}\text{C}$  и выше, если помещения находятся на одном этаже, нормируется термическое сопротивление ограждения, разделяющего помещения. Нормируемое сопротивление

теплопередаче разделяющего ограждения  $R_{0,см}^{тп}$  следует определять по формуле:

$$R_{0,см}^{тп} = \frac{t_{в} - t_{в,см}}{\Delta t^H \alpha_{в}}, \quad \left[ \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right], \quad (3.3)$$

где  $t_{в,см}$  - расчётная температура внутреннего воздуха более холодного помещения,  $^\circ C$ .

Термическое сопротивление  $R_T$ ,  $(M^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ , слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однородной (однослойной) ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R_T = \frac{\delta}{\lambda}, \quad \left[ \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right] \quad (3.4)$$

Сопротивление теплопередаче  $R_0$ ,  $(M^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ , ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R_0 = R_{в} + \sum R_i + R_{н}, \quad (3.5)$$

Термическое сопротивление  $R_K$ ,  $(M^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ , ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоёв по формуле

$$R_K = R_1 + R_2 + \dots + R_{вп} + \dots + R_n, \quad (3.6)$$

Для плоских ограждающих конструкций с включениями более 50 % от толщины ограждения, теплопроводность которых не превышает теплопроводности основного материала более чем в 10 раз, приведенное термическое сопротивление теплопередаче  $R_T$  определяется методом сложения проводимостей по следующему алгоритму:

1. Плоскостями, параллельными направлению теплового потока, ограждающая конструкция (или ее часть) условно разрезается на участки, из которых одни могут быть однородными (однослойными) — из одного материала, а другие — неоднородными — из слоев с различными материалами. Термическое сопротивление ограждающей конструкции  $R_{з,т}$ ,  $(M^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ , определяется по формуле

$$R_{\text{зг}} = \frac{\sum_{i=1}^m A_i}{\sum_{i=1}^m R_i}, \quad \left[ \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right], \quad (3.7)$$

где  $A_i$  — площадь  $i$ -го участка характерной части ограждения,  $\text{м}^2$ .

$R_i$  — приведенное сопротивление теплопередаче  $i$ -го участка,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , определяется по формуле (3.2) для однослойных участков.

$m$  — число участков ограждающей конструкции с различным приведенным сопротивлением теплопередаче.

2. Плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, ограждающая конструкция (или ее часть, принятая для определения  $R_{\text{вт}}$ ) условно разрезается на слои, из которых одни могут быть однородными, а другие неоднородными. Термическое сопротивление однородных слоев определяется по формуле (3.2), неоднородных — по формуле (3.4). Термическое сопротивление всей конструкции  $R_{\text{вт}}$   $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , определяется как сумма термических сопротивлений однородных и неоднородных слоев по формуле (3.16).

3. Приведенное термическое сопротивление ограждающей конструкции  $R_{\text{т}}$ , определяется по формуле

$$R_{\text{т}} = \frac{R_{\text{зг}} + 2 * R_{\text{вт}}}{3}, \quad \left[ \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right], \quad (3.8)$$

### 3.2. Приведенное сопротивление теплопередаче окон и наружных дверей

Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче окон, витражей, зенитных и других световых фонарей, балконных и наружных дверей принимается на основании результатов сертификационных испытаний. При их отсутствии приведенное сопротивление можно принимать по приложению 5 КМК 2.01.04-97.

### 3.3. Вычисление термического сопротивления определяемого слоя

Определяют его из условия  $R_0 \geq R_0^{mp}$ .

$$R_0^{mp} = \frac{1}{\alpha_e} + R_1 + R_2 + R_3^{mp} + \dots + R_n + \frac{1}{\alpha_n} \quad (3.9)$$

Откуда

$$R^{mp} = R_0^{mp} - \left( \frac{1}{\alpha_e} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \frac{1}{\alpha_n} \right)$$

где  $\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, (Вт/м<sup>2</sup> °С) (КМК 2.01.04.-97).

Вычисление требуемой толщины однородного ограждения или слоя утепления ( $\delta^{TP}$ )

$$\delta^{TP} = R^{TP} \lambda, \text{ м.}$$

где  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности материала данного слоя.

Проверка фактической инерционности конструкции.

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + R^{TP} S + \dots + R_n S_n \quad (3.10)$$

где  $S_1, S_2, \dots, S_n$  – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев конструкции (Вт/ м<sup>2</sup> °С) (прил. 3<sup>х</sup> КМК 2.01.04.-97).

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – теоретические сопротивления отдельных слоев ограждающих конструкций (м<sup>2</sup> °С/Вт).

Если фактическая инерционность совпала с заданной в пункте то проверяется выполнение условия  $R_0 \geq R_0^{mp}$  при выполнении которого расчет считается законченным.

Если фактическая инерционность не совпадает с заданной, то производится перерасчет  $R_0^{mp}$  на температуру соответствующую фактической инерционности и проверяется выполнение условия  $R_0 \geq R_0^{mp}$ .

При невыполнении условия  $R_0 \geq R_0^{mp}$  следует увеличить толщину  $\delta_c$  или заменить материал слоя и повторить расчет.

### 3.4. Расчет экономически целесообразной толщины ограждения

В связи с тем, что в настоящее время в строительстве широко используются дешевые теплоизоляционные материалы необходимо определять экономически целесообразное (оптимальное) сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций ( $R_0^{эк}$ ).

Определение  $R_0^{эк}$  является сложной технико-экономической задачей, однако ее можно решить аналитически с учетом некоторых упрощенных предпосылок.

Определение экономически целесообразное сопротивление теплопередаче однородной конструкции или теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции ( $R_{ym}^{эк}$ )

$$R_{ym}^{эк} = 60 \sqrt{\frac{n_{ym}(t_g - t_{om.n})Z_{om.n} \cdot 24 \cdot m \cdot C_T \cdot \ell_T}{\lambda_{ym} \cdot C_{ym} \cdot E_{н.п}}} \quad (3.11)$$

где  $n_{ym}$  – коэффициент, учитывающий отношение сопротивления теплопередаче утеплителя или однородной конструкции к сопротивлению теплопередаче, равной 0,85.

$t_b$  – расчетная температура внутреннего воздуха (пункт 3.1.1.)

$Z_{om.n}$ ,  $t_{om.n}$  – соответственно средняя температура наружного воздуха за отопительный период и его продолжительность (табл.1 КМК 2.04.05-97.);  $m$  – коэффициент, учитывающий дополнительно потери тепла на инфильтрацию наружного воздуха, равный 1,05.

$C_T$  – стоимость тепловой энергии, определяемая по действующим прейскурантам (сум/м<sup>3</sup>).

$\ell_T$  – коэффициент, учитывающий изменение стоимости тепловой энергии на перспективу, принимается с учетом условий эксплуатации, сроков службы и назначения зданий в данном случае.

$E_{н.п.}$  – норматив для приведения разновременных затрат (I/год), принимаемый 0,08.

Определение экономически целесообразной толщины утеплителя или однородного слоя ( $\delta^{эк}$ )

$$\delta^{эк} = R_{ym}^{эк} \cdot \lambda_{ут}, \text{ м}$$

Определение экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0^{эк} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{ym}^{эк} + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ м}^2 \text{C/Вт} \quad (3.12)$$

$\sum_{i=1}^n R_i$  – сумма термических сопротивлений конструктивных слоев многослойной ограждающей конструкций.

Сравниваются полученные значения требуемого сопротивления теплопередаче ( $R_0^{mp}$ ), общее сопротивление теплопередаче ( $R_0$ ) и экономически целесообразное сопротивление теплопередаче ( $R_0^{эк}$ ) и выбирается оптимальная толщина утеплителя или однородного слоя ( $\delta^{tp}$ ) ограждающей конструкций, удовлетворяющая требованиям теплоизоляции в зимнее время.

### 3.5. Проверка теплозащитных свойств ограждения для теплого периода

Ограждения должны препятствовать поступлениям тепла в помещения в условиях типичной для летнего режима периодичности изменения наружных климатических условий. Колебания температуры на внутренней поверхности ( $\tau_v$ ) массивных непрозрачных ограждений непосредственно влияют на тепловой режим помещения, поэтому теплозащитные свойства ограждения должны прежде всего лимитироваться допустимой величиной колебания ( $\tau_e^{don}$ ). Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций ( $A_{\tau_e^{don}}$ ).

#### 3.5.1. Проверка ограждающих конструкций на теплоустойчивость.

В районах со среднемесячной температурой июля выше  $21^{\circ}\text{C}$  и выше для жилых зданий, больниц, детских яслей-садов, интернатов и т.д, а также производственные здания, в которых должны соблюдаться оптимальные условия в рабочей зоне. ограждающие конструкции с тепловой инерционностью наружных стен менее 4, а перекрытий менее 5 должны иметь теплоустойчивость не превышающую требуемую  $A_{\tau_e^{don}}$ .

*Определение допустимой амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности конструкции*

$$A_{\tau_e^{don}} = 2,5 - 0,1(t_{\text{н}} - 21) \quad (3.13)$$

где  $t_{\text{н}}$  – среднемесячная температура наружного воздуха за июль месяц (КМК 2.01.01-97).

*Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности конструкции  $A$*

$$A = A_{t_{\text{н}}}^{\text{рас}} / v \quad (3.14)$$

*Определение расчетной амплитуды колебания наружной температуры с учетом солнечной радиации*

$$A_{t_{\text{н}}}^{\text{расч}} = 0,5A_{t_{\text{н}}} + \frac{\rho(I_{\text{max}} + I_{\text{cp}})}{\alpha_{\text{н}}} \quad (3.15)$$

$A_n$  - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле (КМК 2.01.01-97)

$\rho$  - коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции (КМК 2.01.04.-97)

$I_{\max}$ ,  $I_{\text{ср}}$  - максимальное и среднесуточное значение суммарной солнечной радиации (сумма прямой и рассеянной) за июль месяц (КМК 2.01.01-97)

$\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающих конструкций по летним условиям определяется по формуле:

$$\alpha_n = 1,16 (5 + 10\sqrt{V}), \quad \text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где  $V$  – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, но не менее 1 м/с ( КМК 2.01.01-97 ).

### 3.5.2. Определение величины затухания расчетной амплитуды температуры наружного воздуха в конструкции

*Определение величины затухания расчетной амплитуды температуры наружного воздуха в конструкции при толщине однородного слоя утеплителя, принятой из расчета по зимним условиям:*

$$a) v \approx 2^D (0,83 + 3,49 \frac{\sum R_k}{D}) \gamma_{\text{сл}} \gamma_{\text{в.п}} \quad (\text{при значении } D \geq 1,5) \quad (3.16)$$

где  $\sum R_k$  - сумма сопротивлений теплопередаче отдельных слоев многослойной конструкции ограждения ( $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$ )

$\gamma_{\text{сл}}$  - поправочный коэффициент учитывающий расположение слоев (теплозащитного и конструктивного). Для реальных конструкций определяется по формуле

$$\gamma_{\text{сл}} = 0,85 + 0,15 \frac{S_2}{S_1} \quad (3.17)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – соответственно коэффициенты теплоусвоения этих слоев по ходу тепловой волны (пункт 3.1.5)

$\gamma_{\text{в.п}}$  - коэффициент учитывающий влияние воздушной прослойки

$$\gamma_{\text{в.п}} = 1 + 0,5 R_{\text{вп}} \frac{D}{\sum R} \quad (3.18)$$

$\sum R$  - сумма термического сопротивления слоев конструкции ограждения.

При отсутствии воздушной прослойки коэффициент  $\gamma_{в.п}=1$ .

$$б) v = R_0 \alpha_B \quad (\text{при значении } D < 1,5)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, ( $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ );

$R_0$  – общее термическое сопротивление ограждающей конструкции.

Сравниваются результаты расчетов и в дальнейших расчетах принимаются размеры ограждения с учетом толщины утеплителя, удовлетворяющей требованиям теплозащиты как в зимних, так и в летних условиях и далее определяется окончательное сопротивление теплопередачи ограждения ( $R_0$ ), с учетом проверки на воздухопроницаемость, теплоустойчивость, конденсацию водяных паров и обеспечивающий тепловой режим помещений.

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_s} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{в.п} + \frac{1}{\alpha_n}; \quad \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}. \quad (3.19)$$

### 3.6. Расчет на возможность конденсации водяных паров на внутренней поверхности ограждения в зимнее время

Теплозащитные свойства элементов конструкции (стыки, углы и т.д.) проверяют путем определения отсутствия выпадения конденсата на внутренней поверхности ограждения.

Характеристикой этого явления температура, при которой произойдет выпадение конденсата ( $\tau_p$ ).

Определение температуры на внутренней поверхности стены

$$\tau_B = t_B - \frac{t_s - t_n}{R_0 \alpha_s}; \quad ^\circ\text{C} \quad (3.20)$$

где  $t_B$ ,  $t_n$ ,  $\alpha_B$  – тоже, что в формуле 3.1.1.

$R_0$  - общее сопротивление теплопередачи конструкции, удовлетворяющее зимним и летним условиям, определенным по формуле 3.3.7.

Вычисление действительной упругости водяного пара в помещении

$$e_B = \frac{\hat{A} \cdot \varphi_B}{100} E_B; \quad \text{Па} \quad (3.21)$$

где  $E_B$  - максимальная упругость водяного пара.

$\varphi_B$  - оптимальная относительная влажность воздуха, принимая по КМК 2.04.05.-97\*.

В зависимости от действительной упругости пара в помещении по табл. Определяется температура, при которой произойдет выпадение конденсата ( $\tau_p$ ) и сравнивается с температурой на внутренней поверхности. При условии  $\tau_B > \tau_p$  конденсация водяных паров на внутренней поверхности стены не произойдет. В противном случае ( $\tau_p > \tau_B$ ) разрабатываются меры предотвращения конденсата.

### 3.7. Расчет на воздухопроницаемость ограждающих конструкций.

Воздушный режим здания в большой мере зависит от воздухопроницаемости наружных и внутренних ограждений. В большинстве случаев по техническим причинам полная герметичность ограждений невозможна. Интенсивность фильтрации воздуха зависит от разности давлений с двух сторон конструкции и ее свойства проницаемости для воздуха.

В качестве характеристики воздухопроницаемости в технических расчетах принимают сопротивление воздухопроницанию ( $R_u$ ).

Определение разности давлений воздуха на наружной и внутренней поверхности ограждающих конструкций ( $\Delta P$ ).

$$\Delta P = 0,55 H(\gamma_H - \gamma_B) + 0,03 \gamma_H V^2 \quad (3.22)$$

где  $H$  – высота здания (от поверхности земли до верха карниза), м;

$\gamma_H, \gamma_B$  - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха,  $\text{Н/м}^3$ , определяемый по формуле:

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}$$

здесь  $t$  - температура воздуха: внутреннего (для определения  $\gamma_B$ ) согласно пункта 3.1.1.); наружного (для определения  $\gamma_H$ )- равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

$V$ - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет **161** и более (прил. КМК 2.01.01-97).

### 3.8. Определение сопротивления воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции

*Определение сопротивления воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции ( $R_u$ )*

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}; \quad (3.23)$$

где  $R_{u1}, R_{u2}, \dots, R_{un}$  - сопротивление воздухопроницанию отдельных слоев ограждающих конструкции,  $\text{м}^2 \text{чПа/кг}$  (прил. 9<sup>х</sup> КМК 2.01.04.-97\*).

Выбор сопротивления воздухопроницанию окон, балконных дверей и фонарей ( $R_u'$ ) (прил. 10<sup>х</sup> КМК 2.01.04.-97\*). При этом обязательно учесть, что значения ( $R_u'$ ) приведенные в КМК 2.01.04.-97) определены при разности давления воздуха ( $\Delta P_0$ ) равное 10 Па и сделать перерасчет на расчетное давление (пункт 3.5.1).

*Определение воздухопроницаемости ограждающей конструкции ( $G$ ) для стен, стыковых соединений и входных дверей:*

$$G = \frac{\Delta P}{R_u}; \quad \text{кг/м}^2 \text{ ч.}$$

*Для окон, балконных дверей*

$$G = \frac{\Delta P^{\frac{2}{3}}}{R_u}; \quad \text{кг/м}^2 \text{ ч.}$$

Проверка выполнения условия:  $G \leq G^H$ ;  $G_0 \leq G^H$

где  $G^H$  - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций,  $\text{кг/м}^2$  (табл. 12<sup>х</sup> КМК 2.01.04.-97\*).

## 4. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС ЗДАНИЯ

Составление теплоэнергетического баланса здания заключается в определении суммарного расхода тепловой энергии всех помещений здания  $Q_{\text{п}}$ . Этот раздел выполняется в соответствии с приложениями КМК 2.04.05-97 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Наибольший суммарный расход тепловой энергии всех помещений здания  $Q_{\text{п}}$  и дополнительных затрат энергии в помещении при наличии воздухопроницаемых ограждений  $\Delta Q$  определяют установочную мощность системы отопления.

*Определение потерь теплоты через отдельные ограждения ( $Q_i$ )*

$$Q_i = \frac{A}{R_0} (t_p - t_{ext}) (1 + \sum \beta) \cdot n \quad (4.1)$$

где  $A$  - расчетная площадь ограждающей конструкции, определяемая по правилам обмера;

$t_p$  - расчетная температура внутреннего воздуха помещения;

$t_{ext}$  - расчетная температура наружного воздуха холодного периода при расчете потерь теплоты через наружные ограждения;

$\sum \beta$  - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь;

$n$  - принимается в соответствии с указаниями таблицы П9 приложения.

Определение дополнительных затрат тепла в помещении при наличии воздухопроницаемых ограждений

$$\Delta Q = (\sum K_{c_e} GA + \sum K_{c_e} G\ell(t_e - t_n)) \quad (4.2)$$

где  $K$  - коэффициенты для разных конструкций, замечания которых можно ориентированно принять: для стен - 0,5, для стыковых соединений - 0,7, для двойных окон - 0,8, одинарного остекления - 1.

$A$  - площадь окон, стен и т.д.,  $m^2$ ;

$\ell$  - протяженность стыков, щелей и т.д.,  $m$

$G$  - расход проникающего воздуха.

