



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н. ИСАНОВА**

На правах рукописи

УДК 624.048

Манапбаев Исраил Калыбаевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

05.23.17 – строительная механика

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Кутуев Мухамедий Дадиевич

Бишкек - 2020



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ	11
1.1. Обзор литературы.....	11
1.2. Современное состояние исследований в области тепловой защиты зданий, обоснование темы диссертации.....	18
Заключение по главе 1	26
ГЛАВА 2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННЫХ ЗАДАЧ	28
2.1. Обоснование выбора оптимальной математической модели решения поставленных задач.....	28
2.2. Модель расчета сопротивления теплопередаче ограждений.....	30
2.3. Модель расчета влажностного режима	36
2.4. Модель расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций.....	43
2.5. Модель расчета теплоусвоения	49
2.6. Модель расчета сопротивления воздухопроницанию	53
2.7. Модель расчета теплоступления от воздействий солнечной радиации, от людей и оборудования	59
Заключение по главе 2	61
ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ	63
3.1. Анализ климатических особенностей регионов Кыргызстана для разработки расширенных климатических данных	64
3.1.1. Анализ влажности воздуха	69
3.1.2. Анализ температуры воздуха.....	70
3.1.3. Анализ ветровых параметров	73



3.1.4. Анализ солнечной радиации	
3.1.5. Климатическое районирование территории Кыргызстана.....	78
3.2. Анализ и выбор методов аппроксимации климатических данных.....	81
3.3. Построение и аппроксимация графиков, составление таблиц климатических параметров для теплотехнических расчетов тепловой защиты зданий.....	85
3.3.1. Упругость водяного пара.....	85
3.3.2. Максимальная суточная амплитуда колебаний температуры воздуха в июле.....	88
3.3.3. Максимальная и средняя суммарная солнечная радиация для расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций	91
3.3.4. Среднее суточное количество теплоты суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную и вертикальную поверхность для расчета теплопоступлений через ограждающие конструкции	94
3.3.5. Максимальное значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), поступающей на наружное ограждение для расчета теплопоступлений через ограждающие конструкции.....	96
3.4. Построение алгоритмов	123
3.4.1. Алгоритм расчета термического сопротивления, проверки расчетных параметров на соответствие нормам	123
3.4.2. Алгоритм определения и проверки на соответствие нормам теплозащиты сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции ...	129
3.4.3. Алгоритм расчета теплоустойчивости ограждающей конструкции.	132
3.4.4. Алгоритм расчета сопротивления воздухопроницаемости ограждающих конструкций	134
3.4.5. Алгоритм расчета теплоусвоения поверхности пола	136
3.4.6. Алгоритм расчета теплопоступления через ограждения в июле и требуемой мощности кондиционера	138
3.5. Разработка программы.	139
3.5.1. Обоснование выбора языка программирования	139



3.5.2. Сцена «Расчет термического сопротивления и проверка расчетных параметров на соответствие нормам».....	142
3.5.3. Сцена «Определение и проверка на соответствие нормам теплозащиты сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции».....	144
3.5.4. Сцена «Расчет и проверка расчетных параметров на соответствие нормам теплоустойчивости ограждающей конструкции».....	145
3.5.5. Сцена «Расчет и проверка расчетных параметров на соответствие нормам теплоусвоения поверхности пола»	146
3.5.6. Сцена «Расчет сопротивления воздухопроницаемости ограждающих конструкций и проверка расчетных параметров на соответствие нормам»	146
3.5.7. Сцена «Расчет теплопоступления через ограждения в июле и требуемой мощности кондиционера».....	148
Заключение по главе 3	149
ВЫВОДЫ	150
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	151
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	153
ПРИЛОЖЕНИЯ	164



ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время актуальна теория о том, что рост концентрации парниковых газов приводит к росту температуры на Земле. Их концентрация в атмосфере увеличилась, в частности, за два последних века на 30%.

Природные энергетические ресурсы (нефтепродукты, природный газ и уголь и т.д.) при их потреблении являются основными источниками (до 80%) выделений углекислого газа.

Рост потребления энергии приводит к увеличению выбросов углекислого газа. Но при использовании научно обоснованной стратегии можно замедлить и в итоге стабилизировать повышение количества выбросов парниковых газов в атмосферу. Имеется общемировая тенденция, направленная на ограничение выделений двуокиси углерода путем улучшения энергетической эффективности. Такая тенденция также повышает энергетическую безопасность страны в ближайшей и долгосрочной перспективе.

Развитие энергетической безопасности страны предполагает две стратегии. Первая заключается в наращивании добычи нефти и газа и строительстве новых энергетических мощностей. Эта очень затратная и капиталоемкая стратегия и нереальна для нашей страны. Вторая заключается в эффективном использовании энергии и является существенно менее затратной и капиталоемкой.

Вместе с тем, осознание в конце XX века человечеством своего разрушительного воздействия на природу стало поворотным пунктом во многих областях деятельности. Не стало исключением и строительство.

Необходимость снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду, борьба с проявлениями парникового эффекта сделали энергоэффективность зданий важнейшим способом приведения технологической цивилизации в единство со средой обитания.



Также особенную важность в этой связи приобретают качество и высочайшая технологичность всех компонентов строительства, от которых, собственно, и зависит достижение высокой энергоэффективности.

Поэтому необходимо всемерно проводить и развивать передовые разработки в отраслях, работающих на переднем крае энергосбережения в строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Ранее по данному направлению науки были проведены исследования российскими учеными Михеевым А. П. по вопросу проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения (2000-2005 гг.), Табунщиковым Ю.А. по вопросу математическое моделирования и оптимизации тепловой эффективности зданий (1995-2005 гг.), Гагариным В.Г. критерии теплозащиты ограждающих конструкций и экономические аспекты повышения теплозащиты (1997-2004 гг.).

В связи с этим актуальной задачей является разработка методики расчета параметров теплозащиты в ограждающих конструкциях зданий и установках отопления и кондиционирования, которая позволяет с требуемой точностью определить реальные теплофизические характеристики обследуемых зданий. Также представляется важным разработать методы для ускорения обработки параметров, нахождения расчетных данных и отображения их в удобном виде.

Новые положения, полученные в работе, способствует повышению квалификации, и могут быть включены в учебные программы обучения студентов строительных специальностей.

Связь темы диссертации с крупными научными программами (проектами) и основными научно-исследовательскими работами. Основная идея при постановке задач исследования диссертации исходит из процесса реализации программы Правительства Кыргызской Республики по энергосбережению и планированию политики по энергоэффективности в Кыргызской Республике на 2015-2017 годы.

Цель исследований. Разработка методики расчета основных параметров теплофизических процессов ограждающих конструкций зданий и сооружений с



учетом строительных норм и правил действующих на территории Кыргызской Республики.

Задачи исследований. Для реализации цели поставлены следующие задачи:

– анализ известных моделей теплотехнических процессов, протекающих в ограждающих конструкциях и системах отопления и кондиционирования зданий, климатических параметров регионов Кыргызской Республики, влияющих на тепловую стабильность помещений;

– разработка математической модели теплотехнического расчета зданий и сооружений;

– разработка методики расчета теплотехнических характеристик, наглядного представления тепловых процессов с достаточным набором функций управления, с удобным для использования интерфейсом и функцией автоматической генерации выводов;

– разработка рекомендаций для теплового расчета строительных конструкций в условиях Кыргызстана с применением компьютера и периферийных устройств.

Научная новизна полученных результатов. Научная новизна данной работы определяется в научно обоснованных решениях в области проектирования энергоэффективных зданий и сооружений и включают в себя следующие положения:

– впервые разработана модель расчета системы «здание - окружающая среда» комплексно учитывающая теплофизические процессы в ограждающих конструкциях зданий, системах отопления и кондиционирования;

– впервые разработаны расширенные климатические данные для методики теплового расчета строительных конструкций, учитывающие региональные особенности Кыргызской Республики;

– впервые разработана методика, позволяющая произвести расчет теплотехнических параметров ограждающих конструкций зданий,



учитывающие климатические особенности местностей Кыргызской Республики в режиме реального времени.

Практическая значимость диссертационной работы. Разработанные положения позволяют решить практически важную задачу определения с приемлемой точностью теплотехнические характеристики ограждающих конструкций проектируемых и реконструируемых зданий и их соответствия действующим нормам по строительству.

Экономическая значимость диссертационной работы. Результаты настоящей работы позволяют произвести тепловые расчеты ограждающих конструкций зданий для принятия оптимальных конструктивных решений для уменьшения трудозатрат и сроков проектирования и строительства. Эта методика позволяет уменьшить трудозатраты на проектирования в среднем на 50 %. Например, для расчета потребляемой энергии в отопительном периоде для традиционного метода потребовалось 10 мин, а для новой методики 5 мин. Разработанная методика позволяют прогнозировать энергетические потери отопления и кондиционирования существующих зданий для конкретного населенного пункта страны.

Основные положения, выносимые на защиту:

- математическая модель, теплового расчета ограждающих конструкций;
- новые расширенные климатические данные для методики теплового расчета строительных конструкций учитывающие региональные особенности Кыргызской Республики;
- методика расчета тепловой защиты ограждающих конструкций проектируемых и реконструируемых зданий с учетом особенностей регионов Кыргызской Республики.

Личный вклад соискателя. Автору принадлежит разработка математической модели, новой редакции климатических данных для теплового расчета строительных конструкций, учитывающие региональные особенности Кыргызской Республики, в реализации математических моделей, описывающих поведение многослойных конструкций под воздействием климатических



факторов, в разработке методики тепловых расчетов и проверки результатов на соответствие нормам Кыргызской Республики для различных регионов Кыргызстана.

Апробация результатов исследований. Основные результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании: состояние, проблемы и перспективы» (Бишкек, 2011 г.), Международной конференции «Природопользование для прогнозирования ЧС в горных условиях» (Бишкек, 2012 г.), I-II Международных научно-практических межвузовских конференциях «Инновационные технологии и передовые решения» (Бишкек, 2013-2014 г.г.), Международной научно-практической конференции «Насирдин Исанов-видный государственный деятель Кыргызской Республики» (Бишкек, 2013 г.), V Международной научно-практической конференции «Информационное пространство современной науки» (Чебоксары, 2014 г.), II Международной научно-практической конференции «Проблемы механики и строительства транспортных сооружений» (Алматы, 2015 г.), VIII Международной научно-практической конференции «Исследование различных направлений современной науки» (Астрахань, 2016 г.), Международной научно-практической конференции «Наука как движущая антикризисная сила: инновационные преобразования, приоритетные направления и тенденции развития фундаментальных и прикладных научных исследований» (Санкт-Петербург, 2016 г.), XVII Международной научно-практической конференции «Итоги научно-исследовательской деятельности 2016: изобретения, методики, инновации» (Москва, 2016 г.), Международной научной конференции «Механика твердых, жидких и газообразных сред» (Бишкек, 2016 г.), Международной научно-практической конференции «Современный взгляд на будущее науки: приоритетные направления и инструменты развития» (Санкт-Петербург, 2017 г.).



Полнота отображения результатов диссертации в публикациях.

теме диссертации опубликованы 22 печатных работ, в том числе 1 монография и 1 авторское свидетельство. Среди них 8 работ опубликованы в журналах с РИНЦ, из них 2 работы зарубежные.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 184 страницы текста. Диссертация содержит 24 таблицы и 35 рисунков. Список литературы насчитывает 102 наименования.



ГЛАВА 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

1.1. Обзор литературы

Задачи данной диссертационной работы основывается на огромный фундамент знаний, созданный учеными предыдущих поколений - строительными физиками Власовым О. Е., Фокиным К.Ф., Шкловером А.М., Мачинским В.Д., Васильевым Б.Ф., Франчуком А.У., Лыковым А.В., Богословским В.Н., Дроздовым А.В., Брилингом Р.Е., Михеевым М.А., Ушковым Ф.В., Ильинским В.М., Хлевчуком В.Р., Гагариным Г.В., Гиндояном А.Г., Табунщиковым Ю.А., Аверьяновым В.К., Ивановым Г.С., Силаенковым В.С., Беляевым В.С., Бутовским И.Н., Матросовым Ю.А., Ливчаком В.И., Самаринным О.Д., Селивановым Н.П. и др. [19,24,58,80,81,88], а также учеными дальнего зарубежья Даффи Дж., Клейном С., Бекманом У., Зоколеем С.В., Андерсоном Б., Харкнессом Е., Мехта М. и др. [1,15,54.56,57].

Исследования Мачинского В.Д., Фокина К.Ф., Лыкова А.В. и Богословского В.Н., заложившие теоретические основы теплопередачи и теплообмена, Власова О.Е., разработавшего теорию теплоустойчивости, внесли огромный вклад в развитие строительной теплофизики [5,9,40,56,57,88].

Теплофизические основы проектирования зданий и ограждающих конструкций, соответствующих требованиям нормального теплового состояния помещений в различных климатических условиях исследованы Ильинским В.М. [25].

Научно обоснованный подход к определению критериев теплозащиты ограждающих конструкций и экономические аспекты повышения теплозащиты зданий в современных условиях развития исследованы Гагариным В.Г. [10-13].

Задачи по энергоэффективным зданиям и их конструкциям исследованы учеными разных поколений [11,97]. Работы многих из них посвящены



определению расчетных критериев необходимой теплозащиты зданий [6, 7]. Совершенствованию методов теплотехнического расчета ограждающих конструкций [21,24,88,91,93,95]. Анализ результатов этих исследований показывает, что реализация основных задач по экономии тепловой энергии в зданиях может быть эффективно осуществлена на базе надежных и достаточно точных методов теплотехнического расчета, при условии обоснованного выбора расчетных параметров, учета особенностей развития строительной индустрии, условий эксплуатации зданий и их ограждающих конструкций, а также климатических воздействий в районе строительства [29,59].

Разработанный в НИИСФ Хлевчуком В.Р. [92-96] инженерный метод теплотехнического расчета выявил закономерность изменения приведенного сопротивления теплопередаче легкобетонных панелей с термовкладышами в процессе оптимизации теплозащитных качеств. Усовершенствованная автором методика расчета теплового режима помещения позволила оценить теплозащитные качества и тепловые взаимодействия неоднородных участков наружных ограждений и выявить пути экономии материалов и тепла [91].

Ученым того же института Гагариным В.Г. разработаны и научно обоснованы экономические критерии, определяющие экономические условия повышения теплозащиты здания в пределах страны или региона. Введенные им параметр предельного значения для удельных единовременных затрат w и критерий подобия G обеспечивают возможность проведения комплексного сравнения физических и экономико-климатических условий утепления зданий в различных странах [13]. Метод определения теплотехнических показателей ограждающих конструкций в нестационарных условиях теплопередачи и их анализ теплоэнергетического состояния в годовом цикле приводится в работе [12]. Теоретические основы теплопередачи с учетом их воздухопроницаемости через стены исследованы в работах Шкловера А.М., Васильева Б.Ф., Ушкова Ф.В., Богословского В.Н. и др. Ими приводится анализ теплотерь в энергоэффективном здании с учетом его воздухопроницаемости [5,86,90].

В странах ЕЭС и Европейской экономической Комиссии ООН в конце



70-х - начале 80-х годов произошло пересмотр и введение в действие новых стандартов и норм по энергосбережению, ужесточению нормативных требований к теплозащите жилых зданий [63,66,97-99]. В Соединенных Штатах Америки это произошло в середине 80-х годов. Согласно существующему стандарту 90 IP при проектировании зданий разных типов достигается уменьшение расходов энергии по сравнению с предшествующим стандартом на 7 - 29 %. Наибольший эффект в экономии тепловой энергии обеспечивается за счет автоматического управления тепловым режимом и уменьшения мощности искусственного освещения. В норме Германии 1980 г. DIN 4108 предусмотрено уменьшение максимально допустимого значения коэффициента теплопередачи на 25%, а в стандарте Финляндии 1979 г. предусмотрено оборудование системы отопления зданий автоматической регулировкой, позволяющей поддерживать в каждой зоне помещения температуру воздуха с точностью до ± 2 °C [98].

В нормативных документах ряда зарубежных стран регламентируется ориентирование зданий для сокращения теплопотери через наружные ограждения благодаря использованию тепла солнечной радиации в зимнее время и учету ветровых воздействий. В дополнение к стандарту США (ASHRAE) регламентируется использование рациональной геометрической формы, площади здания, соотношения длины и ширины, количества этажей. В строительных нормах Швейцарии величина среднего коэффициента теплопередачи назначается в зависимости от солнечной радиации, поступающей через окна, а также от расположения ограждающей конструкции в здании, а в нормах Франции при выборе климатической зоны учитывается зависимость от теплоступлений солнечной радиации на горизонтальную площадку. В строительных требованиях Австрии ОНОРМ В 110 учтена теплоаккумулирующая способность ограждений и оговаривается необходимость достаточной герметичности окон и дверей [63]. С критическим анализом опубликованных в 1995 году норм по теплотехническому проектированию ограждающих конструкций и на необоснованность



требований СНиП-3-79 по обязательному повышению уровня теплозащиты наружных стен реконструируемых зданий до требований 2-этапа выступили видные ученые и специалисты (Лобов О.И., Иванов Г.С., Гагарин В.Г., Ананьев А.И., Маклакова ТТ., Дешко Э.Л. и др.) [10-13,68]. Оценка экономии энергии, выполненная российским ученым Гагариным В.Г. на отопление зданий от выполнения требований «Изменений № 3» показала, что достигаемая при этом экономия за «10 ближайших лет не превысит 1–2% от энергии, затрачиваемой на отопление жилого фонда в стране и не превысит 2-3% от потенциала энергосбережения в жилищно-коммунальном секторе народного хозяйства страны». Он обосновал, что реализация этих требований послужит причиной существенного подорожания и снижения объемов строительства, снижения долговечности зданий и их ограждающих конструкций, ликвидации ряда российских предприятий. Переход с 1995 г. на новый СНиП произошел без системного учета всех сопутствующих обстоятельств и их влияния на проектные решения жилых зданий. Критические замечания в адрес упомянутых норм были высказаны Береговым А.М. [3], который излагает ряд убедительных доводов в пользу более широкого использования однослойных легкобетонных стен. В последнем издании СНиП по тепловой защите зданий [70-81] учтен ряд высказанных критических замечаний по оценке требуемого уровня тепловой защиты зданий. Этот уровень регламентируется определять либо по величине приведенного сопротивления теплопередаче, либо по показателю удельной величины тепловой энергии на отопление здания.

Учитывая перечисленные положения энергоэффективности можно предположить о необходимости решения этих проблем посредством таких подходов, которые дают возможности манипулирования условиями обеспечения тепловой защиты зданий и сооружений [22, 62, 97].

В настоящее время появляются предпосылки для расширения доли аналитических подходов решения энергоэффективности зданий. Достигнутый в начале XXI века уровень мощности компьютеров и существующий инструментарий аналитических математических средств, в сочетании с



разнообразием математических моделей позволяют поставить на повестку задачи разработки и исследования так называемых численно-аналитических, или полуаналитических методов. О преимуществах сочетания качественных свойств замкнутых решений и общности численных методов говорилось и прежде, но многие из таких разработок были практически нереализуемыми и не учитывали вычислительную специфику и необходимость последующей компьютерной реализации, либо из-за отсутствия, по крайней мере одного из перечисленных факторов. Полуаналитические методы позволяют получать решения в аналитической форме, способствующей повышению качества исследования рассматриваемых объектов. Найденная с их помощью картина развивает интуицию проектировщика и понимание им работы конструкций, характера влияния на них различных локальных и глобальных факторов. Полуаналитические подходы эффективны в зонах так называемого краевого эффекта, который возникает в результате сосредоточенных воздействий на краях конструкции и/или в промежуточных зонах, ибо при этом часть составляющих решения представляет собой быстроменяющиеся функции, скорость изменения которых не всегда может быть адекватно учтена при использовании традиционных численных методов. Кроме того, при численном решении сложных задач строительной механики предварительное аналитическое изучение отдельных локальных свойств проблемы может принести значительную пользу строительные материалы [23].

Сравнение с аналитическими решениями сложной задачи в более простых и частных случаях позволяет дать оценку используемого метода, принятой расчетной схемы конструкции, алгоритма и полученного решения, в частности его точности.

Учитывая этих положений, актуальным вопросом является использование так называемых дискретно-континуальных методов расчета строительных конструкций, зданий и сооружений. Эти виды полуаналитических методов применяется для конструкций, зданий и сооружений, которые обладают постоянными физико-геометрическими характеристиками по одному из



координатных направлений, при произвольно меняющихся внешних нагрузках и любом характере закреплений.

Расчёт конструкций, можно вести с применением различных методов. Чёткую границу между ними провести непросто, но условно все методы расчёта строительных конструкций зданий можно разделить на две группы - строгие аналитические и упрощённые эмпирические. Методы этих групп дополняют друг друга и позволяют решать поставленную задачу на высоком уровне, соответствующем современному уровню развития науки, техники и технологии. Например, применение экспериментального метода приводит к необходимости значительных материальных и временных ресурсов, а применение аналитического метода обусловлено большими вычислительными процессами.

В основе аналитических методов лежат серьёзные математические модели, опирающиеся на строго формализованный аппарат дифференциального и функционального исчисления, матричной алгебры и других разделов высшей математики.

Аналитические методы отличаются сложностью применения в отрыве от прикладной реализации на ПК. Это происходит потому, что использование этих методов при решении практических задач предполагает выполнение большого числа элементарных арифметических и логических операций. Большой объём этих операций требуют выполнения алгоритмов, построенных на строгих методах, в виде компьютерных программ или вычислительных комплексов.

Эмпирические методы используют аппарат элементарной математики, законы физики и частные закономерности этой предметной области (науки из циклов строительных материалов и строительных конструкций и проч.) и эти методы опираются преимущественно на опыт. Преимущество эмпирического метода простота использования в наиболее используемых частных случаях отдельных элементов конструкции. Недостатком данного метода является рост погрешностей результатов работы метода в более общих случаях.



Преимущества эмпирического метода отличается чёткостью алгоритма, предсказуемостью результатов вычислений. Недостатки этого метода в XXI веке сводятся практически к нулю благодаря мощностям современных ПК. При этом необходимо учитывать, что экспоненциальный рост возможностей компьютера совсем не означает, что следует стремиться к чрезмерному усложнению модели. Всегда требуется искать «золотую середину» между сложностью модели и оправданностью её применения в данной ситуации.

При расчетах необходимо иметь в виду то, что энергоэффективное здание включает в себя совокупность инженерных и архитектурных решений, наилучшим образом отвечающих целям минимизации расходования энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания [25,29,39]. Энергоэкономичное здание включает в себя отдельные решения или систему решений направленных на обеспечение микроклимата в помещениях здания, на снижение расхода энергии [85]. Из вышесказанных положений ясно различие между энергоэкономичным и энергоэффективным зданиями. Первое есть результат суммирования ряда энергосберегающих решений в одном объекте. Второе есть результат выбора определенными научными методами совокупности технических решений, наилучшим образом отвечающих поставленной цели [10].

С точки зрения современной науки, задача проектирования энергоэффективных зданий относится к так называемым задачам "системного анализа" или задачам "исследования операций", поиск решения которых связан с выбором альтернативы и требует анализа сложной информации различной физической природы [17]. Цель методов системного анализа или исследования операций - предварительное количественное обоснование оптимальных решений. Оптимальными здесь называются решения, которые по тем или иным признакам предпочтительнее всех других.

Исследование операций включает в себя следующие направления:

- построение математической модели, то есть описание процесса на языке математики;



- выбор целевой функции. Это исследование включает в себя определение ограничивающих условий и формулирование оптимизационной задачи;
- решение поставленной оптимизационной задачи.

Принятие окончательного решения выходит за рамки исследования операций и относится к компетенции ответственного лица, которому предоставлено право окончательного выбора и на которого возложена ответственность за этот выбор. Делая выбор, он наряду с рекомендациями, вытекающими из математического расчета, учитывает еще ряд соображений количественного и качественного характера, которые в этих расчетах не были учтены.

В соответствии с методологией системного анализа математическую модель теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы целесообразно представить в виде следующих взаимосвязанных моделей, более удобных для изучения [17, 26,82]:

- математической модели теплоэнергетического воздействия наружного климата на здание;
- математической модели теплоаккумуляционных характеристик оболочки здания;
- математической модели теплоэнергетического баланса помещений здания.

1.2. Современное состояние исследований в области тепловой защиты зданий, обоснование темы диссертации

Известно, что при проектировании стремятся удовлетворить, в первую очередь, главным требованиям. На практике количество таких требований, как правило, не более двух. В первую очередь, это теплоустойчивость и теплозащита. Здесь имеются большие возможности для оптимизации. Сущность ее состоит в том, что необходимо сконструировать методом исследования операций ограждающую конструкцию, которая оптимальным



образом удовлетворяла бы требуемым (нормативным) значениям теплозащиты и теплоустойчивости.

В [26] решена задача нахождения оптимального расположения слоев материалов в многослойной ограждающей конструкции. В этой работе представлено подробное решение задачи и показано, что в зависимости от порядка расположения слоев материала величина теплоустойчивости конструкции может меняться в три раза.

В [91] решена задача подбора материала для многослойной ограждающей конструкции заданной фиксированной толщины, обеспечивающей наибольшее затухание наружных тепловых воздействий. В результате определено, что наибольшее затухание обеспечивает материал, имеющий меньшую теплопроводность и большую объемную теплоемкость. Следствие решения: для районов с холодным климатом целесообразно выбирать конструкцию - с большими значениями коэффициентов теплоусвоения материалов, а для районов с жарким климатом с меньшими значениями теплопроводности материалов.

В [59] решена задача определения предельных значений теплозащиты наружных ограждающих конструкций помещения при заданной кратности воздухообмена и заданном значении солнцезащиты окон. Принято, что помещение не оборудовано установкой кондиционирования. В результате решения получены следующие выводы:

- теплозащита ограждающих конструкций не влияет на температурный режим помещения при определенных значениях кратности воздухообмена и солнцезащиты окон;

- увеличение теплозащиты наружных ограждающих конструкций приводит к ухудшению теплового режима помещения, если теплозащита окон недостаточна и кратность воздухообмена невелика.

Второй результат требует особой внимательности от проектировщиков, которые используют наружные ограждающие конструкции с эффективной



теплоизоляцией для зданий, проектируемых для строительства в теплом климате.

В рамках системного анализа решение задач, предусматривающих рациональное расходование энергоресурсов, наиболее эффективно достигается на базе математического программирования, одной из важнейших частей которого являются задачи оптимизации. Использование методов оптимизации в теплотехническом проектировании вызвано необходимостью повышения эффективности функционирования т.н. единой энергетической системы (ЕЭС) здания.

Исходя из требований системного анализа последовательность решения оптимизационной задачи по выбору варианта энергосбережения, можно представить следующим образом:

- разработка структурной схемы мультиграфа теплоэнергетического взаимодействия ЕЭС здания (группы зданий);
- выбор локальных и основного критериев эффективности (оптимальности) системы;
- разделение системы на отдельные подсистемы и элементы по признаку их основной функции;
- теплоэнергетический анализ параметров ЕЭС, ее подсистем и элементов, в том числе анализ межэлементных взаимодействий и воздействий окружающей среды на систему;
- построение математической модели системы как совокупности формальных соотношений с изменяемыми параметрами системы;
- характеристика целевой функции оптимизации на основе критерия оптимальности и его локальных аналогов.

В исследованиях [13,54] и работах некоторых других авторов актуальные вопросы энергосбережения решаются в рамках ЕЭС здания, что позволяет учесть все многообразие и специфику действующих факторов влияния на его тепловой баланс.



В работе [85] исследованы принципы проектирования энергоэффективных зданий на основе изучения здания как единой энергетической системы, а также предлагается граф теплового баланса помещения для решения оптимизационной задачи по выбору варианта энергосбережения. В ней рассматриваются две независимых энергетических подсистемы: здание как единая энергетическая система и наружный климат как источник энергии. Первая подсистема в концепции построения математической модели теплового режима здания состоит из трех взаимосвязанных элементов: энергетическое воздействие наружного климата на оболочку здания; энергия, содержащаяся в наружной оболочке здания; энергия, накопленная во внутреннем объеме здания (во внутреннем воздухе, внутренних ограждающих конструкциях, оборудовании и т.д.). Энергетические возможности второй подсистемы исследуются в виде комплексного представления параметров наружного климата, учета их совместного сочетания.

По мере развития научно-технического прогресса в строительстве приоритет требований к проекту создаваемого здания эпизодически изменялся: так, например, в 60-х годах прошлого столетия основной акцент ставился на индустриальное строительство, повышении сборности, снижении веса сооружения. Однако постепенно на первый план стала выходить проблема энергосбережения и ресурсосбережения в строительстве в связи с развитием мирового энергетического кризиса и быстрым ростом цен на энергоресурсы. Но вместе с этим по-прежнему актуальными оставались вопросы повышения технико-экономической эффективности зданий социального назначения, и расширялся круг исследований по созданию новых типов зданий: энергоэффективных, интеллектуальных, экодомов [2].

Такая дифференциация типов зданий по функциональной принадлежности, все ухудшающаяся экология планеты, исчерпание запасов традиционных источников энергии существенно усложнили комплекс требований к строительным материалам, зданиям и их конструкциям. В строительном материаловедении, архитектуре, при выполнении расчетов конструкций



появляются исследования, нацеленные на создание материалов и конструкций, регулируемые и полифункциональными свойствами.

Однако отсутствие или слабое использование системного подхода к исследованию всего комплекса связей в технологической цепочке «Строительные материалы - конструкции - здание - группа зданий» нередко приводят к значительному снижению эффективности и несовершенству инновационного проекта. Широкомасштабная практика внедрения в строительстве известного II этапа СНиП «Строительная теплотехника», основанного, на зависимости уровня энергоэффективности здания от термического сопротивления наружных ограждений и климатических воздействий без исследования всей совокупности строительно-конструктивных, энергетических, экономических и социально-хозяйственных привело к падению активности его функционирования и даже к торможению строительного производства в отдельных регионах.

Исследование однозначной зависимости какого-либо свойства или фактора системы часто обеспечивает успешное узконаправленное улучшение его качества, которое на определенном этапе достигает своего предела, обусловленного конструктивными, технологическими возможностями и материально-техническими ресурсами. Так в 70-80-е годы XX века интенсивно развивалось прогрессивное направление в архитектуре и строительстве по снижению материалоемкости и повышению тепловой защиты зданий, в рамках которого исследовалась однозначная зависимость теплопроводности легких бетонов от его состава и плотности. Однако улучшение теплотехнических свойств этого бетона на керамзитовом заполнителе вскоре ограничилось технологическим пределом достижения плотности бетона, составляющем 900 - 1000 кг/м. Проведенные исследования однозначной зависимости этих свойств ячеистых бетонов низкой плотности показали, что регулирование теплопроводности данных материалов может быть практически реализовано до величины плотности 150-200 кг/м, ниже которой резко снижаются их



прочностные показатели, увеличивается трещинообразование, повышается усадка.

Возможности увеличения теплозащиты здания только за счет снижения коэффициента теплопередачи его наружной оболочки ограничены ростом величины сопротивления теплопередаче наружных ограждений, превышение которой приводит к непропорциональному возрастанию материально-технических ресурсов на устройство теплозащитных конструкций. Экономия тепловой энергии здания за счет уменьшения неконтролируемой воздухопроницаемости наружных ограждений также имеет свой предел, превышение которого ухудшает экосистему внутренней среды проживания.

Столкнувшись с пределами совершенствования отдельных свойств объектов, исследователи стали проявлять все больший интерес к идее создания полифункциональных материалов и конструкций. Вместе с этим все больше стал преобладать системный подход к изучению всего многообразия связей на пути к созданию новых типов зданий.

Например, вспученная пластмасса, для которой однозначная зависимость теплопроводности от плотности может обеспечивать высокие теплоизоляционные качества материала, стала постепенно вытесняться местными утеплителями ячеистой структуры, которые, несколько уступая первой по теплоизоляционной способности, в отличие от нее обладают таким набором важных полифункциональных свойств, как экологичность, пожаробезопасность, экономичность, долговечность, сравнительно высокая теплоаккумулирующая способность [9].

Регулируемый комплекс свойств создаваемого полифункционального строительного материала, конструктивного решения наружных ограждений, архитектурно-строительного решения здания и его инженерного оборудования должны в полной мере соответствовать типу сооружения, его конструктивной схеме, климатическим и региональным условиям места строительства [24,29].

В настоящее время проектировщикам строительных конструкций гражданского и промышленного назначения часто приходится сталкиваться с



проектами нестандартных архитектурных форм и размеров, например складские, торговые и спортивные комплексы, высотные здания. Известно, что данные объекты не имеют ранее запроектированных и построенных отечественных аналогов.

В таких случаях даже наличие необходимой подготовки и опыта бывает не достаточным для того, чтобы провести полноценный расчетный анализ пространственной схемы конструкции и сделать правильную оценку принимаемых конструктивных решений. Наиболее перспективным вариантом решения данной проблемы можно считать применение в практике проектирования современных программных комплексов. При этом становится возможным на всех стадиях эксплуатации зданий проведение компьютерного моделирования различных вариантов трехмерных схем.

В настоящее время в деятельность проектных и изыскательских организаций быстро проникает компьютеризация, поднимающая проектную работу на качественно новый уровень, при котором резко повышаются темпы и качество проектирования, более обоснованно решаются многие сложные инженерные задачи, которые раньше рассматривались лишь упрощенно. Во многом это происходит благодаря использованию эффективных прикладных программ, которые могут быть как самостоятельными, так и в виде приложений к общетехническим программам. Создание программных продуктов и технических средств для автоматизации проектных работ проводится посредством САПР (система автоматизации проектных работ).

САПР предназначена для проектирования объектов в частности строительства, а также оформления технологической документации. Термин CAD более широк, нежели термин САПР, так как относится не только к системам проектирования, но и иных областей, например, математических вычислений (пакет MathCAD, пакет MatLab), финансово-экономического анализа (система SAP), медицинской диагностики. Компоненты многофункциональных систем САПР обычно группируются в три основных блока CAD, CAM, CAE. Модули блока CAD (Computer Aided Design)



предназначены в основном для выполнения графических работ, модули (Computer Aided Manufacturing) - для решения задач технологической подготовки производства, модули CAE (Computer Aided Engineering) - для инженерных расчетов, анализа и проверки проектных решений [50].

Существует большое количество видов САПР разного уровня. Широкое распространение получили системы, в которых основное внимание сосредоточено на создании "открытых" (т.е. допускающих расширение) базовых графических модулей CAD, а модули для выполнения расчетных или технологических задач (соответствующие блокам САМ и САЕ) остаются для разработки пользователям или организациям, специализированным на соответствующем программировании. Такие вспомогательные модули могут использоваться и самостоятельно, без CAD-систем, что очень часто практикуется в строительном проектировании. Они сами могут представлять крупные программные комплексы, для которых в свою очередь разрабатываются свои приложения, позволяющие решать более узкие задачи.

Указанные выше положения определяет цель предполагаемого исследования. Также в настоящее время назрела необходимость разработки эффективного алгоритма проведения исследования зданий, сооружений и строительных конструкций с учётом появления и развития тепловых процессов в строительных конструкциях. Реализация данного алгоритма в существующую методику проведения исследования несущей способности и процессов разрушения строительных конструкций должна иметь существенное значение для решения проблемы безопасности зданий и сооружений.

Обобщая вышеуказанные положения можно выделить задачу развития методологии создания математического и программного обеспечения для исследования ограждающих конструкций зданий и сооружений с целью определения их оптимальных структур.

Особенная черта данного направления заключается в необходимости:



- разработки расчётной модели специализированными инструментами удобными проектировщику, для исследования тепловых процессов пространственных сооружений;

- совершенствование методики в инженерных расчётах тепловой защиты зданий и процессов разрушения строительных конструкций за счёт разработки нового способа создания расчётной и геометрической моделей строительных объектов;

- разработки расчётной модели с учётом требований строительных норм действующих в Кыргызской Республике в строительных конструкциях и определение области применения данной методики.

Решение этой проблемы должна заметно уменьшить трудозатраты и временные ресурсы специалистов для выполнения инженерных расчётов тепловой защиты конструкций и улучшить качества проведения занятий для студентов строительных специальностей.

И в заключении можно констатировать, что все вышесказанное предопределило определения темы диссертационного исследования.

Заключение по главе 1

В результате обзора исследований выявлены следующие задачи, исследованные учеными и специалистами ближнего и дальнего зарубежья и связанные с процессом проектирования энергоэффективных зданий:

- разработка необходимых расчетных критериев теплозащиты зданий и методов теплотехнического расчета ограждающих конструкций;

- создание условий для эффективного использования местных строительных материалов, отечественных энергосберегающих строительных технологий в тепловой защите зданий;

- создание предпосылок для проектирования энергоэкономичных, и энергоэффективных зданий;

- максимальное использование достижений информационной технологии для решения проблем тепловой защиты.



В соответствии с результатами проведенного анализа разрывов в конструкциях зданий в этой главе были сформулированы и определены задачи конкретных исследований по теме диссертации.



ГЛАВА 2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОСТАВЛЕННЫХ ЗАДАЧ

2.1. Обоснование выбора оптимальной математической модели решения поставленных задач

Нами определены, что объектом данного исследования являются здания и сооружения, проектируемые и реконструируемые в регионах Кыргызской Республики, предметом исследования выбрана тепловая защита зданий и сооружений. Для решения задач диссертационной работы проведены исследования в соответствии с целью данной работы.

Методы исследования взяты из математического моделирования, строительной физики, прикладного программирования. Определения уровня точности расчетных величин проводилась методом сравнительного анализа. Для построения графиков по дискретным данным в целях достаточной точности расчетов применялся математический аппарат [28,53] аппроксимации.

В работе использовались теоретические и эмпирические методы, среди которых теоретический анализ, синтез, научное обобщение, аналогия, прогнозирование, анализ документов, сравнительный анализ научных источников и документальной законодательной базы по региону, вторичный анализ данных, полученных другими исследовательскими коллективами.

Эмпирическая база исследования состоит из данных включающие информацию из нормативных документов Кыргызской Республики, Российской Федерации и СССР. Отдельные полученные данные уточнялись и проверялись в ходе исследований, выполненных на кафедре «Механика».

Проверка и повышение надежности интерпретации осуществлялась путем сопоставления полученных данных с результатами исследований других групп, результатами исследований, опубликованных в открытой печати.