*Определение наибольших потерь тепла помещением ( $Q$ ).*

$$Q = \sum Q_i + \Delta Q \quad (4.3)$$

Для удобства все расчеты сводятся в табл.4.1.

Поверхность ( $A$ ) и линейные размеры должны определяться следующим образом (рис.3.1):

а) поверхность окон, дверей и фонарей - по наименьшим размерам проемов в свету;

б) поверхность потолков и полов по размерам между осями внутренних стен;

в) высота стен первого этажа при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте - по размеру от уровня чистого пола первого этажа, до уровня чистого пола второго этажа; при наличии пола на лагах - по размеру от нижнего уровня подготовки пола для пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа: при наличии подвала

или подполья - по размеру от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;

г) высота стен промежуточного этажа - по размеру между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;

д) высота стен верхнего этажа по размеру, от уровня чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия или до пересечения внутренней грани стены с верхней плоскостью бесчердачного покрытия;

е) длина наружных стен угловых помещений - от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен в неугловых помещениях - по размерам между осями внутренних стен;

ж) длина внутренних стен - по размерам от внутренних поверхностей наружных стен или между осями внутренних стен.

Примечание: 1. Линейные размеры при обмере строительных ограждений следует принимать с точностью до 0,1 м.

Таблица 4.1

Общие потери теплоты помещения

№ п/п	Наимен. помещений	Ограждающие конструкции		$R_0, (m^2 \text{ } ^\circ C / \text{Вт})$	$\Delta t = t_B - t_{\text{хл}}$	n	$Q_{\text{инф}}$	Добавочные потери			$\sum \beta$	$Q = Q_t + \Delta Q$
		Наименование ограждений и ориентация	a * в					A, м <sup>2</sup>	на ориент	на 2 и более наруж. стен		
101	Жилая комн.	НС-3 НС-С ОД-3 Пл										
102												

Примечание: При  $(t_p - t_{\text{ext}}) < 3 \text{ } ^\circ \text{C}$  потери тепла не учитываются.

2. Поверхности наружных ограждений подсчитывать с точностью до 0,1 м.

**Примечание:** 1. Линейные размеры при обмере строительных ограждений следует принимать с точностью до 0,1 м.  
2. Поверхности наружных ограждений подсчитывать с точностью до 0,1 м.

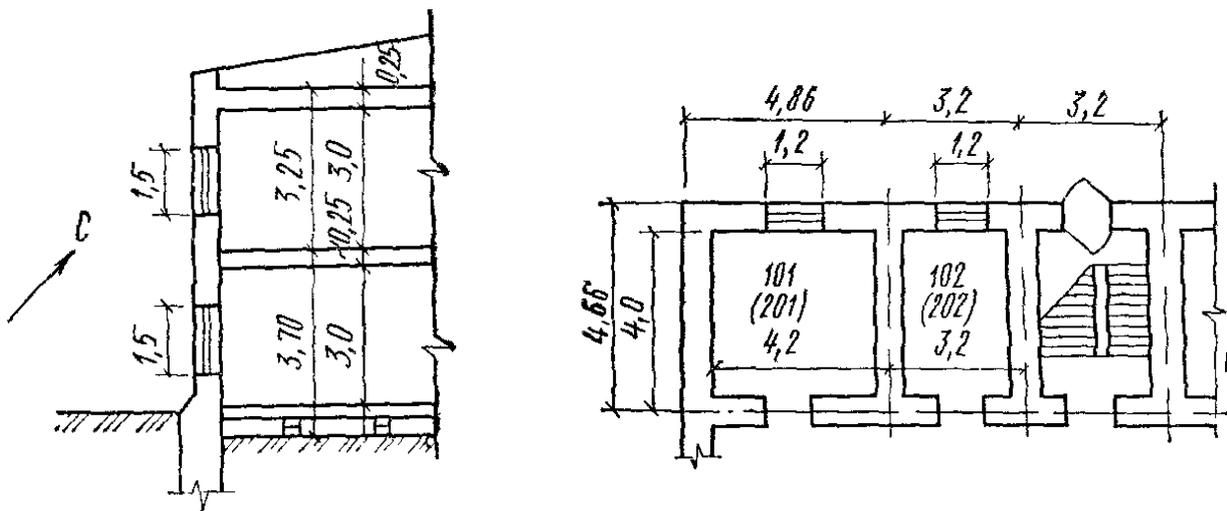


Рис. 4.1. План и разрез помещений (к примеру расчета расхода тепловой энергии)

#### 4.1. Указания к ведению расчета расхода тепловой энергии

Для удобства расчет записать в табличной форме (таблица 4.1). Расчет производится в следующей последовательности:

- а) с целью удобства систематизации расчетных записей все помещения здания, начиная с угловых комнат, поэтажно нумеруют: для 1-го этажа 101, 102, 103 ... и т.д., для второго этажа 201, 202, 203 ... и т.д., для 3-го этажа 301, 302, 303 ... и т.д. Первая цифра указывает этаж, вторая - номер помещения (графа 1). Лестничные клетки обозначается буквами А, Б, В;
- б) записывают наименование комнаты и температуру воздуха внутри помещения (графа 2);
- в) определяют размеры ограждающих конструкций (стен, окон, наружных дверей, полы, потолок) и вычисляют площадь (графы 3,4,5,6). Конструкции записывают условными обозначениями с указанием ориентации по странам света. Теплотери через окно определяют по разности ( $R_{o.стены} - R_{o.окна}$ ) с учетом того, что площадь окон уже вошла в расчет с сопротивлением  $R_{o.стены}$ ;
- г) записывают сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций (графа 7);

д) в графе 8 записывают разность между расчетной температурой воздуха в помещении и температурой наружного воздуха для самого холодного периода (температуру наиболее холодных пяти суток);

е) записывается поправочный коэффициент к расчетной разности температур (графа 9);

ж) записывают добавочные потери тепла на ориентацию две и более наружных стен, на пару ясные двери, которые принимаются в долях от основных потерь. КМК 2.04.05-97 (графы 10, 11, 12, 13);

з) записывают суммарные потери тепла по всему помещению (графа 14).

**Добавочные потери теплоты** через ограждения следует принимать для наружных вертикальных и наклонных стен, дверей и окон:

а) на ориентацию - на север, восток, северо-восток, северо-запад - в размере 0,1; на юго-восток, запад - размере 0,005;

б) для общественных, административно-бытовых производственных зданий при наличии двух наружных стен и более - соответственно 0,15 и 0,1;

в) для наружных дверей, не оборудованных воздушными для воздушно-тепловыми завесами при высоте здания  $H$ , м:

0,2  $H$  - для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27  $H$  - для двойных дверей с тамбуром между ними;

0,34  $H$  - для двойных дверей без тамбура;

0,22  $H$  - для одинарных дверей;

г) для наружных ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами - в размере 3 при отсутствии тамбура и в размера  $I$  при наличии тамбура у ворот.

## **5. РАСЧЕТ ТЕПЛОПОСТУПЛЕНИЙ ЧЕРЕЗ НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ЗА СЧЕТ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ**

В тепловом балансе современных зданий с легкими ограждениями и большими остекленными поверхностями существенную роль играют теплопоступления через наружные ограждения. Приток тепла через ограждения является нестационарным и зависит от изменений температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации. Помещение имеет ограждения двух характерных категорий – массивные непрозрачные (наружные стены и перекрытия) и немассивные лучепрозрачные (окна, фонари, витражи). Теплопередача через них

происходит различно, что особенно важно при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

*Определение среднесуточных теплопоступлений через непрозрачные ограждения*

$$Q_{cp} = \frac{A}{R_0} (t_n^{расч} - t_e); \quad \text{Вт}, \quad (5.1)$$

где  $A$  - площадь ограждения,  $\text{м}^2$ ;

$R_0$  - сопротивление теплопередаче (п.3.3.7);

$t_e$  - расчетная температура внутреннего воздуха, для теплового периода принимается в соответствии с приложением КМК 2.04.05.-97;

$t_n^{расч}$  - расчетная температура наружного воздуха определяемая по формуле

$$t_n^{расч} = t_n^{cp} + \frac{\rho J_{cp}}{\alpha_e} \quad (5.2)$$

где  $t_n^{cp}$  - средняя температура воздуха в июле месяце;

$\rho J_{cp}$  - тоже, что в пункте 3.3.2.

*Определение амплитуды колебания теплового потока на внутренней поверхности ограждения*

$$A_Q = \alpha_B A_\tau \cdot A \quad (5.3)$$

где  $\alpha_B$ ,  $A_\tau$  - тоже, что в п.3.3.4

*Определение максимальных теплопоступлений за счет солнечной радиации через глухую часть стены*

$$Q_{cm}^{max} = Q_{cp} + A_Q; \quad \text{Вт} \quad (5.4)$$

*Определение максимальных поступлений тепла через светопроем за счет солнечной радиации из разности температур наружного и внутреннего воздуха*

$$Q = (q' + q'') A_{ост} + \frac{t_n - t_e}{R_{ост}} A_{ост}; \quad \text{Вт} \quad (5.5)$$

где  $q'$ ,  $q''$  - количества тепла, поступающего в помещение в июле месяце через одинарное остекление за счет прямой и рассеянной радиации в часы максимального облучения, принимается по таблице приложения

$A_{ост}$  - площадь светопроема,  $\text{м}^2$ ;

$R_{ост}$  - сопротивление теплопередаче остекления;

$t_n$  - тоже, что в пункте 4.2.1;

$t_b$  - максимальная температура наружного воздуха, принимаемая по приложению КМК 2.01.01-97

*Определение суммарных теплопоступлений в помещение через непрозрачные ограждения и светопроемы*

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{ст}}^{\text{max}} + Q_{\text{ост}}^{\text{max}} ; \text{ Вт} \quad (5.76)$$

Составляется сводная таблица и делается вывод о влиянии ограждающих конструкции на тепловой режим помещения в летнее время.

Теплопоступления через ограждающие конструкции

Таблица 5.1

№ п\п	Наименование характеристик	стены	Остекление	Ограждения в целом
101	Максимальные теплопоступления			
102				

## **ВЫВОДЫ О ТЕПЛОВОМ РЕЖИМЕ ПОМЕЩЕНИЯ.**

Здесь необходимо акцентировать основное внимание на окончательно принятой толщине утеплителя и ограждения в целом, удовлетворяющий требованиям влаго-, воздухо- и теплозащиты в зимний и летний период в соответствующих климатических условиях и вычисленных на основе значений общих потерь теплоты и максимальных теплопоступлениях через принятые наружные ограждения.

Дать конкретные рекомендации по мерам уменьшения теплопоступлений в помещение в летнее время и компенсации потерь теплоты в зимний период, направленные на улучшение теплового режима в помещении. В целях облегчения и ускорения выполнения курсовой работы в приложении предлагаются программы для реализации теплотехнического расчета ограждающих конструкций и теплового режима помещения с использованием компьютера.

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. – М.: Высшая школа, 1991. – 415 с
2. Кувшинов Ю.Я. Теоретические основы создания микроклимата в помещении. – М.: Изд. АСВ, 2007. – 183 с.
3. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление. Учебник для вузов. – М.: Изд. АСВ, 2002. – 576 с.
4. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция. Учебник для вузов. – М.: Изд. АСВ, 2006. – 615 с.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих конструкций здания. – М.: АВОК-Пресс, 2006. – 250 с.
7. КМК 2.01.04.-97\*. Строительная теплотехника. Госкомархитекстрой Республики Узбекистан, Ташкент, 1997. 110с
8. КМК 2.01.01-97. Климатические и физико-геологические данные для проек-тирования. Госкомархитекстрой Республики Узбекистан. Ташкент, 1997. 38 б.
9. КМК 2.04.05-97\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Госкомархитекстрой Республики Узбекистан, Ташкент, 1997. 110 б.
10. КМК 2.08-96. Общественные здания и сооружения. Госкомархитекстрой Республики Узбекистан. Ташкент. 1996. 105с

## Дополнительная

1. Богословский В.Н., Кувшинов Ю.Я., Малявина Е.Г. Теплотехнический расчет наружных ограждений и расчет теплового режима здания. Методическое указание к курсовой работе по строительной теплофизике. – М.: Изд. МГСУ, 1996.
2. Богословский В.Н., Титов В.П., Кувшинов Ю.Я. Расчет двухмерного температурного поля методом электротепловой аналогии на электромодели. Методические указания к лабораторной работе по строительной теплофизике. – М.: Изд. МИСИ, 1989.
3. Малявина Е.Г. Теплотери здания. Справочное пособие. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с.
4. Хрусталева Б.М., Кувшинов Ю.Я., Копко В.М. Теплоснабжение и вентиляция. – М.: Изд. АСВ, 2007. – 783 с.
5. Ильинский В.М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат здания). – М.: Высшая школа, 1974. – 320 с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**Часть первая**

Таблица П1

Расчетная температура наружного воздуха

№ п\п	Наименование пункта	Наиболее холод.суток с коэффиц. обеспеченности		Наиболее холод.пяти-дневки с коэффиц. обеспеченности		Продолж.отопитель. периода, суток	Средняя темп. за отоп.период	Расч.скорость ветра, м/с
		0,98	0,92	0,98	0,92			
1	Андижан	-19	-16	-16		130	1,6	4,5
2	Навои	-18	-16	-16		123	3,5	3,6
3	Зарафшан	-16	-15	-14		136	1,5	5,6
4	Галляарал	-26	-23	-22		144	1,4	
5	Джизак	-22	-19	-19		126	2,7	5,5
6	Муйнак	-25	-23	-23		167	-1,2	
7	Нукус	-27	-24	-23		143	-0,6	4,2
8	Чимбай	-27	-24	-23		163	-1,3	4,2
9	Шахрисабз	-17	-14	-14		115	4,1	
10	Мубарек	-19	-16	-16		122	3,5	
11	Касансай	-17	-15	-14		138	2,0	
12	Наманган	-20	-17	-17		122	1,5	2
13	Каттакурган	-19	-16	-16		134	2,3	3,7
14	Самарканд	-18	-15	-14		133	3,3	2,7
15	Денау	-14	-12	-11		89	5,1	
16	Термез	-14	-12	-12		91	4,5	4,0
17	Сырдарья	-23	-21	-20		134	1,8	10,9
18	Гулистан	-24	-22	-22		130	1,8	
19	Чирчик	-19	-16	-16		130	-2,8	
20	Ташкент	-19	-16	-16		129	2,7	2,1
21	Чарвак	-18	-16	-15		144	1,7	
22	Коканд	-17	-14	-14		131	1,8	1,4

23	Фергана	-18	-15	-15		132	1,9	1,4
24	Ургенч	-23	-21	-21		148	0,8	4,6

Таблица П2

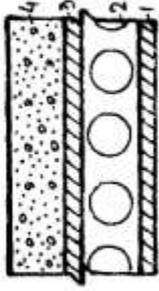
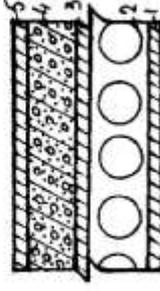
Теплотехнические показатели материала стены

Две последние цифры зачетной книжки	Наименование материала	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил.2)			
			Теплопроводность, $\lambda$ , Вт/м град		Теплоусвоение (при периоде 24 ч.), $S$ , Вт/м <sup>2</sup> град	
00 50	Туфобетон	1400	0,52	0,58	7,76	8,6
01 51	-''-	1200	0,41	0,47	6,38	7,2
02 52	Пемзобетон	1400	0,49	0,54	7,1	7,76
03 53	Пемзобетон	1200	0,4	0,43	5,94	6,41
04 54	-''-	1000	0,3	0,34	4,69	5,20
05 55	-''-	800	0,22	0,26	3,6	4,07
06 56	Бетон на вулканическом шлаке	1400	0,52	0,58	7,73	8,6
07 57	-''-	1200	0,41	0,47	6,38	7,2
08 58	-''-	1000	0,29	0,35	4,9	5,67
09 59	-''-	800	0,23	0,29	3,9	4,61
10 60	Керамзитобетон	1200	0,44	0,52	6,36	7,55
11 61	-''-	1000	0,33	0,41	5,03	6,13
12 62	-''-	800	0,24	0,31	3,83	4,77
13 63	-''-	600	0,2	0,26	3,03	3,78
14 64	-''-	500	0,17	0,23	2,55	3,25
15 65	Шунгизитобетон	1400	0,56	0,64	7,59	8,6
16 66	-''-	1200	0,44	0,50	6,23	7,04
17 67	-''-	1000	0,33	0,38	4,92	5,60
18 68	Перлитобетон	1200	0,44	0,50	6,96	8,01
19 09	-''-	1000	0,33	0,38	5,5	6,38
20 70	Перлитобетон	800	0,27	0,33	4,45	5,32
21 71	Шлакопемзобетон	1800	0,63	0,76	9,32	10,83

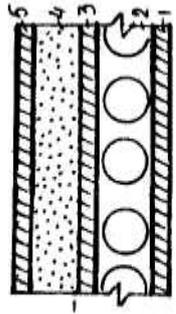
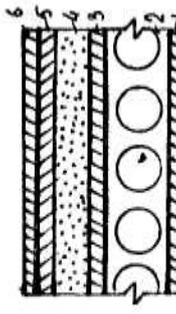
22 72	-''-	1600	0,52	0,63	7,98	9,29
23 73	-''-	1400	0,44	0,52	6,87	7,98
24 74	Шлакопемзо- бетон	1200	0,37	0,44	5,83	6,73
25 75	-''-	1000	0,31	0,37	4,87	4,87
26 76	Бетон на доменных	1600	0,58	0,64	8,43	9,37
27 77	-''-	1400	0,52	0,58	7,46	8,34
28 78	-''-	1200	0,47	0,52	6,57	7,31
29 79	Аглопорито- бетон	1400	0,59	0,65	7,92	8,83
30 80	-''-	1200	0,48	0,54	6,64	7,45
31 81	-''-	1000	0,38	0,44	5,39	6,14
32 82	Кирпич глиняный	1800	0,7	0,81	9,14	10,1
33 83	-''-	1700	0,64	0,76	8,61	9,67
34 84	-''-	1600	0,58	0,7	8,05	9,19
35 85	Кирпич трепальный	1200	0,65	0,52	6,23	6,9
36 86	Кирпич трепальный	1000	0,41	0,47	5,33	5,93
37 87	Кирпич из шлака	1500	0,64	0,7	8,08	8,72
38 88	Кирпич керамический пустотный	1600	0,58	0,64	7,87	8,44
39 89	-''-	1400	0,52	0,58	6,98	7,52
40 90	-''-	1200	0,65	0,52	6,09	6,61
41 91	Кирпич силикатный пустотный	1500	0,7	0,81	8,54	9,61
42 92	-''-	1400	0,64	0,76	7,52	8,6
43 93	Известняк	1600	0,73	0,81	9,06	9,72
44 94	-''-	1400	0,56	0,58	7,42	7,72
45 95	Туф	1800	0,7	0,82	9,61	10,76
46 96	-''-	1600	0,52	0,64	7,81	9,02
47 97	-''-	1400	0,43	0,52	6,64	7,60
48 98	-''-	1200	0,35	0,41	5,55	6,25
49 99	-''-	1000	0,24	0,29	4,20	4,80