Особенности темы диссертационной работы определяют необходимость применения при подготовке работы ученых ближнего и дальнего зарубежья по тепловой защите зданий, но и трудов представителей других смежных и несмежных отраслей знаний (информатики, права, климатологии и т.д.), которые требуют широкого осмысления. Например, вопрос о том, должны ли все аспекты обеспечения норм тепловой защиты управляться государством или имеется возможность в некоторых пределах самостоятельное действия в решении возникших проблем. В этом направлении необходимо решение вопроса государственного суверенитета на обеспечение условия энергоэффективности проектируемых и реконструируемых зданий на территории страны. Совершенно очевидно, что попытки разрешения указанных вопросов только государственными структурами обособленно не будут иметь успеха. Следствием этого стало отсутствие четкого и исчерпывающего механизма регулирования данной проблемы. Также отсутствие такового предопределяет того что, несмотря на существующие полномочия соответствующих структур государственного управления значимых результатов в этом направлении пока не достигнуто.

Сложность данного исследования предопределяется широким кругом вопросов, которые затрагиваются энергоэффективностью проектируемых и существующих зданий на территории Кыргызстана. Очевидно, что использование результатов этой работы производится и вне процесса проектирования и поэтому нельзя ограничивать обособленное использования разрабатываемого метода только строительными организациями.

Разрабатываемая методика предполагает наличия математических методов решения задач и базы климатических параметров регионов страны для обеспечения приемлемой точности тепловых расчетов.

В соответствии с обзором существующей базы тепловой защиты зданий предлагается методика расчета строительных конструкций по теплопроводности, влажности, теплоустойчивости, теплоусвоения, воздухопроницаемости и теплопоступления солнечной энергии.



В процессе проектирования новой или модернизации существующей технической системы решаются задачи расчета параметров и исследования процессов в этой системе. При проведении многовариантных расчетов реальную систему заменяют моделью. В широком смысле модель определяют как отражение наиболее существенных свойств объекта. Модель может быть представлена различными способами. Наиболее универсальным является описание с помощью математического аппарата – *метод математического моделирования*.

Предложенные в известных зарубежных работах математические модели, предполагающие более точное описание процессов теплообмена, все-таки не учитывают ряд параметров, влияющих на процессы теплообмена, таких как: мощность радиационного излучения, характерный размер стены, и т.д. Тем более отсутствует или недостаточны данные по климатическим условиям Кыргызстана. Это не позволяет обеспечить точность расчетов теплофизических параметров, требуемую нормативными документами нашей страны. Тем не менее, анализ имеющихся в настоящее время моделей показывает, что точность вычисления теплофизических характеристик по ним остается низкой (в среднем 25%) [58,59]. Применение последних достижений информационной технологии позволяет увеличить точности таких вычислений.

2.2. Модель расчета сопротивления теплопередаче ограждений

Изменение температуры при прохождении тепла через плоскую однородную стенку температура изменяется как показано графически на рис. 1.1.

Воздух с внутренней стороны стены имеет температуру t_{int} , а с наружной стороны t_{ext} , причем $t_{int} > t_{ext}$. Температурная линия показывает, что падение температуры происходит не только в толще самой стены, но и у ее поверхностей, т. к. температура внутренней поверхности стены $\tau_{int} < t_{int}$ и температура наружной поверхности $\tau_{ext} > t_{ext}$. Так как падение температуры при

прохождении теплового потока вызывается термическими сопротивлениями, из температурной кривой видно, что сопротивление теплопередаче ограждения состоит из трех отдельных частей:

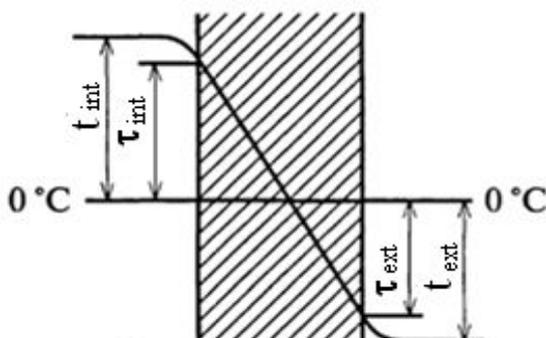


Рис. 2.1. Изменение температуры в однородной стене

–сопротивления при переходе теплоты от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждения - сопротивление тепловосприятию R_{si} и оно вызывает температурный перепад $t_{int} - \tau_{int}$;

–сопротивление при прохождении теплоты через толщу самого ограждения - термическое сопротивление ограждения R и оно вызывает температурный перепад $\tau_{int} - \tau_{ext}$;

–сопротивление при переходе теплоты от наружной поверхности к наружному воздуху - сопротивление теплоотдаче R_{se} и оно вызывает температурный перепад $\tau_{ext} - t_{ext}$ [87].

Отсюда исходит что, сопротивление теплопередаче ограждения может быть выражено как сумма этих сопротивлений [87]:

$$R_0 = R_{si} + R + R_{se} . \quad (2.1)$$

Сопротивления и коэффициенты тепловосприятия и теплоотдачи.

Сопротивления теплоотдаче и тепловосприятию объединяем общим названием - сопротивлением теплопереходу. Величины, обратные сопротивлениям теплопереходу, называются коэффициентами теплоотдачи, это коэффициент теплоотдачи у внутренней поверхности α_{int} и коэффициент теплоотдачи у наружной поверхности α_{ext} , причем $\alpha_{int} = \frac{1}{R_{si}}$, $\alpha_{ext} = \frac{1}{R_{se}}$.

Если известны значения перепады температур Δt между воздухом и поверхностью ограждения и коэффициентов теплоотдачи, то тепловой поток Q , Вт/м², проходящий через ограждения, определится по формуле [87],

$$Q = \alpha \Delta t . \quad (2.2)$$



Характер передачи теплоты конвекцией у наружной и внутренней поверхностей ограждения отличаются. У наружной поверхности ограждения – преобладает вынужденная конвекция, вызываемая действием ветра, у внутренней поверхности ограждения - естественная конвекция, вызываемая разностью температур воздуха и поверхности. Поэтому и формулы для определения α_k будут разными для внутренней и для наружной поверхности ограждения.

Точное определение величины α_k при естественной конвекции является сложной задачей. Для вертикальных поверхностей (внутренних поверхностей наружных стен) в отапливаемых помещениях В. Н. Богословским предложено определять α_k по формуле

$$\alpha_k = 1,66 \sqrt[3]{\Delta t}, \quad (2.3)$$

где $\Delta t = t_{int} - \tau_{int}$ - температурный перепад между температурой воздуха и поверхности, °С [87].

Для горизонтальных поверхностей величину α_k , полученную по формуле (2.3), рекомендуется: для потолков увеличивать на 30 %, для полов уменьшать на 30%. Но учитывая, что на поверхность пола воздействует общий конвективный поток воздуха всего помещения, для полов можно принимать величину α_k такую же, как и для вертикальных поверхностей.

Для наружных поверхностей ограждающих конструкций α_k определяется по формуле Франка:

$$\alpha_k = 7,34v^{0.656} + 3,78e^{1.91v}, \quad (2.4)$$

где v - скорость ветра, м/с.

Второй член формулы (2.4) дает величину отдачи теплоты естественной конвекцией. За расчетную скорость ветра для зимних условий принимается средняя скорость из тех румбов за январь, повторяемость ветра которых составляет 16 % и более. Расчетные скорости ветра приведены в СНиП КР 23-02-00 «Строительная климатология» [74].

Для нахождения значений коэффициентов теплоотдачи α_{int} и α_{ext} необходимо задать температуру на поверхностях ограждения.



СНиП КР 23-01 «Строительная теплотехника» и СП КР 23-101.2

«Проектирование тепловой защиты зданий» устанавливает расчетные величины коэффициентов и сопротивлений теплоотдаче.

Термическое сопротивление ограждения. Если ограждение состоит из нескольких последовательно размещенных однородных слоев различных материалов, расположенных перпендикулярно направлению теплового потока, то термическое сопротивление ограждения будет равно сумме термических сопротивлений всех его слоев. Следовательно, для многослойного ограждения термическое сопротивление определяется по формуле

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}, \quad (2.5)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n - термические сопротивления отдельных слоев, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ - толщины отдельных слоев, м; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ - коэффициенты теплопроводности материалов отдельных слоев, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$; n - число слоев, составляющих ограждение.

Формула (2.5) показывает, что термическое сопротивление ограждения не зависит от порядка расположения слоев и термическое сопротивление слоя ограждения прямо пропорционально его толщине и обратно пропорционально коэффициенту теплопроводности его материала. Однако другие теплотехнические показатели ограждения, как например, влажностный режим, его теплоустойчивость, распределение температуры в ограждении зависят от порядка расположения слоев. Поэтому для облегчения расчетов влажностного режима и теплоустойчивости ограждений нумерация слоев ведется последовательно от внутренней поверхности ограждения к наружной.

Пользуясь формулой (2.5), можно определять термическое сопротивление данного ограждения, или толщину одного из его слоев (обычно из материала с наименьшим коэффициентом теплопроводности), при которой ограждение будет иметь заданную величину R или R_0 . В последнем случае неизвестной величиной в формуле (2.5) будет толщина δ одного из слоев, который служит утепляющим слоем ограждения [87].



Расчет температуры в ограждении. Для оценки теплотехнических свойств ограждения необходимо знать не только величину его сопротивления теплопередаче, но и также температуры в любой плоскости ограждения при заданных значениях температур воздуха с одной и с другой сторон ограждения. Особенное значение для теплотехнической оценки ограждений имеет температура на его внутренней поверхности, т. к. она определяет возможность образования конденсата, что недопустимо с санитарно-гигиенической точки зрения. Также, образование конденсата может быть причиной порчи отделки внутренней поверхности ограждения. Кроме того распределение температуры в ограждении необходимо знать при расчетах влажностного режима ограждения.

Температуры воздуха с наружной стороны ограждения t_{ext} берутся равными расчетной температуре данной местности, определяемой по данным СНИП КР «Климатология». Расчет температуры в ограждении проводим на основании следующих соображений [5,25,87].

Количество теплоты, проходящей через ограждения:

$$Q = \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0}, \quad (2.6)$$

где $(t_{int} - t_{ext})$ - разность температур наружного и внутреннего воздуха, °С.

Количество теплоты, воспринимаемой внутренней поверхности ограждения :

$$Q_{int} = \alpha_{int}(t_{int} - \tau_{int}) = \frac{t_{int} - \tau_{int}}{R_{si}}, \quad (2.7)$$

где τ_{int} - температура внутренней поверхности ограждения, °С.

Величина Q в условиях стационарного теплового потока должна быть равна величине Q_{int} , следовательно, из уравнений (1.6) и (1.7) получим

$$\frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} = \frac{t_{int} - \tau_{int}}{R_{si}}, \quad (2.8)$$

откуда

$$\tau_{int} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} R_{si}. \quad (2.9)$$



Эта формула используется для определения температуры внутренней поверхности ограждения.

На основании рассуждений, аналогичных предыдущему, получим для температуры любого слоя ограждения формулу:

$$t_n = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} (R_{si} + \sum_{n-1} R), \quad (2.10)$$

где t_n - температура на внутренней поверхности n -го слоя ограждения, считая нумерацию слоев от внутренней поверхности ограждения, °С; $\sum_{n-1} R$ - сумма термических сопротивлений $n-1$ первых слоев ограждения, $m^2 \cdot °C/Вт$.

Пользуясь формулой (2.10), можно вычислить температуры на границах всех слоев ограждения. Изменение температуры внутри слоя, состоящего из одного материала, будет изображено прямой линией. В многослойном ограждении температурная линия будет представлять ломаную, причем падение температуры будет более интенсивным в слоях, у которых материал имеет меньший коэффициент теплопроводности, и менее интенсивным в слоях с большим коэффициентом теплопроводности [87].

Нормирование сопротивления теплопередаче наружных ограждений.

При проектировании наружных ограждений зданий необходимо знать минимальные значения R_0 , при которых ограждения оказываются удовлетворительными в теплотехническом отношении. Этих значений называют нормативными. Нормативные значения R_n будут зависеть от климатических условий места строительства, назначения здания, его внутреннего режима и разновидности ограждения [88].

Нормирование сопротивления наружных ограждений R_0 строится на принципах ограничения количества теплоты, теряемой ограждением в отопительный период года и поддержания на внутренней поверхности ограждения температуры, при которой на ней не образовывался бы конденсат. Чем выше влажность внутреннего воздуха, тем больше опасность появления конденсата на внутренней поверхности. Поэтому при установлении R_n



влажность внутреннего воздуха имеет большое значение. Температура внутренней поверхности ограждения τ_{int} должна быть не ниже точки росы τ_p , т. е. температуры, при которой воздух определенной влажности становится насыщенным водяным паром, а для большей надежности - несколько выше ее [6,19,24,62]. Для выполнения перечисленных требований необходимо ограничить температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой на внутренней поверхности ограждения $\Delta t = t_{int} - \tau_{int}$ [88]. Для ограничения этого перепада построено нормирование R_0 , принятое в нормах СНиП КР 23- 01:2009 «Строительная теплотехника».

2.3. Модель расчета влажностного режима

Увеличение влагосодержания ограждений в эксплуатируемых зданиях сопровождается уменьшением теплозащитных свойств ограждения и преждевременным их разрушением. Отрицательное влияние повышенной влажности ограждений сильнее всего проявляется в отапливаемых зданиях с нормальным влажностным режимом [34,87].

Содержание влаги в материале ограждения характеризуется весовой влажностью, которая определяется из отношения

$$\omega = \frac{p_B - p_C}{p_C} 100 \% , \quad (2.11)$$

где p_C - масса абсолютно сухого образца материала; p_B - масса образца материала до высушивания.

Сопротивление паропрооницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, однослойной или отдельного слоя многослойной ограждающей конструкции определяем по формуле

$$R_{vp} = \delta / \mu , \quad (2.12)$$

где δ - толщина слоя ограждающей конструкции, м; μ - расчетный коэффициент паропрооницаемости материала слоя ограждающей конструкции, $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$, принимаемый по СП КР 23-101 [76,87] .



Сопротивление паропроницанию многослойной ограждающей конструкции равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев определяется по формул

$$R_{vp} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n}, \quad (2.13)$$

где n - число слоев [88].

Сопротивление паропроницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых значений:

а) нормируемого сопротивления паропроницанию R_{vp1}^{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле [79]

$$R_{vp1}^{req} = \frac{(e_{int} - E) R_{vp}^e}{(E - e_{ext})}, \quad (2.14)$$

где e_{int} – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре и относительной влажности этого воздуха, определяемое по формуле $e_{int} = \frac{\varphi_{int}}{100} E_{int}$; E_{int} – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре t_{int} принимается по приложение М СП КР 23-101:2009; φ_{int} – относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий в соответствии с примечанием к СНиП КР 23-01:2009; E – парциальное давление водяного пара, Па в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации; R_{vp}^e – сопротивление паропроницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации, определяемое по СП КР 23-101; e_{ext} – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, за годовой период, определяемое по таблице 5а* по МСН 2.04-01;



б) нормируемого сопротивления паропроницанию R_{vp2}^{req} , $m^2 \cdot ч \cdot Па / мг$, условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле

$$R_{vp2}^{req} = \frac{0.0024 z_0 (e_{int} - E_0)}{\rho_w \delta_w \Delta w_{av} + \eta}, \quad (2.15)$$

где e_{int} – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре и относительной влажности этого воздуха, определяемое по формуле

$$e_{int} = \frac{\varphi_{int}}{100} E_{int}, \quad (2.16)$$

где E_{int} – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре t_{int} принимается по приложение М СП КР 23-101:2009; φ_{int} – относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий в соответствии с примечанием к СНиП КР 23-01:2009; R_{vp}^e – сопротивление паропроницанию, $m^2 \cdot ч \cdot Па / мг$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации, определяемое по СП КР 23-101; e_{ext} – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, за годовой период, определяемое по таблице 5а* по МСН 2.04-01; z_0 – продолжительность, сут, периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по СНиП КР 23-02-00; E_0 – парциальное давление водяного пара (Па) в плоскости возможной конденсации, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними месячными температурами согласно указаниям примечаний к этому пункту; ρ_w – плотность материала увлажняемого слоя, $кг / м^3$, принимаемая равной ρ_0 по действующим нормативным документам; δ_w – толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, м, принимаемая равной 2/3 толщины однородной (однослойной) стены или толщине теплоизоляционного слоя (утеплителя)



многослойной ограждающей конструкции; Δw_{av} – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя, %, за период влагонакопления z_0 . Парциальное давление водяного пара, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, определяем по формуле [95]

$$E = \frac{E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3}{12}, \quad (2.17)$$

где E_1, E_2, E_3 – парциальное давление водяного пара, Па, принимаемое по температуре в плоскости возможной конденсации, устанавливаемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов, определяемое согласно указаниям СНиП КР 23-01:2009. z_1, z_2, z_3 – продолжительность, мес., зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, η – коэффициент, определяемый по формуле [87]

$$\eta = \frac{0.0024(E_0 - e_{0ext})}{R_{vp}}, \quad (2.18)$$

где e_{0ext} – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, определяемыми согласно СП КР 23-101:2009.

Сопротивление паропроницанию R_{vp} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, чердачного перекрытия или части конструкции вентилируемого покрытия, расположенной между внутренней поверхностью покрытия и воздушной прослойкой, в зданиях со скатами кровли шириной до 24 м должно быть не менее нормируемого сопротивления паропроницанию R_{vp}^{reg} , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, определяемого по формуле

$$R_{vp}^{reg} = 0,0012 \cdot (e_{int} - e_{0ext}), \quad (2.19)$$

где e_{int}, e_{0ext} – то же, что и в формулах (2.14) и (2.18).

Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя в покрытиях зданий с влажным или мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию ниже теплоизоляционного слоя, которую следует учитывать при

определении сопротивления паропроницанию покрытия в соответствии КР 23-101:2009 [78].

Оценка влажностного состояния ограждений при установившемся потоке диффузии пара проводим графическим методом. Сущность этого метода состоит в следующем [74]:

1) на схематическом представлении ограждающей конструкции, показанном на рис. 2.2, строится линия распределения температур в толще ограждения; при этом температура наружного воздуха принимается равной средней температуре наиболее холодного месяца;

2) для построения распределения температур пользуются формулами:

$$t_{int} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} R_{is}, \quad (2.20)$$

$$t_{ext} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} (R_{is} + \sum_{n-1} R), \quad (2.21)$$

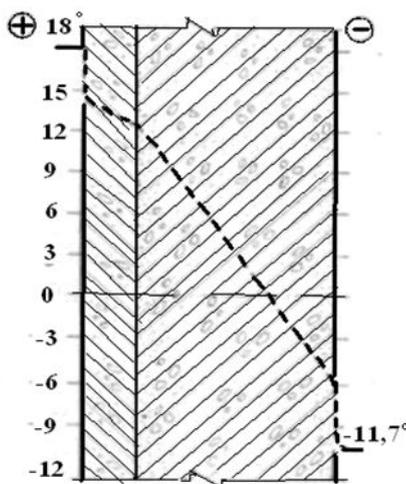


Рис. 2.2. Построение линии распределения температуры в толщине стены

3) значения упругостей на границе между слоями вычисляются из выражения

$$e_n = e_{int} - \frac{\Delta e \sum_{n-1} R_{vp}}{R_{0vp}}, \quad (2.22)$$

где e_n - парциальное давление между отдельными слоями стены; e_{int} - упругость водяного пара внутреннего воздуха; Δe - разность упругостей водяного пара во внутреннем и наружном воздухе; R_{0vp} общее сопротивление

паропроницанию всех слоев конструкции ограждения; $\sum_{n-1} R_{vp}$ - суммарное сопротивление паропроницанию $(n-1)$ первых внутренних слоев конструкции, расположенных между помещением и плоскостью, в которой определяется значение упрюгости.

Во внутренних слоях конструкции резкое падение упрюгости e обеспечивается в случаях, когда они выполняются из плотных материалов с тщательно заполненными швами или без них. При таком решении ограждения значения e во всех сечениях ограждения окажутся меньше значения E ; это указывает на то, что в ограждении не будет конденсации водяного пара (рис. 2.3, а) падение упрюгости водяного пара во внутренних слоях ограждения будет незначительным, если внутренние слои выполняются из паропроницаемых материалов или из панелей (листов) с недостаточно тщательно заделанными швами. В этом случае при высоких значениях упрюгости водяного пара e в охлажденной зоне стены возможно увлажнение материала выше предела сорбционного увлажнения вследствие конденсации, водяного пара в охлажденной зоне ограждения (см. рис. 2.3, б).

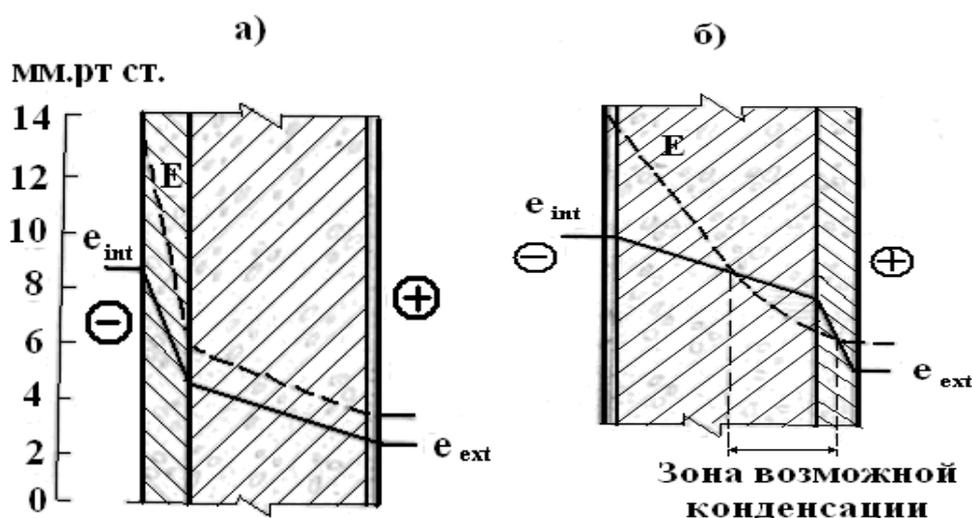


Рис. 2.3. Схема характеризующие влажностное состояние стены при различном расположении слоев: а – в стенах с облицовочным внутренним слоем из плотного материала: при выбранной конструкции стены конденсация пара в толще стены отсутствует, б – в стенах из пористого материала при наружной



облицовке из плотного материала возможно образование конденсата в толщине
стены

Для предохранения внутренней поверхности от увлажнения из-за образования конденсата, температура поверхности должна быть выше температуры точки росы внутреннего воздуха. "Точка росы", определяется как температура, при которой упругость (парциальное давление) насыщенного водяного пара (E) равно фактическому парциальному давлению водяного пара (e). При этом надо иметь в виду: а) если $E > e$, то конденсации влаги отсутствует; б) если $E < e$, то присутствует конденсации влаги. Графически на присутствие конденсата указывает пересечение графиков (E) и (e).

Согласно требованиям СП КР 23-101:2009, расчет на увлажнение не производится для двухслойных и трехслойных ограждений, в которых внутренний и наружный слой выполняются из материалов с незначительным паропроницанием (железобетон, цементная штукатурка, бетон и т. п.) и соотношение между сопротивлениями паропроницанию внутреннего слоя R_{vpi} с наружным слоем R_{vpe} удовлетворяет условиям:

1) в помещениях с нормальным температурно-влажностным режимом $R_{vpi} / R_{vpe} > 1,2$.

2) в помещениях с влажностным режимом $R_{vpi} / R_{vpe} > 1,5$.

Если соотношение R_{vpi} / R_{vpe} не удовлетворяет этим требованиям, то целесообразно в ограждение ввести дополнительный пароизоляционный слой ΔR_{vp} исходя из требований соответственно случаев 1 и 2.

$$\frac{R_{vpi} + \Delta R_{vp}}{R_{vpe}} > 1.2 \quad \text{или} \quad \frac{R_{vpi} + \Delta R_{vp}}{R_{vpe}} > 1.5. \quad (2.23)$$



2.4. Модель расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций

Неравномерность отдачи теплоты устройствами отопления вызывает колебания температуры воздуха в помещении и на внутренних поверхностях наружных ограждений. Величины амплитуд колебания температуры воздуха и температур внутренних поверхностей ограждений будут зависеть не только от свойств отопительной системы, теплотехнических качеств его внутренних и наружных ограждающих конструкций, а также от оборудования помещения [88].

В качестве допустимого предела суточного колебания температуры воздуха в жилом помещении гигиенисты считают $A_t = \pm 1,5$ °С при центральном отоплении и $A_t = \pm 3$ °С при индивидуальном отоплении. Следовательно, при индивидуальном (печном) отоплении и средней температуре воздуха в помещении 18 °С допускается снижение ее до 15 °С и повышение до 21 °С. Помещения, в которых температура воздуха поднимается выше 21 °С, после того как начал действовать отопительный прибор, а затем падает ниже 15 °С, когда прибор прекращает подачу теплоты, не обладают достаточной теплоустойчивостью и с санитарно-гигиенической точки зрения являются неудовлетворительными, хотя, быть может, и не требуют большого расхода топлива [87].

Теплоустойчивость ограждений. Для характеристики теплоустойчивости наружных ограждений О. Е. Власовым было введено понятие коэффициента теплоустойчивости ограждения φ . Коэффициент φ есть отвлеченное число, представляющее собой отношение разности температур внутреннего и наружного воздуха $t_{int} - t_{ext}$ к максимальной разности температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждения $t_{int} - \tau_{min}$, т. е.

$$\varphi = \frac{t_{int} - t_{ext}}{t_{int} - \tau_{min}} \quad (2.24)$$



где τ_{\min} - минимальная температура внутренней поверхности ограждения; [87].

Величина φ будет зависеть от теплотехнических свойств ограждения, а также от системы отопления и ее эксплуатации. Для вычисления величины φ О.Е.Власовым дана следующая формула [87]:

$$\varphi = \frac{R_0}{R_{si} + \frac{m}{Y_{int}}}, \quad (2.25)$$

где R_0 - сопротивление теплопередаче ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; R_{si} - сопротивление тепловосприятию, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; m - коэффициент неравномерности отдачи теплоты нагревательного прибора; Y_{int} - коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Формула (2.25) показывает, что теплоустойчивость ограждения может быть повышена следующими мерами:

– увеличением сопротивления теплопередаче ограждения R_0 , т. е. повышением его теплозащитных свойств;

– увеличением коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждения Y_{int} . Это может быть достигнуто: а) расположением у внутренней поверхности ограждения материалов, имеющих большой коэффициент теплоусвоения s ; б) уменьшением периода колебания теплового потока, отдаваемого нагревательным прибором;

– уменьшением величины m , т. е. переходом к более рациональным системам отопления с более равномерной отдачей теплоты.

Вместе с тем теория теплоустойчивости наружных ограждений имеют следующие недостатки:

– ограждение рассматривается изолированно от всего помещения и его внутренних конструкций, оказывающих влияние на теплоустойчивость данного ограждения, т. е. формула (2.25) справедлива только для объема, ограниченного лишь одной данной конструкцией;

– формула (2.25) дает заниженные против действительных значения минимальных температур внутренней поверхности ограждения, а



следовательно, и преувеличенные значения амплитуд колебания температуры на внутренней поверхности ограждения;

– коэффициент теплоустойчивости не является показателем колебания температуры воздуха в помещении; однако коэффициент теплоустойчивости φ может служить хорошей оценкой для сравнения теплоустойчивости отдельных ограждений [87].

Положительная роль оценки теплоустойчивости ограждений по величине коэффициента φ заключается в том, что нормирование этого коэффициента дало возможность широко применять облегченные конструкции из новых материалов с малой теплопроводностью, компенсируя недостаточную величину их коэффициента теплоусвоения увеличением сопротивления теплопередаче ограждения. Увеличение сопротивления теплопередаче ограждения при применении новых материалов с малой теплопроводностью оправдывается также и экономически, т. к. при этом построечная стоимость ограждения увеличивается незначительно, а расход топлива на отопление зданий с такими ограждениями значительно сокращается. Теория теплоустойчивости О.Е. Власова доказала ошибочность оценки теплоустойчивости ограждений только по величине их теплоемкости, что тормозило внедрение в строительство облегченных конструкций наружных ограждений [87].

Теплоустойчивость помещений в холодный период года. Вопрос о теплоустойчивости помещений, т. е. о колебании температуры воздуха в них, на основе теории О. Е. Власова был разработан Л. А. Семеновым.

Формула для расчета амплитуды колебания температуры воздуха в отапливаемом помещении получена Л. А. Семеновым на основании следующего. Обозначим через A_t величину амплитуды колебания температуры воздуха в помещении. Для внутренней поверхности одного из ограждений данного помещения амплитуда колебания теплового потока A_q , проходящего через эту поверхность, определяем по формуле

$$A_q = q_{max} - q_{av} , \quad (2.26)$$



где $q_{max} = \alpha_{int}(t_{max} - \tau_{max})$ - максимальная величина теплового потока проходящего через поверхность, Вт/м²; $q_{av} = \alpha_{int}(t_{int av} - \tau_{int av})$ - средняя величина теплового потока, проходящего через поверхность, Вт/м²; t_{max} - максимальная температура воздуха в помещении, °С; τ_{max} - максимальная температура поверхности, °С; $t_{int av}$ и $\tau_{int av}$ - средние температуры воздуха и поверхности, °С; α_{int} - коэффициент тепловосприятости, Вт/(м² • °С).

Подставляя значения q_{max} и q_{av} в уравнение (2.26), получим:

$$A_q = \alpha_{int}(t_{max} - t_{int av}) - \alpha_{int}(\tau_{max} - \tau_{int av}) = \alpha_{int}A_t - \alpha_{int}A_\tau, \quad (2.27)$$

где A_τ - амплитуда колебания температуры поверхности ограждения, °С.

Известно что

$$A_\tau = \frac{A_q}{Y_{int}}, \quad (2.28)$$

где Y_{int} - коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения, Вт/(м²•°С).

Подставляя значения A_τ в уравнение (2.27), получим:

$$A_q = \alpha_{int}A_t - \alpha_{int} \frac{A_q}{Y_{int}}. \quad (2.29)$$

Решая полученное уравнение относительно A_q будем иметь [87]:

$$A_q = \frac{A_t}{\frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{Y_{int}}}. \quad (2.30)$$

Обозначим $\frac{1}{\frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{Y_{int}}} = B$, тогда формула (2.30) примет вид: $A_q = A_t B$.

Величина B носит название коэффициента теплопоглощения поверхности ограждения и имеет размерность Вт/(м² • °С).

Для всех поверхностей данного помещения, включая и поверхности внутренних конструкций, будем иметь:

$$A_Q = \sum A_q F_{int} = A_t \sum B F_{int}, \quad (2.31)$$



где A_Q - амплитуда колебания теплового потока, отдаваемого отопительным прибором, Вт; F_{int} - площадь поверхности ограждений (по внутреннему обмеру), м².

Кроме того, $A_Q = mQ_Z$ где m - коэффициент неравномерности теплоотдачи отопительным прибором, Q_Z - средняя часовая теплоотдача отопительного прибора, равная теплотерям данного помещения, Вт.

Подставляя выражение A_Q в уравнение (2.31), будем иметь: $mQ_Z = A_t \sum BF_{int}$ откуда окончательно получим:

$$A_t = \frac{mQ_Z}{\sum BF_{int}}. \quad (2.32)$$

Формула (2.32) получена без учета сдвига фаз между колебаниями теплового потока и температуры воздуха и теплового потока и температур поверхностей, ограждающих помещение [87].

Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года. Теплоустойчивость ограждающей конструкции здания должна соответствовать требованиям СНиП КР 23-01:2009; для этого определяем нормируемую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_t^{reg} , °С, по формуле (11) СНиП КР 23-01

$$A_t^{reg} = 2.5 - 0.1(t_{ext} - 21), \quad (2.33)$$

где t_{ext} - средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаемая согласно таблицы 3 СНиП КР 23-02-00.

Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, рассчитываем по формуле [78,79,87]

$$v = 0.9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(s_1 + \alpha_{int})(s_2 + \gamma_{int}) \dots (s_n + \gamma_{n-1})(\alpha_{ext} + \gamma_n)}{(s_1 + \gamma_1)(s_2 + \gamma_2) \dots (s_n + \gamma_n) \alpha_{ext}}, \quad (2.34)$$

где D - тепловая инерция ограждающей конструкции,); s_1, s_2, \dots, s_n - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м²-°С), принимаемые по приложению В или по результатам теплотехнических испытаний; $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{n-1}, \gamma_n$ - коэффициенты теплоусвоения



наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C) определяется ниже; α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°C), определяемый для вертикальной поверхности по формуле [79,87]

$$\alpha_{ext} = 5,8 + 11,6\sqrt{v}, \quad (2.35,а)$$

для горизонтальной поверхности по формуле

$$\alpha_{ext} = 8,7 + 2,6\sqrt{v}, \quad (2.35,б)$$

где v - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая согласно таблицы 2 СНиП КР 23-02-00, но не менее 1 м/с.

Для многослойной неоднородной ограждающей конструкции с теплопроводными включениями в виде обрамляющих ребер величину v принимаем в соответствии с ГОСТ 26253.

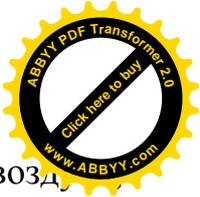
Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_{ext}}^{des}$, °C, рассчитываем по формуле

$$A_{t_{ext}}^{des} = 0,5 \cdot A_{t_{ext}} + \rho_s \cdot (I_{max} - I_{av}) / \alpha_{ext}, \quad (2.36)$$

где $A_{t_{ext}}$ - максимальная амплитуда температуры наружного воздуха в июле, °C, принимаемая согласно таблицы 2 СНиП КР 23-02; ρ_s - коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 14 СП КР 23-101; I_{max} и I_{av} - соответственно максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м², принимаем в соответствии с таблицей П1 СП КР 23-101: для наружных стен - как для вертикальной поверхности западной ориентации, для покрытий - как для горизонтальной поверхности [79,87].

Расчетную амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_{τ}^{des} , °C, рассчитываем по формуле [79]

$$A_{\tau}^{des} = A_{t_{ext}}^{des} / \nu, \quad (2.37)$$



где $A_{t \text{ ext}}^{des}$ - расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С; ν - величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха $A_{t \text{ ext}}^{des}$ в ограждающей конструкции.

Если $A_{\tau}^{des} \leq A_{\tau}^{reg}$, то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости [88].

2.5. Модель расчета теплоусвоения

При определении величины коэффициента теплоусвоения внутренней поверхности ограждения Y_{int} необходимо сначала установить, где будет находиться граница слоя резких колебаний. В зависимости от расположения этого слоя в ограждении при определении Y_{int} могут встретиться следующие случаи [73,79,87]:

1. Слой резких колебаний полностью расположен в первом слое ограждения. Это будет в том случае, когда показатель тепловой инерции первого слоя $D_1 = R_1 s_1 \geq 1$. Если $D_1 = 1$, то граница слоя резких колебаний совпадает с границей между первым и вторым слоем ограждения. При $D_1 > 1$ слой резких колебаний занимает только часть первого слоя ограждения. Т. к. в этих случаях на теплоусвоение внутренней поверхности ограждения материалы следующих слоев влияния не оказывают, теплоусвоение внутренней поверхности ограждения будет равно коэффициенту теплоусвоения материала первого слоя, т. е. $Y_{int} = s_1$.

2. Слой резких колебаний расположен в двух первых слоях ограждения, т. е. граница его находится во втором слое ограждения. Это будет в том случае, если первый слой имеет $D_1 < 1$, но сумма величин D первого и второго слоев $D_1 + D_2 > 1$.

При этом на величину Y_{int} оказывает влияние также и теплоусвоение материала второго слоя ограждения. Значение Y_{int} определяем по формуле [73]

$$Y_{int} = \frac{R_1 s_1^2 + s_2}{1 + R_1 s_2}, \quad (2.38)$$



где R_1 - термическое сопротивление первого слоя, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; s_1, s_2 - коэффициенты теплоусвоения материала соответственно первого и второго слоев, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

3. Слой резких колебаний расположен в нескольких слоях ограждения, т. е. граница его находится в некотором n -м слое ограждения. Это будет в том случае, если сумма величин D_{n-1} первых слоев ограждения будет меньше единицы, т. е. $D_1 + D_2 + \dots + D_{n-1} < 1$, но $D_1 + D_2 + D_3 + \dots + D_n > 1$, т. е. n слоев дают показатель тепловой инерции, равный или больший единицы.

В этом случае определение величины теплоусвоения начинаем с внутренней поверхности $n-1$ слоя по формуле

$$Y_{n-1} = \frac{R_{n-1}s_{n-1}^2 + s_n}{1 + R_{n-1}s_n} \quad (2.39)$$

Затем переходим к определению теплоусвоения внутренней поверхности $n-2$ слоя по формуле

$$Y_{n-2} = \frac{R_{n-2}s_{n-2}^2 + Y_{n-1}}{1 + R_{n-2}Y_{n-1}}, \quad (2.40)$$

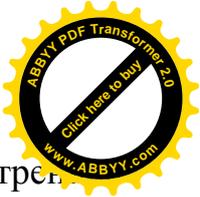
где Y_{n-1} - теплоусвоение внутренней поверхности $n-2$ слоя, определенное по формуле (2.39), $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Затем в таком же порядке переходим к определению величины коэффициента теплоусвоения $n-3$ слоя Y_{n-3} и т. д. до тех пор, пока не дойдем до первого слоя ограждения, теплоусвоение которого и будет равно теплоусвоению внутренней поверхности ограждения и определится по формуле (2.41), т. е.

$$Y_{int} = Y_1 = \frac{R_1s_1^2 + Y_2}{1 + R_1Y_2} \quad (2.41)$$

где Y_2 - теплоусвоение внутренней поверхности второго слоя, определенное предварительно по формуле (2.42), $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

4. Слой резких колебаний находится вне ограждения, т. е. граница его выходит за пределы ограждения. Это будет в том случае, если сумма величин D всех слоев ограждений получится меньше единицы.



В этом случае сначала определяем теплоусвоение внутренней поверхности последнего слоя ограждения (наружного слоя) по формуле [73]

$$Y_n = \frac{R_n s_n^2 + \alpha_{ext}}{1 + R_n \alpha_{ext}}, \quad (2.42)$$

где R_n - термическое сопротивление последнего слоя ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; s_n - коэффициент теплоусвоения материала этого слоя, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Дальнейший порядок расчета такой же, как в третьем случае.