Теплотехнические показатели конструкций перекрытия

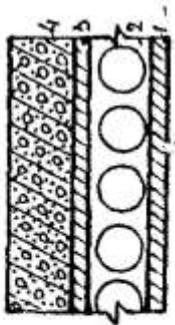
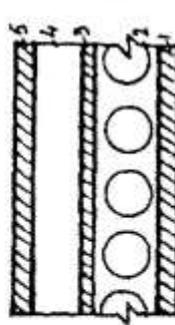
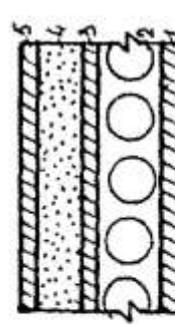
Таблица 3

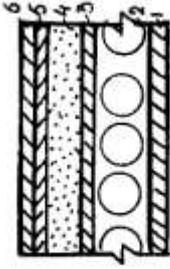
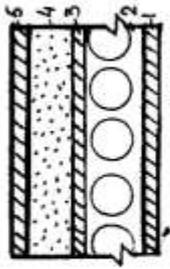
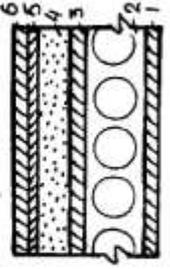
Последняя цифра	Конструкция перекрытия	Конструктивные слои	Плотность, $\rho$ кг/м <sup>3</sup>	Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по приложению 2)				
				Теплопроводность, $\lambda$ , Вт/м град		Теплоусвоения (при периоде 24 ч.), $S$ , Вт/м <sup>2</sup> град		Теплоусвоения (при периоде 24 ч.), $S$ , Вт/м <sup>2</sup> град
				А	Б	А	Б	
0	Чередное перекрытия 	1. Затирка из известково-песчаного раствора $\delta=0,01$ м. 2. Пустотная железобетонная плита $\delta=0,22$ м. 3. Пароизоляция из рубероида в два слоя $\delta=0,001$ м. 4. Утеплитель-вермикулито-бетона $\delta=X$ .	1600 2500 600 400	0,7 1,92 0,17 0,11	0,81 2,04 0,17 0,13	8,62 17,86 3,56 1,88	9,72 18,72 3,56 2,26	
1	Совмещенное перекрытия 	1. Затирка из известково-песчаного раствора $\delta=0,002$ м. 2. Пустотная железобетонная плита $\delta=0,22$ м. 3. Пароизоляция битума нефтенного, кровельного $\delta=0,03$ м. 4. Утеплитель-газо-пенобетона $\delta=X$ . 5. Водоизоляционный слой-асфальтобетон $\delta=0,04$	1600 2500 1000 600 2100	0,7 1,92 0,17 0,22 1,05	0,81 2,04 0,17 0,26 1,05	8,62 17,86 4,59 3,35 16,31	9,72 18,72 4,59 3,85 16,31	

Продолжение таблицы 3

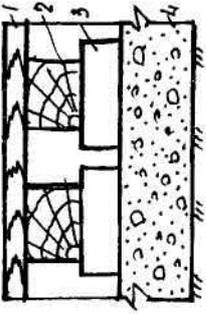
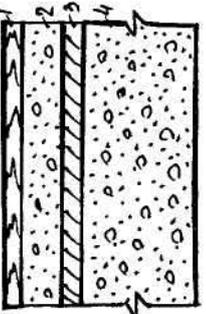
2	<p>Чердачное перекрытия</p> 	<p>1. Затирка из известково-песчаного раствора <math>\delta=0,01</math> м.                  2. Пустотная железобетонная плита <math>\delta=0,22</math> м.                  3. Пароизоляция из вспученного перлита на битумном связующем <math>\delta=0,02</math> м.                  4. Утеплитель гравий керам-зитовый <math>\delta=X</math>.                  5. Выравнивающий слой из цементно-шлакового раствора <math>\delta=0,02</math> м.</p>	1600	0,7	0,81	8,62	9,72
3	<p>Совмещенное перекрытия</p> 	<p>1. Затирка из гисо-порлитового раствора <math>\delta=0,02</math> м.                  2. Пустотная железобетонная плита <math>\delta=0,22</math> м.                  3. Пароизоляция толя в два слоя <math>\delta=0,002</math> м.                  4. Утеплитель-гравий шунгизитовый <math>\delta=X</math>.                  5. Выравнивающий слой из сложного раствора <math>\delta=0,03</math> м.                  6. Водоизоляционный слой- битум нефтяной, кровельный <math>\delta=0,04</math> м</p>	600	0,19	0,23	3,19	3,85
			2500	1,92	2,04	17,86	18,72
			400	0,11	0,13	2,41	2,55
			800	0,21	0,23	3,34	3,59
			1200	0,47	0,58	6,09	6,82
			600	0,19	0,23	3,19	3,85
			2500	1,92	2,04	17,86	18,72
			600	0,17	0,17	3,56	3,56
			600	0,16	0,2	2,55	2,93
			1700	0,7	0,87	8,89	10,37
			1200	0,22	0,22	5,66	5,66

Продолжение таблицы 3

4	Чердачное перекрытия 	1. Затирка из гипсо-перлитого раствора $\delta=0,01$ м. 2. Пустотная железобетонная плита $\delta=0,22$ м. 3. Пароизоляция пергамин в три слоя $\delta=0,002$ м. 4. Утеплитель - $\delta=X$ .	500	0,15	0,19	2,44	2,91
5	Совмещенное перекрытия 	1. Затирка из известково-песчаного раствора $\delta=0,01$ м 2. Пустотная железобетонная плита $\delta=0,22$ м. 3. Пароизоляция-рубероид в три слоя $\delta=0,003$ м. 4. Утеплитель-перлитопластбетон $\delta=1$ . 5. Водоизоляционный слой- битум нефтяной, кровельный $\delta=0,02$	1600 2500 600 200 1400	0,7 1,92 0,17 0,052 0,27	0,81 2,04 0,17 0,058 0,27	8,32 17,86 3,56 0,92 6,73	9,72 18,72 3,56 0,99 6,73
6	Чердачное перекрытия 	1. Затирка из известково-песчаного раствора $\delta=0,02$ м. 2. Пустотная железобетонная плита $\delta=0,22$ м; 3. Пароизоляция из вспученного перлита на битумном связующем $\delta=0,02$ м. 4. Утеплитель-шебень из доменного шлака $\delta=X$ . 5. Выравнивающий слой из цементно-перлитового раствора $\delta=0,03$ м.	1600 2500 300 800 800	0,7 1,92 0,093 0,21 0,21	0,81 2,04 0,099 0,26 0,26	8,62 17,86 1,86 3,34 3,7	9,72 18,72 1,94 3,77 4,45

7	<p>Совмещенное перекрытия</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Затирка из гипсо-перлитового раствора <math>\delta=0,01</math> м.</li> <li>2. Пустотная железобетонная плита <math>\delta=0,22</math> м.</li> <li>3. Пароизоляция - из вспученного перлита на битумном связующем <math>\delta=0,02</math> м.</li> <li>4. Утеплитель-вермикулит вспученный <math>\delta=X</math>.</li> <li>5. Выравнивающий слой из цементно-шлакового раствора <math>\delta=0,03</math> м.</li> <li>6. Водоизоляционный слой-асфальтобетон <math>\delta=0,02</math></li> </ol>	600	0,19	0,81	8,32	9,72
			2500	1,92	2,04	17,86	18,72
			400	0,12	0,13	2,41	2,55
			200	0,093	0,11	1,08	1,21
			1400	0,52	0,64	6,98	8,06
			2100	1,05	1,05	16,31	16,31
8	<p>Чердачное перекрытия</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Затирка гипсо-перлитового раствора <math>\delta=0,02</math> м.</li> <li>2. Пустотная железобетонная плита <math>\delta=0,22</math> м.</li> <li>3. Пароизоляция толь в два слоя <math>\delta=0,02</math> м.</li> <li>4. Утеплитель-щебень из перлита из вспученного <math>\delta=X</math>.</li> <li>5. Выравнивающий слой из цементно-шлакового раствора <math>\delta=0,05</math> м.</li> </ol>	500	0,17	0,19	2,44	2,91
			2500	1,92	2,04	3,56	3,56
			600	0,17	0,17	3,56	1,94
			600	0,11	0,12	2,05	2,15
			800	0,47	0,58	6,09	6,82
9	<p>Совмещенное перекрытия</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Затирка из известково-песчаного раствора <math>\delta=0,02</math> м</li> <li>2. Пустотная железобетонная плита <math>\delta=0,22</math> м</li> <li>3. Пароизоляция пергамин в три слоя <math>\delta=0,002</math> м.</li> <li>4. Утеплитель- щебень из аглопорита <math>\delta=X</math>.</li> <li>5. Выравнивающий слой из цементно-перлитового раствора <math>\delta=0,02</math> м.</li> <li>6. Водоизоляционный битум нефтяной, кровельный <math>\delta=0,03</math> м</li> </ol>	1600	0,7	0,81	8,62	9,72
			2500	1,92	2,04	17,86	18,72
			600	0,17	0,17	3,56	3,56
			600	0,17	0,21	2,64	2,95
			1000	0,26	0,3	4,57	5,41
			1200	0,22	0,22	5,66	5,66

Продолжение таблицы 4

2		<p>1. Древесноволокнистые плиты на мастике <math>\delta=0,015</math> м.                  2. Стяжка из цементно-шлакового раствора <math>\delta=0,02</math> м.                  3. Бетон на вулканическом шлаке <math>\delta=0,08</math> м</p>	1000	0,23	0,29	6,76	7,68
3		<p>1. Пол из ели вдоль волокна <math>\delta=0,029</math> м.                  2. Лаги из сосны вдоль волокна <math>\delta=0,04</math> м.                  3. Столбик из обыкновенного кирпича <math>\delta=0,12</math> м.                  4. Подстилающий слой из бетона на доменных шлаках <math>\delta=0,08</math> м.</p>	500 500 1500 1600	0,29 0,29 0,64 0,58	0,35 0,35 0,7 0,64	5,55 5,55 8,08 8,39	6,29 6,29 8,72 9,32
4		<p>1. Паркет на мостике из сосны вдоль волокна <math>\delta=0,008</math> м.                  2. Стяжка из газопенобетона <math>\delta=0,02</math> м.                  3. Водоизоляционный слой из битума <math>\delta=0,01</math> м.                  4. Подстилающий слой из бетона на доменных шлаках <math>\delta=0,08</math> м.</p>	500 400 1400 1600	0,29 0,14 0,27 0,58	0,35 0,15 0,27 0,64	5,55 2,17 6,73 8,39	6,29 2,27 6,73 9,32

5		<p>1. Паркет на мастике из луба поперек волока <math>\delta=0,008</math> м.                  2. Стяжка из цементно-перлитового раствора <math>\delta=0,02</math> м.                  3. Водонепроницаемый ковер из пергамина <math>\delta=0,001</math> м.                  4. Теплоизоляционная прокладка из газобетона <math>\delta=0,04</math> м.                  5. Сплошная плоская панель из бетона на гравий <math>\delta=0,10</math> м.</p>	500	0,29	0,35	5,55	6,29
6		<p>1. Пол из древесноволокнистых плит <math>\delta=0,025</math> м.                  2. Лага из сосны вдоль волока <math>\delta=0,06</math> м.                  3. Столбик из известняка <math>\delta=0,2</math> м.                  4. Воздушная прослойка <math>\delta=0,26</math> м.                  5. Подстилающий слой из бетона на зольном гравий <math>\delta=0,08</math> м.</p>	800	0,19	0,23	5,41	6,14
7		<p>1. Линолеум на мастике <math>\delta=0,005</math> м.                  2. Гипсовая сухая штукатурка <math>\delta=0,01</math> м.                  3. Стяжка из сложного раствора <math>\delta=0,02</math> м.                  4. Водонепроницаемый слой из толя <math>\delta=0,002</math> м.                  5. Теплоизоляционная прокладка из минераловатных плит <math>\delta=0,05</math> м.                  6. Сплошная железобетонная плита <math>\delta=0,12</math> м.</p>	1800	0,35	0,35	8,15	8,15
8		<p>1. Линолеум поливинилхлоридный многослойный на мастике <math>\delta=0,005</math> м.                  2. Стяжка из цементно-перлитового раствора <math>\delta=0,03</math> м.                  3. Водонепроницаемый слой из рубероида <math>\delta=0,001</math> м.                  4. Подстилающий слой из бетона на зольном гравий <math>\delta=0,08</math> м.</p>	1600	0,33	0,33	7,43	7,43

## Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки $\delta$ , м.	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $R_{зп}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,21
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2 -0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Примечание. При наличии на одной или обеих поверхностях воздушной прослойки теплоотражающей металлической фольги термическое сопротивление следует увеличить в два раза. Покрытие фольгой обеих поверхностей воздушной прослойки практически не уменьшает передачу теплоты.

### Коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях ограждения.

Величина коэффициента теплообмена на внутренней поверхности наружного ограждения важна как с точки зрения определения общего сопротивления теплопередаче ограждения, так и для нахождения температуры на внутренней поверхности ограждения. Причем в последнем случае роль величины коэффициента  $\alpha_{в}$  существенна. Расчетные значения коэффициентов теплоотдачи внутренней

поверхности наружного ограждения приведены в (таблице 4 КМК 2.01.04-97\*).

Таблица П6

**Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций**

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{в}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты $h$ рёбер к расстоянию $a$ между гранями соседних рёбер $h / a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими рёбрами при отношении $h / a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9
<b>Примечание:</b> Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{в}$ внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с КМК 2.09.07-97.	

Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности основных ограждающих конструкций по КМК 2.01.04-97\* (таблица 6) Если в ограждающей конструкции имеется воздушная прослойка, вентилируемая наружным воздухом, на поверхности, обращенной в сторону воздушной прослойки, принимается коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{н} = 10,8$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Таблица П7

**Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции**

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий $\alpha_{н}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С).
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями	17
3. Перекрытий чердачных и над	12

неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проёмов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

**Таблица П8**

**Нормируемый перепад температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности наружного ограждения**

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад, $\Delta t^{\text{н}}$ , $^{\circ}\text{C}$ , для		
	стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, лицеи, колледжи, интернаты	5,0	3,5	2,0
Общественные, кроме указанных в п.1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	6,0	4,5	2,5
Производственные с сухим и нормальным режимом	$t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$ , но не более 7	$t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$ , но не более 6	2,5
Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	<b>0,8</b> ( $t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$ )	<b>0,8</b> ( $t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$ )	<b>2,5</b>
Здания картофеля и	$t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$	$t_{\text{в}} - t_{\text{п}}$	<b>2,5</b>

овощехранилищ			
Производственные здания со значительными избытками явного тепла (более 23 Вт/м <sup>3</sup> ) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50%	12	12	2,5
<p><b>Примечание:</b> <math>t_p</math>- температура точки росы, °С, внутреннего воздуха, определяемая при расчетной температуре <math>t_v</math> и относительной влажности <math>\varphi_v</math>, принимаемой: для помещений жилых зданий, больничных учреждений, диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, общеобразовательных школ, лицеев, колледжей, детских садов, яслей, яслей-садов и детских домов- 55%; для помещений кухонь- 60%; для ванных комнат- 65%; для теплых подвалов и подполий с коммуникациями- 75%; для помещений общественных зданий (кроме вышеуказанных)- 50%.</p>			

**Таблица П9**

**Коэффициент положения ограждения относительно наружного воздуха**

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (чердак открытый) и над проездами	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (чердак холодный)	0,8
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах	0,7
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проёмов в стенах, расположенных выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

## Часть вторая

## Методические указания по работе в среде EXCEL

В настоящее время для рутинных расчетов на компьютере все чаще используются не традиционные языки программирования (BASIC, Pascal, C, FORTRAN), а электронные таблицы Excel, которые задумывались как средство работы на компьютере пользователей, не владевших языками программирования при решении финансовых, научно-технических и прочих прикладных задач (программирование без программирования).

Технология работы в среде Excel состоит в следующем. На экране дисплея перед глазами пользователя рабочий лист, который разлинован на столбцы и строки, пересечение которых ячейка – то место, куда пользователь должен заносить текст, число, формулу, математические выражения и комментарии к ним. В этом главное преимущество Excel по сравнению с традиционными языками программирования, где сама программа (математические формулы) и протокол её работы (результаты вычислений), как правило, разделены во времени и пространстве.

В среде Excel процесс создания «программы» идёт параллельно с её отладкой и оптимизацией. Отладочные фрагменты можно оставить в готовой таблице, чтобы убедиться в правильности хода решения задачи. Такая открытость алгоритма (совмещение на одном листе и формул, и результатов) особенно полезна в учебном процессе.

1. Решение любой задачи в любой программной среде начинается с ввода исходных данных.

Ячейка электронной таблицы имеет определенный формат хранимой информации и может быть отформатирована для хранения числового и денежного значения, текста, календарной даты, времени и всего другого. Форматирование производится для данной ячейки вызовом-нажатием на правую кнопку мыши контекстного меню и выбором последовательно подменю **Формат ячеек** и вкладки **Число**. В среде Excel не ведется контроль размерностей.

2. В ячейке математического выражения вначале вводится символ «=». Достаточно увести курсор с введенного выражения и сразу будет получен результат вычислений вместо математического выражения в той же ячейке, где была введена соответствующая формула.