5. Если однородность материала слоя нарушена, т. е. слой состоит из нескольких материалов, расположенных по поверхности слоя, причем каждый материал имеет толщину, равную толщине слоя, то средний коэффициент теплоусвоения материалов слоя определяем по формуле [73]

$$s_{av} = \frac{s_1 F_1 + s_{II} F_{II} + \dots + s_n F_n}{F_1 + F_{II} + \dots + F_n}, \quad (2.43)$$

где s_1, s_{II}, \dots, s_n - коэффициенты теплоусвоения отдельных материалов слоя, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; F_1, F_{II}, \dots, F_n - площади, занимаемые отдельными материалами по поверхности слоя, м^2 ; n - число материалов, входящих в слой.

Средний коэффициент теплоусвоения материалов слоя s_{av} берем как при определении величины Y_{int} , так и при определении величины D слоя.

6. Для практических расчетов при определении теплоусвоения воздушных прослоек коэффициент теплоусвоения воздуха принимаем $s = 0$ независимо от периода колебания теплового потока.

Зависимость теплоусвоения внутренней поверхности ограждения от периода колебания теплового потока учитывается тем, что как для определения величин D слоев (для выяснения расположения слоя резких колебаний), так и теплоусвоения отдельных слоев берем значения коэффициентов теплоусвоения материалов s , соответствующие тому или другому периоду z . Порядок расчета не изменяется.

Теплоусвоение внутренней поверхности ограждения будет зависеть от порядка расположения в нем слоев. При расположении у внутренней



поверхности ограждения материалов, имеющих большое значение коэффициента теплоусвоения s , повышается теплоусвоение внутренней поверхности ограждения Y_{int} и, наоборот, при расположении у внутренней поверхности ограждения материалов с малым s понижается и величина Y_{int} .

Расчет теплоусвоения поверхности полов. Теплоусвоение полов зданий должно соответствовать требованиям раздела 10 СНиП КР 23-01. Расчетный показатель теплоусвоения поверхности пола Y_f^{des} , Вт/(м²·°С), определяем следующим образом [79,88]:

а) если покрытие пола (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию $D_1 = R_1 s_1 \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола определяем по формуле

$$Y_f^{des} = 2s_1; \quad (2.44)$$

б) если первые n слоев конструкции пола ($n \geq 1$) имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$, но тепловая инерция $(n + 1)$ слоев $D_1 + D_2 + \dots + D_{n+1} \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола Y_f определяем последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с n -го до 1-го:

для n -го слоя - по формуле

$$Y_{fn}^{des} = \frac{2R_n s_n^2 + s_{n+1}}{0,5 + R_n s_{n+1}}; \quad (2.45)$$

для i -го слоя ($i = n-1; n-2; \dots; 1$) - по формуле

$$Y_{fi}^{des} = \frac{4R_i s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i Y_{i+1}}. \quad (2.46)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола Y_f^{des} принимаем равным показателю теплоусвоения поверхности 1-го слоя Y_1 [77,79].

В формулах (2.44)-(2.46) и неравенствах [77,79]:

D_1, D_2, \dots, D_{n+1} - тепловая инерция соответственно 1-го, 2-го, ..., $(n+1)$ -го слоев конструкции пола, определяем согласно 11.1.9 СП КР 23-101 [77,79];



R_i, R_n - термические сопротивления, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, соответственно i -го и n -го слоев конструкции пола, определяем по формуле (8) СП КР 23-101;

s_1, s_i, s_n, s_{n+1} - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно 1-го, i -го, n -го, $(n+1)$ -го слоев конструкции пола, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаем по результатам теплотехнических испытаний или по приложению В СП КР 23-101; при этом для зданий, помещений и отдельных участков, приведенных в поз. 1 и 2 приложения В СП КР 23-101, - во всех случаях при условии эксплуатации А;

Y_{i+1} - показатель теплоусвоения поверхности $(i+1)$ -го слоя конструкции пола, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Если расчетная величина Y_f^{des} показателя теплоусвоения поверхности пола окажется не более нормативной величины Y_f^{reg} , установленной в приложении В СП КР 23-101, то этот пол удовлетворяет требованиям в отношении теплоусвоения; если $Y_f^{des} > Y_f^{reg}$, то следует взять другую конструкцию пола или изменить толщины некоторых его слоев до удовлетворения требованиям $Y_f^{des} \leq Y_f^{reg}$ [77,79].

2.6. Модель расчета сопротивления воздухопроницанию

Воздухопроницаемость ограждений с точки зрения гигиены рассматривается как положительное качество, обеспечивающее естественную вентиляцию помещений. С теплотехнической стороны воздухопроницаемость ограждений более отрицательное качество, т. к. в зимнее время инфильтрация вызывает дополнительные потери теплоты ограждениями и охлаждение помещений, а эксфильтрация может неблагоприятно отразиться на влажностном режиме наружных ограждений, способствуя конденсации в них влаги. Для процесса фильтрации воздуха через наружные ограждения необходима разность давлений воздуха с одной и с другой стороны ограждения. Эта разность давлений Δp выражается в Па. Разность давлений

воздуха может возникнуть под влиянием разности температур наружного воздуха и воздуха в здании (тепловой напор), или под влиянием ветра (ветровой напор) [87].

Тепловой напор. В зимнее время воздух в отапливаемых помещениях имеет высокую температуру, чем наружный воздух. При этом наружный воздух будет иметь большую плотность (из-за низкой температуры), чем воздух в здании.

Разность этих плотностей создает разности его давлений. На рис. 2.4 изображено схематично поперечное сечение отапливаемого помещения с двумя наружными стенами.



Рис. 2.4. Схема расположения нейтральной зоны при наличии теплового напора

Если в таком здании потолок и пол будут воздухонепроницаемыми, то через нижнюю половину наружных стен воздух будет проникать в здание, а через верхнюю половину уходить из него. На середине высоты помещения разность давлений воздуха будет нулевым $\Delta p = 0$ (нейтральная зона). По мере удаления от нейтральной зоны величина Δp будет возрастать, как показано стрелками на рис. 2.4. Максимальная величина Δp будет под потолком и у пола. В некотором сечении ab , отстоящем на расстоянии h от нейтральной зоны, величина Δp определим по формуле [87]

$$\Delta p = gh(\gamma_{ext} - \gamma_{int}) \text{ (Па)}, \quad (2.47)$$

где γ_{ext} и γ_{int} - плотности наружного и внутреннего воздуха, $кг/м^3$.

При воздухопроницаемых нижнем и верхнем ограждениях, а также при открытых проемах нейтральная зона может оказаться выше или ниже середины



высоты помещения. Для помещения, сечение которого показано на рис. 1.1, нейтральная зона расположена посередине его высоты, при этом максимальная величина теплового напора определим по формуле

$$\Delta p = 0,5gH(\gamma_{ext} - \gamma_{int}), \quad (2.48)$$

где H - высота помещения, м.

Формула (2.48) показывает, что величина теплового напора возрастает с повышением разности температур внутреннего и наружного воздуха и с увеличением высоты помещения [87].

Ветровой напор. Полное давление ветра, оказываемое им на плоскость, перпендикулярную его направлению, определяется по формуле [88]

$$p = \frac{v^2 \gamma}{2}, \quad (2.49)$$

где p - давление ветра, Па; v - скорость ветра, м/с; γ - плотность воздуха, кг/м³.

На наружные ограждения здания давление ветра будет составлять только некоторую часть от его полного давления, характеризуемую так называемым «аэродинамическим» коэффициентом n . Величина этого коэффициента зависит от формы здания и направления ветра. Для вертикальных ограждений обычных зданий при направлении ветра перпендикулярно их поверхности значения аэродинамических коэффициентов можно принять равными: для наветренной стороны $n_1 = + 0,8$, для заветренной стороны $n_2 = - 0,4$ (разрежение воздуха). Подставляя значения n_1 и n_2 температуру воздуха равной 0 °С, получим величину ветрового напора для вертикальных ограждений Δp в зависимости от скорости ветра v равной [79,87]

$$\Delta p = \frac{0,8+0,4}{2} * \frac{1,293}{2} v^2. \quad (2.50)$$

В расчетах воздухопроницания значения v принимаются равными средней месячной скорости ветра наиболее холодного месяца [87].

Величина коэффициента n на территории Кыргызстана принимается $n= 0,6$.



Воздухопроницаемость материалов. Коэффициент

воздухопроницаемости материала похож коэффициенту теплопроводности и является показателем степени воздухопроницаемости материала.

На величину коэффициента воздухопроницаемости большое влияние оказывает его влажность материала. Потому что с повышением влажности материала понижается его воздухопроницаемость, кроме того, прохождение воздуха через влажный материал начинается только при некоторой разности давлений воздуха Δp_{min} увеличивающейся с повышением влажности материала. Так, например, для обыкновенного глиняного кирпича при влажности его равной 14,5 %, $\Delta p_{min} = 490,5$ Па. Этой влажности соответствует насыщение пор водой равное 84%. Значительное снижение воздухопроницаемости наблюдается при приближении влажности материала к 50% влажности, соответствующей полному насыщению материала водой [79,87].

Воздухопроницаемость ограждений. Воздухопроницаемость ограждений не всегда совпадает с воздухопроницаемостью их материалов. Так, например, различие в воздухопроницаемости кладки и кирпича объясняется наличием в кладке «в прижим» большого количества щелей, образуемых при неполном заполнении швов раствором. Кроме того, в пределах толщин 1,5-2,5 кирпича воздухопроницаемость кладки не зависит от ее толщины. Это объясняется тем, что сопротивление воздухопроницанию оказывают главным образом только наружный и внутренний слои кладки в полкирпича, выкладываемые с более тщательным заполнением швов раствором, внутренняя же часть кладки, в которой вертикальные швы остаются почти не заполненными раствором, оказывает ничтожное сопротивление воздухопроницанию [47,86]. Нанесение штукатурки на поверхность кладки резко снижает воздухопроницаемость. И поэтому главное влияние на воздухопроницаемость кирпичных стен оказывают слои штукатурки [87].

В тепловых расчетах ограждающих конструкций на воздухопроницаемость оценка воздухопроницаемости слоев делается по величинам их сопротивлению воздухопроницанию. Для сплошных слоев не



имеющих щелей или стыков, сопротивление воздухопроницанию определяем по формуле [88]

$$R_{inf} = \delta / i, \quad (2.51)$$

где δ - толщина слоя, м; i - коэффициент воздухопроницаемости материала, кг/(м²·ч·Па).

Количество воздуха, которое будет проникать через ограждение, W , кг/(м²·ч), определяем по формуле [78,87]

$$W = \frac{\Delta p}{\sum R_{inf}}, \quad (2.52)$$

где Δp - разность давлений воздуха с одной и с другой стороны ограждения, Па; $\sum R_{inf}$ - сумма сопротивлений воздухопроницанию всех слоев ограждений, м²·ч·Па/кг.

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей), зданий и сооружений R_{inf}^{des} должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_{inf}^{reg} , м²·ч·Па/кг, определяем по формуле [78]

$$R_{inf}^{reg} = \frac{\Delta p}{G_n}, \quad (2.53)$$

где Δp - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па; G_n - нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м²·ч), принимаемая по таблице 11 СНиП КР 23-01 [78].

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

$$\Delta p = 0.55H (\gamma_{ext} - \gamma_{int}) + 0.03\gamma_{ext}v^2, \quad (2.54)$$



где H - высота здания (от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты), м; γ_{ext} , γ_{int} - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяем по формуле [78]

$$\gamma = 3463 / (273 + t_{int}), \quad (2.54)$$

где t_{int} - температура воздуха: внутреннего (для определения γ_{int}) - принимается согласно оптимальным параметрам по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 30494 и СанПиН 2.1.2.1002; наружного (для определения γ_{ext}) - принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по таблице 1 СНиП КР 23-02; v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по таблице 6 СНиП КР 23-02; для зданий высотой свыше 60 м v следует принимать с учетом коэффициента изменения скорости ветра по высоте (по своду правил [79]).

Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также окон и фонарей производственных зданий R_{inf}^{des}

должно быть не менее нормируемого сопротивления воздухопроницанию R_{inf}^{reg} ,

м²·ч/кг, определяем по формуле [78]

$$R_{inf}^{reg} = (1/G_n) (\Delta p / \Delta p_0)^{2/3}, \quad (2.55)$$

где G_n - то же, что и в формуле (1.53); Δp - то же, что и в формуле (1.54); $\Delta p_0 = 10$ Па - разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций, при которой определяется сопротивление воздухопроницанию R_{inf}^{des} [78].



2.7. Модель расчета теплоступления от воздействия солнечной радиации, от людей и оборудования

При недостаточной защите от воздействия солнечной радиации температура воздуха в здании может повыситься настолько, что комфортные условия будут нарушены. Особенное значение имеет учет солнечной радиации для зданий с легкими наружными ограждениями [90].

В расчетах воздействия солнечной радиации обычно принимается безоблачное небо т.к. облачность понижает действие суммарной (прямой и рассеянной) радиации [87].

Чем больше угол падения солнечных лучей к поверхности (но не более 90°), тем большее количество солнечной радиации будет приходиться на эту поверхность. Наименьшее количество солнечной радиации приходится на вертикальные поверхности ориентированные на север - наибольшее количество на поверхность перпендикулярную направлению солнечных лучей [15].

Данные о количестве солнечной радиации в летний период, падающей на различно ориентированные поверхности, приведены СНиП КР 23-02-00 [77].

Учет рассеянной радиации должен производиться при облачном небе.

Прямая радиация при 100 % облачности отсутствует, а количество рассеянной радиации значительно меньше количества прямой радиации при безоблачном небе.

Теплота от действия солнечной радиации, падающей на поверхность ограждения, частично отражается от поверхности, а частично поглощается ограждением. Количество теплоты солнечной радиации, поглощаемой поверхностью материала, определяется коэффициентом поглощения солнечной радиации ρ_s . Значения этих коэффициентов для некоторых материалов приведены в по таблице 14 СП КР 23-101 [78].

Тепловой поток, через массивную ограждающую конструкцию (наружную стену или покрытие) $Q_{огр}$, Вт, для данного часа суток следует определяем по формуле [70]



$$Q_{огр} = (q_{av} + \Delta q) A_{огр}, \quad (2.56)$$

где $q_{av} = \frac{1}{R_0} \left(t_{ext\ av} + \frac{\rho_s I_{av}}{\alpha_{ext}} - t_{int} \right)$ – среднее составляющее теплового потока

от солнечной радиации; $\Delta q = \frac{\alpha_{int} \beta_1}{v} \left(0.5 A_{t\ ext} \beta_2 + \frac{\rho_s A_q}{\alpha_{ext}} \right)$ – колебание теплового

потока за счет колебаний температуры и солнечной радиации; R_0 – сопротивление теплопередаче массивной ограждающей конструкции (наружной стены, покрытия), $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, принимаемое в соответствии с СНиП КР 23-01:2009; $t_{ext\ av}$, t_{int} – средняя температура наружного воздуха в июле, по СНиП КР 23-02-00 и температура воздуха в помещении; ρ_s – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью ограждающей конструкции, принимаемый по приложению по таблице 14 СП КР 23-101; I_{av} – среднесуточное значение поверхностной плотности теплового потока суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), $\text{Вт}/\text{м}^2$; поступающей в июле следует принимать по табл. 7 для горизонтальной и табл. 8 для вертикальной поверхности пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91; β_1 – коэффициент равный 1 – при отсутствии вентилируемой воздушной прослойки в ограждении (покрытии) и равным 0,6 для всех других ограждающих конструкций; β_2 – коэффициент принимаемый для каждого часа суток согласно таблицы 6 пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91; α_{ext} , α_{int} – коэффициенты теплоотдачи у наружной и внутренней поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$; $A_{t\ ext}$, A_q – амплитуды суточных колебаний температуры наружного воздуха и солнечной радиации; v – величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции, определяемая в разделе теплоустойчивости; $A_{огр}$ – площадь массивной ограждающей конструкции (наружной стены, покрытия), м^2 [70].

Амплитуда суточных колебаний суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) A_q , $\text{Вт}/\text{м}^2$, определяем по формуле:

$$A_q = I_{max} - I_{av}, \quad (2.57)$$



где I_{max} , I_{av} - максимальное и среднесуточное значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), поступающей на наружное ограждение, принимается с учетом запаздывания по табл. 7 или 8 пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91. Период запаздывания определяем с учетом тепловых инерций слоев по формуле:

$$z_{зан} = 2,7 \cdot \sum D - 4. \quad (2.58)$$

Тогда условное время определяем по формуле $z_{усл} = z - z_{зан}$ или $z'_{усл} = 24 - z_{усл}$ и они округляются до целого значения.

Тепловой поток теплопередачей и радиацией, Вт, для данного часа суток через остекленный световой проем (остекление) рассчитываем по формуле [70]:

$$Q_{cnp} = (t_{ext\ av} + 0.5\beta_2 A_{t\ ext} - t_{int}) A_{cnp} / R_{ocm} + A_q A_{cnp} K_{m/npon}, \quad (2.59)$$

где A_{cnp} , R_{ocm} - площадь, m^2 , и приведенное сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C) / Вт$, остекления светового проема, принимаемое по таблице 2 пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91; $K_{m/npon}$ - коэффициент теплопроводности остекления принимаемое по таблице 2 пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91.

Общее тепlopоступления в летнее время определяем как:

$$Q = Q_{огр} + Q_{cnp}. \quad (2.60)$$

Для установки кондиционеров в летнее время можно пользоваться формулой для определения требуемой мощности кондиционера :

$$P_{конд} \geq Q + 0.1K + 0.3M, \quad (2.61)$$

где, K - количество людей в помещении; M - суммарные паспортные мощности используемых бытовых приборов.

Заключение по главе 2

В результате исследовательской работы удалось установить, что для наиболее полного описания тепловой эффективности зданий необходимы, провести расчеты параметров и проверка их соответствия строительным нормам по теплопроводности, влажностному режиму, теплоустойчивости, воздухопроницаемости, теплоусвоения и тепlopоступления через ограждения.



Анализируя существующие теоретические материалы, автором исследованы математические модели расчетов по этим параметрам. По этим исследованиям установлены математические модели теплотехнического расчета и проверки соответствия теплотехнических параметров. В результате составлены следующие математические модели:

- модель расчета сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции;
- модель расчета влажностного режима;
- модель расчета теплоустойчивости;
- модель расчета теплоусвоения поверхности полов;
- математическая модель расчета воздухопроницаемости массивных ограждений, окон и балконов;
- модель расчета теплопоступления через ограждающие конструкции в июле.

Таким образом, в этой главе сформулированы основные составляющие математической модели для теплового расчета ограждающих конструкций здания, расчетные показатели которого позволяют определить соответствия теплозащиты здания нормам, принятым на территории страны.



ГЛАВА 3

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕГИОНОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Для достижения цели настоящего исследования помимо математического аппарата необходимо еще климатические данные, максимально охватывающие все области нашей страны. Общеизвестно, что климатические параметры для нашей республики удовлетворяющие требованиям теплового расчета ограждающих конструкций во времена СССР исследовались очень мало. Существовали данные только для некоторых населенных пунктов, что не отражали положения всех регионов страны. Тем более в этих данных имелись ограниченные параметры, только такие как температура, влажность и скорость ветра. И поэтому в этой главе разработаем расширенные климатические данные для теплового расчета ограждающих конструкций зданий.

Для реализации данной методики в соответствии с математическим моделированием здесь также разрабатывается программа.

3.1. Анализ климатических особенностей регионов Кыргызстана для разработки расширенных климатических данных

Рельеф территории страны очень сложен и представляет собой параллельно расположенные хребты и разделяющие их межгорные долины. Почти 90 % территории находится выше 1500 м над уровнем моря (рис. 3.1).

Сложность рельефа территории, сочетание гор и долин, расчлененность долин по территории, продолжительность солнечного сияния и многое другое обуславливают разнообразие климата с чертами резкой континентальности и засушливости в различные времена года. Это существенно влияет на специализацию строительства объектов в зависимости от местности (рис. 3.2) [38].

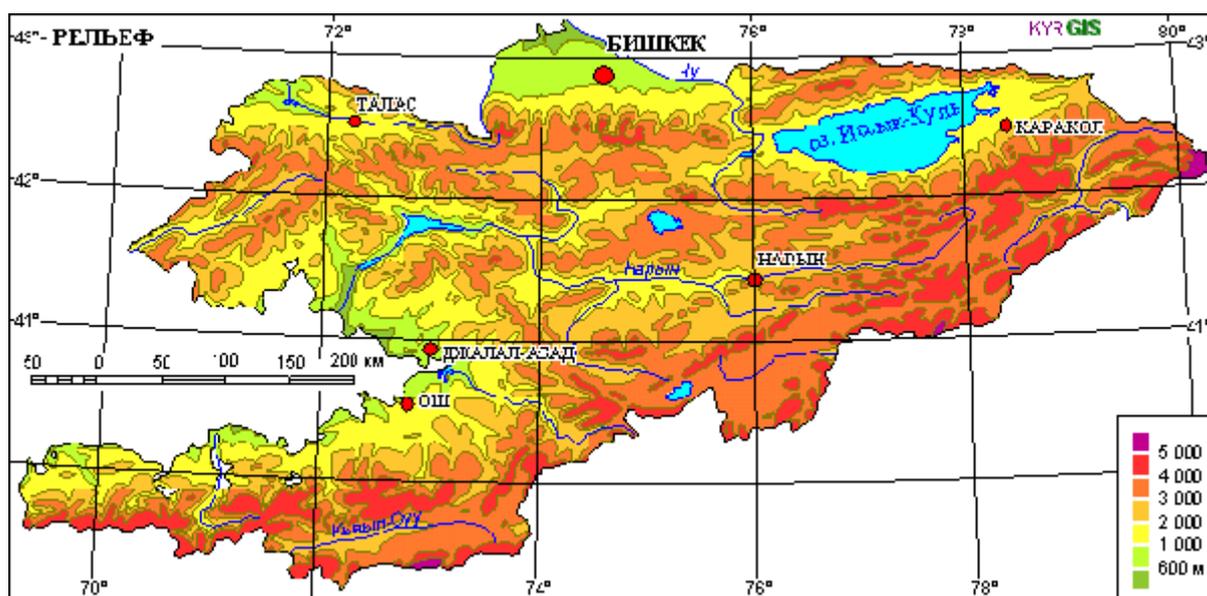


Рис. 3.1. Карта рельефа территории Кыргызстана

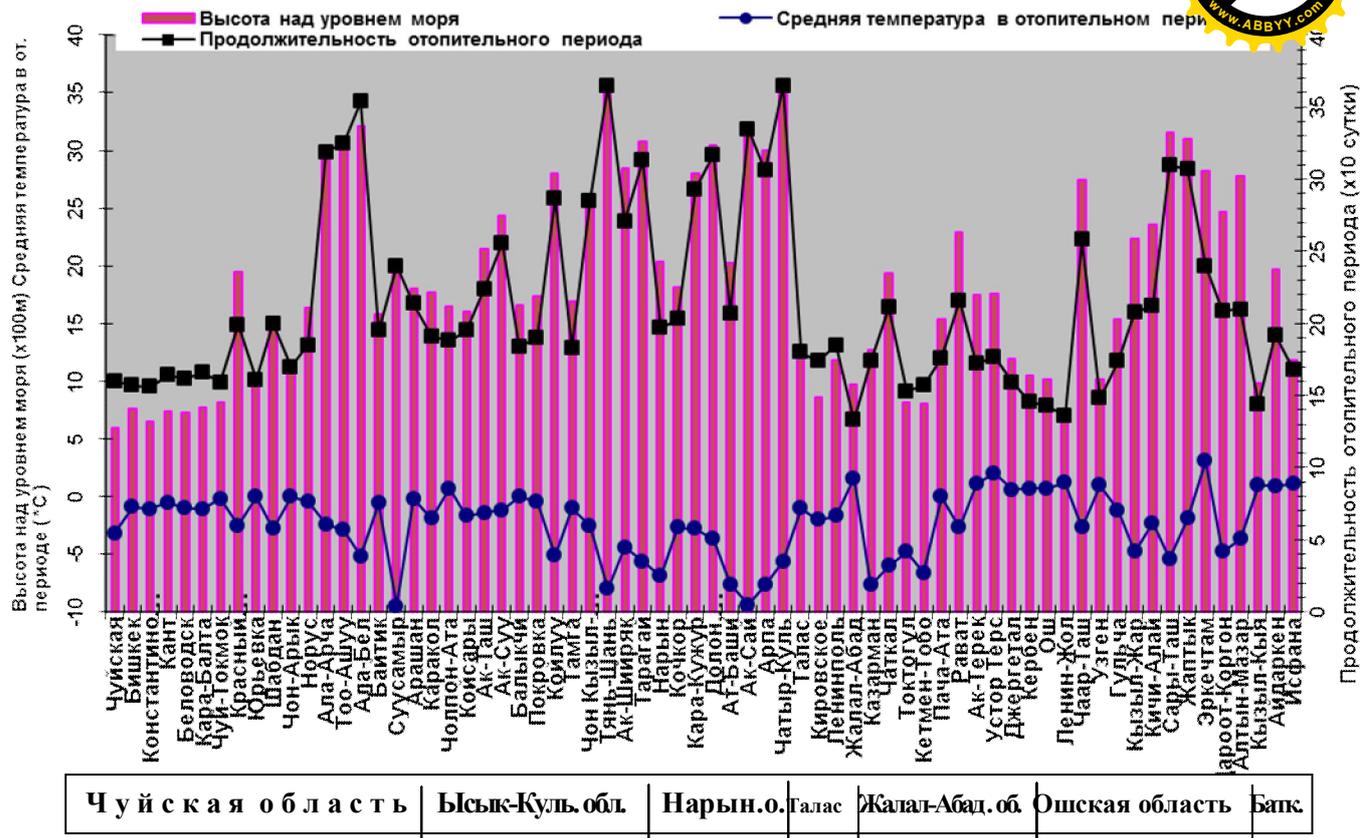


Рис. 3.2. Высота над уровнем моря, средняя температура в холодный период времени и продолжительность отопительного сезона по регионам Кыргызстана

Горные системы играют большую роль в формировании низких температур, накоплении влаги и выпадении значительного количества осадков. Чередование гор и долин, климатические различия в территориальном разрезе обуславливают процессы проектирования в различных районах республики соответствующих групп требований [38].

Климат - многолетний режим погоды, следовательно, его воздействие на человека проявляется только через конкретную погоду. Это влияние погоды оценивается комплексным воздействием ее многих составляющих; на некоторые из них организм человека реагирует очень остро.

Климат характеризуется однотипными показателями метеорологических элементов над определенными территориями (например, климат Баткена, Нарына и т. д.). Показатели метеорологических элементов составляются на основе данных метеорологических станций страны (рис. 3.3) [38].

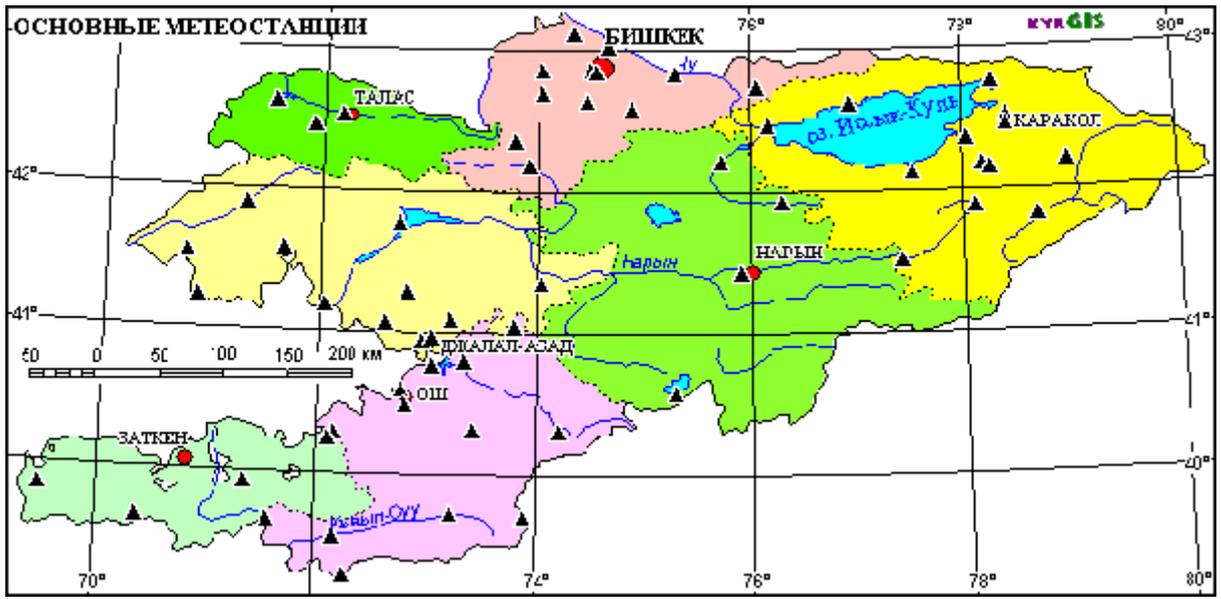


Рис. 3.3. Основные метеостанции Кыргызской Республики.

Климат приземного воздуха и почвы, определяемый факторами, действующими на малых расстояниях и учитывающими степень защищенности местности от ветра возвышенностями, влияния озер, а также в значительной степени альbedo поверхностей земли, называется микроклиматом. Это понятие нередко применяют также при оценке внутренней среды в помещениях. Солнечная радиация и ветер являются основными элементами, связывающими климат и микроклимат в единую систему [39,46,59].

Климатические условия Кыргызстана определяются его географическим положением. Большая часть территории республики располагается в поясе умеренного климата, южные районы находятся в поясе субтропического климата. Положение Кыргызстана в центре величайшего континента Земли - Евразии, удалённость его от океанов и морей, соседство пустынь предопределяют формирование климата с чертами резкой континентальности и засушливости, чётко выраженными временами года. Значительная сложность рельефа республики - глубокая расчленённость, различная экспозиция горных склонов по отношению к солнцу и потокам воздуха, создаёт исключительное разнообразие особенностей климата и определяет чётко выраженную



вертикальную климатическую поясность. В Кыргызстане можно выделить климатических пояса, заметно различающихся между собой [100].

Долинно-предгорный пояс (от 500-600 м до 900-1200 м) характеризуется жарким летом (до 28°C), умеренно-прохладной и бесснежной зимой с большим дефицитом осадков. Этот пояс, особенно в Приферганье, имеет черты субтропического климата. Средняя температура июля 20-25°C, января -4 ...-7°C. Предельно высокая температура летом достигает до 44°C, с ростом высоты уменьшается до 27-30 ° С. Абсолютные минимумы зимой составляют -22...-30°C, местами - 40°C (Токтогульская, Чуйская гидрометеорологические станции).

Среднегорный пояс (от 900-1200 м до 2000- 2200 м) имеет типичный умеренный климат с тёплым летом и умеренно-холодной, устойчивой снежной зимой. Средняя температура июля 18-19°C, января -7...-8°C, а в декабре и феврале достигает до -3...-5°C. На высоте 1000- 1500 м над уровнем моря безморозный период продолжается 7 месяцев и более. При достаточности влаги создаются условия для произрастания многих видов теплолюбивых растений. В верхней части безморозный период длится около 6 месяцев.

Высокогорный пояс (от 2000-2200 м до 3000-3500 м) отличается прохладным летом и холодной, местами многоснежной зимой. Средняя температура июля 11 -16°C, января - 8...- 10°C. Зима продолжительная (ноябрь-март). В верхней части безморозный период сокращается до 3-4 месяцев и менее, а выше он может и отсутствовать. Иногда, в летние месяцы температура воздуха может опускаться ниже 0°C.

Нивальный пояс (от 3500 м и выше) характеризуется суровым, очень холодным климатом. Это пояс снежников, скал, ледников. В нижней части средняя температура июля 4- 7°C, января -10...-22°C [100].

В климатическом отношении Кыргызстан характеризуется большим разнообразием. Наиболее тёплым районом является долинно-предгорный пояс Ошской, Жалал-Абадской областей, где средняя годовая температура составляет 11-13°C (Масы, Жалал-Абад), в высокогорных районах



среднегодовая температура достигает до -8°C (Ак-Сай, Чатыр-Куль и др.). Район Ак-Сая - «полюс холода» Кыргызстана: здесь отмечен абсолютный минимум температуры воздуха (-36°C).

Горные системы Тенир-Тоо и Памиро-Алая играют огромную роль в климатообразовании: горы, в целом, способствуют формированию более низких температур и выпадению повышенного количества осадков по сравнению с прилегающими равнинами, обуславливая неравномерность распределения облачности, снежного покрова и образование снегов и ледников, воздействуют на течение общей циркуляции атмосферы. Сложность рельефа и большая амплитуда высот приводят к формированию своеобразных местных типов климата. Особенно следует отметить смягчающее влияние водной поверхности незамерзающего озера Иссык-Куль на температуру центральной части прибрежных районов: летом здесь нет изнуряющей жары, а зимой на побережье на $3-5^{\circ}\text{C}$ теплее, чем на тех же высотах в др. регионах республики [100].

Циркуляция атмосферы над Кыргызстаном складывается под влиянием общепланетарной циркуляции, условий радиации, рельефа и разнообразия подстилающей поверхности. В средних и верхних слоях тропосферы (на высоте от 3 до 12 км) над Кыргызстаном преобладает западный перенос воздушных масс. Зона наиболее сильных западных потоков, планетарная высотная фронтальная зона (ПВФЗ) умеренных широт, разделяющая тропический воздух и воздух умеренных широт, в течение года перемещается - зимой она обычно располагается южнее 30° северной широты (с.ш.), и Кыргызстан находится под воздействием воздуха умеренных широт. Преобладает антициклонная погода - малооблачная, с умеренными морозами. При значительных меридиональных преобразованиях ПВФЗ на Кыргызстан с южными и юго-западными потоками выносятся тропический воздух из Ирана и Афганистана - наступают оттепели. Наоборот, с северными потоками поступает очень холодный арктический воздух; весной ПВФЗ смещается к северу и располагается над Кыргызстаном - в эти месяцы года часто прорываются средиземноморские циклоны, несущие



неустойчивую погоду с осадками. В летние месяцы ПВФЗ располагается между 42-47° с.ш., и республика оказывается под преобладающим влиянием сухого тропического воздуха. В конце лета за счёт уменьшения инсоляции ПВФЗ смещается к югу и вновь оказывается на широтах Кыргызстана - частыми становятся вторжения арктического воздуха, выпадают значительные осадки, усиливаются ветры. При дальнейшем смещении ПВФЗ к югу устанавливается зимний режим погоды [100].

Обработка данных о продолжительности погоды различных типов, необходимых для приспособления вписывания зданий в климат, природу местности, в которой оно возводится, сводится, прежде всего:

- к определению годового хода среднемесячных температур и амплитуды температуры в характерные периоды;
- к определению годового хода относительной влажности воздуха и скорости ветра;
- классификации метеорологических условий (типы погоды с поправками на ветер и солнечную радиацию) [46].

На основе классификации метеорологических условий определяется погода, чаще всего наблюдаемая в течение года, особенности которой и учитываются в принимаемом планировочном и архитектурном решении зданий.

К элементам климата, определяющим преобладающую погоду в различные сезоны года, относятся следующие [73].

3.1.1. Анализ влажности воздуха

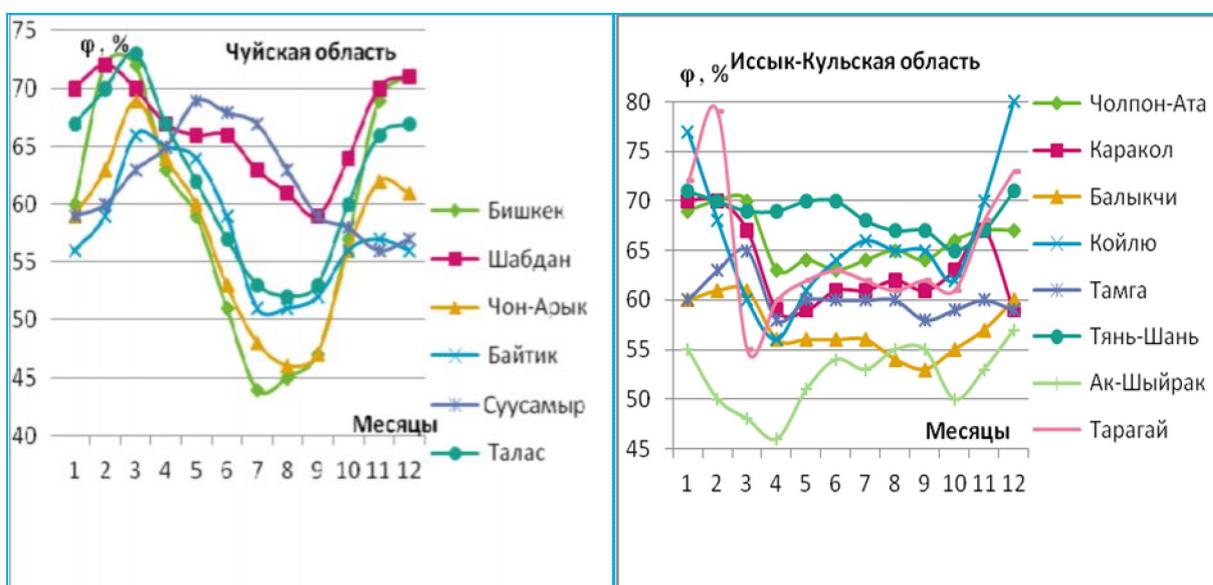
Влажность наружного воздуха оказывает большое влияние на выбор конструкции ограждений, облицовки фасадов, а также систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. На рис. 3.4 представлены графики среднемесячной влажности по месяцам регионов страны [46].

3.1.2. Анализ температуры воздуха

Температура наружного воздуха на земле изменяется в очень больших пределах. Знание температурных изменений наружного воздуха в течение года позволяет при проектировании обоснованно выбирать планировочное решение генерального плана и здания, объемную композицию здания, конструкцию ограждений, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в помещении [46].

Различают среднемесячную температуру воздуха, которая характеризует сезон; абсолютную температуру, наблюдаемую в заданной зоне; среднюю максимальную и минимальную характеризующую положительную и отрицательную температуры за определенный период суток; среднюю температуру - днем и ночью и т.д. [73].

На рис. 3.5 показаны графики изменения средних температур по месяцам на территории Кыргызской Республики [46].



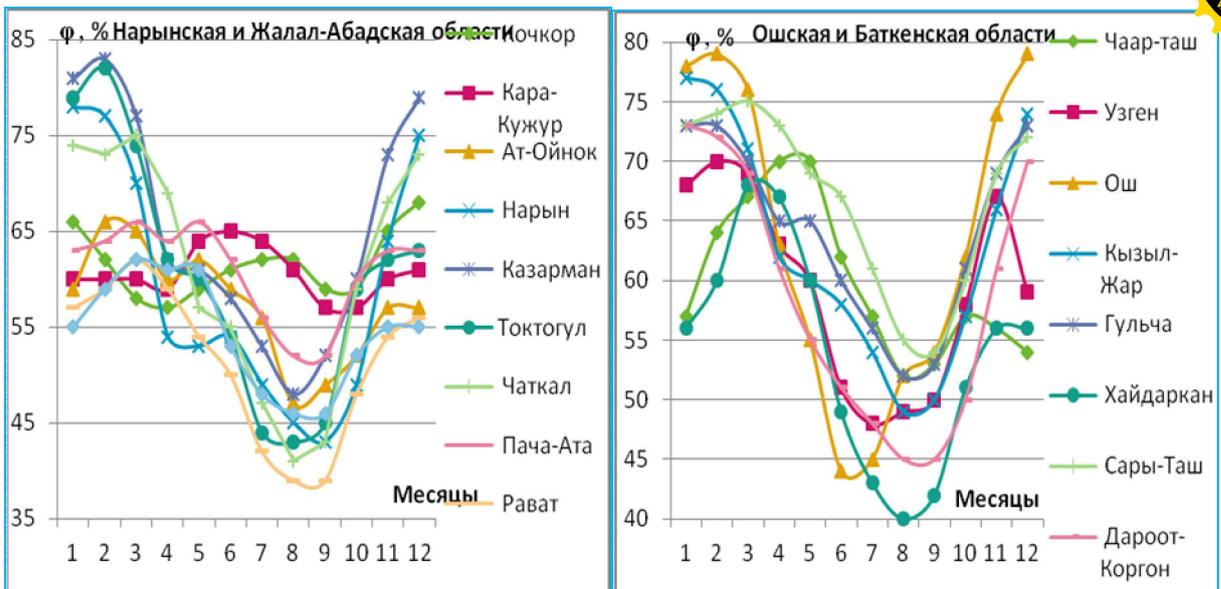
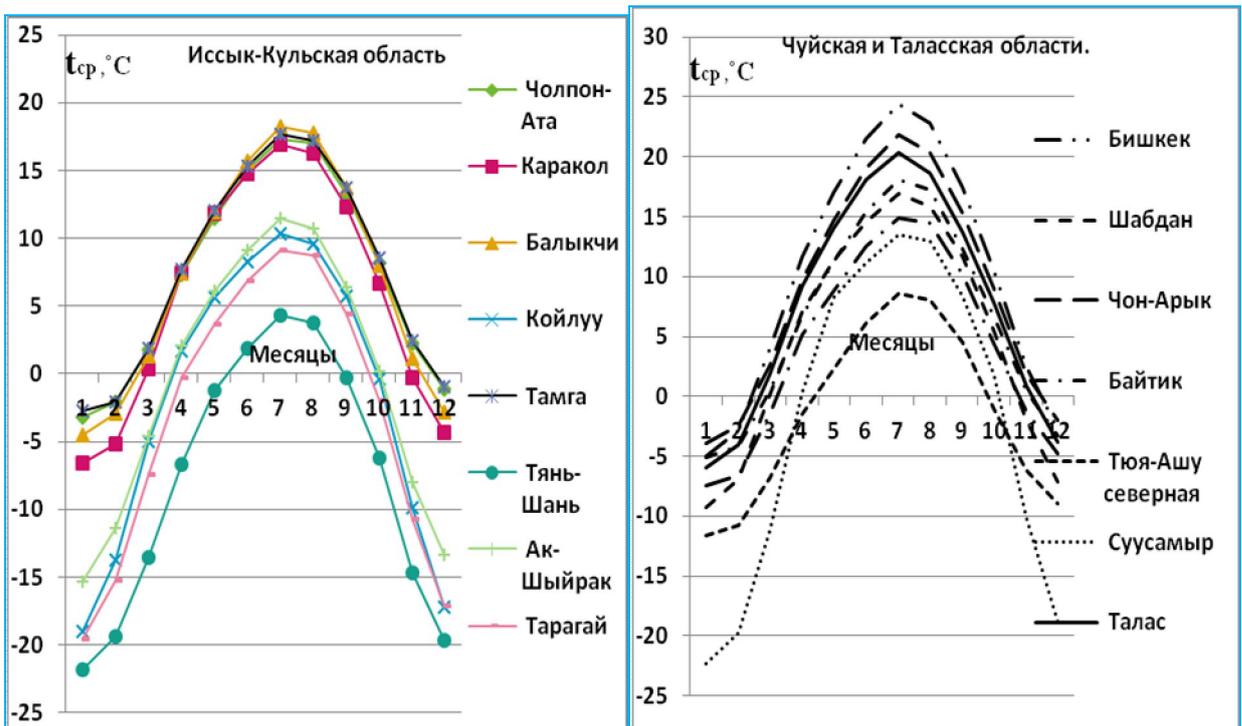


Рис. 3.4. Графики относительной влажности по регионам страны с учетом данных метеостанций



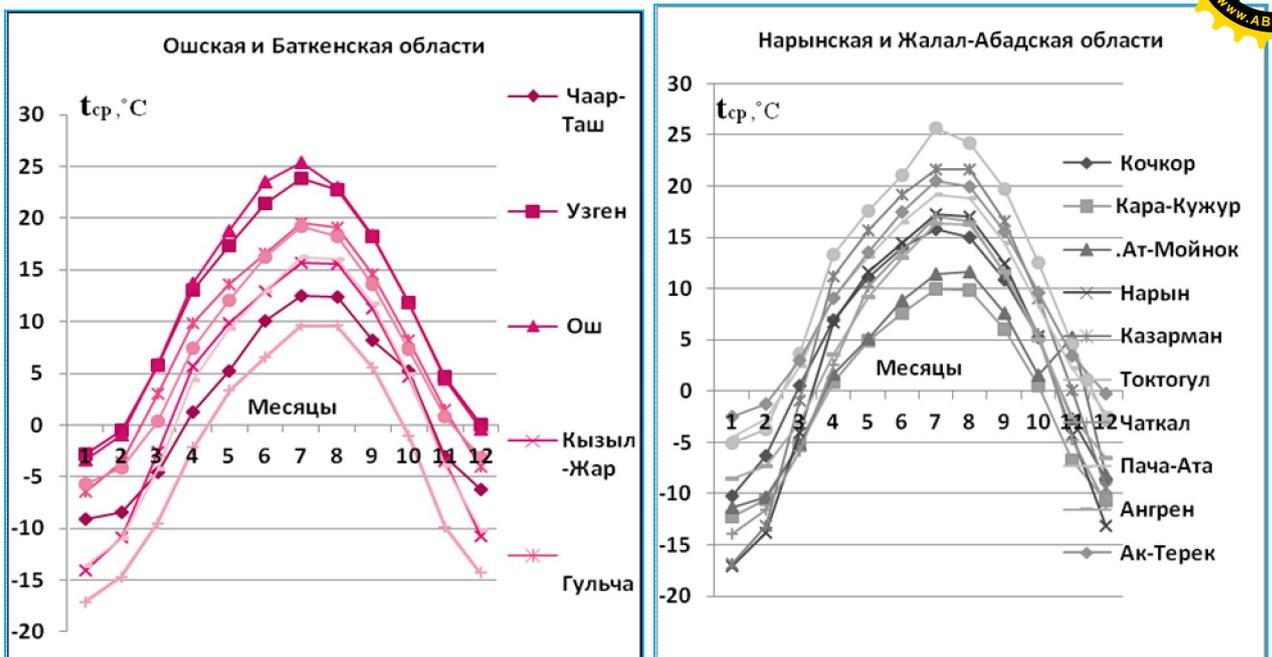
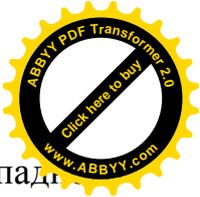


Рис. 3.5. Средние по месяцам температуры регионов Кыргызской Республики

Наиболее тёплыми месяцами в Кыргызстане являются июль и август. В это время различия в температуре между отдельными районами невелики и зависят, в основном, от широты местности. Например, в низовьях Чуйской долины и в Кетмен-Тюбенской котловине, разделённых значительным расстоянием и высокими горными хребтами, температурные условия летних месяцев весьма близки. Юго-Западный Кыргызстан имеет в общем более высокую температуру по сравнению с северным Кыргызстаном. Абсолютные максимум температуры (43-44°C) отмечены на севере Чуйской долины и в предгорьях Ферганского хребта. В среднегорье летом дневные температуры не превышают 20°C, высоко в горах они близки к 0°C, ночью - отрицательные температуры. Средняя месячная температура июля в Кыргызстане меняется от 25-27°C (предгорья Ферганской долины) до 4°C (на высоте 3600 м, Центральный Тенир-Тоо). В январе разница в средней месячной температуре между отдельными районами на одной и той же высоте достигает 15°C, т.к. сказывается влияние особенностей рельефа. Наиболее низкие температуры воздуха зимой наблюдаются в высокогорных котловинах и замкнутых долинах (Ак-Сайская, Арпинская, Суусамырская и др.). Более высокие температуры -



10... -20°C отмечаются во внутреннем Тенир-Тоо и ряде долин Юго-Запада Кыргызстана. В долинах Северного Кыргызстана (Таласская, Чуйская, Кеминская и на окружающих склонах Ысык-Кульской котловины) среднемесячные температуры составляют -5...-9°C. Наиболее высокие зимние температуры наблюдаются в Приферганье и центральной части Приысыккулья (-2... -4°C). Период со средней суточной температурой выше 0°C продолжается от 130 дней в высокогорье до 250-310 дней в низкогорных районах. Период с температурой выше 10°C на одинаковых высотах имеет различную продолжительность. Наибольшая продолжительность отмечается на склонах хребтов, обрамляющих Ферганскую долину, наименьшая - во внутреннем Тенир-Тоо, в предгорьях и горах Северного Кыргызстана (Таласская, Чуйская и Кеминская долины) [100].

3.1.3. Анализ ветровых параметров

Ветер - перемещение воздуха, вызванное неравномерным распределением атмосферного давления на земной поверхности, вследствие неодинакового нагрева подстилающей поверхности. Движение воздуха происходит в направлении от высокого давления к низкому. Чем больше разность давления воздуха, тем больше скорость ветра [73].

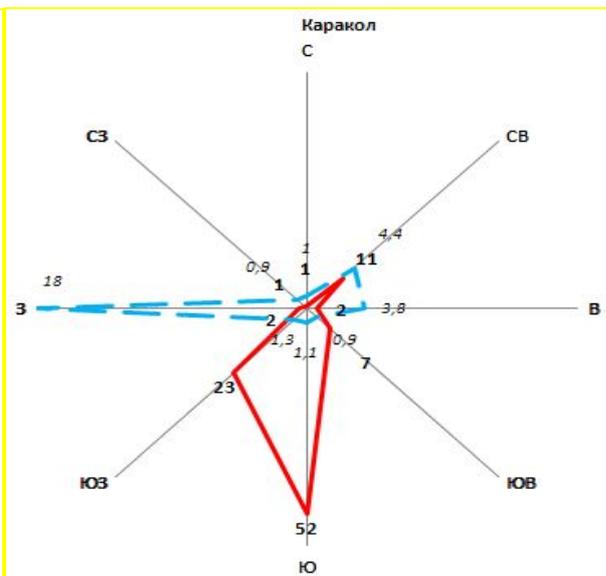
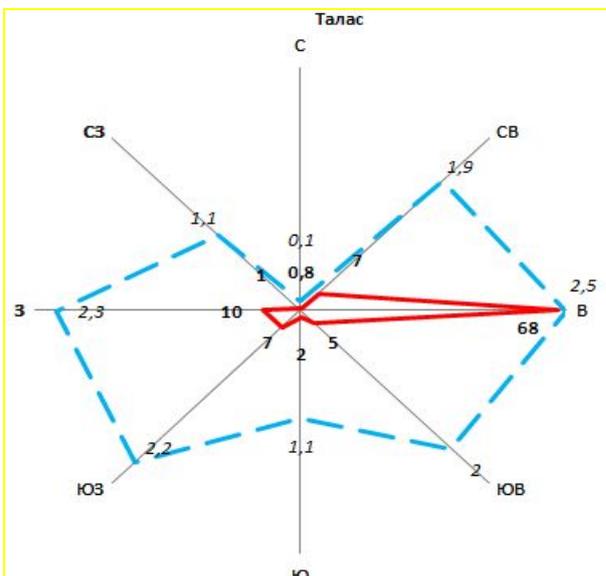
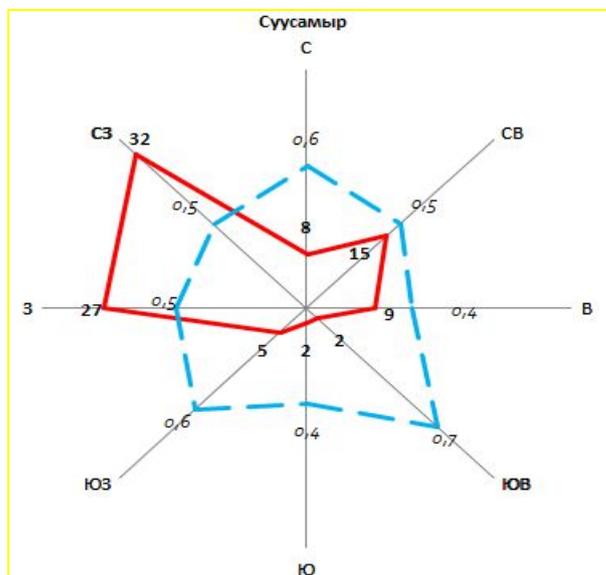
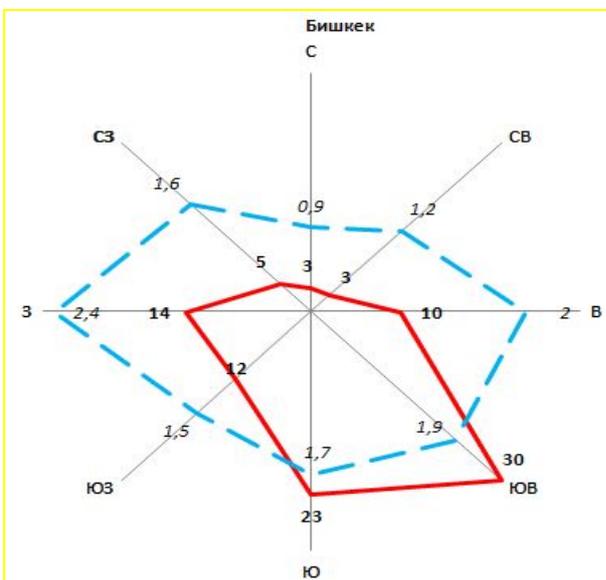
Критериями измерения ветра являются скорость ветра, измеряемая в м/с, и направление, обычно горизонтальная составляющая воздушного потока. В качестве направления ветра принимают ту часть горизонта (румб), от которой движется воздушный поток.

Направление ветра сокращенно записывается начальными буквами, соответствующими сторонам света; для промежуточных румбов применяют сочетания начальных букв, например: юго-юго-восток (ЮЮВ), северо-запад (СЗ) и т. д.

Многолетние данные о ветровом режиме в той или иной местности, которыми оценивается ее ветровой климат, принято изображать в виде «розы ветров». В зависимости от длительности периода действия различают годовую,

сезонную и месячную розы ветров. Наряду с розами ветров, характеризующими направление ветра, применяют розу ветров по повторяемости направления ветров, а также скорости ветра [37].

Повторяемость ветров характеризуется вероятностью ветров того или иного направления (обычно по 8-румбовой шкале). Роза по скорости строится на основе средних скоростей ветра за год, сезон, месяц в произвольном масштабе. Схемы розы ветров по направлению, повторяемости и скорости ветра по данным некоторых метеостанций Кыргызской Республики приводятся на рис. 3.6 [47].



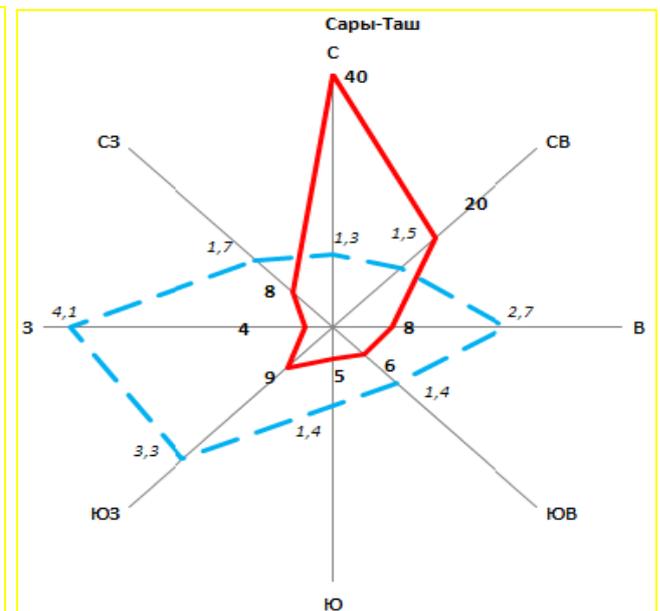
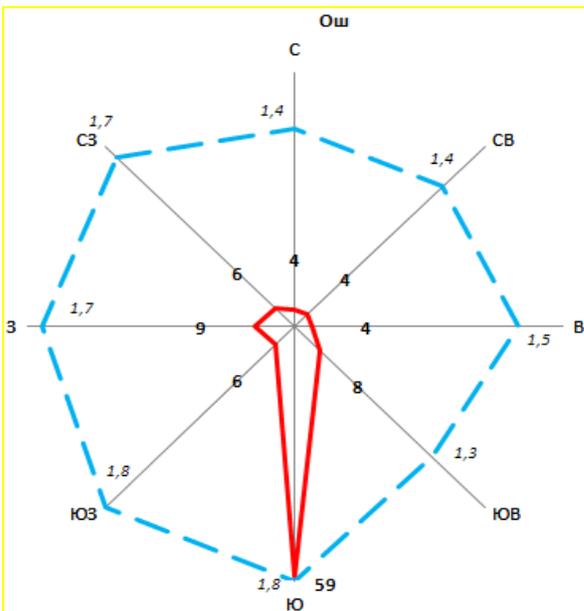
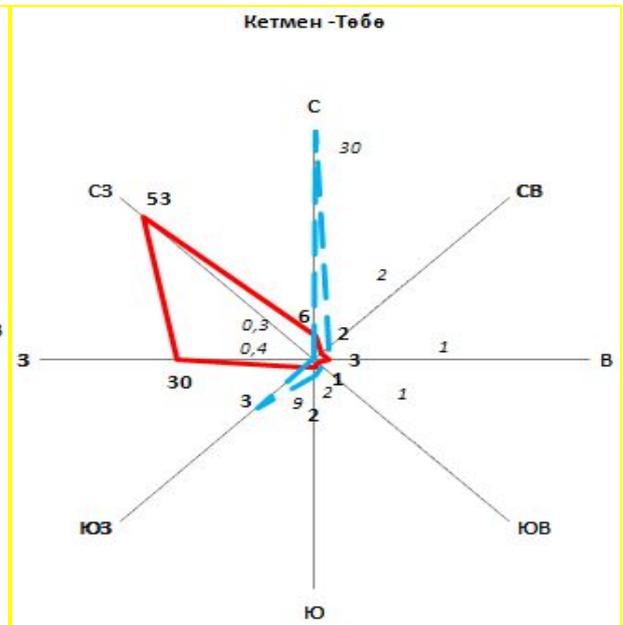
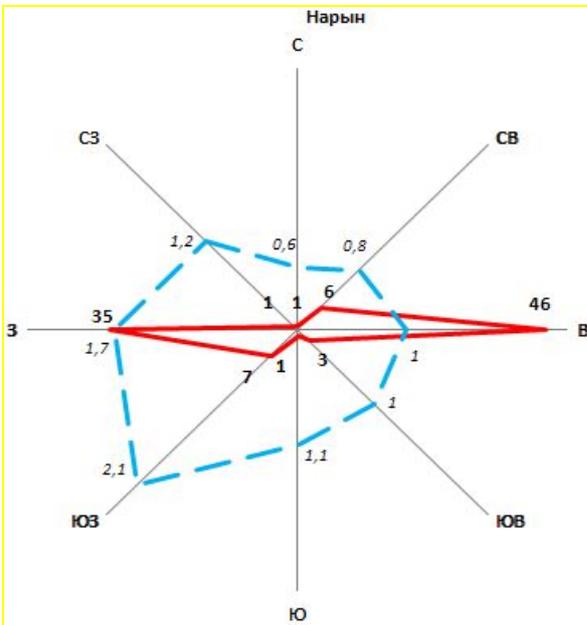
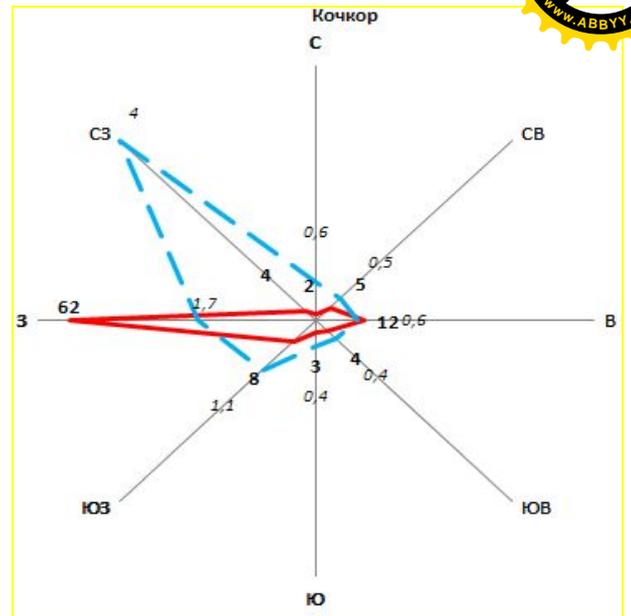
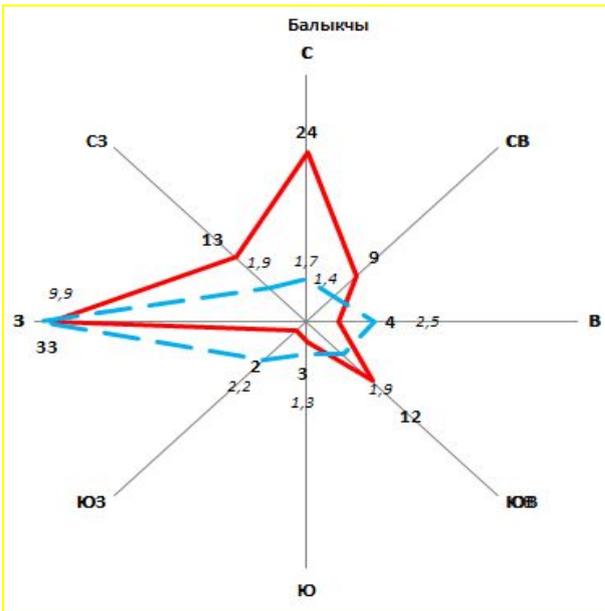




Рис. 3.6. Роза ветров местностей Кыргызской Республики (_____ - роза ветров по повторяемости направления ветра, %, _____ - роза ветров по скорости, м/с)

В соответствии с научными исследованиями допустимые скорости ветра, обеспечивающие тепловое самочувствие человека при разных температурах, рекомендуется принимать по табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Гигиенически допускаемая скорость ветра в зимние месяцы

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с			
	до 2	2-3	3-5	более 5
От -20 до -30	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно	Плохо

В результате разности давления воздуха, возникающей при воздействии ветра на здание, происходит инфильтрация воздуха в помещение (особенно интенсивная через остекленные поверхности) и осуществляется его проветривание [47].

3.1.4. Анализ солнечной радиации

Количество тепла, поступающего от солнечной радиации, зависит от географической широты, высоты местности, состояния атмосферы и подстилающего слоя, расположения поверхности и ее ориентации по сторонам света [38].

Для определения прямой и рассеянной радиации используются усредненные данные многолетних наблюдений метеостанций. Они характеризуют наиболее вероятные поступления радиации с учетом облачности и типичного состояния атмосферы над районом. Подробные сведения о поступлении солнечной радиации см. в СНиП Кыргызской Республики 23-02-00 «Строительная климатология». Приход тепловой и ультрафиолетовой радиации на горизонтальную поверхность для некоторых местностей Кыргызской Республики приведен на рис. 3.7, где, I_{av} - среднее значение



суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), принимаемой в соответствии со СНиП КР 23-02:2009. Данные выбирают для наружных стен - как для вертикальной поверхности, для покрытий - как для горизонтальной поверхности [38].

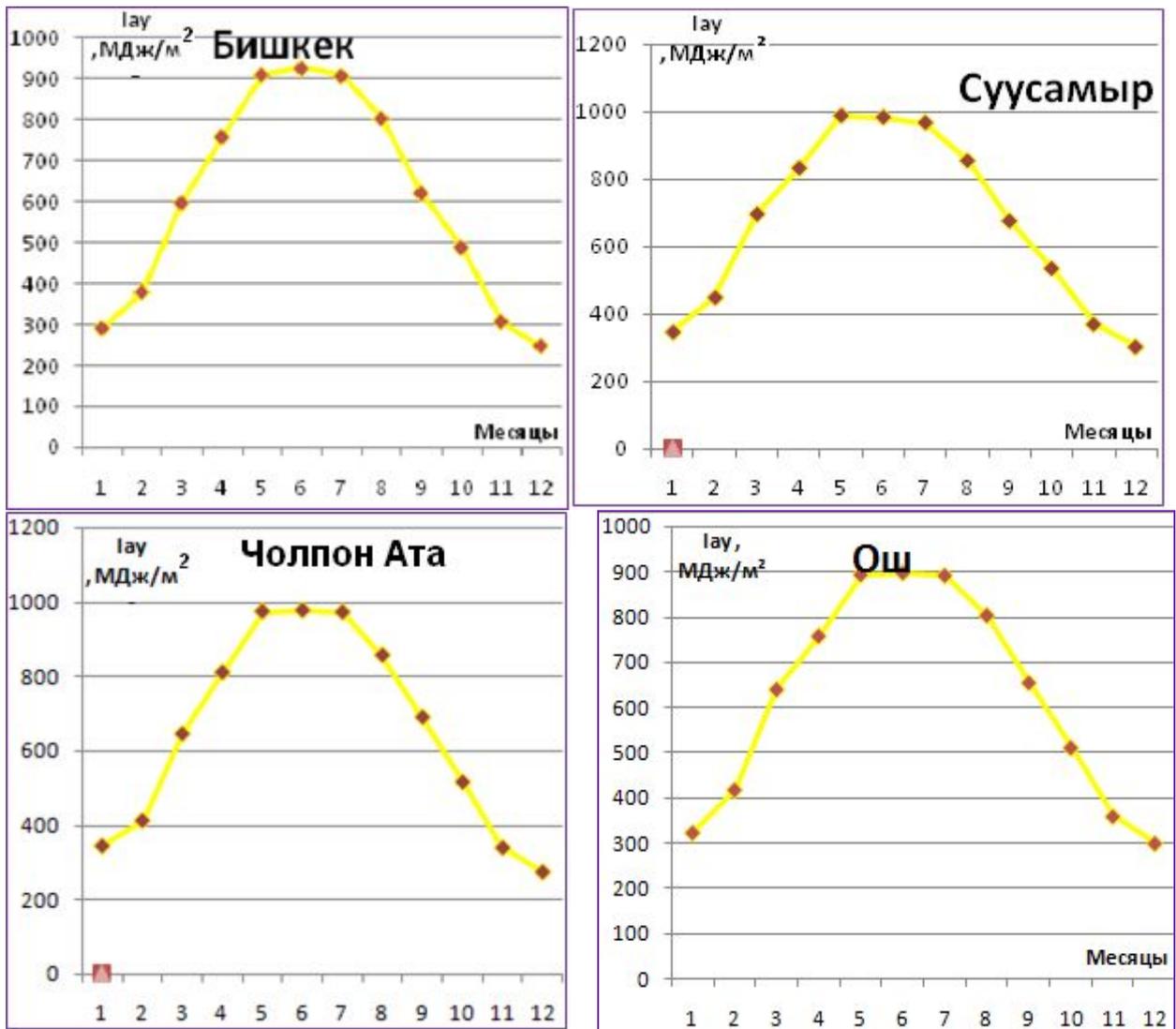


Рис. 3.7. Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при безоблачном небе за каждый месяц года для некоторых местностей Кыргызстана

Большому притоку солнечной радиации на территории Кыргызстана способствует сравнительно южное положение страны (около 40°с.ш.), определяющее значительную высоту Солнца. Значительному притоку солнечной энергии способствует общая приподнятость территории и большое



количество солнечных дней. Астрономическая продолжительность самого длинного дня на территории республики, в среднем, составляет 15 часов, а наиболее короткого - 9 часов. В зависимости от местных условий, облачности и состояния закрытости горизонта действительная продолжительность солнечного сияния в отдельных районах может существенно отличаться от теоретически возможной. В долине Чон-Кызыл-Суу годовая продолжительность солнечного сияния 1698 часов, на перевале Долон - 2655 часов. Продолжительность солнечного сияния зависит от облачности и условий её формирования. Среднегодовая продолжительность солнечного сияния на Караколской гидрометеостанции, которая расположена во Внутреннем Тенир-Тоо - 2965 часов; на гидрометеостанции Сары-Таш, находящейся на 100 м выше и южнее - 2595 часов. В Западном Приысыккулье, где в холодное время года наблюдается преимущественно ясная погода, продолжительность солнечного сияния значительно больше (2881 часов, Балыкчы), чем в Восточном (2670 часов, Каракол).

На территории Кыргызстана наибольшая повторяемость пасмурного состояния неба наблюдается зимой и в начале весны (до 70%). Повторяемость пасмурного неба в тёплом периоде в Таласской и Чуйской долинах составляет 25-30%, в Приысыккулье и Внутреннем Тенир-Тоо - 40- 50%. В Приферганье в это время бывает наименьшая повторяемость пасмурного неба и составляет 10-20% [100].

3.1.5. Климатическое районирование территории Кыргызстана

Учитывая поведенные анализы можно констатировать, что на территории Кыргызстана, в целом, характерно наличие ярко выраженных сезонов года.

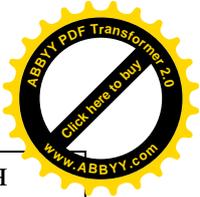
Для учета при проектировании (особенно теплотехническом) температурных и влажностных характеристик климата в нормы проектирования жилых зданий введено климатическое районирование территории [74]. Климатическое районирование производится на достоверной основе результатов многолетних измерений метеорологических элементов



климата. Эти данные используются для определения типологических требований к проектированию населенных пунктов, генеральных планов промышленных предприятий и типовых зданий. В соответствии с этими характеристиками и по данным сети станций гидрометеорологической службы Кыргызской Республики можно составить климатическое районирования населенных пунктов страны (табл. 3.2.).

Таблица 3.2 - Климатическое районирование для строительства

Административная единица, пункт	Климатический район	Климатический подрайон	Зона по степени
Чуйская область			
Бишкек *	III	III Б	сухая
Шабдан	II	II В	сухая
Байтик	II	II В	нормальн
Суусамыр **	I	I В	сухая
Таласская область			
Талас *	II	II В	сухая
Ак-Таш	II	II В	сухая
Иссык-Кульская область			
Чолпон-Ата	II	II В	сухая
Каракол	II	II В	сухая
Балыкчи	II	II Б	сухая
Тянь-Шань **	I	I А	сухая
Тарагай *	I	I Г	сухая
Нарынская область			
Кочкор	II	II В	сухая
Кара-Кужур	II	II В	сухая
Нарын	I	I В	сухая
Жалал-Абадская область			
Казарман *	III	III А	сухая
Чаткал *	II	II В	сухая
Токтогул	III	III А	сухая
Пача-Ата	II	II В	нормальн
Рават	II	II В	сухая
Ак-Терек	III	III Б	нормальн
Ошская и Баткенская области			
Узген	III	III Б	сухая



Ош	IV	IV Г	сухая
Кызыл-Жар *	II	II Г	сухая
Хайдаркан	II	II В	сухая
Сары-Таш *	I	I В	сухая
Дароот-Коргон *	II	II В	сухая

Примечание: Населенный пункт, обозначенный * относится к климатической зоне с наименее суровыми условиями, а ** - с суровыми условиями.

Далее, учитывая вышеуказанные исследования, составляем базу данных, необходимых для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций проектируемых и реконструируемых зданий.

Несмотря на относительно большое количество метеорологических станций в справочных материалах климатические параметры в наиболее полном объеме приведены только для небольшого количества метеорологических станций Кыргызстана (в основном для Бишкека, Нарына, Каракола и Оша).

А для более точных расчетов необходима более подробная информация, т.к. климат отличается не только в рамках определенного региона, но и иногда в пределах одного района (например, с. Кара-Кулжа и с. Кызыл-Жар Кара-Кулжинского района Ошской области).

Для этого необходимо будет дополнить базу для других населенных пунктов с применением математического аппарата, физических особенностей климатических параметров и климатических данных, близко расположенных и примерно одинаковых по погоде населенных пунктов.

За основу составления перечня населенных пунктов берем приложения Б СНиП КР 23-02-00. На этой таблице указаны координаты и высоты над уровнем моря действующих 26 метеорологических станций расположенных на территории Кыргызской Республики.



3.2. Анализ и выбор методов аппроксимации климатических

данных

В настоящее время задача аппроксимации является актуальной темой практически для каждого технического исследования. От выбора вида аппроксимации в существенной мере зависят количественные характеристики и качественные свойства описания изучаемых объектов.

Аппроксимация - замена одних математических объектов другими, в том или ином смысле близкими к исходным. Аппроксимация позволяет исследовать числовые характеристики или качественные свойства объекта, сводя задачу к изучению более простых или удобных объектов (например, таких, характеристики которых легко вычисляются или свойства которых уже известны) [14].

Условно аппроксимацию можно разделить на два вида :

- строгая теория математической аппроксимации;
- физическая (техническая) аппроксимация.

Строгая теория математической аппроксимации включает в себя следующие методы аппроксимации [14]:

- полиномами (многочленами);
- сплайнами;
- отрезками ряда Фурье;
- полиномами по ортогональным многочленам;
- собственными функциями краевых задач.

Менее строгая аппроксимация - физическая (техническая) аппроксимация или математическая модель физического явления, процесса (физической модели), технического устройства (его характеристик), сигнала (его параметров), среды, материи и т. п. Физическая (техническая) аппроксимация включает в себя множество способов аппроксимации и аппроксимирующих функций, выбираемых исходя из конкретно поставленной физической (технической) задачи [14].



С помощью физической (технической) аппроксимации операции решается широкий круг задач, актуальных на данный момент времени, связанных с конкретными проблемами и вопросами прикладного (технического) характера [14].

Таким образом, условно можно сравнить строгую теорию математической аппроксимации с «общим», а физическую (техническую) аппроксимацию - с «частным». Приведем очевидные требования, предъявляемые к аппроксимирующей функции для технического вида аппроксимации [14].

Как правило, характеристики многих сложных процессов и явлений получают экспериментально, гораздо реже удается найти их из теоретического анализа. Для изучения процессов, необходимо, прежде всего, отобразить характеристики в математической форме, пригодной для расчетов. Простым и весьма точным способом может явиться представление характеристики в виде таблицы. Этот способ удобен для анализа процессов с помощью ЭВМ, аргументы и функция образуют в запоминающем устройстве массив чисел. В ряде случаев характеристики реальных процессов и явлений имеют сложный вид и представляются в виде графиков [14].

Очень часто непосредственное применение экспериментальных данных в форме таблиц или графиков оказывается неудобным, и данные стремятся описать с помощью достаточно простых аналитических соотношений, хотя бы качественно отражающих характер рассматриваемых зависимостей. В данном случае необходимо решить задачу аппроксимации, т. е. заменить сложную функцию (построенную по экспериментальным данным) приближенными аналитическими выражениями [14].

Таким образом, функцию, аппроксимирующую какую-либо характеристику, выбирают либо, исходя из физических представлений об изучаемом процессе, либо чисто формально, основываясь на внешнем сходстве характеристики с графическим изображением той или иной функции [14].



В технике для аппроксимации характеристик наиболее часто используются следующие функции:

- степенной полином (степенная или полиномиальная аппроксимация);
- экспоненциальный полином (частным случаем которого является показательная или экспоненциальная аппроксимация);
- кусочно-линейная функция (аппроксимация);
- кусочно-нелинейная функция (аппроксимация);
- степенная функция;
- трансцендентные функции (гиперболический тангенс и синус, функция Гаусса, тригонометрические функции и др.) [14].

В связи с тем, что характеристики различных реализаций (ансамбля реализаций) процесса отличаются друг от друга за счет разброса параметров по реализациям и погрешности измерений, нецелесообразно стремиться получить аппроксимирующие выражения, точность которых значительно превышает точность определения отдельных параметров и пределы их разброса по ансамблю реализаций [14].

Определение коэффициентов аппроксимации тесно связано с требуемой точностью. Точность определяется критериями приближения, обычно применяют критерии равномерного, среднеквадратичного и интерполяционного (точечного приближений). Если число заданных точек превышает число определяемых коэффициентов аппроксимации, то можно использовать метод наименьших квадратов, при котором среднеквадратичная ошибка минимальна. Метод наименьших квадратов применяется, когда необходима высокая точность аппроксимации, требует громоздких вычислений, но имеет конструктивный подход для аналитического определения коэффициентов модели (аппроксимации) [14].

Одним из основных типов аппроксимации является интерполирование. Оно состоит в следующем: для данной функции $y = f(x)$ строят *интерполирующую функцию* $\varphi(x)$ [например, многочлен (рис. 3.8)], принимающую в заданных точках x_i , те же значения y_i , что и функция $f(x)$, т.е.



$$\varphi(x_i) = y_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (3.1)$$

При этом предполагается, что среди значений x_i нет одинаковых, т.е. $x_i \neq x_k$ при $i \neq k$. Точки x_i называются узлами интерполяции. Как правило, интерполирование используется для аппроксимации функции в промежуточных точках между крайними узлами интерполяции, т.е. при $x_0 < x << x_n$.

В этом случае, близость интерполирующей функции к заданной функции состоит в том, что их значения совпадают на заданной системе точек (точечная аппроксимация).