3. В Excel встроено большое число математических операторов и функций, знание которых пользователем во многом определяет успех в решении задач. Со встроенными функциями помогает работать **Мастер**

**функций.** При запуске этой программы из пользовательской панели инструментов над рабочим листом выходят окна, в которых предусмотрено деление функций по категориям, список пользовательских функций, автоматическая вставка аргументов.

4. В режиме умолчания ссылка в вводимых формулах на данные, хранящиеся в той или иной ячейке, возможна по её адресу, например, А3. Добавление символа «\$» перед буквенным и цифровым обозначением в адресе исключает изменение ссылки при копировании формулы из данной ячейки в расположенные рядом. Возможно присвоение конкретной ячейке имени переменной значения. Для этого при расположении рамки курсора на ячейке в левом окне строки состояния вводится вместо адреса имя переменной и нажимается клавиша “ENTER”.

5. Строка состояния позволяет редактировать формулу. В случае неправильного ввода формулы вместо полученного результата в ячейке появляется сообщение об ошибке.

6. Графики помогает создавать **Мастер диаграмм**. Сначала выделяется область значений, которая включает строки изменяющихся аргументов и значений. После этого запускается нажатием на иконку **Мастер диаграмм** из пользовательской панели инструментов. Затем пошагово высвечиваются окна, в которых последовательно производится выбор диаграммы и необходимых её атрибутов.

7. В случаях, когда необходимо найти решение задачи методом приближенных вычислений, что требует произвольного задания исходной величины и неоднократного повтора вычислений одних и тех же формул до получения необходимой сходимости значений, средства Excel позволяют проводить автоматический поиск решения. Для этого в меню **Сервис** производится выбор подменю **Надстройки** и выделяется галочкой инструмент **Поиск решения**, который и выводится затем в качестве подменю в меню **Сервис**. При её запуске в дальнейшем появляется окно, в котором устанавливается адрес целевой ячейки с математическим выражением, подлежащим приведению к 0 путём изменения значения в ячейке с исходным задаваемым значением. При нажатии в данном окне **Выполнить** программа производит подбор значений в указанных ячейках до выполнения условия сходимости.

8. Если требуется дополнить условие задачи рисунком, то используются инструменты панели рисования, расположенной внизу рабочего листа. При этом применяются различные типы линий, фигур, надписей, выносок, которые по окончании объединяются с помощью подменю **Группировать** из меню **Действия** на панели рисования.

## ПРИМЕР 1:

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ОГРАЖДЕНИЯ ИЛИ СЛОЯ УТЕПЛИТЕЛЯ ПО САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД**

#### **Алгоритм расчета**

1. Определить требуемое сопротивление теплопередачи ограждения ( $R_0^{mp}$ ).

$$R_0^{TP} = R_B \frac{(t_B - t_H)n}{\Delta t_H} \quad [M^2 \text{ } ^\circ C / \text{Bт}]$$

где  $t_B$  – расчетная температура внутреннего воздуха помещения, принимается согласно КМК соответствующих зданий и сооружений.

$t_H$  – температура наружного воздуха для соответствующего места строительства принимается с учетом тепловой инерционности конструкции ограждения;

$n$  – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху ( КМК 2.01.04.-97)

$\Delta t''$  - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции ( КМК 2.01.04.-97)

2. Определить термическое сопротивление отдельных слоев многослойной конструкций при известной их толщине.

$$R_{cl} = \frac{\delta_{cl}}{\lambda_{cl}}, \quad [M^2 \text{ } ^\circ C / \text{Bт.}]$$

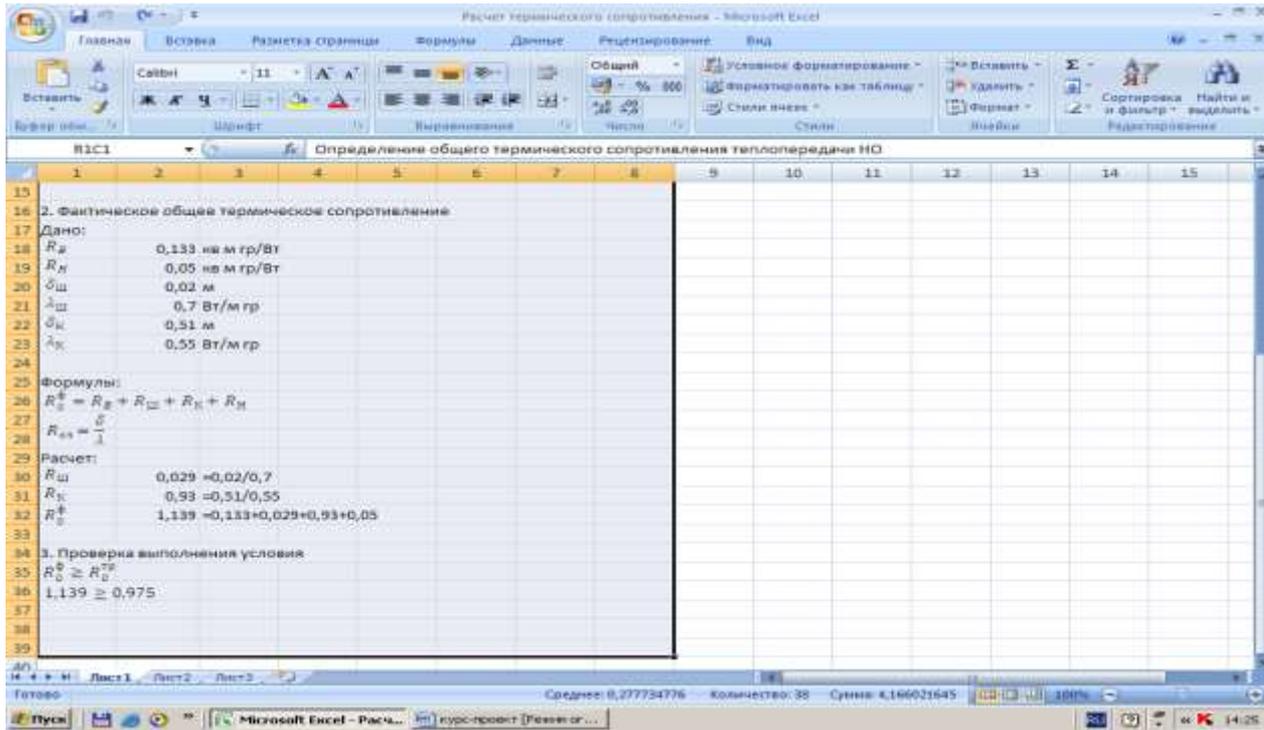
где  $\lambda_{cl}$ ,  $\delta_{cl}$  – соответственно коэффициент теплопроводности и толщина слоя конструкции (м) ( $\text{Bт}/\text{м} \text{ } ^\circ C$ ) ( КМК 2.01.04.-97).

3. Определить фактическое сопротивление теплопередачи ограждения ( $R_0^\phi$ )

$$R_0^\phi = R_B + R_{ш} + R_K + R_H \quad [M^2 \text{ } ^\circ C / \text{Bт.}]$$

6. Проверить выполнение условия

$$R_0 \geq R_0^{mp}$$



## ПРИМЕР 2:

### ПРОГРАММА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

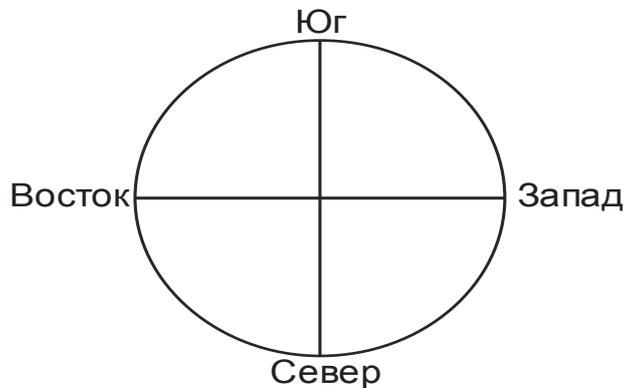
#### Исходные данные

Место строительства: Город Нукус

Здание: Больница 2 этажа

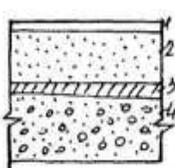
Окна: 1,2х,18 двухкамерные и одно 1,8х1,8.