На рис. 3.8. показаны качественные графики интерполяционной функции (сплошная линия) и результаты среднеквадратичного приближения (пунктирная линия). Точками отмечены табличные значения функции $f(x)$ [73].

Следует отметить, что для определения климатических параметров в условиях Кыргызстана очень удобно интерполирование вследствие неполноценной изученности этих параметров в прошлом.

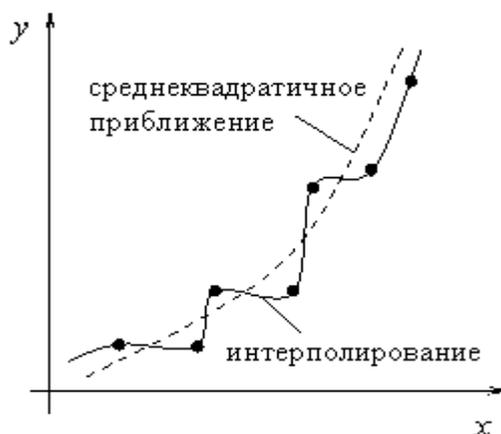


Рис. 3.8. Точечная аппроксимация

В дальнейшем на основе интерполирования на компьютере будем находить недостающих элементов таблиц климатических параметров для определенной местности [31].



3.3. Построение и аппроксимация графиков, составление таблиц климатических параметров для теплотехнических расчетов тепловой защиты зданий

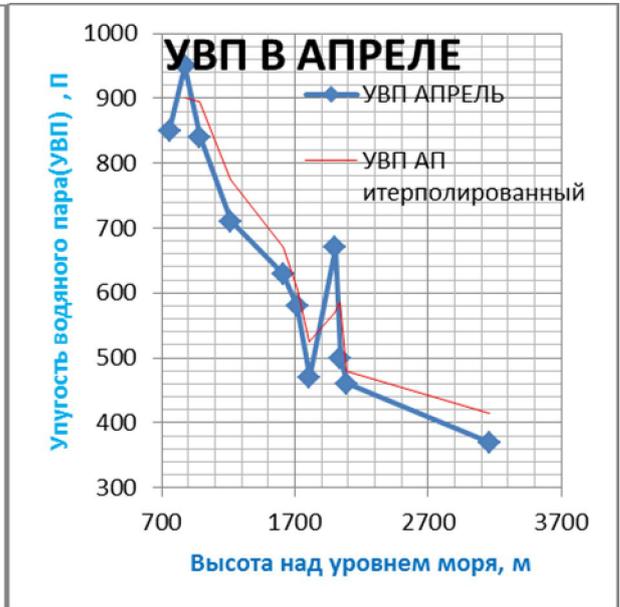
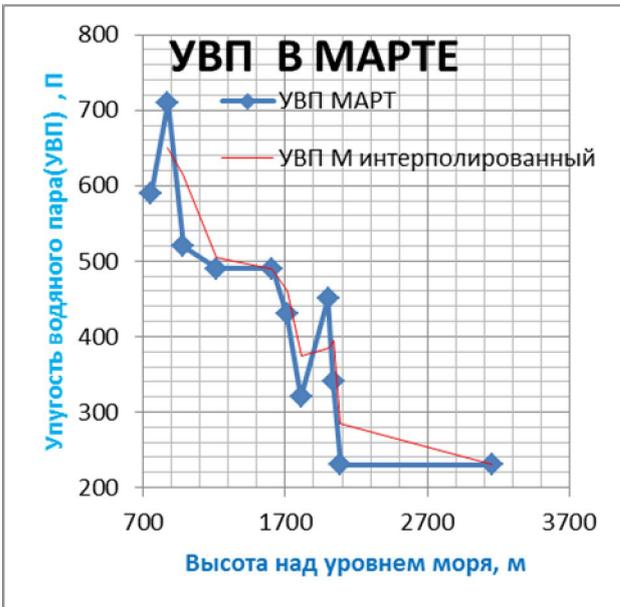
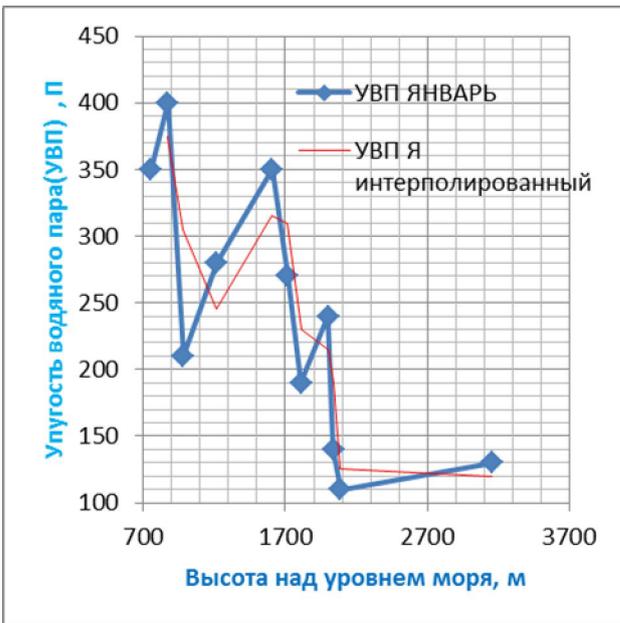
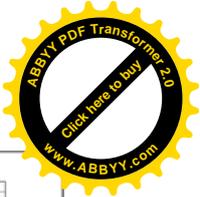
3.3.1. Упругость водяного пара

Здесь и далее выберем наиболее полную информацию из различных источников невзирая на срок давности т.к. влияния времени несущественны. В качестве базового для этого параметра берем данные из СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» прил. 3 - Влажность наружного воздуха. Осадки [79]. На этом документе указаны упругости водяного пара для 11 метеостанций нашей страны (таб. 3.3).

Таблица 3.3 - Упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па

НП	Высота, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Бишкек	756	350	400	590	850	1100	1270	1320	1190	880	660	490	310
Ош	873,8	400	510	710	950	1170	1230	1400	1400	1060	790	590	460
Токтогул	983	210	250	520	840	1190	1380	1490	1270	900	700	490	310
Талас	1217	280	340	490	710	940	1100	1180	1030	730	560	400	310
Чолпон Ата	1609	350	390	490	630	870	1090	1300	1280	980	710	470	380
Каракол	1714	270	300	430	580	790	1000	1170	1130	840	580	390	300
Кочкор	1810,3	190	230	320	470	690	860	1040	960	660	430	290	200
Айдаркен	2000	240	280	450	670	850	920	960	840	620	490	370	280
Нарын	2039	140	190	340	500	680	820	890	810	570	420	290	180
Суусамыр	2087	110	130	230	460	660	820	890	770	550	410	240	140
Сары Таш	3158,2	130	160	230	370	520	600	670	600	430	300	200	150

На основе этой таблицы строим графики зависимости упругости водяного пара от высоты местности над уровнем моря по каждому месяцу (рис. 3.9).



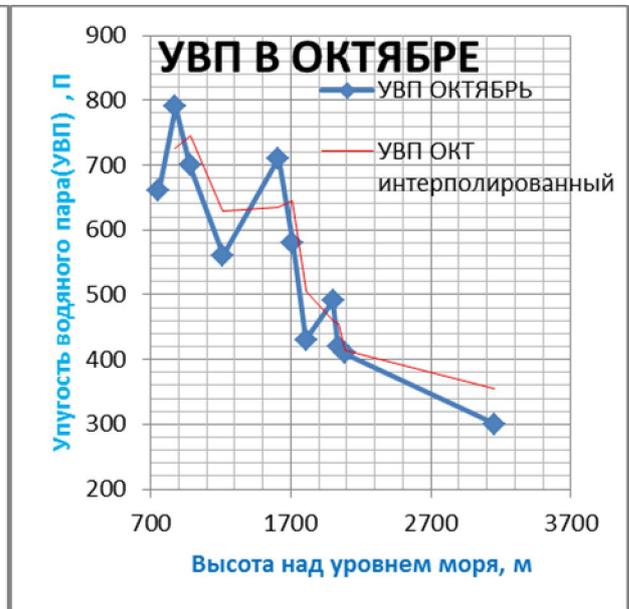
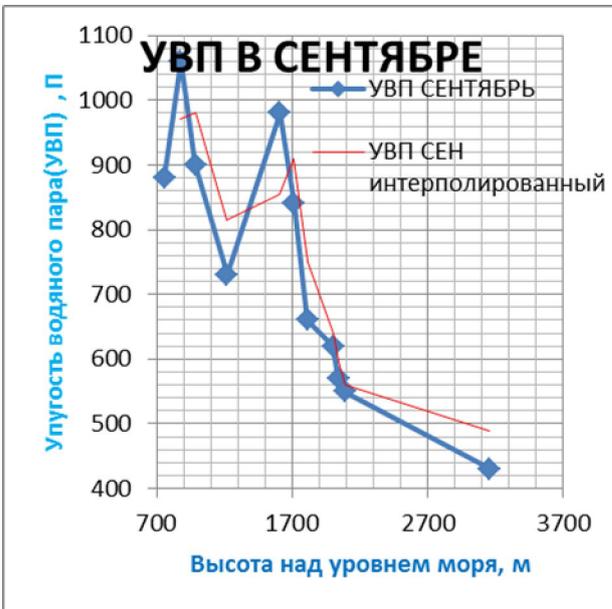
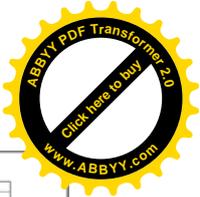




Рис. 3.9. Упругости водяного пара наружного воздуха за годовой период

В результате аппроксимации и произведения необходимых отсчетов (измерений по графику) получим для 26 местностей Кыргызстана следующую таблицу (таб. 3.4).

Таблица 3.4 - Средняя упругость водяного пара за годовой период, Па

1	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Бишкек	350	400	590	850	1100	127	1320	1190	880	660	490	310
Шабдан	340	370	490	650	880	1090	1260	1240	940	670	455	360
Байтик	345	375	490	640	870	1085	1270	1230	925	650	450	350
Суусамыр	110	130	230	460	660	820	890	770	550	410	240	140
Талас	280	340	490	710	940	1100	1180	1030	730	560	400	310
Ак-Таш	125	150	240	440	640	750	860	730	530	390	240	140
Чолпон-Ата	350	390	490	630	870	1090	1300	1280	980	710	470	380
Каракол	270	300	430	580	790	1000	1170	1130	840	580	390	300
Балыкчи	300	340	450	620	850	1040	1260	1250	900	630	420	330
Тянь-Шань	90	100	160	320	450	565	630	600	410	250	140	110
Тарагай	140	150	235	435	550	640	710	610	450	320	210	150
Кочкор	190	230	320	470	690	860	1040	960	660	430	290	200
Кара-Кужур	130	145	230	400	565	650	700	630	460	340	220	150
Нарын	140	190	340	500	680	820	890	810	570	420	290	180
Казарман	290	350	470	690	920	1100	1200	1060	750	590	410	320
Чаткал	220	260	400	640	840	900	1000	850	620	480	340	250
Токтогул	350	440	580	830	1060	1165	1280	1240	900	690	500	370
Пача-Ата	320	370	490	650	870	1090	1250	1210	910	660	450	350
Рават	120	140	230	430	610	750	810	740	520	370	230	150
Ак-Терек	250	270	380	550	765	940	1110	1080	750	510	350	255
Узген	340	420	600	635	1050	1160	1270	1250	880	680	500	360
Ош	40	51	710	950	1170	123	140	140	106	79	59	460
Кызыл-Жар	12	14	240	430	635	750	800	720	530	36	23	150
Хайдаркан	24	28	450	670	850	920	960	840	620	49	37	280
Сары Таш	13	16	230	370	520	600	670	600	430	30	20	150
Дароот-Коргон	11	13	225	410	590	700	760	690	500	35	22	150

3.3.2. Максимальная суточная амплитуда колебаний температуры воздуха в июле

Амплитуда колебаний температур (А) – эта разница между наивысшей и самой низкой температурами воздуха.

На суточные амплитуды колебаний температур влияет характер земной поверхности (ее называют подстилающей). Например, над океанами амплитуда



составляет лишь 1-2 °С, над степями - 15-20 °С, а в пустынях достигает 30

При облачной погоде суточные амплитуды уменьшаются.

Годовые амплитуды колебания температуры воздуха зависят главным образом от широты места: они меньше у экватора (1°С), значительно больше в средних широтах. На одной и той же широте, чем дальше от океана, тем выше годовая амплитуда. Не менее важной для этой величины является и высота над уровнем моря.

В качестве базового берем таблицы СНиП КР 23-101:2009 Приложение Е - Средняя и максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха, СНиП 2.01.01-82 Приложение 2 – Средняя и максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха. На основе их данных строим следующую таблицу [78] (таб. 3.5).

Таблица 3.5 - Максимальная амплитуда температуры наружного воздуха в июле

Населенный пункт	Айдаркен	Сары Таш	Ош	Нарын	Токтогул	Суусамыр	Кочкор	Каракол	Талас	Чолпон Ата	Бишкек
$A_t, ^\circ\text{C}$	20,1	20,1	20,8	22,1	19,4	19,7	21,1	21,3	20,3	17,2	23,2
С.ш.град.м	39°5	39°4	40°3	41°2	41°5	42°0	42°1	42°3	42°3	42°3	42°5
Высота, м	2000	3158,	873,	2039	983	2082	1810,	1714	1217	1609	756

Строим графики по данным этой таблицы (рис. 3.10, рис. 3.11).

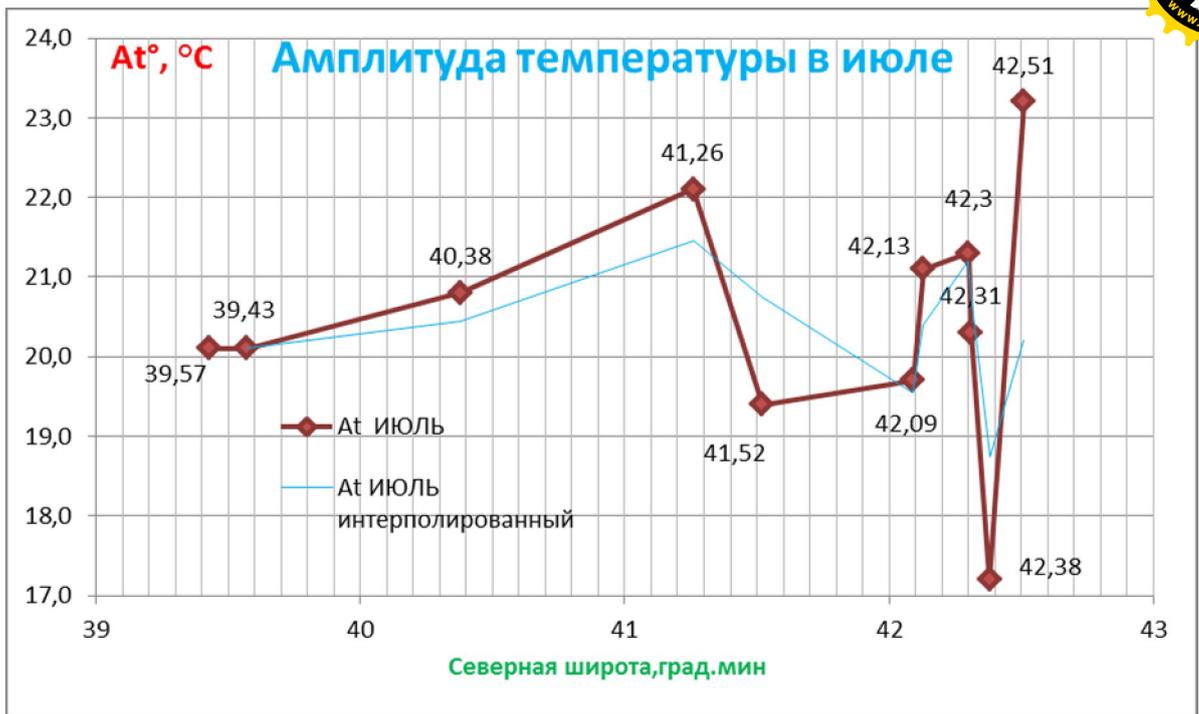


Рис. 3.10. Максимальная амплитуда температуры наружного воздуха в июле в зависимости от широты местности.

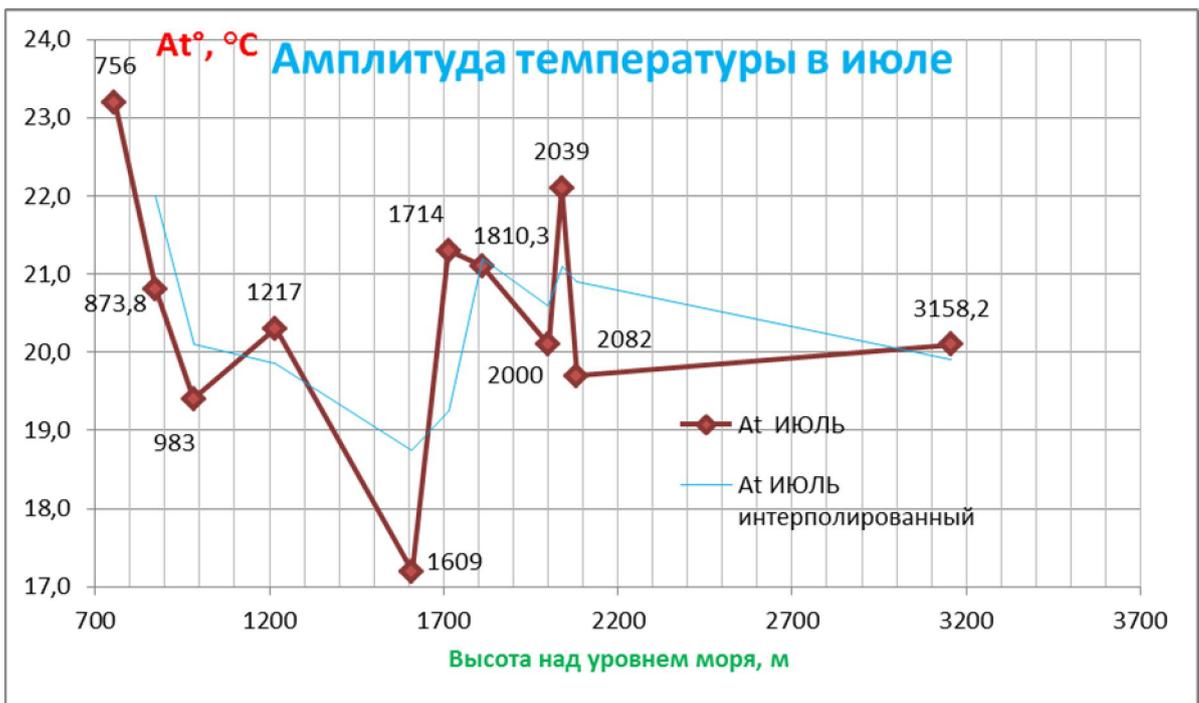


Рис. 3.11. Максимальная амплитуда температуры наружного воздуха в июле в зависимости от высоты над уровнем моря

В результате соответствующего интерполирования (полиномиальная и линейная фильтрация) и произведения отсчета по обеим графикам и



усреднения этих данных с достаточным приближением составляются следующие таблицы (таб. 3.6, таб. 3.7).

Таблица 3.6 - Отсчетные и средние значения максимальной амплитуды температуры наружного воздуха по местностям

А _с , °С среднее	А _в , °С по высоте	А _ш , °С по широте	Нас. пункт
23,2	23,2	23,2	Бишкек
20	19	21	Шабдан
18,4	18,8	18	Байтик
19,7	19,7	19,7	Суусамыр
20,3	20,3	20,3	Талас
21,2	21	21,3	Ак-Таш
17,2	17,2	17,2	Чолпон-Ата
21,3	21,3	21,3	Каракол
20	19	21	Балыкчи
19,5	19,5	19,6	Тянь-Шань
20,3	20	20,7	Тарагай
21,1	21,1	21,1	Кочкор
19,8	20,2	19,4	Кара-Кужур
22,1	22,1	22,1	Нарын
20,9	19,9	22	Казарман
20,2	20,8	19,5	Чаткал
19,4	19,4	19,4	Токтогул
20	19,2	20,8	Пача-Ата
20,5	20,5	20,5	Раваг
20,6	19,7	21,5	Ак-Терек
20,6	20	21,2	Узген
20,8	20,8	20,8	Ош
20,6	20,8	20,5	Кызыл-Жар
20,1	20,1	20,1	Хайдаркан
20,1	20,1	20,1	Сары-Таш
20,2	20,5	19,8	Дароот-Коргон

Таблица 3.7 - Максимальная суточная амплитуда колебаний температуры воздуха в июле

А _с , °С	Нас. пункт
23,2	Бишкек
20	Шабдан
18,4	Байтик
19,7	Суусамыр
20,3	Талас
21,2	Ак-Таш
17,2	Чолпон-Ата
21,3	Каракол
20	Балыкчи
19,5	Тянь-Шань
20,3	Тарагай
21,1	Кочкор
19,8	Кара-Кужур
22,1	Нарын
20,9	Казарман
20,2	Чаткал
19,4	Токтогул
20	Пача-Ата
20,5	Раваг
20,6	Ак-Терек
20,6	Узген
20,8	Ош
20,6	Кызыл-Жар
20,1	Хайдаркан
20,1	Сары-Таш
20,2	Дароот-Коргон

3.3.3. Максимальная и средняя суммарная солнечная радиация для расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций

Максимальное и среднее значения солнечной суммарной радиации (прямой и рассеянной), принимаются согласно СП 23-101-2004 для наружных

стен - как для вертикальных поверхностей западной ориентации и покрытий - как для горизонтальной поверхности [79] (таб. 3.8).

Таблица 3.8 - Максимальная и средняя суммарная солнечная радиация, Вт/м²

Широта,град	Покрытие		Наружная стена	
	$I_{\max \text{ п}}$	$I_{\text{ав п}}$	$I_{\max \text{ с}}$	$I_{\text{ав с}}$
38	942	334	721	163
40	928	333	740	169
42	915	332	748	175
44	894	331	756	180

На основе этой таблицы строим диаграммы (рис. 3.12).

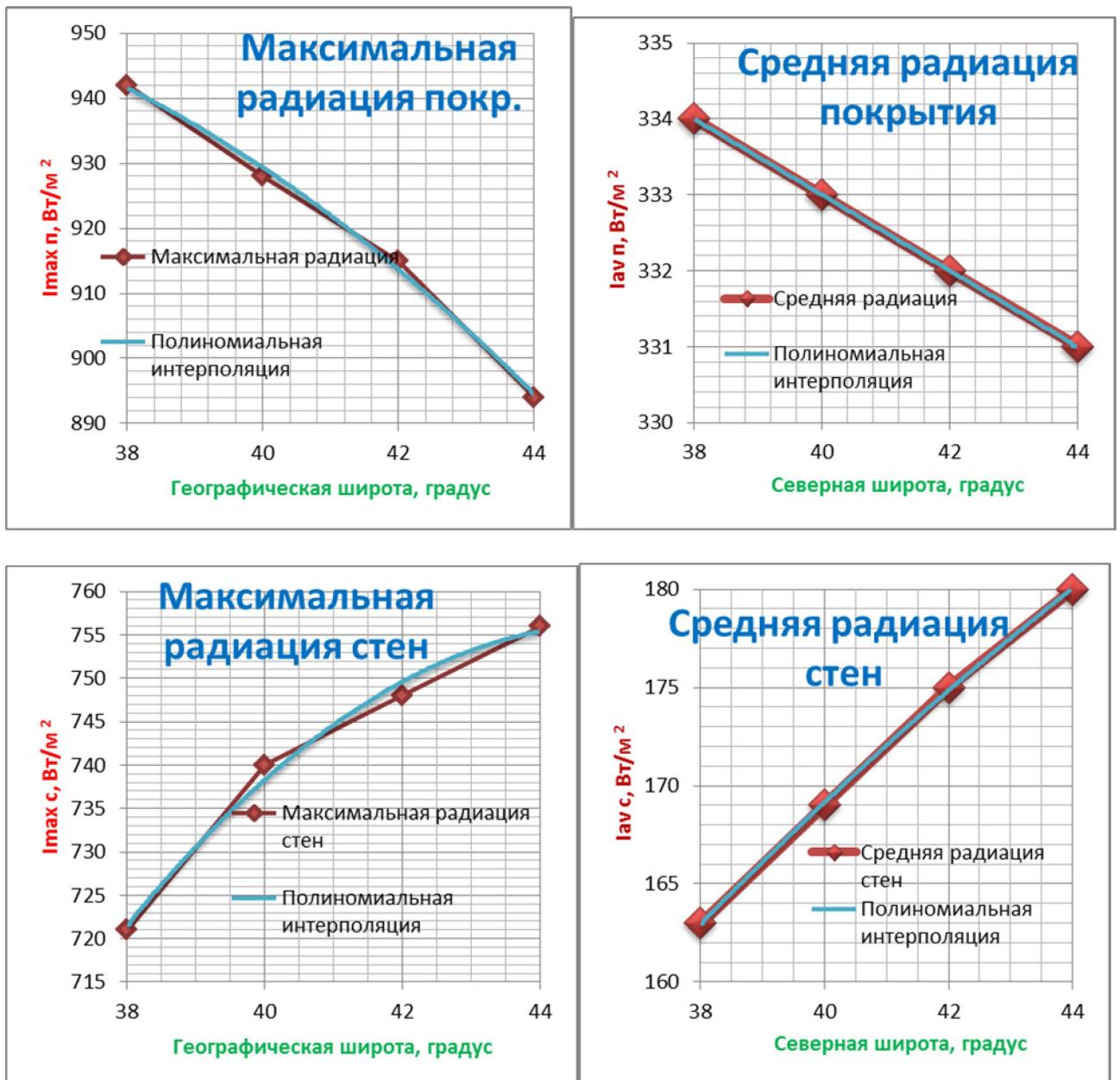


Рис. 3.12. Максимальная и средняя суммарная солнечная радиация для покрытий и стен



После полиномиального интерполирования и произведения соответствующего отсчета получим следующую таблицу для теплотехнических расчетов (таб. 3.9).

Таблица 3.9 - Максимальная и средняя суммарная солнечная радиация для покрытия и вертикальных стен, Вт/м²

Иавс	Имакс	Иавп	Имахп	НП
177	753	330	902	Бишкек
176	752	339	943	Шабдан
176	751	343	955	Байтик
175	749	358	994	Суусамыр
176	750	336	925	Талас
176	750	360	996	Ак-Таш
176	751	345	948	Чолпон-Ата
176	750	348	960	Каракол
176	750	346	957	Балыкчи
174	748	362	1036	Тянь-Шань
173	747	368	1029	Тарагай
175	749	351	973	Кочкор
174	748	367	1110	Кара-Кужур
173	747	357	994	Нарын
173	747	339	940	Казарман
174	748	354	972	Чаткал
174	748	333	926	Токтогул
173	747	342	938	Пача-Ата
173	747	364	1014	Раваг
172	746	350	975	Ак-Терек
171	744	336	933	Узген
171	743	334	926	Ош
170	741	363	1015	Кызыл-Жар
169	739	358	998	Хайдаркан
168	736	371	1044	Сары-Таш
167	734	366	1033	Дароот-Коргон

Для упрощения и удобства в использовании географические широты для населенных пунктов страны делим на следующие группы:

- 1- населенные пункты, находящиеся на широтах от 42°31' до 43°;
- 2- населенные пункты, расположенные на широтах от 42°01' до 42°30';
- 3- населенные пункты, расположенные на широтах от 41°31' до 42°;
- 4- населенные пункты, расположенные на широтах от 41°01' до 41°30';
- 5- населенные пункты, расположенные на широтах от 40°31' до 41°;
- 6 - населенные пункты, расположенные на широтах от 40°01' до 40°30';
- 7- населенные пункты, расположенные на широтах от 39°31' до 40°;
- 8- населенные пункты, расположенные на широтах от 39° до 39°30'.



В соответствии этой классификации, рассматриваемые населенные пункты определяем по группам (таб. 3.10).

Таблица 3.10 - Группировка населенных пунктов по географической широте

Насел. пункт	Шир., гр	№
Бишкек	42°51'	1
Шабдан	42°44'	1
Байтик	42°39'	1
Суусамыр	42°09'	2
Талас	42°31'	1
Ак-Таш	42°30'	2
Чолпон-Ата	42°38'	1
Каракол	42°30'	2
Балыкчи	42°28'	2
Тянь-Шань	41°55'	3
Тарагай	41°31'	3
Кочкор	42°13'	2
Кара-Кужур	41°56'	3
Нарын	41°26'	4
Казарман	41°24'	4
Чаткал	41°54'	3
Токтогул	41°52'	3
Пача-Ата	41°35'	3
Рават	41°33'	3
Ак-Терек	41°17'	4
Узген	40°46'	5
Ош	40°38'	5
Кызыл-Жар	40°19'	6
Хайдаркан	39°57'	7
Сары-Таш	39°43'	7
Дароот-Коргон	39°23'	8

3.3.4. Среднее суточное количество теплоты суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную и вертикальную поверхность для расчета теплопоступлений через ограждающие конструкции

Из-за отсутствия данных в республиканских нормативных документах в качестве основания берем данные для широт с 36 по 44 градусов из пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91 Таблица 8 [7] (таб. 3.11).

Таблица 3.11 - Среднесуточная поверхностная плотность потока солнечной радиации поступающей на поверхность различной ориентации, в июле, Вт/м²

Широта.град.	Ориентация					
	Горизонтальная	Северная	Южная	Юго-западная/ Юго-восточная	Северо-западная/ Северо-восточная	Восточная / Западная
1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
36	344	73	55	138	129	162
40	333	71	110	147	123	169
44	331	72	128	161	123	180

Применяя данные этой таблицы, строим следующих графиков (рис. 3.13).

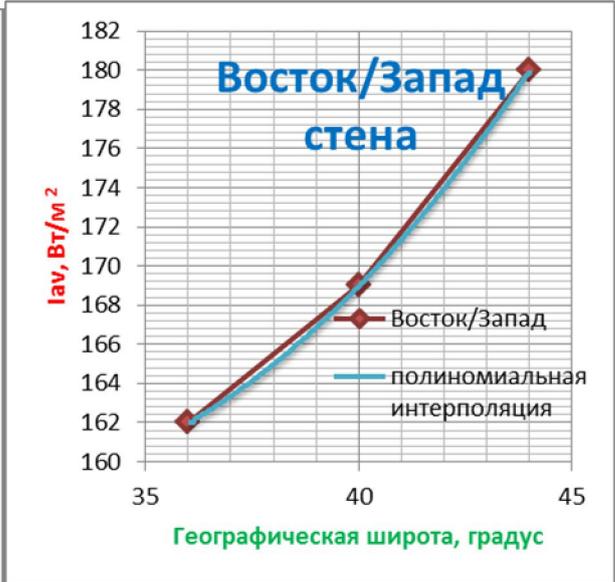
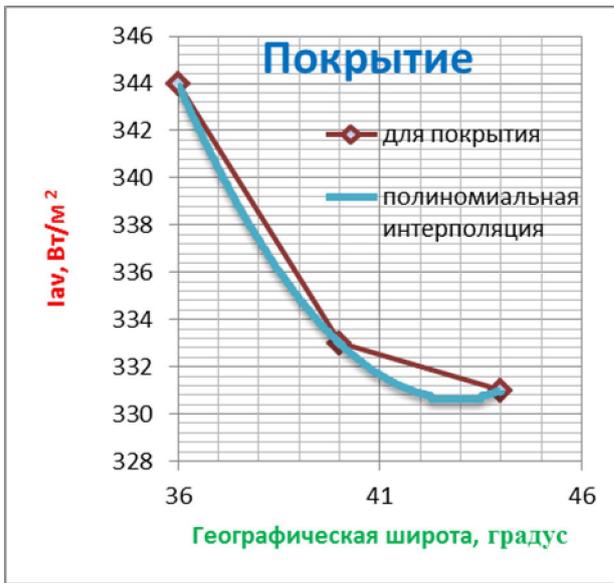


Рис. 3.13. Среднесуточная поверхностная плотность потока солнечной радиации поступающей на поверхность различной ориентации, в июле



В результате аппроксимации и необходимых отсчетов по графикам стр следующую таблицу (таб. 3.12).

Таблица 3.12 - Среднесуточная поверхностная плотность потока солнечной радиации поступающей на поверхность различной ориентации, в июле, Вт/м²

Широта №	Вертикальная поверхность								Горизонтальная
	С	СВ	СЗ	В	З	ЮВ	ЮЗ	Ю	
1	71	124	124	176	176	157	157	123	331,6
2	71	124	124	175	175	155	155	119	331,7
3	71	125	125	174	174	154	154	118	332
4	71	126	126	173	173	153	153	117	332,2
5	71	127	127	171	171	149	149	114	332,6
6	71	127	127	170	170	148	148	112	332,9
7	71	127	127	169	169	147	147	109	333,2
8	71	128	128	168	168	146	146	108	333,3

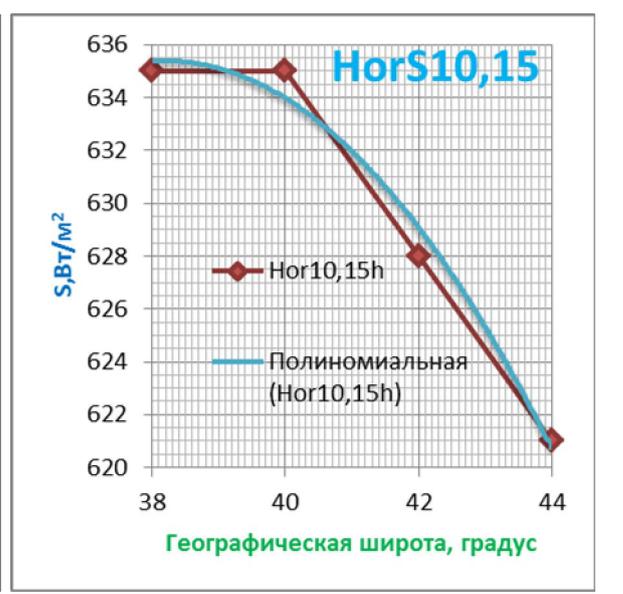
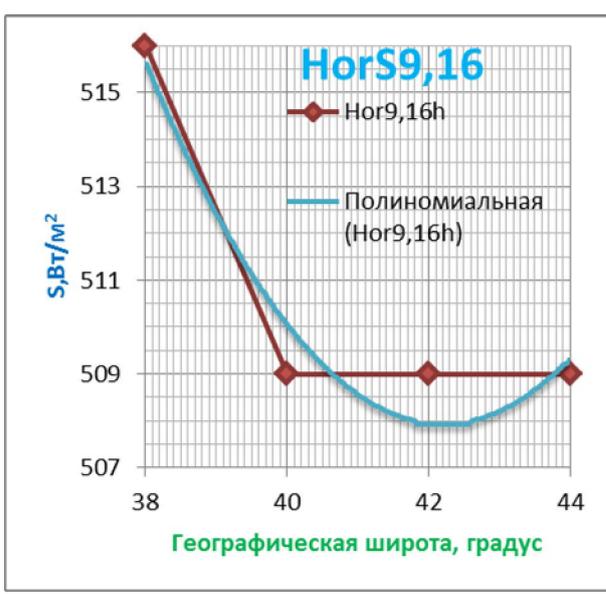
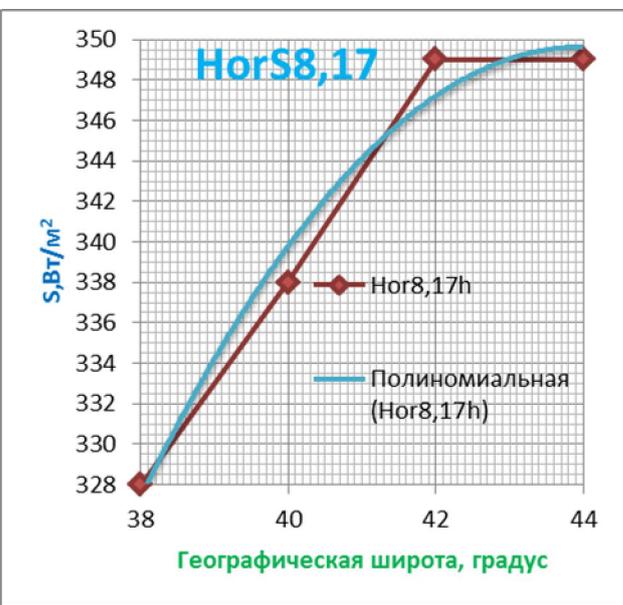
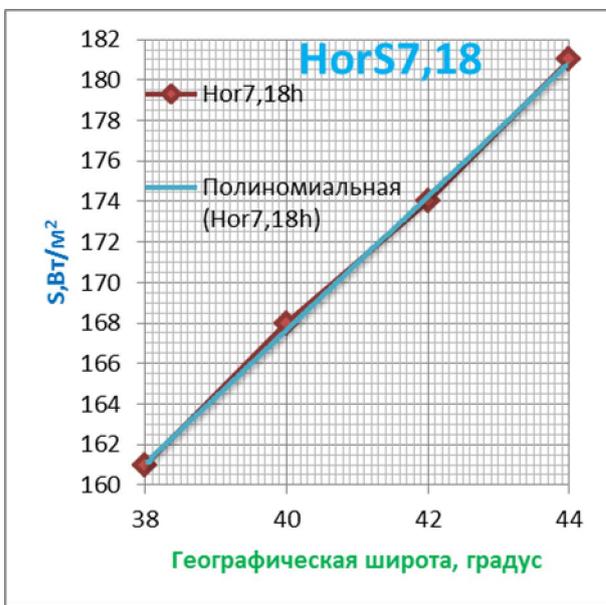
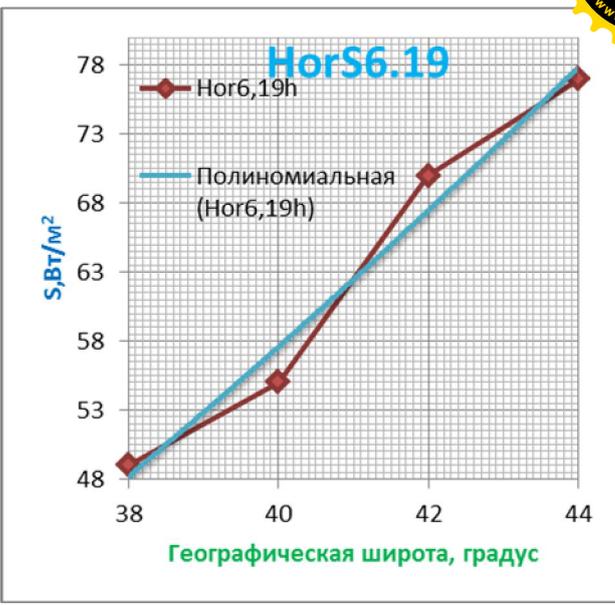
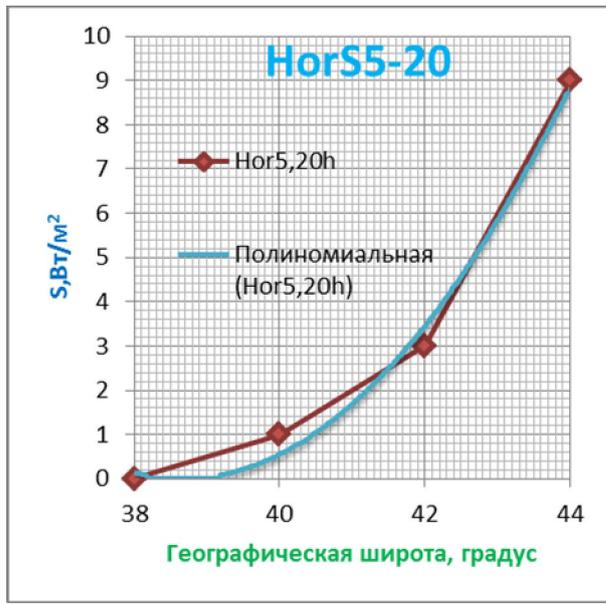
3.3.5. Максимальное значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), поступающей на наружное ограждение для расчета теплоступлений через ограждающие конструкции