Ориентация:



## Ограждающие конструкции

### Пол

	1. Линолеум поливинилхлоридный многослойный на мастике $\delta=0,005$ м.	1600	0,33	0,33	7,43	7,43
	2. Стяжка из цементно-перлитового раствора $\delta=0,03$ м.	800	0,31	0,26	3,7	4,45
	3. Водонепроницаемый слой из рубероида $\delta=0,001$ м.	600	0,17	0,17	3,56	3,56
	4. Подстилающий слой из бетона на зольном гравии $\delta=0,08$ м.	1000	0,35	0,35	4,78	5,43

### Стена

Аглопоритобетон		
Плотность кг/м <sup>3</sup>	$\rho$	1400
Теплопроводность, Вт/м град	$\lambda$	0,65
Теплоусвоение (при периоде 24 ч.) Вт/м <sup>2</sup> град	S	8,83
Паропроницаемость	$\mu$	0,09

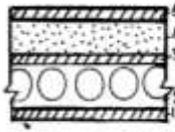
Штукатурка утепляющая		
Толщина штукатурки	$\delta_{шт}$	0,02
Теплопроводность штукатурки	$\lambda_{шт}$	0,2
Плотность штукатурки	$\rho$	500
Теплоусвоение	S	2,95

Окно		
Высота окна	a	1,8
Ширина окна	b	1,2
Сопротивление теплопередаче	R <sub>окна</sub>	0,342



## Потолок

Чердачное  
перекрытие



1. Затирка гипсо-перлитого раствора $\delta=0,02$ м.	500	0,17	0,19	2,44	2,91
2. Пустотная железобетонная плита $\delta=0,22$ м.	2500	1,92	2,04	3,56	3,56
3. Пароизоляция толь в два слоя $\delta=0,02$ м.	600	0,17	0,17	3,56	1,94
4. Утеплитель-шебень из перлита из вспученного $\delta=X$ .	600	0,11	0,12	2,05	2,15
5. Выравнивающий слой из цементно-шлакового раствора $\delta=0,05$ м.	800	0,47	0,58	6,09	6,82

## Данные КМК

Среднемесячная температура наружного воздуха за июль месяц	$t_n$	25,9
Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле	$\Delta t_0$	24,5
Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции	$\rho$	0,7
максимальная солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль месяц	$I_{\text{макс}}$	949
Средняя солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль месяц	$i_{\text{ср}}$	498,68
максимальная солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль месяц	$I_{\text{макс}}$	758

Средняя солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль месяц	$i_{cp}$	218,5
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль	$V_{ию}$	4,4
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	$V_{ян}$	5
Основание натуральных логарифмов	$e$	2,718

## ОПИСАНИЕ К РЕШЕНИЮ.

Данная курсовая работа выполнена на программе Microsoft excel, в табличном варианте.

*Каждый цвет в таблице имеет свое значение.*

**Серый цвет:** Описание рассчитываемого значения или вводимое, а так же формулы.

**Желтый или красный цвет:** Значение вводимое, то есть исходные данные.

**Синий цвет:** Физическое обозначение.

**Зеленый цвет:** расчеты, ячейки выполняющие расчеты.

**Оранжевый цвет:** Обозначает логическое заключение, т.е. дает информацию, правильно ли сделан расчет или нет. Продолжать расчет можно, если ответ положительный, кроме расчета воздухопроницаемости.

В ходе решения надо будет менять параметры стен для достижения нужных нам результатов, эти клетки обозначены желтым или красным цветом.

**Заключение,** исходя из расчета, можно сказать, что огромное количество тепла теряется благодаря воздухопроницаемости,

Если добавить слой пароизоляции, то можно сэкономить огромное количество тепла примерно до 40% тепла.



34	<b>Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения</b>				Удельный вес	$\gamma_n$	1,2,62328	Температура на внутренней поверхности стены	$t_{вн}$	18,32475
35	Стен, полов, подок. потолка	$\alpha_{вн}$	8,7		Высота здания	$H$	7	Нормируемый температурный перепад	$t_{нормд}$	3,5
36	Полы: бес. вступ. в осях и ребрами при отношении $t_{вн} > 0,3$	$\alpha_{вн}$	7,6		Сопоставление порценок и структуры	$R_{п}$	3	Расчетный температурный перепад	$t_{расчп}$	0,161224
37	Окно	$\alpha_{вн}$	8		Сопоставление порценок и изоляции	$R_{п, изо}$	5,333333	<b>Конденсата не будет</b>		
38	Земляно. фойерей	$\alpha_{вн}$	8,9		Сопоставление порценок и структуры	$R_{п}$	3	<b>Теллоэнергетический баланс</b>		
39	<b>Наружная поверхность ограждающих конструкций</b>				Сумма сопротивления порценок	$R_{п, сум}$	6,333333	Ширине потолка	$l_{пот}$	6
40	Наружная стена, перегородки, перегородки над проездами	$\alpha_{нн}$	23		Водопроницаемость	$G$	1,333333	Длина потолка	$l_{потд}$	6
41	Перегородки над холловыми помещениями	$\alpha_{нн}$	17		Нормируемая водопроницаемость	$G_{нн}$	0,5	Этаж на котором расположено помещение	Этаж	2
42	Перегородки над лестничными и над неотапливаемыми подвалами	$\alpha_{нн}$	12		<b>Плохая воздухопроницаемость</b>			Волокнистой ватой	Все этажи	2
43	Перегородки над неотапливаемыми подвалами без сквозных проемов	$\alpha_{нн}$	6		<b>Теллоэнергетический баланс</b>			Расчетная площадь стены	$A$	39,8
44	<b>Ограждающие конструкции</b>		<b>Окна</b>		Ширине стены	$l_{ст}$	6	Определение потерь теплоты	$Q_j$	7125,3347
45	Наружная стена и покрытие (в том числе вентиляционные наружные)	$\alpha_n$	1		Высота стены	$h_{ст}$	3,3	<b>Общие потери тепла в помещении</b>		
46	Перегородки над холловыми помещениями	$\alpha_n$	0,3		допускаемые потери (до стороны сев.)	$\beta$	0,05	<b>9159,790669</b>		
47	Перегородки над неотапливаемыми помещениями с сквозными проемами в подвалами	$\alpha_n$	0,7		Прочность стенов	$I$	8	<b>Тепловое поступление за летний пер.</b>		
48	Перегородки над неотапливаемыми помещениями без сквозных проемов	$\alpha_n$	0,6		Количество окон	$пок$	0	Среднее суточное поступление	$Q_{ср}$	7125,3336
49	Перегородки над неотапливаемыми техническими подвалами,	$\alpha_n$	0,4		Расчетная площадь стены	$A$	39,8	Температура наружного воздуха	$t_{расч}$	16,022676
50	<b>Данные КМК</b>				Определение потерь теплоты	$Q_j$	279,45	Амплитуда колебания температур потолка на внутренней поверхности стены	$\Delta Q$	7122,3336
51	Среднемесячная температура наружного воздуха за июль месяц	$t_{н}$	25,8		Дополнительные потери, если плохая воздухопроницаемость	$\Delta Q$	21,65,229	Максимальное тепловое поступление за счет солнечной радиации через стух	$Q_{макс}$	7841,3576
52	Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха	$\Delta t_{н}$	24,5		Общие потери тепла	$Q$	2044,676	<b>Общие поступление тепла в помещении в лет период</b>		
53	Коэффициент поглощения солнечной радиации на крыше наружной	$\rho$	0,7		<b>Общие потери тепла в помещении</b>			<b>8226,016159</b>		
54	максимальная солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль	$R_{г, макс}$	948	Горизонтальные поверхности	<b>9159,790669</b>			<b>8226,016159</b>		
55	Средняя солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль месяц	$R_{г, ср}$	489,86	Горизонтальные поверхности	<b>Тепловое поступление за летний пер.</b>					
56	максимальная солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль	$R_{г, макс}$	753	Вертикальные поверхности	Среднее суточное поступление	$Q_{ср}$	711,52936			
57	Средняя солнечная радиация (сумма прямой и рассеянной) за июль месяц	$R_{г, ср}$	218,5	Вертикальные поверхности	Температура наружного воздуха	$t_{расч}$	16,48346			
58	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль	$V_{мин}$	4,4		Амплитуда колебания температур потолка на внутренней поверхности стены	$\Delta Q$	7,1226675			
59	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	$V_{ян}$	5		Максимальное тепловое поступление за счет солнечной радиации через стух	$Q_{макс}$	364,43336			
60	Основание натуральной ледяной	$e$	2,718		<b>Общие поступление тепла в помещении в лет период</b>					
61	Температура в помещении в летний период	$t_{в, лет}$	25	Максимальная	$t_{в, лет}$	35,5	<b>8226,016159</b>			
62										

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Методические указания по выполнению курсовой работы	3
2. Теоретическая часть	4
2.1 Процессы тепло-массообмена	5
2.2 Расчетные параметры наружной среды	7
2.3 Расчетные параметры микроклимата помещений	8
3 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций	10
3.1 Приведенное сопротивление теплопередаче однослойных и многослойных ограждений	10
3.2 Приведенное сопротивление теплопередаче окон и наружных дверей	15
3.3 Вычисление термического сопротивления определяемого слоя	15
3.4 Расчет экономически целесообразной толщины ограждения	16
3.5 Проверка теплозащитных свойств ограждения для теплого периода.	18
3.5.1 Проверка ограждающих конструкций на теплоустойчивость	18
3.5.2 Определение величины затухания расчетной амплитуды температуры наружного воздуха в конструкции	19
3.6 Расчет на возможность конденсации водяных паров на внутренней поверхности ограждения в зимнее время	20
3.7 Расчет на воздухопроницаемость ограждающих конструкций	21
3.8 Определение сопротивления воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции	22
4 Теплоэнергетический баланс здания	22
4.1 Указания к ведению расчета расхода тепловой энергии	25
5 Расчет теплоступлений через наружные ограждения за счет солнечной радиации в летнее время	26
Выводы о тепловом режиме помещения.	28
Основная литература	29
Приложение 1	30
Приложение 2	43

Редактор

Ахметжанова Г.М.