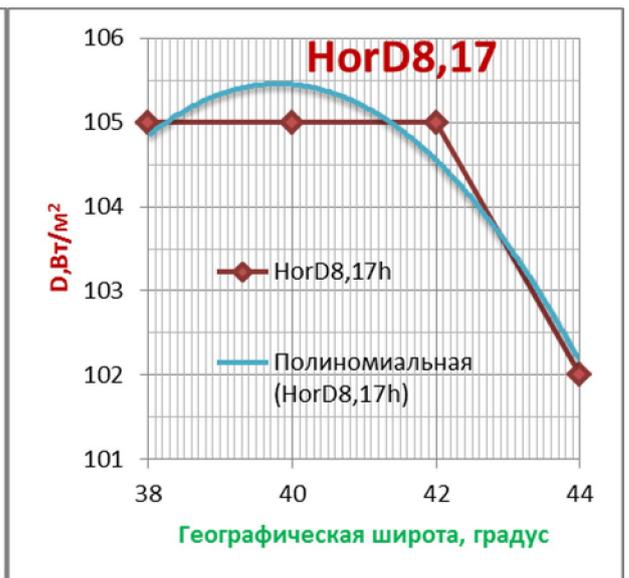
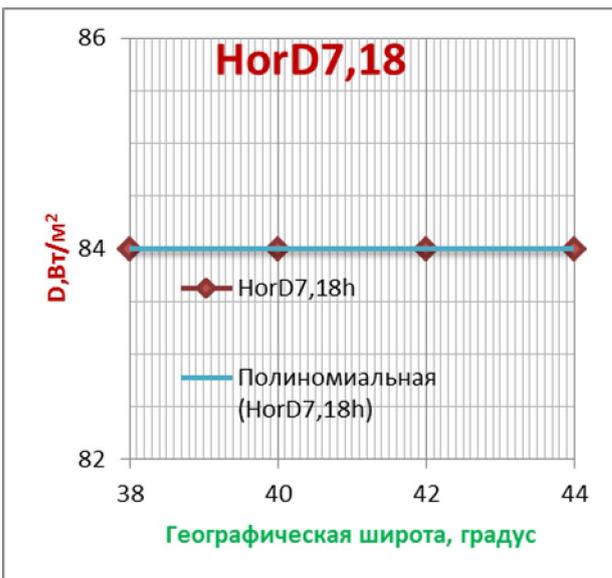
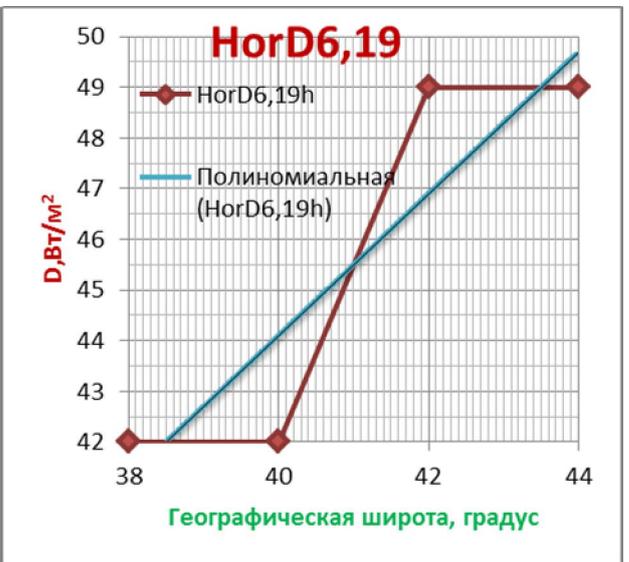
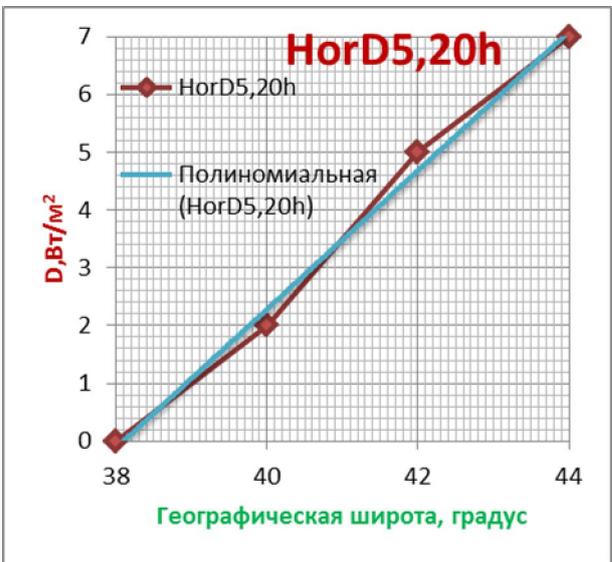
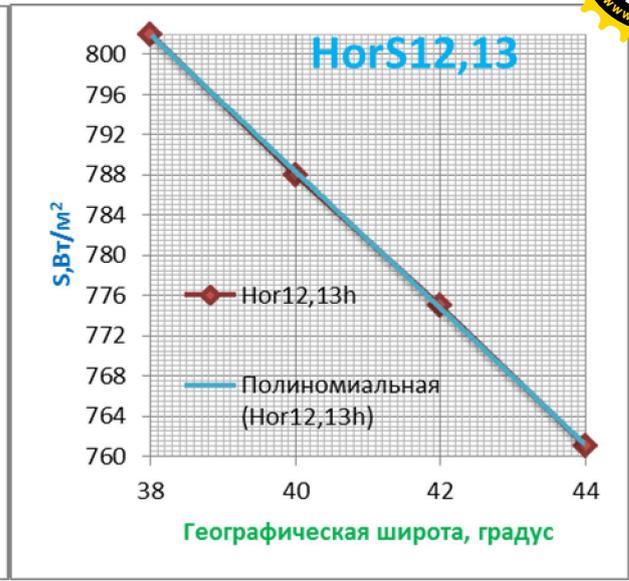
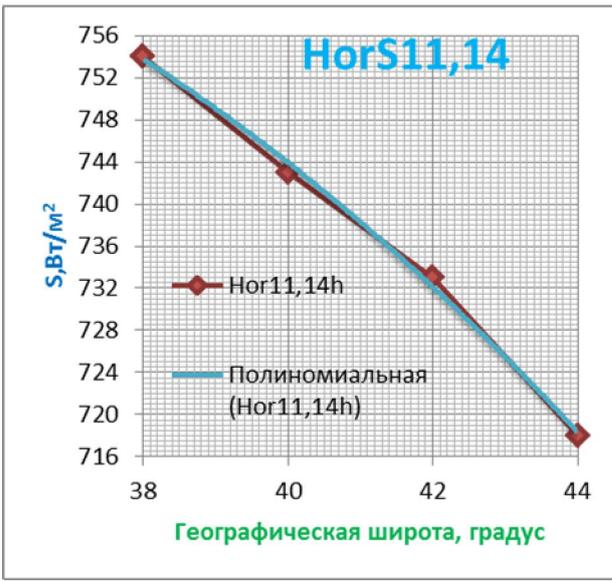
Солнечная радиация, падающая на горизонтальную поверхность. За основы берем данные СНиП 2.01.01-82 Приложение 5 для широт 38,40,42,44 градусов [72] (таб. 3.13).

Таблица 3.13 - Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе

Прямая радиация, Вт/м ²								
Широта, град.	Часы суток							
	20	19	18	17	16	15	14	13
38	0	49	161	328	516	635	754	802
40	1	55	168	338	509	635	743	788
42	3	70	174	349	509	628	733	775
44	9	77	181	349	509	621	718	761
Рассеянная радиация, Вт/м ²								
38	0	42	84	105	119	133	138	140
40	2	42	84	105	119	126	135	140
42	5	49	84	105	119	126	134	140
44	7	49	84	102	112	126	131	133
Широта, град.	Часы суток							
	5	6	7	8	9	10	11	12

На основе этой таблицы строим графики (рис. 3.14).





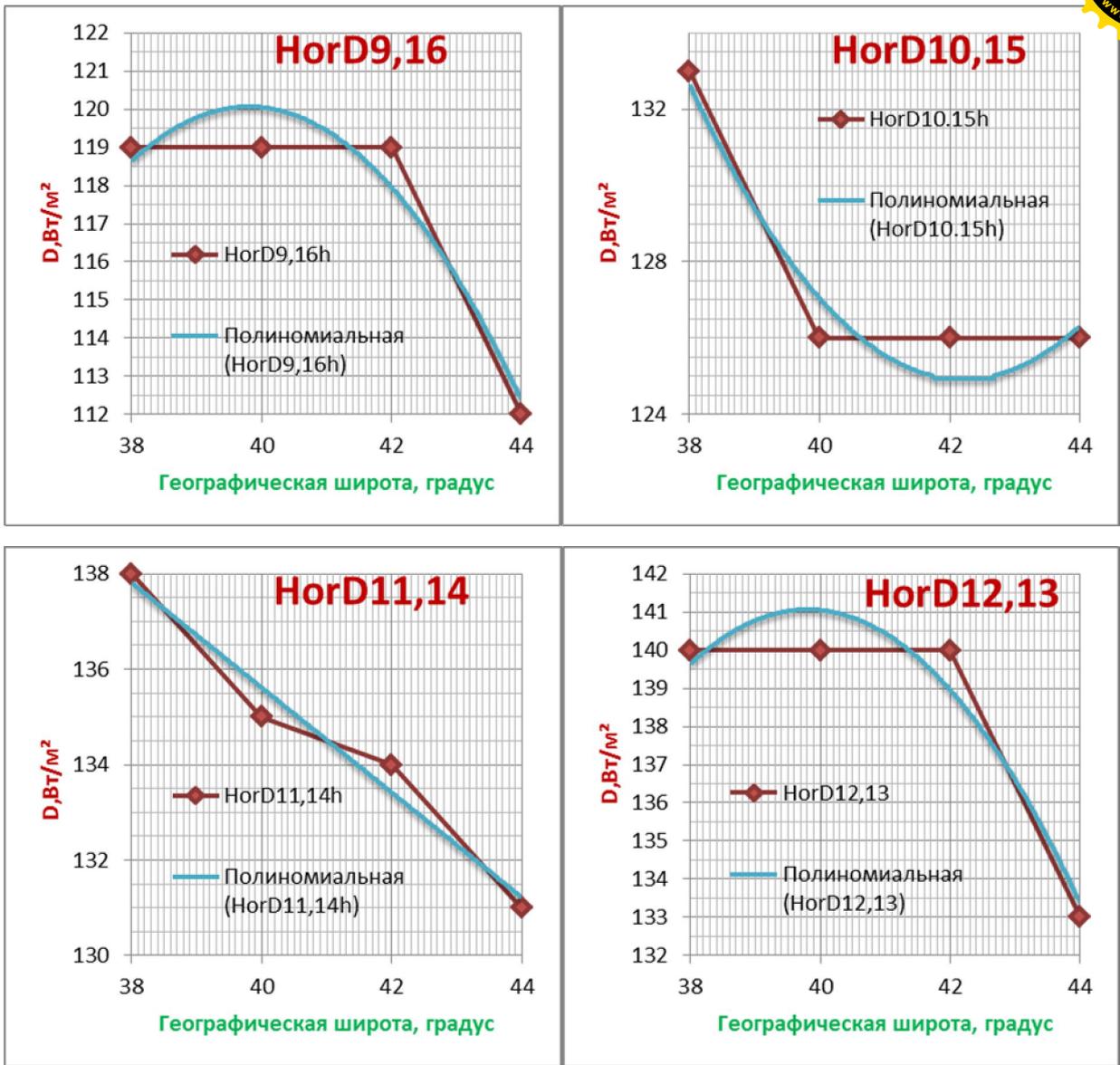


Рис. 3.14. Солнечная радиация (прямая S и рассеянная D), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе

После соответствующего интерполирования и отсчетов по графикам получаем следующую таблицу (таб. 3.14).

Таблица 3.14 - Солнечная радиация(прямая и рассеянная), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе по группам, Вт/м²

Группа	Прямая радиация													
	Часы суток													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	68	176	345	508,7	624	724	764	764	724	624	508,7	345	176	68
2	66	174	343	508,6	626	728	765	765	728	626	508,6	343	174	66
3	64	173	342	508,6	628	730	769	769	730	628	508,6	342	173	64
4	62	172	341	508,6	630	734	776	776	734	630	508,6	341	172	62
5	60	171	340	508,7	632	736	778	778	736	632	508,7	340	171	60
6	58	169	339	508,8	634	741	784	784	741	634	508,8	339	169	58



7	56	168	338	509	635	743	788	788	743	635	509	338	168	
8	54	167	337	509,2	636	746	795	795	746	636	509,2	337	167	54
Рассеянная радиация														
Группа	Часы суток													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	47	84,4	115	113	124	131	134	134	131	124	113	115	84,4	47
2	46	84,8	116	114	124	131	135	135	131	124	114	116	84,8	46
3	45	85	118	114	124	132	136	136	132	124	114	118	85	45
4	44,5	84,8	116	115	124	132	137	137	132	124	115	116	84,8	44,5
5	44	84,8	115	116	124	133	138	138	133	124	116	115	84,8	44
6	43	84,4	112	118	125	134	139	139	134	125	118	112	84,4	43
7	42	84	105	119	126	135	140	140	135	126	119	105	84	42
8	41	83,5	100	120	127	136	141	141	136	127	120	100	83,5	41

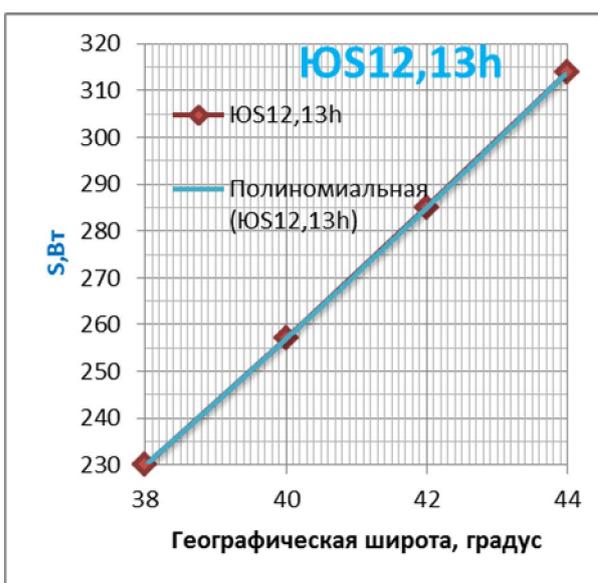
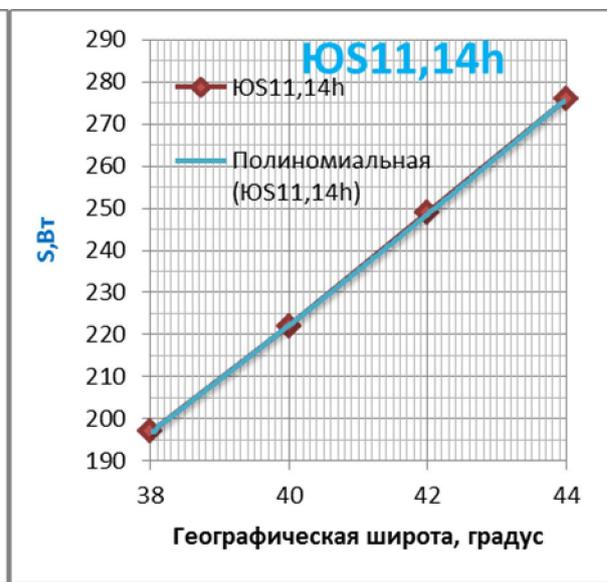
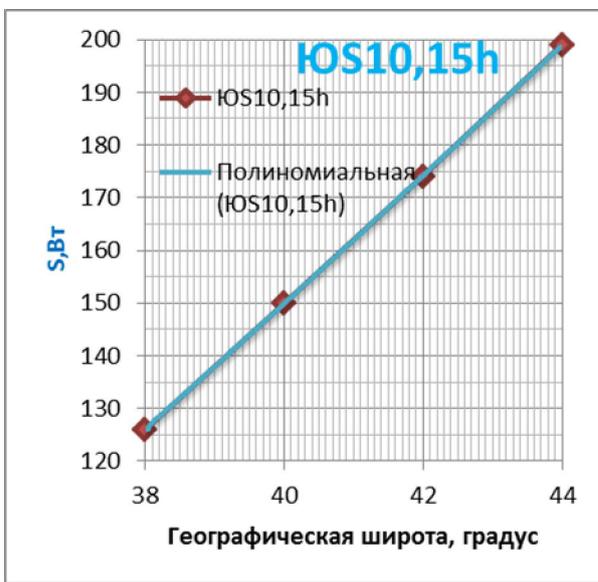
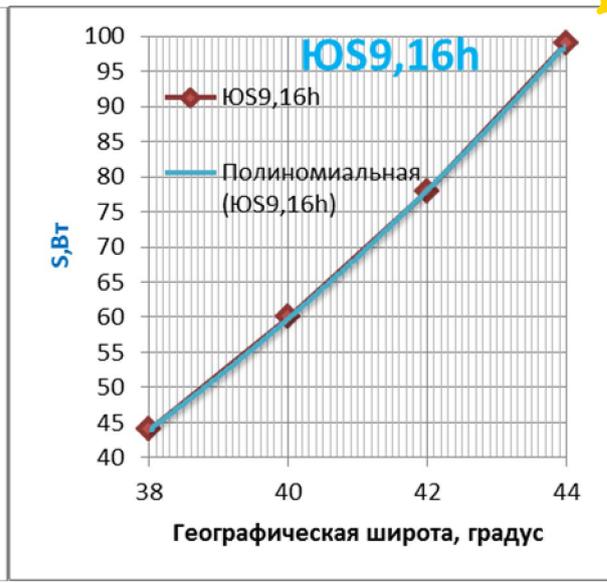
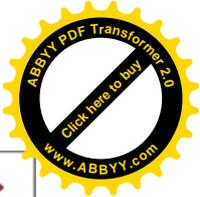
Солнечная радиация, падающая на поверхность южной ориентации.

За основы берем данные СНиП 2.01.01-82 Приложение 6 для широт 38,40,42,44 градусов [79] (таб. 3.15).

Таблица 3.15 - Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность южной ориентации при безоблачном небе

Прямая радиация, Вт/м ²								
Широта, град.	Часы суток							
	20	19	18	17	16	15	14	13
38				0	44	126	197	230
40				0	60	150	222	257
42				4	78	174	249	285
44				7	99	199	276	314
Рассеянная радиация, Вт/м ²								
38		24	72	96	105	106	106	106
40		27	72	95	106	106	109	110
42		30	72	95	106	108	112	113
44		31	73	96	106	110	113	114
Широта, град.	5	6	7	8	9	10	11	12
Часы суток								

Используя данные этой таблицы, строим графики зависимостей солнечной радиации на поверхность южной ориентации от координаты (северной широты) для различных часов суток (рис. 3.15).



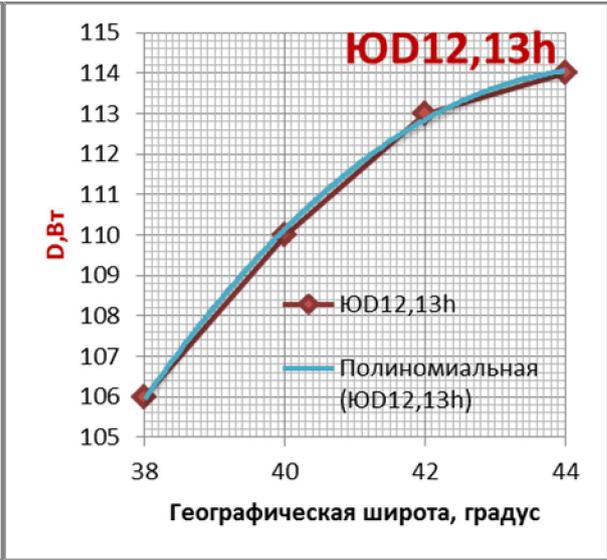
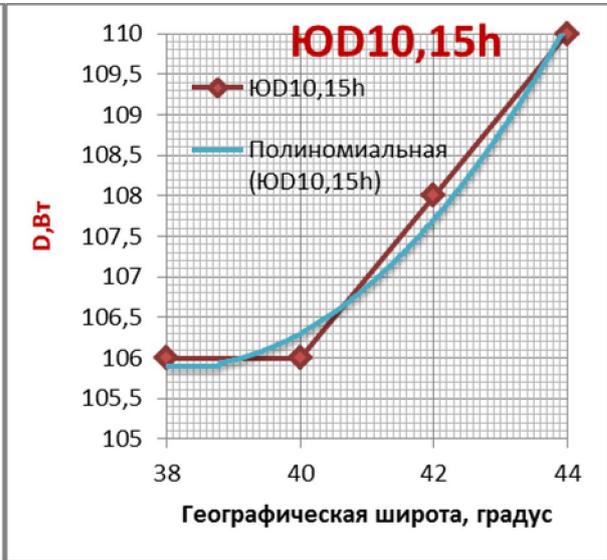
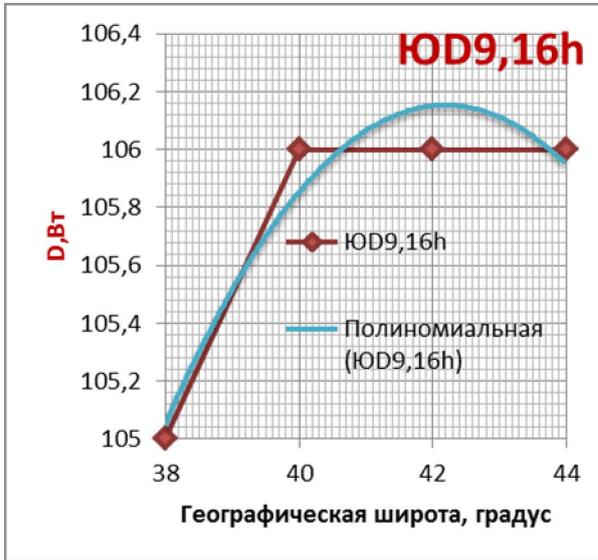
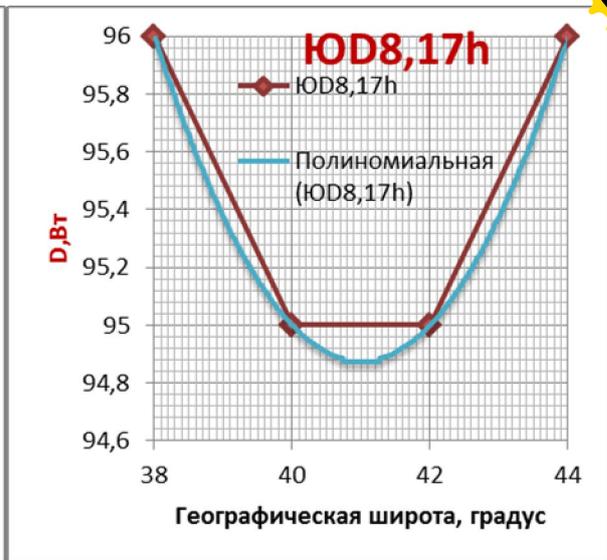
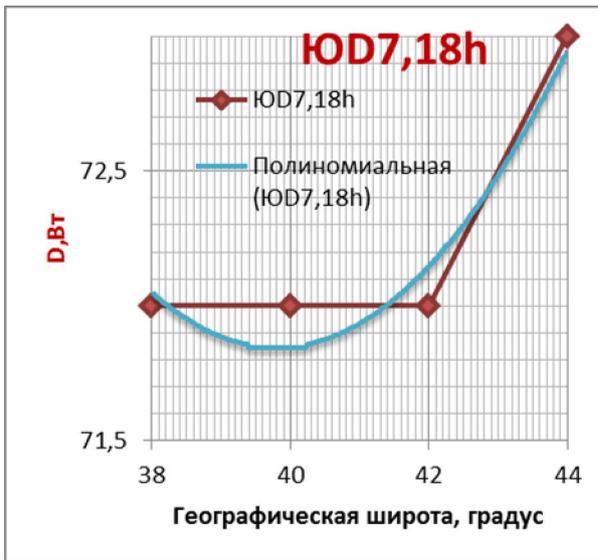
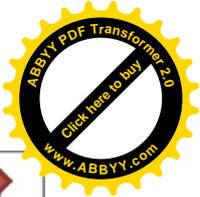


Рис. 3.15. Солнечная радиация (прямая S и рассеянная D), поступающая в июле на поверхность южной ориентации для различных часов суток при безоблачном

небе



В результате аппроксимации и отсчетов данных по графикам получена следующую расчетную таблицу (таб. 3.16).

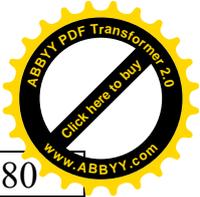
Таблица 3.16 - Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность южной ориентации при безоблачном небе

Прямая радиация														
Группа	Часы суток													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1				91	188	262	300	300	262	188	91			
2				85	182	254	294	294	254	182	85			
3				79	175	248	286	286	248	175	79			
4				76	172	242	280	280	242	172	76			
5				71	166	236	274	274	236	166	71			
6				66	158	228	266	266	228	158	66			
7				60	150	220	257	257	220	150	60			
8				58	146	214	252	252	214	146	58			
Рассеянная радиация														
Группа	Часы суток													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	30	76	95,3	104	107	109	110	110	109	107	104	95,3	76	30
2	29,5	77	95,1	103	105	108	109	109	108	105	103	95,1	77	29,5
3	29	78	95	103	104	107	108	108	107	104	103	95	78	29
4	28,6	77	94,9	104	104	107	107	107	107	104	104	94,9	77	28,6
5	28	77	94,8	103,5	104	107	108	108	107	104	103,5	94,8	77	28
6	27,6	76	94,9	104,5	105	108	109	109	108	105	104,5	94,9	76	27
7	27	72	95	106	106	109	110	110	109	106	106	95	72	27
8	27	72	95	106	106	109	110	110	109	106	106	95	72	27

Солнечная радиация, падающая на поверхность северной ориентации. За основы берем данные пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91-Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения, таблица 8 для широт 36,40,44 градусов [70] (таб. 3.17).

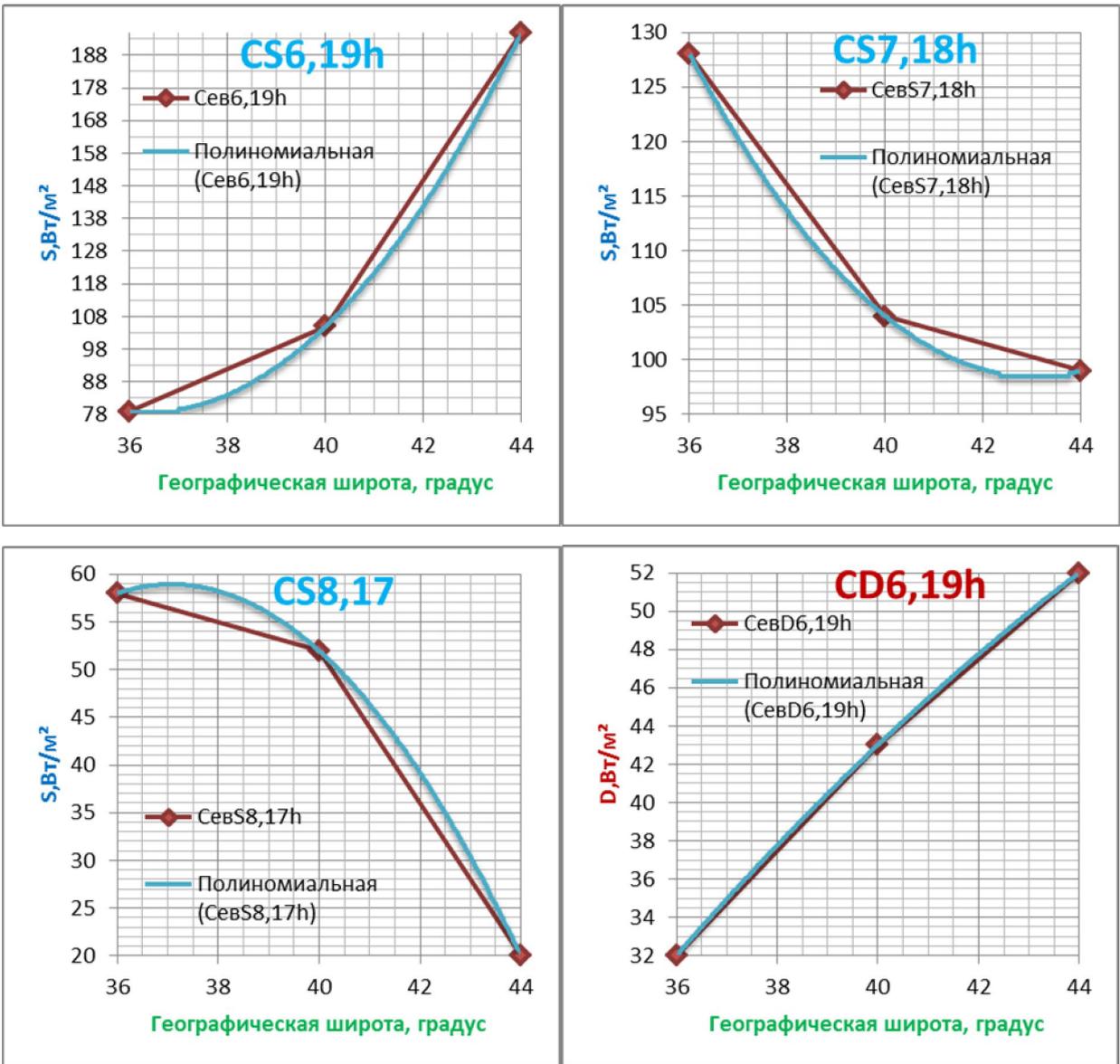
Таблица 3.17 - Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность северной ориентации при безоблачном небе

Прямая радиация, Вт/м ²								
Широта, град.	Часы суток							
	20	19	18	17	16	15	14	13
36		79	128	58				
40		105	104	52				
44		195	99	20				
Рассеянная радиация, Вт/м ²								
36		32	93	107	99	93	91	91
40		43	95	106	96	86	82	81



44		52	94	104	96	86	81	80
Широта, град.	5	6	7	8	9	10	11	12
	Часы суток							

Используя данные этой таблицы, строим графики зависимостей солнечной радиации на поверхность северной ориентации от координаты (северной широты) для различных часов суток (рис. 3.16).



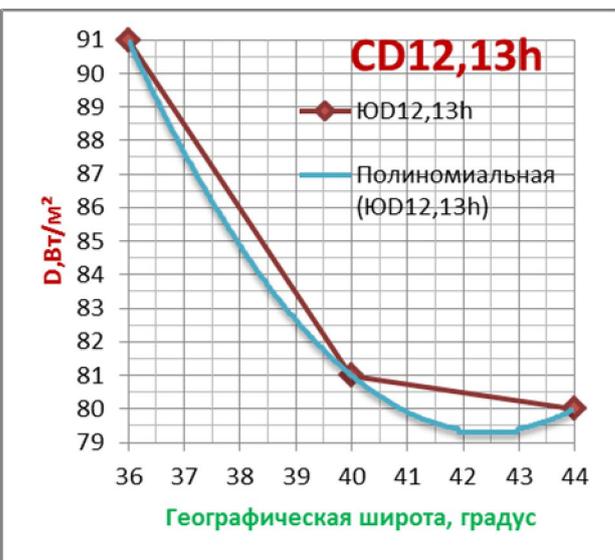
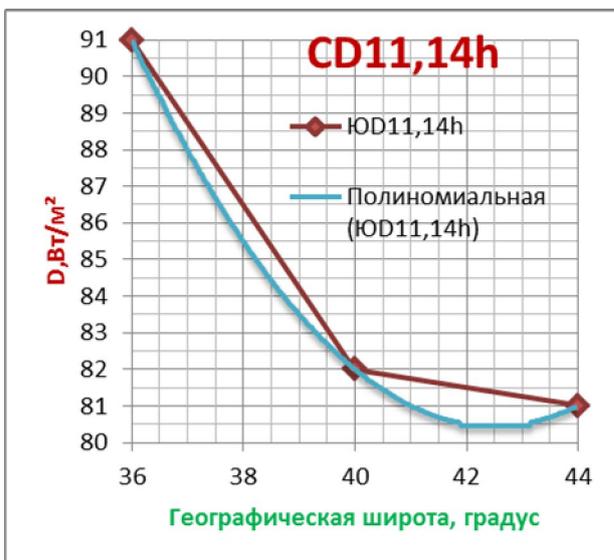
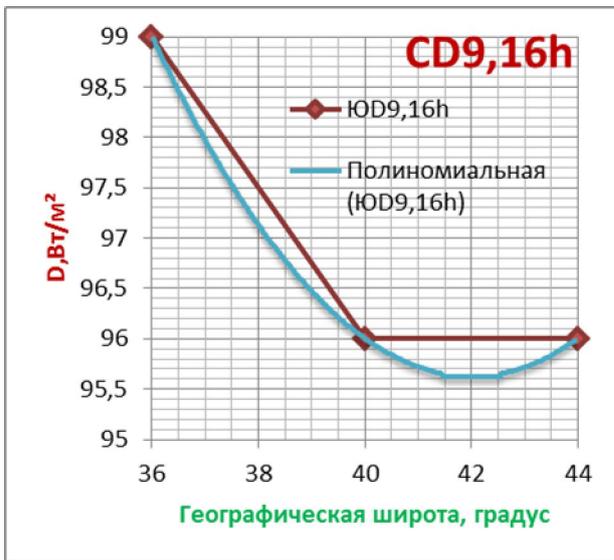
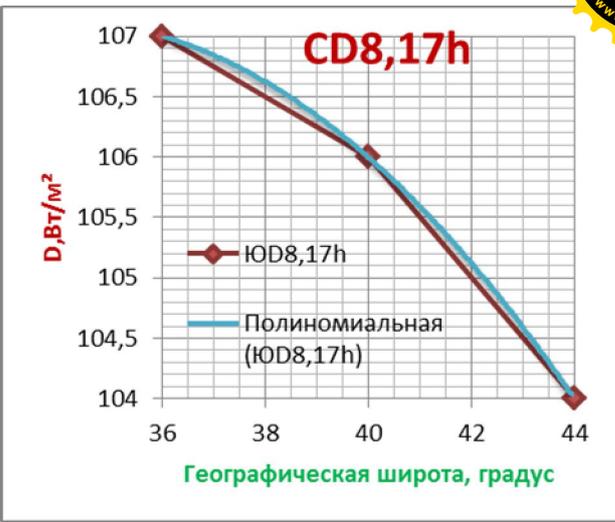


Рис. 3.16. Солнечная радиация (прямая S и рассеянная D), поступающая в июле на поверхность северной ориентации для различных часов суток при безоблачном небе



В результате аппроксимации и отсчетов данных по графикам получена следующую расчетную таблицу (таб. 3.18).

Таблица 3.18 - Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность южной ориентации при безоблачном небе

Прямая радиация														
Группа	Часы суток													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	118	98	30									30	98	118
2	116	98	36									36	98	116
3	114	99	40									40	99	114
4	112	100	42									42	100	112
5	110	101	47									47	101	110
6	108	102	50									50	102	108
7	105	104	52									52	104	105
8	102	107	54									54	107	102
Рассеянная радиация														
Группа	Часы суток													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	42	94,9	106,1	96,4	86,4	82,6	81,6	81,6	82,6	86,4	96,4	106,1	94,9	42
2	43	95	106	96	86	82	81	81	82	86	96	106	95	43
3	44	95	105,7	96	86	81,6	80,8	80,8	81,6	86	96	105,7	95	44
4	45	95	105,5	96	86	80,8	80	80	80,8	86	96	105,5	95	45
5	46	94,9	105,2	96	86	80,7	79,6	79,6	80,7	86	96	105,2	94,9	46
6	47	94,9	105	96	86	80,6	79,6	79,6	80,6	86	96	105	94,9	47
7	48	94,8	104,8	96	86	80,4	79,4	79,4	80,4	86	96	104,8	94,8	48
8	50	94,6	104,5	96	86	80,5	79,6	79,6	80,5	86	96	104,5	94,6	50

Солнечная радиация, падающая на поверхность юго-западной и юго-восточной ориентации. За основы берем данные пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91 - Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения, таблица 86 для широт 36,40,44 градусов [70] (таб. 3.19).

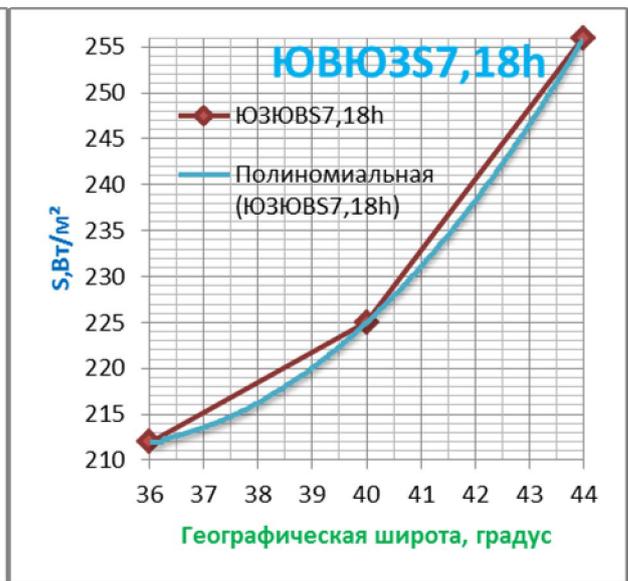
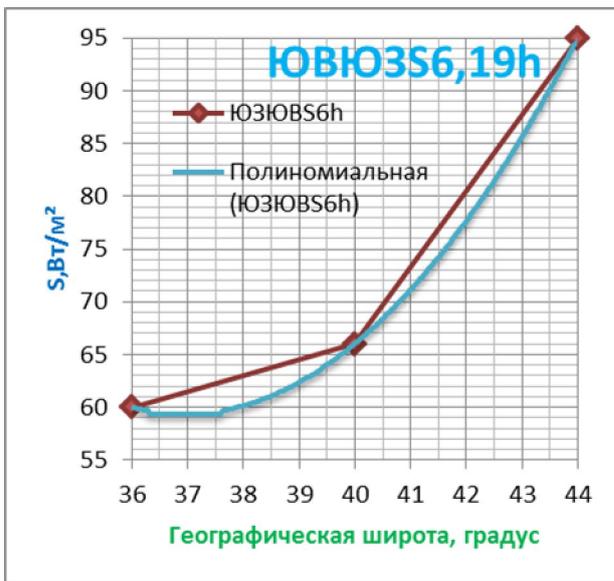
Таблица 3.19 - Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность юго-восточной и юго-западной ориентации при безоблачном небе

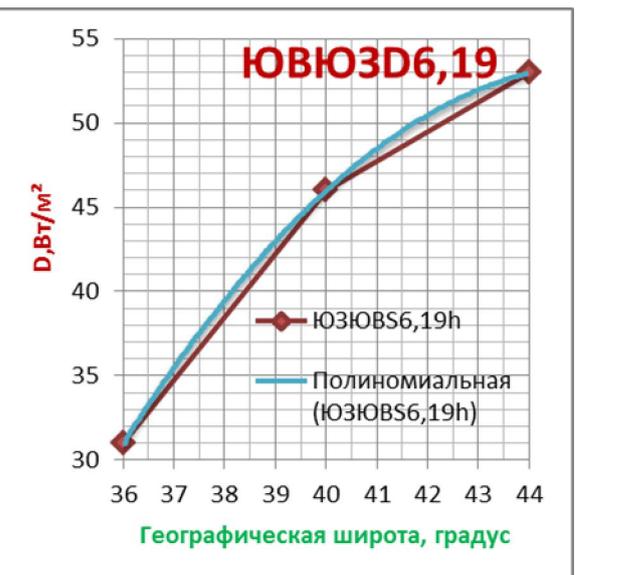
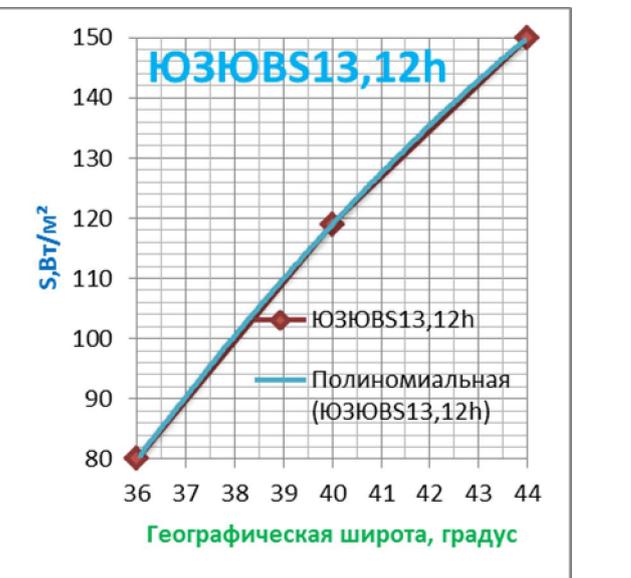
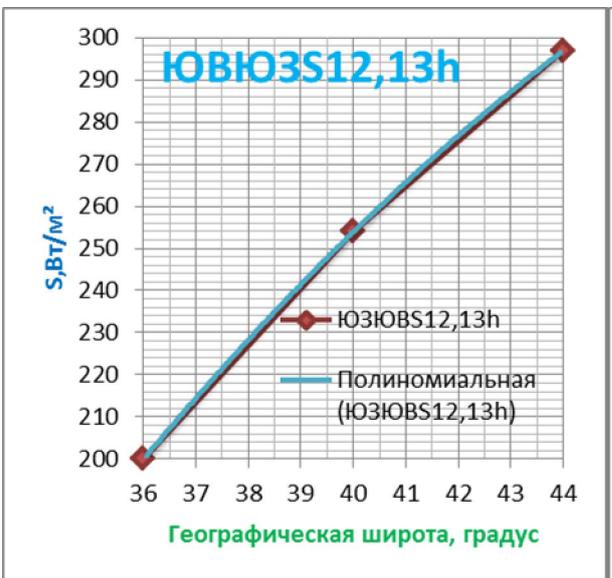
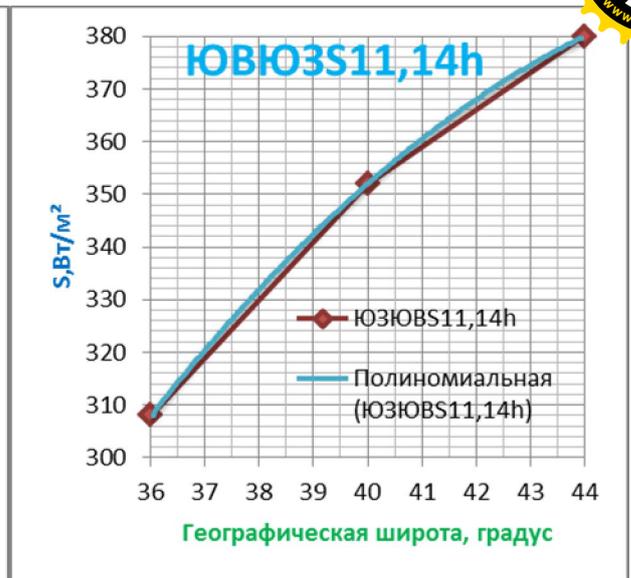
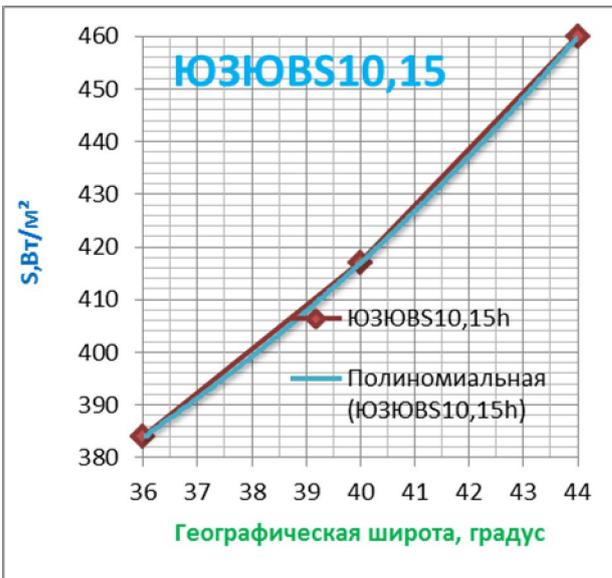
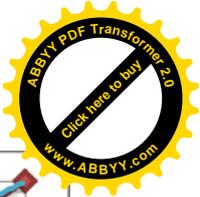
Прямая радиация, Вт/м ²														
Широта, град.	Часы суток для юго-западной ориентации													
	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
36	60	212	314	395	384	308	200	80	0					
40	66	225	364	425	417	352	254	119	0					
44	95	256	395	467	460	380	297	150	19					
Рассеянная радиация, Вт/м ²														
36	31	108	172	174	133	116	112	104	96	91	84	77	42	21
40	46	116	148	146	129	112	104	98	91	85	81	76	56	27

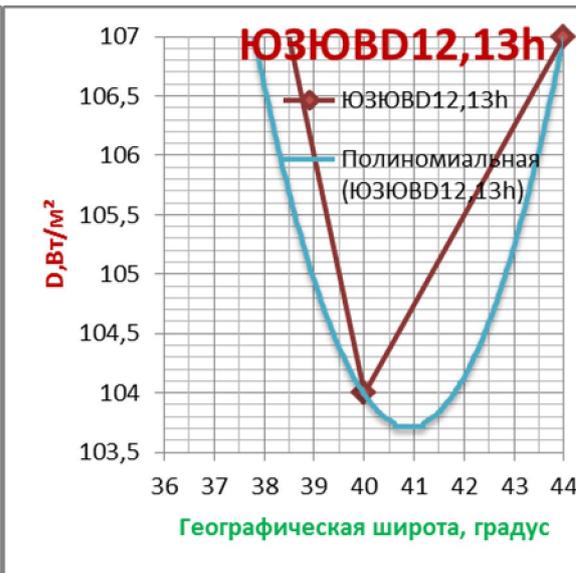
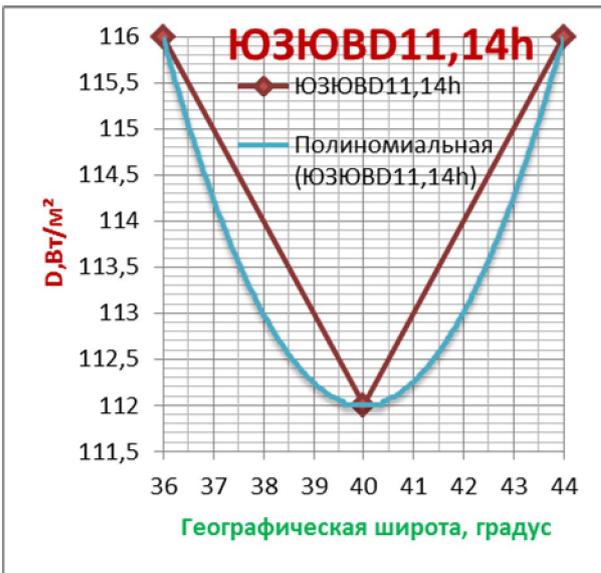
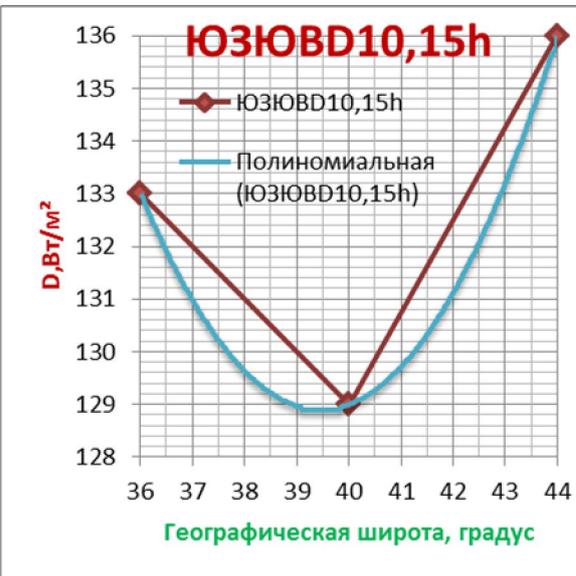
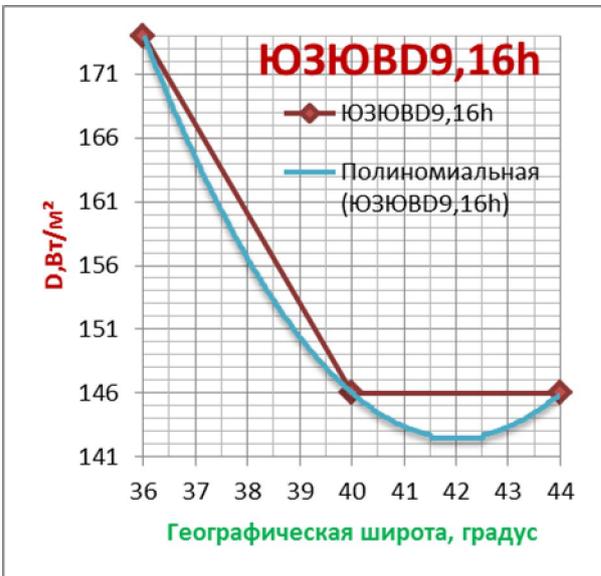
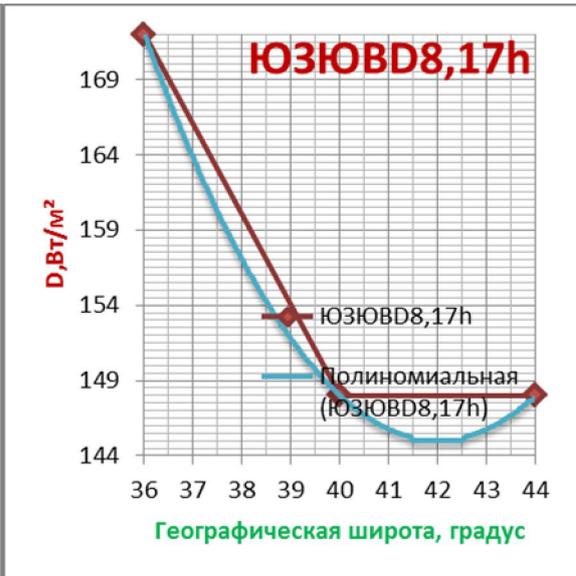
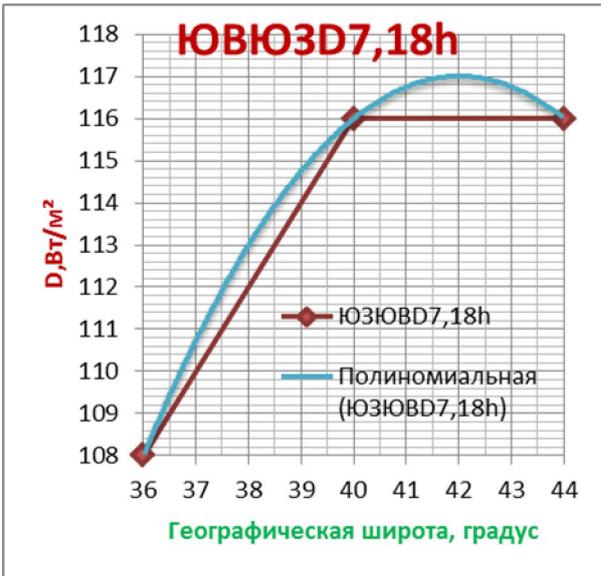


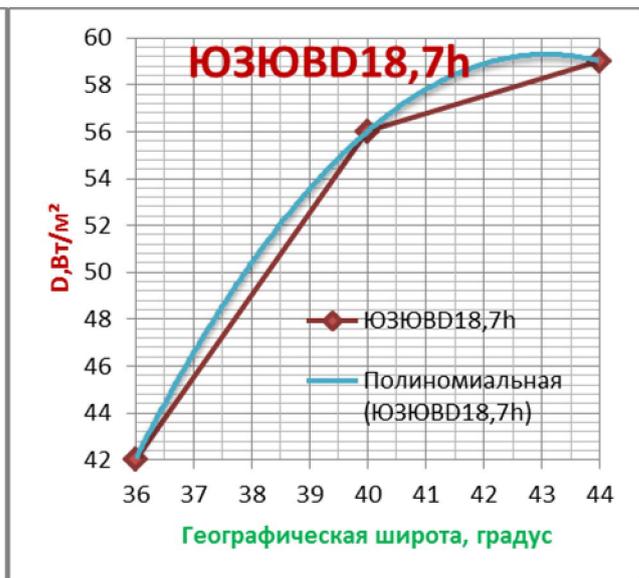
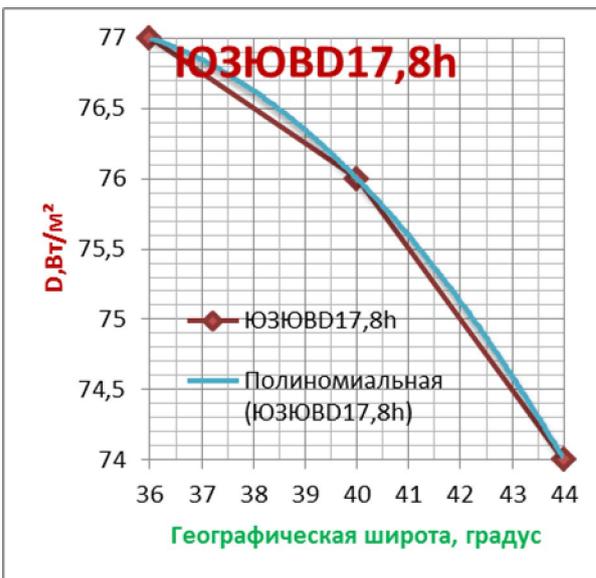
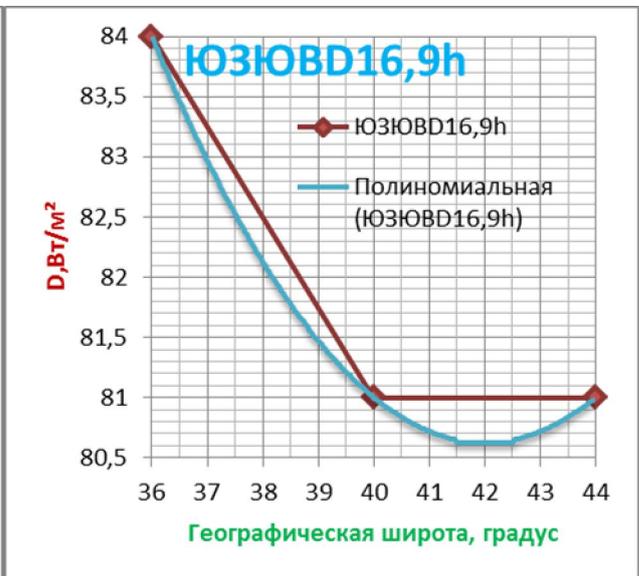
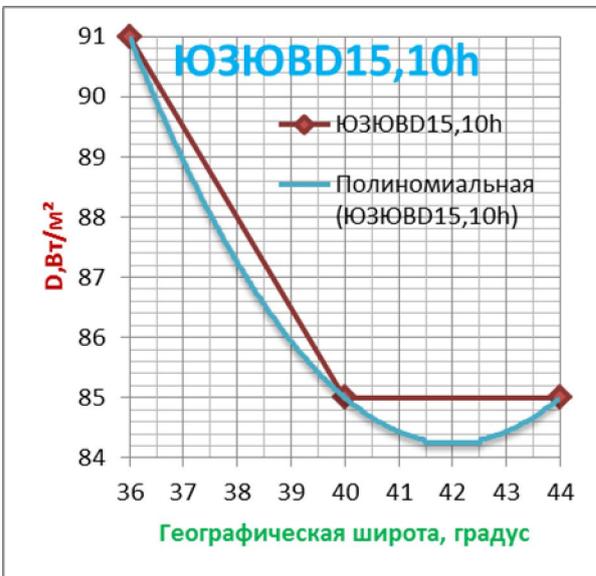
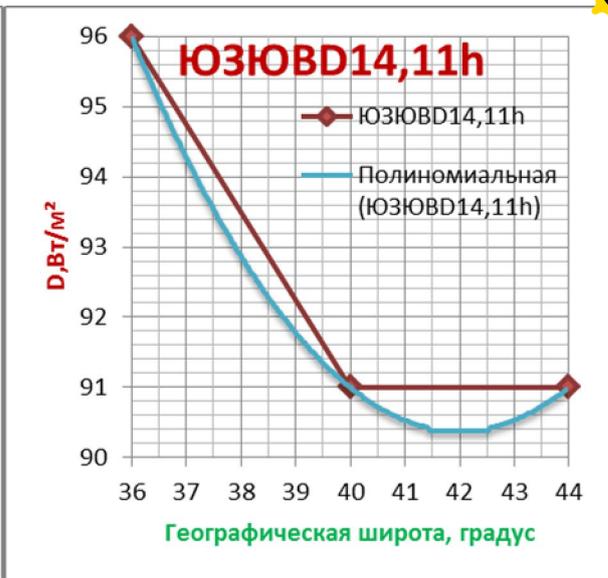
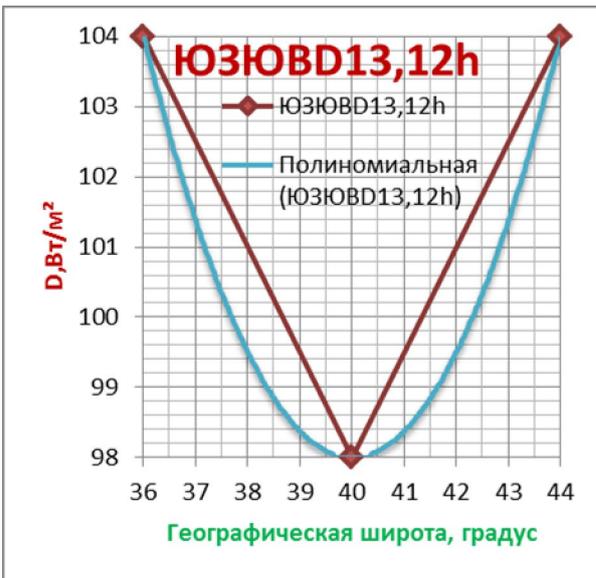
44	53	116	148	146	136	116	107	104	91	85	81	74	59	
Широта, град.	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Часы суток для юго-восточной ориентации													

Используя данные этой таблицы, строим графики зависимостей солнечной радиации на поверхность юго-восточной и юго-западной ориентации от координаты (северной широты) для различных часов суток (рис. 3.17).









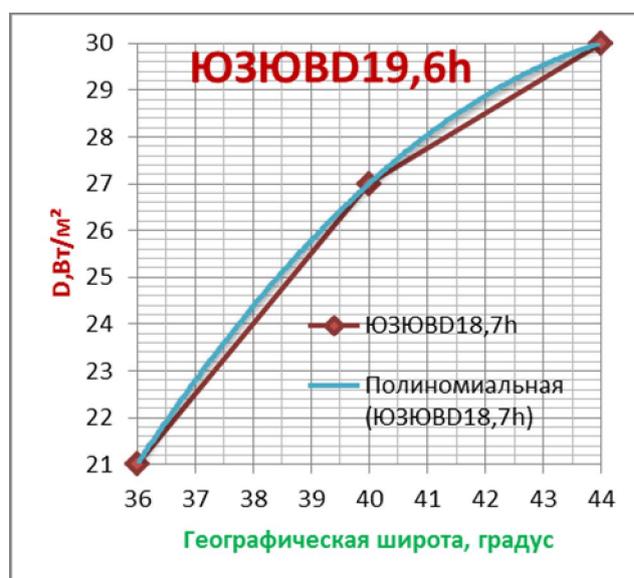
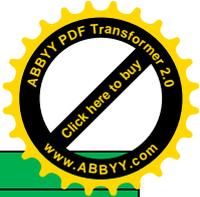


Рис. 3.17. Солнечная радиация (прямая S и рассеянная D), поступающая в июле на поверхность юго-восточной и юго-западной ориентации при безоблачном небе

В результате аппроксимации и отсчетов данных по графикам получим следующую расчетную таблицу (таб. 3.20).

Таблица 3.20 - Солнечная радиация(прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность юго-восточной и юго-западной ориентации при безоблачном небе

		Прямая радиация													
Группа	Сторона	Часы суток													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
8	Ю-В	64	222	358	422	412	348	248	116						
	Ю-З							116	248	348	412	422	358	222	64
7	Ю-В	66	225	364	425	417	352	254	119						
	Ю-З							119	254	352	417	425	364	225	66
6	Ю-В	68	228	368	430	422	358	260	124						
	Ю-З							124	260	358	422	430	368	228	68
5	Ю-В	70	232	373	435	428	362	264	128						
	Ю-З							128	264	362	428	435	373	232	70
4	Ю-В	72	234	378	440	432	366	272	132						
	Ю-З							132	272	366	432	440	378	234	72
3	Ю-В	74	238	381	446	438	368	276	135						
	Ю-З							135	276	368	438	446	381	238	74
2	Ю-В	76	240	385	450	442	370	280	138						
	Ю-З							138	280	370	442	450	385	240	76
1	Ю-В	81	244	388	456	446	374	284	142						
	Ю-З							142	284	374	446	456	388	244	81



Рассеянная радиация															
Группа	Сторона	Часы суток													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
8	Ю-В	44	115	152	148	129	112	104	98,2	91,4	85,4	81	76	54,5	26
	Ю-З	26	54,5	76	81	85,4	91,4	98,2	104	112	129	148	152	115	44
7	Ю-В	46	116	148	146	129	112	104	98	91	85	81	76	56	27
	Ю-З	27	56	76	81	85	91	98	104	112	129	146	148	116	46
6	Ю-В	47	116	151	146	129	112	104	98,2	90,8	84,8	80	75	56,6	27
	Ю-З	27	56,6	75	80	84,8	90,8	98,2	104	112	129	146	151	116	47
5	Ю-В	48	116	148	146	129	112	103	98,4	90,6	84,4	80	75	58	28
	Ю-З	28	58	75	80	84,4	90,6	98,4	103	112	129	146	148	116	48
4	Ю-В	49	116	148	146	130	112	104	98,8	90,4	84,2	80	75	58,2	28
	Ю-З	28	58,2	75	80	84,2	90,4	98,8	104	112	130	146	148	116	49
3	Ю-В	50	116	148	146	131	113	104	99,4	90,4	84,2	80	75	58,4	28
	Ю-З	28	58,4	75	80	84,2	90,4	99,4	104	113	131	146	148	116	50
2	Ю-В	51	116	148	146	132	113	104	100	90,4	84,2	80	74	59,5	29
	Ю-З	29	59,5	74	80	84,2	90,4	100	104	113	132	146	148	116	51
1	Ю-В	52	116	148	146	132	114	105	101	90,6	84,4	80	74	58,6	29
	Ю-З	29,6	58,6	74	80	84,4	90,6	101	105	114	132	146	148	116	52

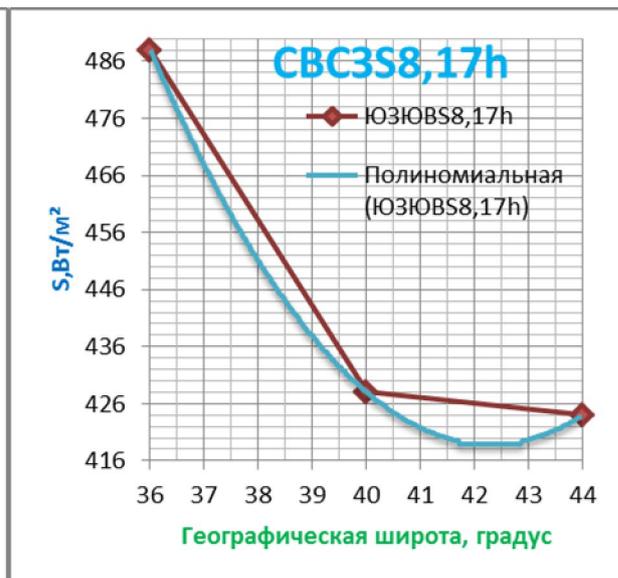
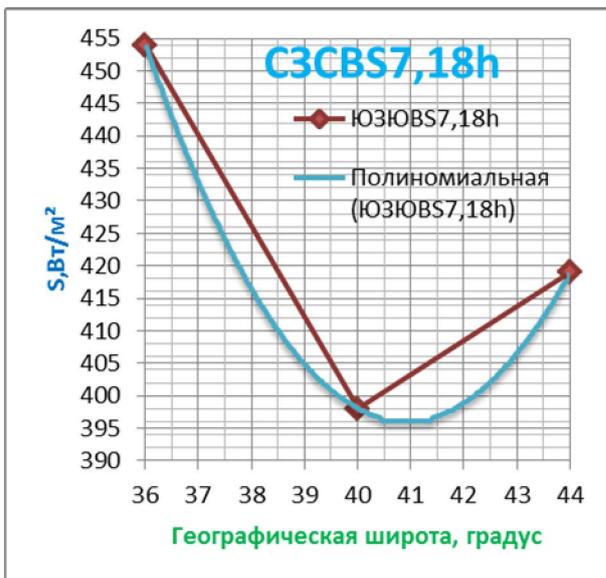
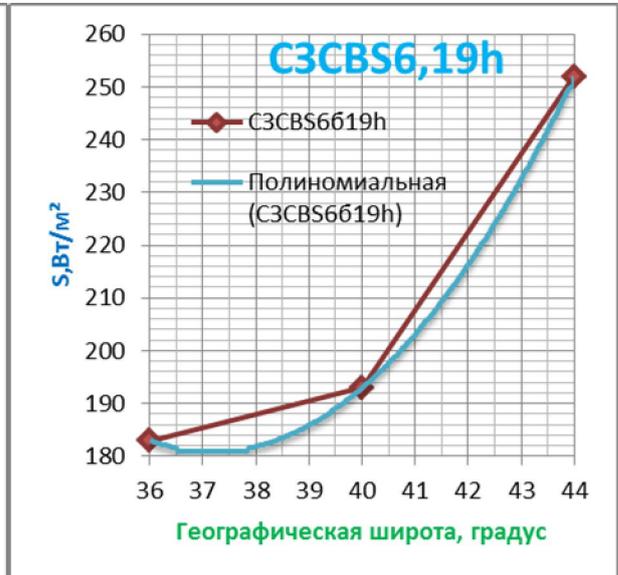
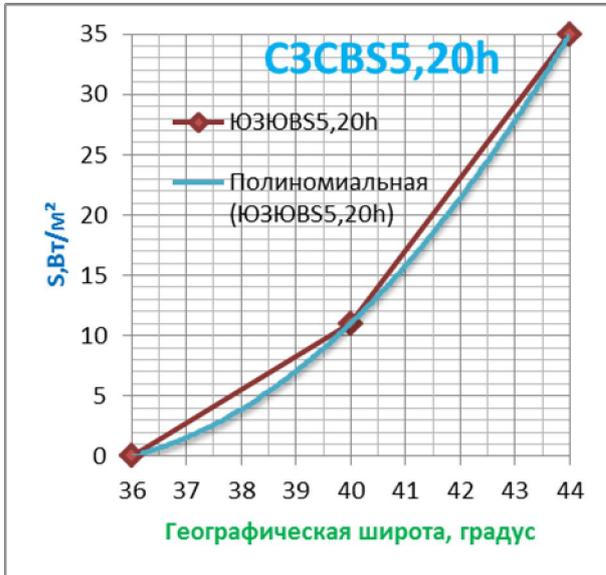
Солнечная радиация, падающая на поверхность северо-восточной и северо-западной ориентации. За основы берем данные пособия 2.91 к СНиП 2.04.05-91-Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения, таблица 8в для широт 36,40,44 градусов [70] (таб. 3.21).

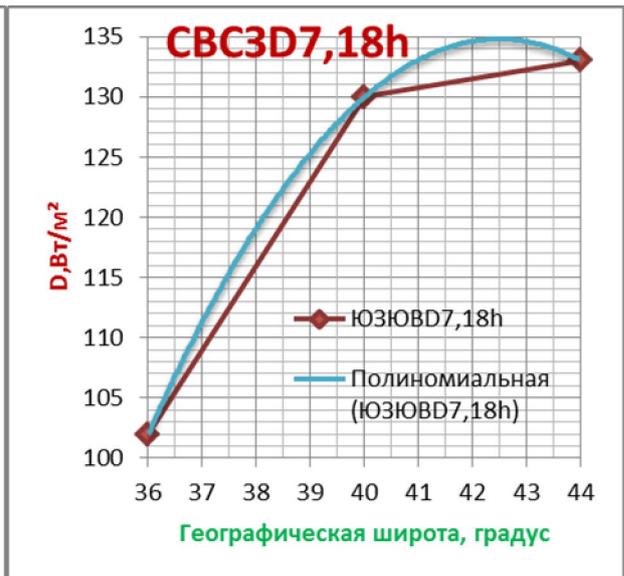
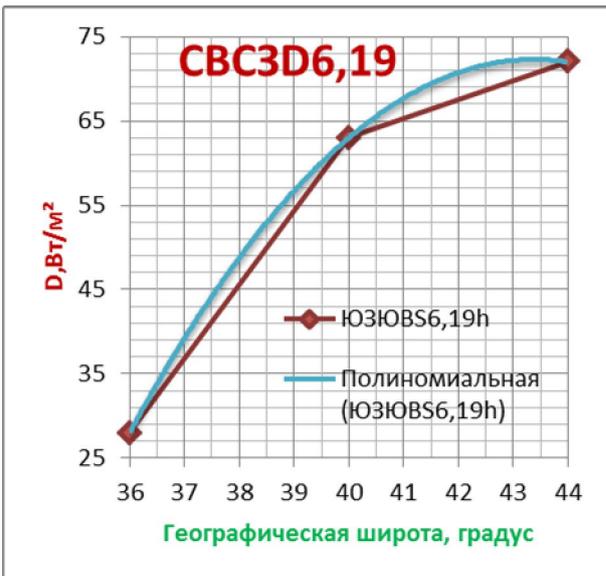
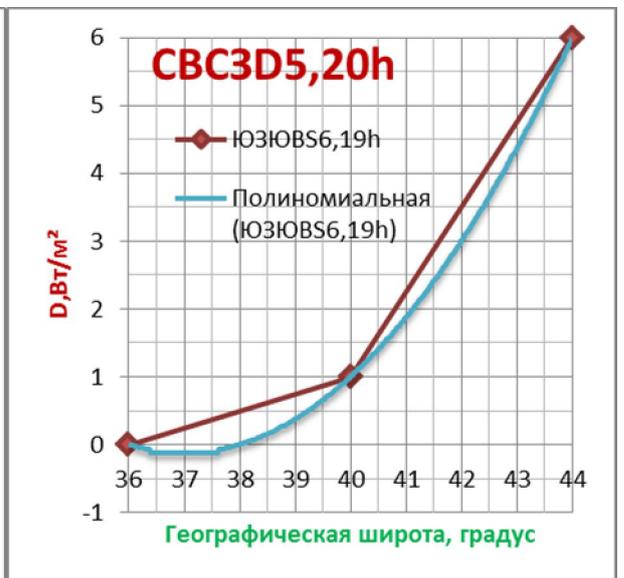
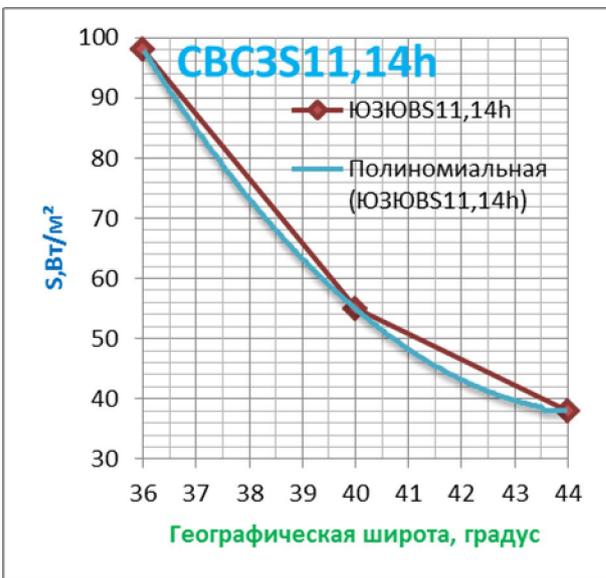
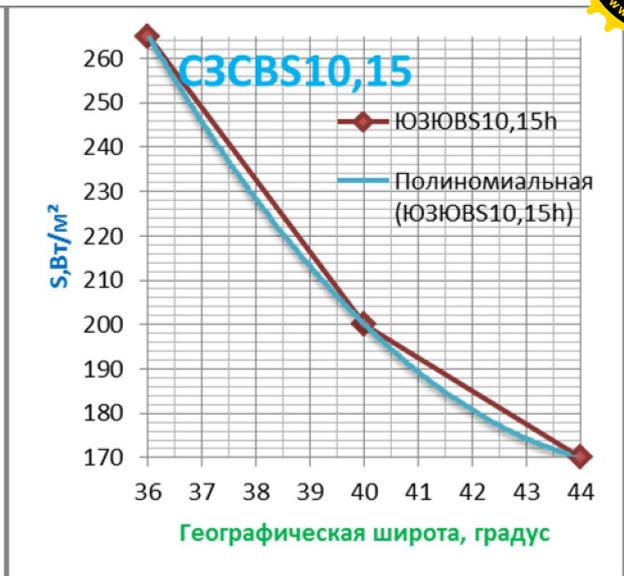
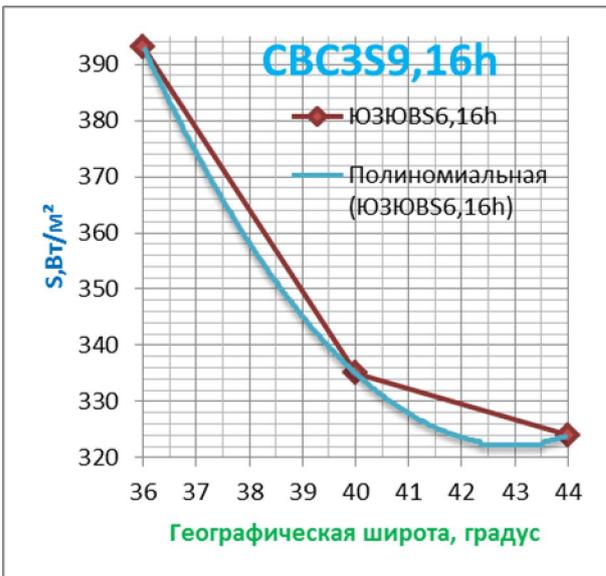
Таблица 3.21 - Солнечная радиация(прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность северо-восточной и северо-западной ориентации при безоблачном небе

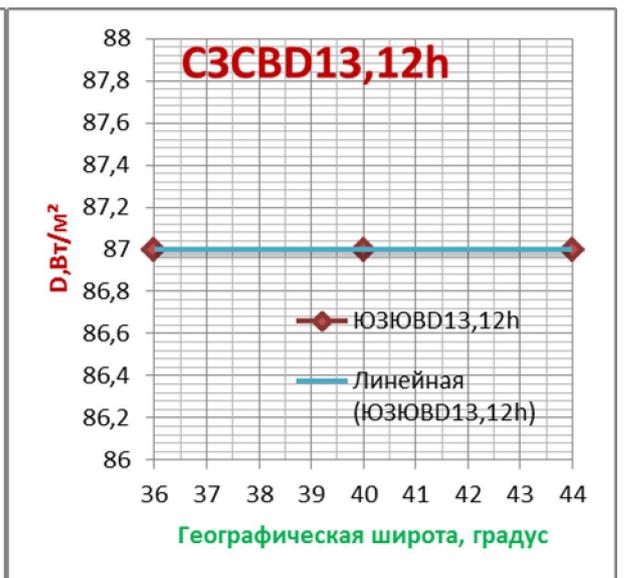
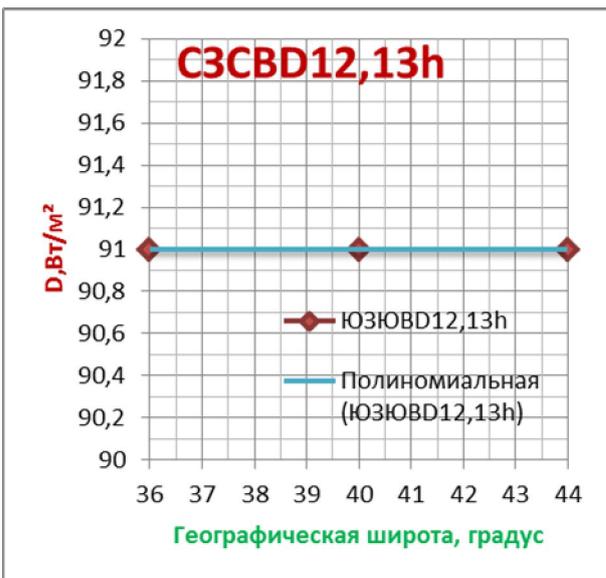
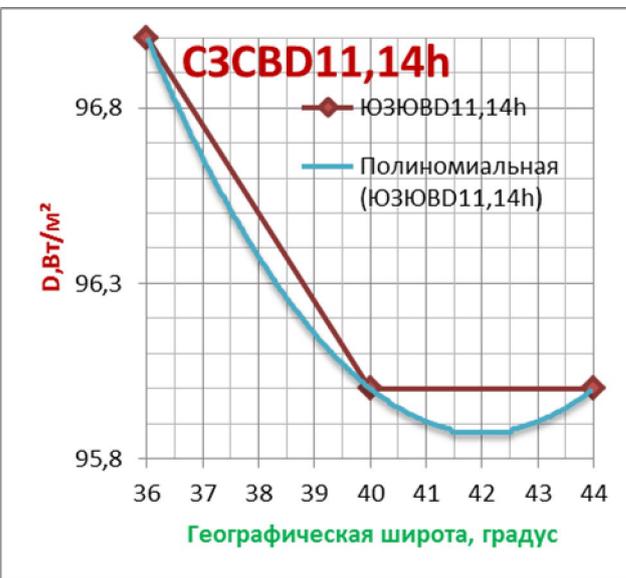
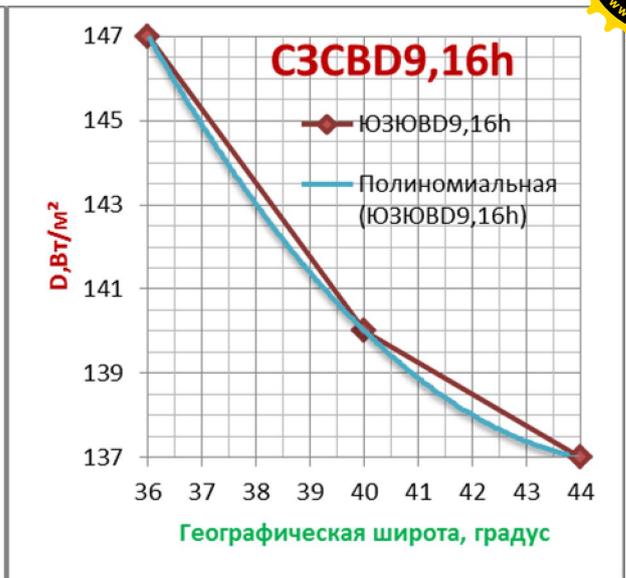
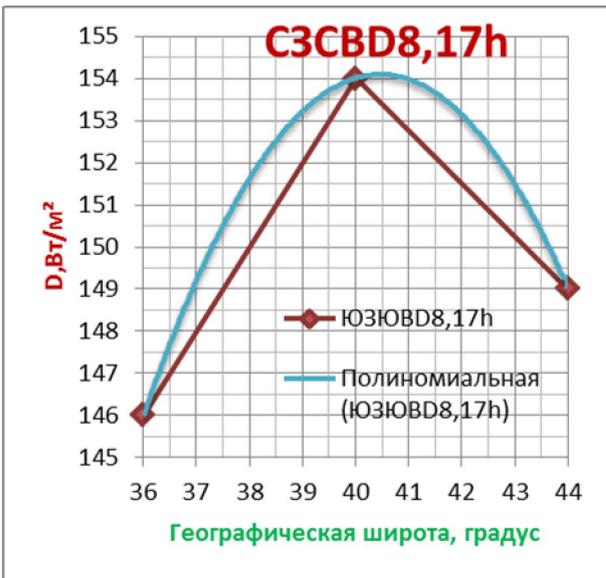
Прямая радиация, Вт/м ²															
Широта, град.	Часы суток северо-западной ориентации														
	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
36	0	183	454	488	393	265	98								
40	11	193	398	428	335	200	55								
44	35	252	419	424	324	170	38								
Рассеянная радиация, Вт/м ²															
36	0	28	102	146	147	114	97	91	87	84	83	81	77	63	23
40	1	63	130	154	140	108	96	91	87	87	84	81	77	63	29
44	6	72	133	149	137	108	96	91	87	86	84	81	74	60	31
Широта, град.	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Часы суток северо-восточной ориентации														



Используя данные этой таблицы, строим графики зависимости солнечной радиации на поверхность северо-восточной и северо-западной ориентации от координаты (северной широты) для различных часов суток (рис. 3.18).







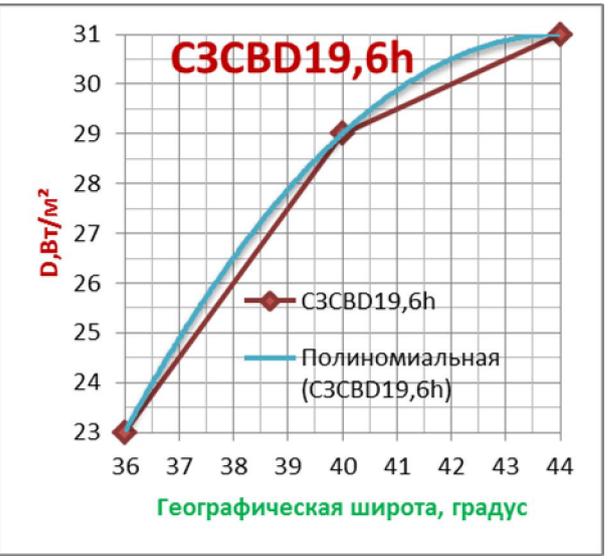
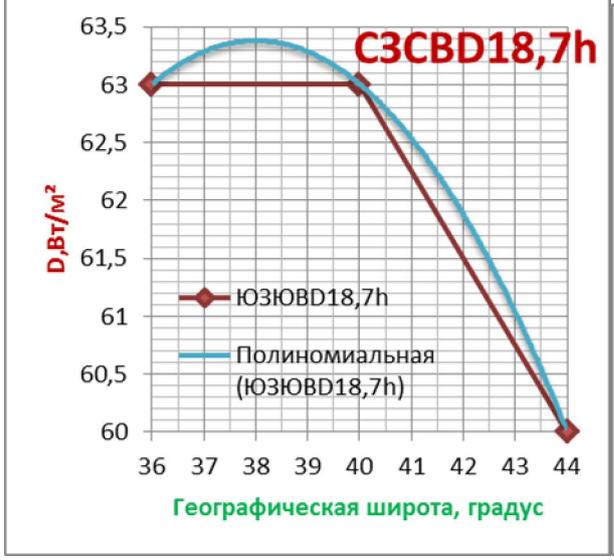
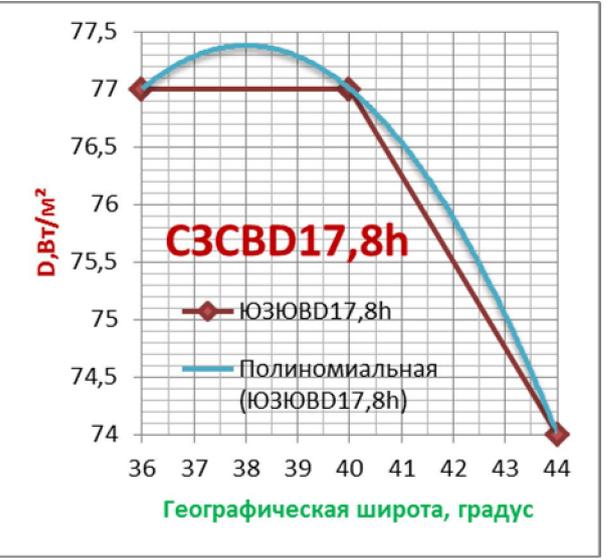
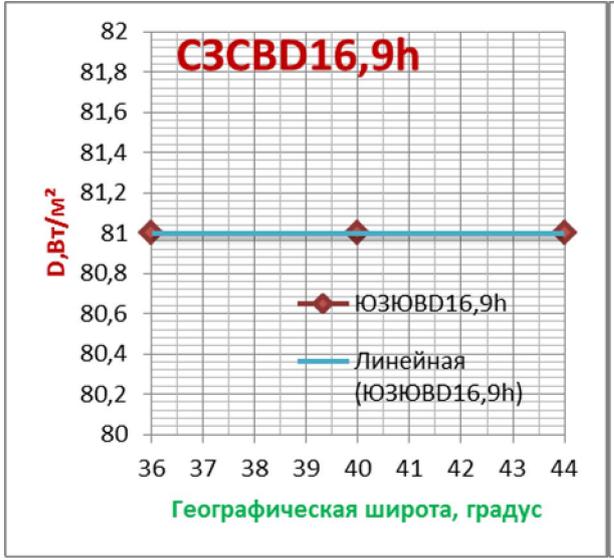
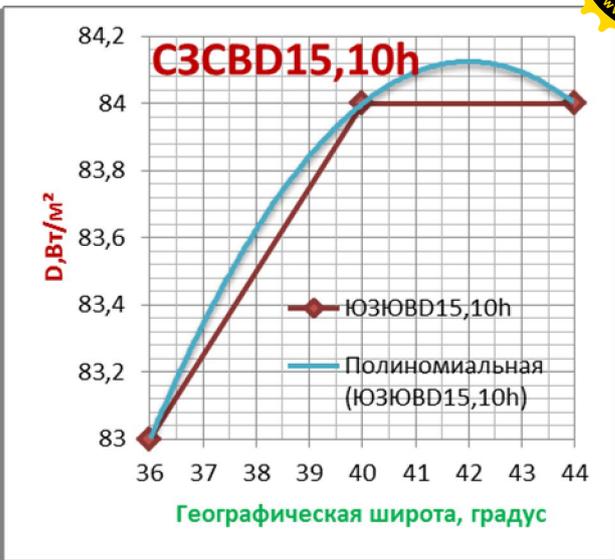


Рис. 3.18. Солнечная радиация (прямая S и рассеянная D), поступающая в июле на поверхность северо-восточной и северо-западной ориентации при безоблачном небе



В результате аппроксимации и отсчетов данных по графикам полу
следующую расчетную таблицу (таб. 3.22).

Таблица 3.22 - Солнечная радиация(прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность северо-восточной и северо-западной ориентации при безоблачном небе

Прямая радиация																	
Группа	Сторона	Часы суток															
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	С-В	29	23	406	422	322	174	39									
	С-З										39	174	322	422	406	230	29
2	С-В	26	22	402	421	322	178	41									
	С-З										41	178	322	421	402	220	26
3	С-В	23	21	398	420	325	182	43									
	С-З										43	182	325	420	398	214	23
4	С-В	21	21	397	421	326	186	46									
	С-З										46	186	326	421	397	210	21
5	С-В	17	20	396	422	328	190	51									
	С-З										51	190	328	422	396	204	17
6	С-В	15	19	397	424	330	194	53									
	С-З										53	194	330	424	397	198	15
7	С-В	11	19	398	428	335	200	55									
	С-З										55	200	335	428	398	193	11
8	С-В	9	18	402	432	340	210	60									
	С-З										60	210	340	432	402	188	9
Рассеянная радиация																	
Группа	Сторона	Часы суток															
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	С-В	5	72	134	151	137	107,	95,8	91	87	86,5	84	81	75	60,9	30,	
	С-З		30,	60,9	75	81	84	86,5	87	91	95,8	107,	137	151	134	72	5
2	С-В	4,	72	135	152	137	107,	95,8	91	87	86,8	84	81	75,	61,5	30,	
	С-З		30,	61,5	75,	81	84	86,8	87	91	95,8	107,	137	152	135	72	4,6
3	С-В	3,	71	135	153	138	107,	95,8	91	87	86,9	84,1	81	75,	61,9	30,	
	С-З		30,	61,9	75,	81	84,1	86,9	87	91	95,8	107,	138	153	135	71	3,6
4	С-В	3,	70	134	153	138	107,	95,8	91	87	87,1	84,1	81	76,	62,2	30,	
	С-З		30,	62,2	76,	81	84,1	87,1	87	91	95,8	107,	138	153	134	70	3,2
5	С-В	2,	68	133	154	138	107,	95,9	91	87	87,1	84,1	81	76,	62,5	30	
	С-З		30	62,5	76,	81	84,1	87,1	87	91	95,9	107,	138	154	133	68	2,3
6	С-В	1,	66	132	154	139	107,	95,9	91	87	87,1	84	81	76,	62,7	29,	
	С-З		29,	62,7	76,	81	84	87,1	87	91	95,9	107,	139	154	132	66	1,6
7	С-В	1	63	130	154	140	108	96	91	87	87	84	81	77	63	29	
	С-З		29	63	77	81	84	87	87	91	96	108	140	154	130	63	1
8	С-В	0	54	128	153	140	108,	96,1	91	87	86,8	83,9	81	77,	63,1	28,	
	С-З		28,	63,1	77,	81	83,9	86,8	87	91	96,1	108,	140	153	128	54	0

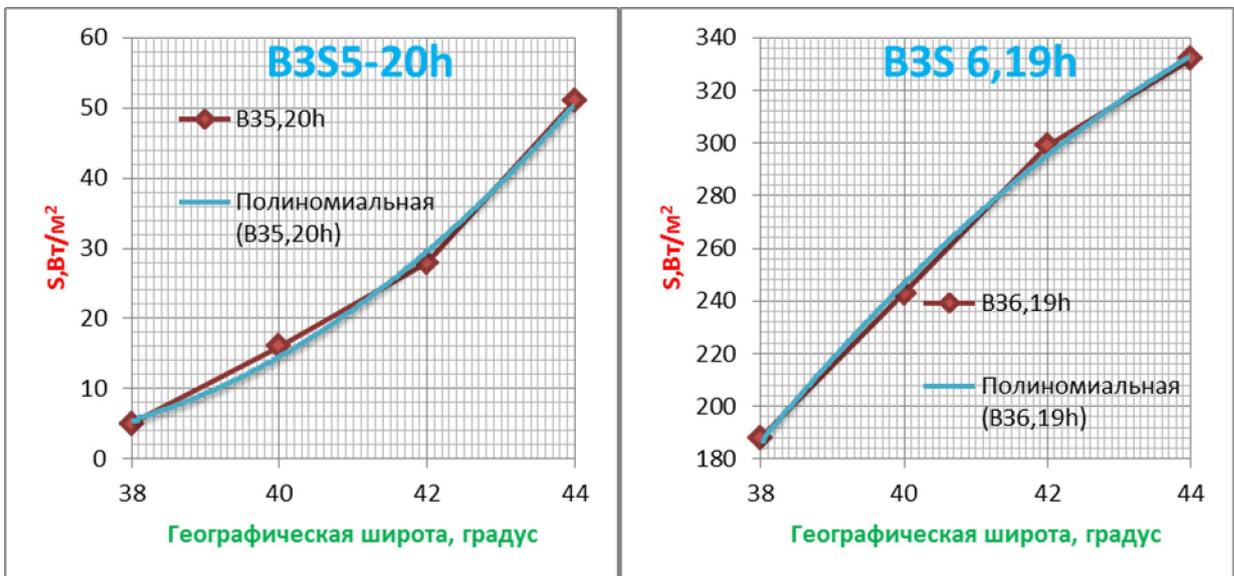
Солнечная радиация, падающая на поверхность восточной и западной ориентации. За основы берем данные СНиП 2.01.01-82 Приложение 7 для широт 38,40,42,44 градусов [79] (таб. 3.23).

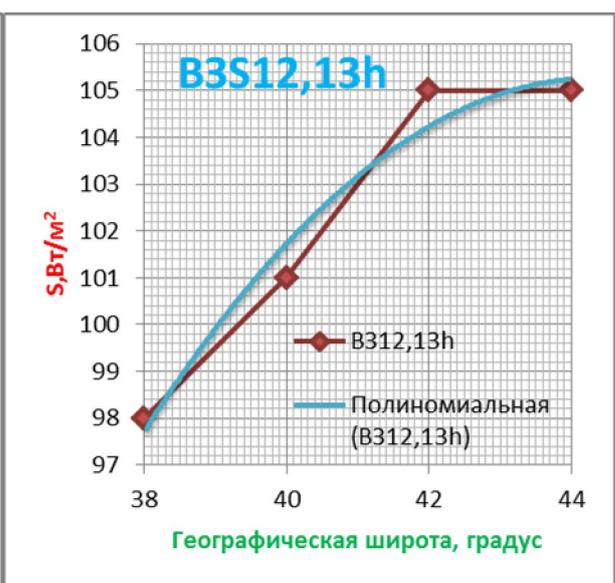
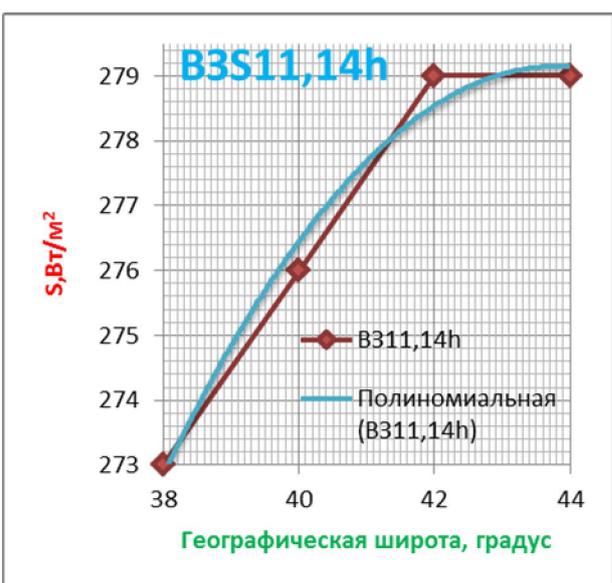
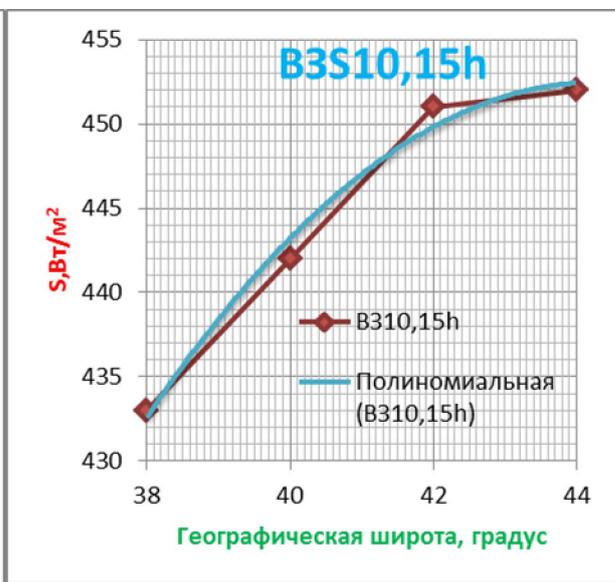
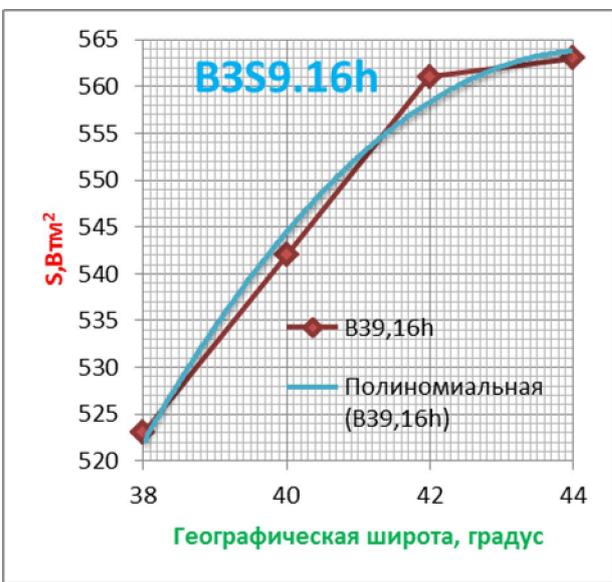
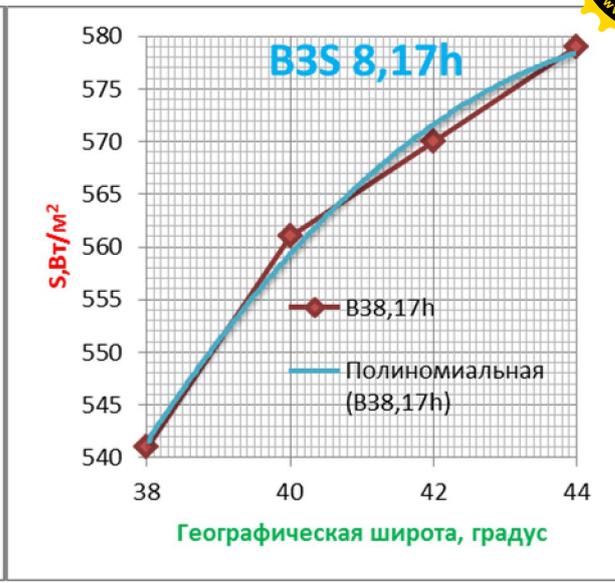
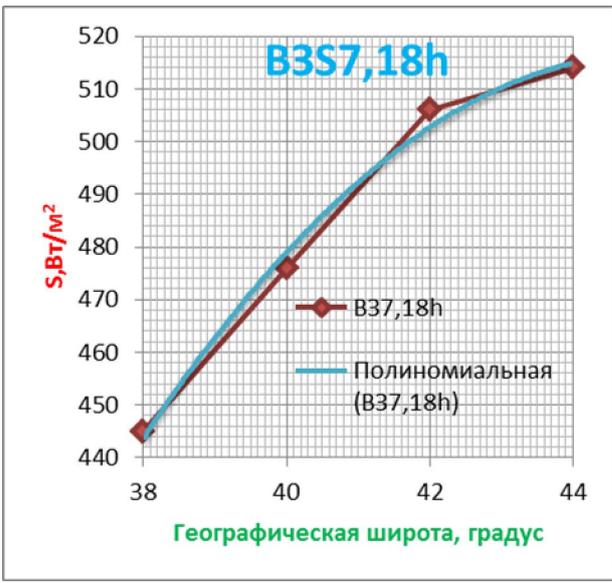


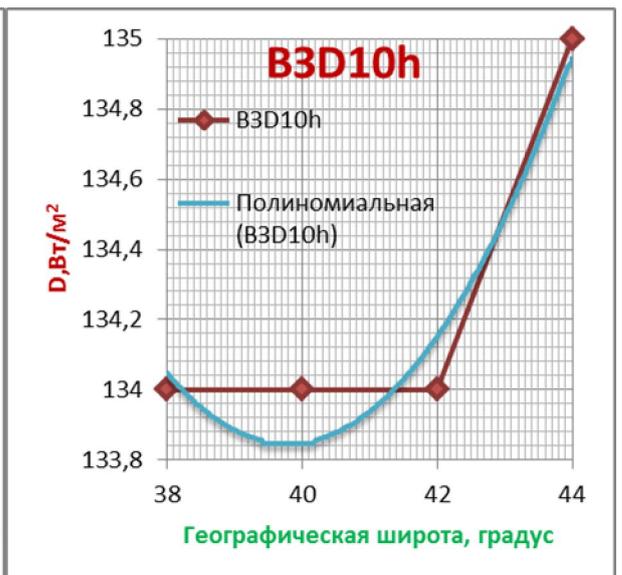
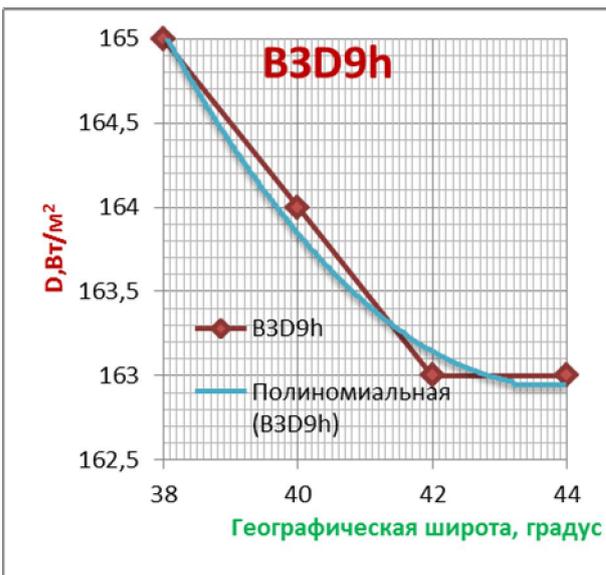
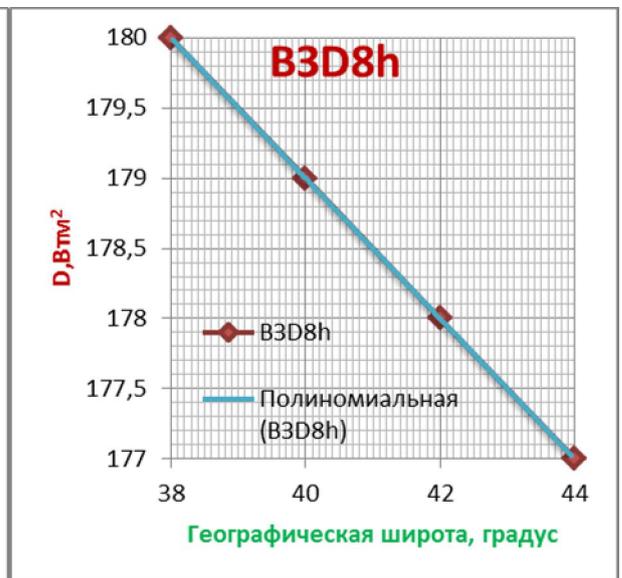
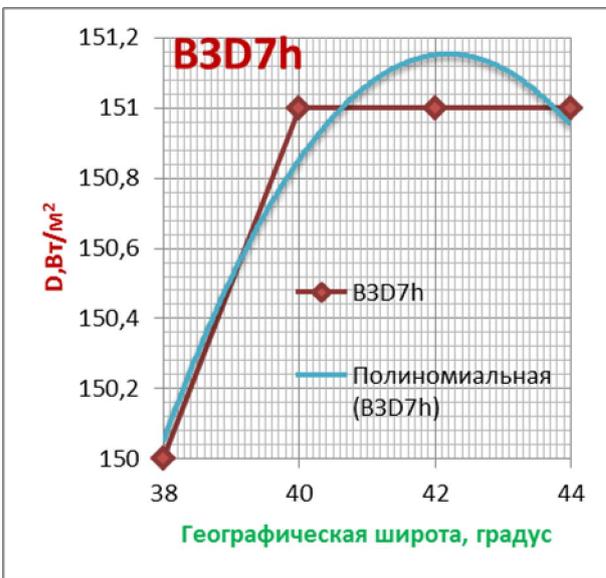
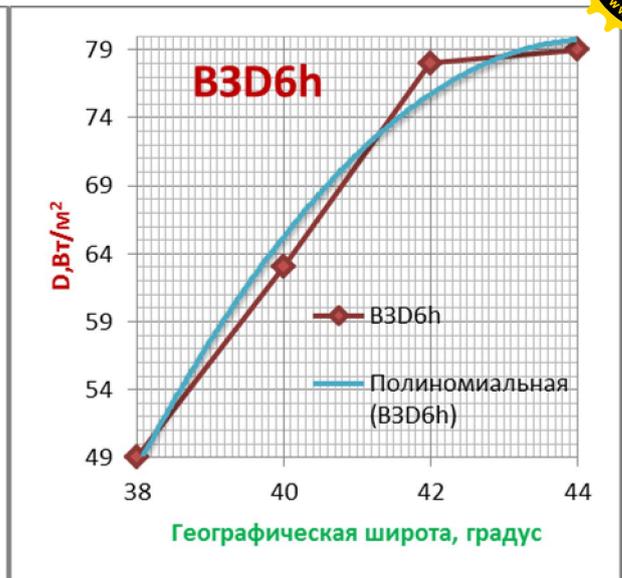
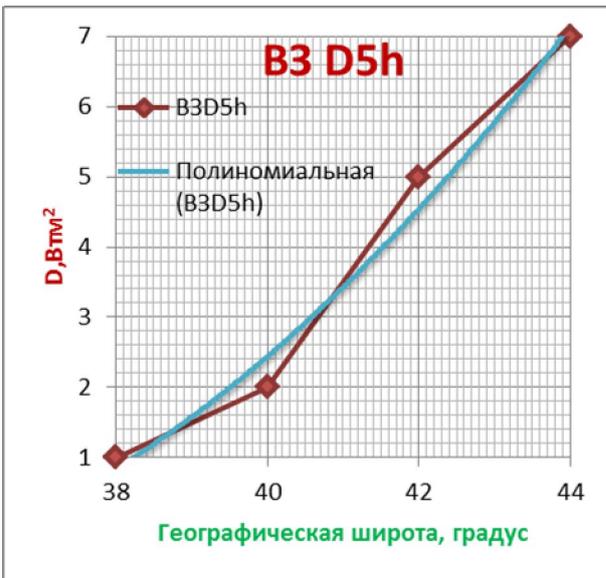
Таблица 3.23 - Солнечная радиация(прямая и рассеянная), поступающая в и на поверхность восточной и западной ориентации при безоблачном небе

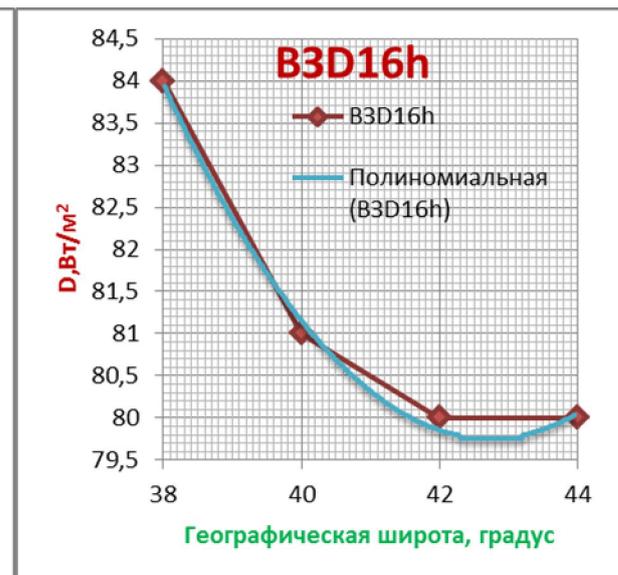
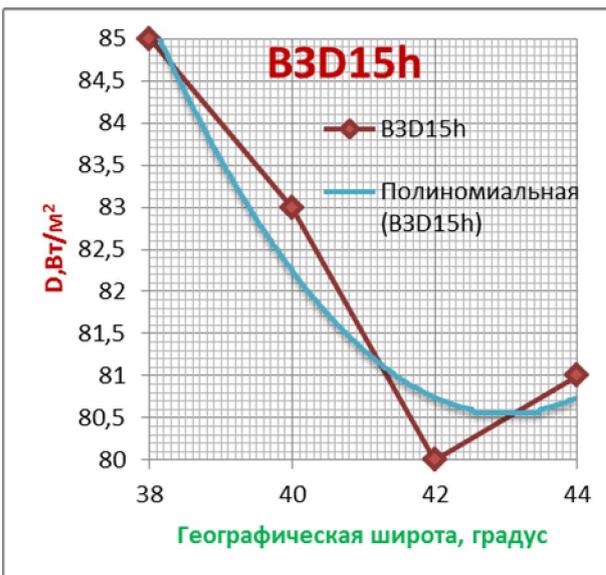
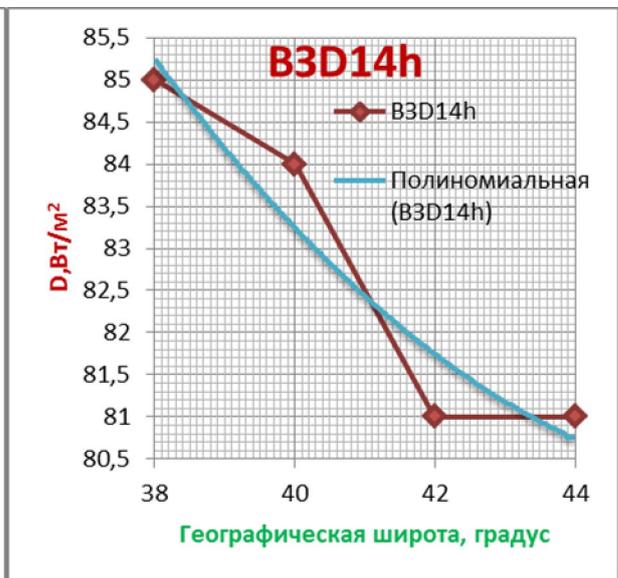
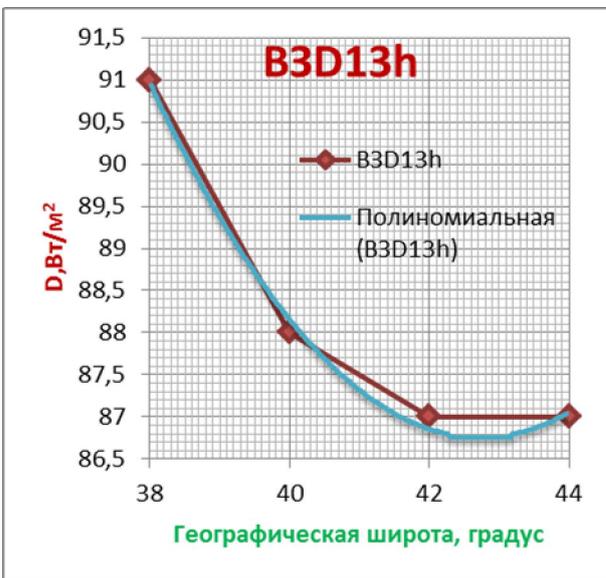
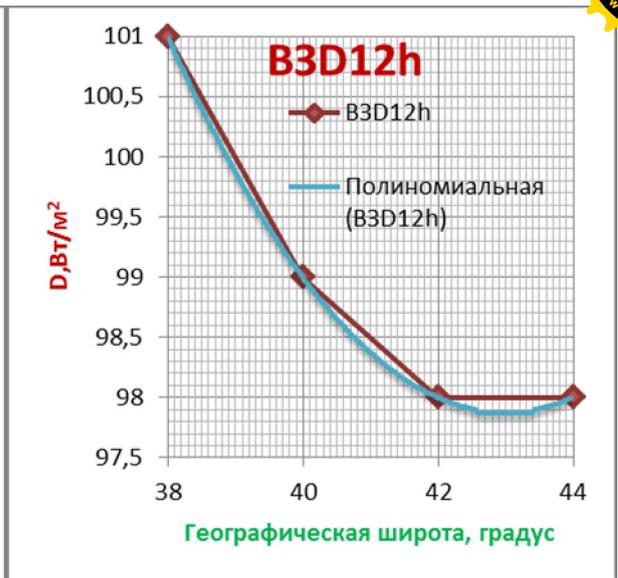
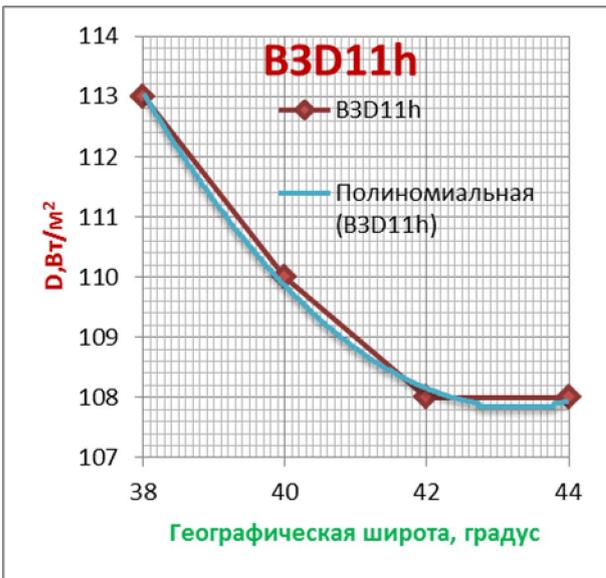
Прямая радиация, Вт/м ²															
Широта, град.	Часы суток северо-западной ориентации														
	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
38	5	188	445	541	523	433	273	98							
40	16	243	476	561	542	442	276	101							
42	28	299	506	570	561	451	279	105							
44	51	332	514	579	563	452	279	105							
Рассеянная радиация, Вт/м ²															
38	1	49	150	180	165	134	113	101	91	85	85	84	73	59	28
40	2	63	151	179	164	134	110	99	88	84	83	81	73	59	28
42	5	78	151	178	163	134	108	98	87	81	80	80	74	59	28
44	7	79	151	177	163	135	108	98	87	81	81	80	73	59	30
Широта, град.	Часы суток северо-восточной ориентации														
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Используя данные этой таблицы, строим графики зависимостей солнечной радиации на поверхность восточной и западной ориентации от координаты (северной широты) для различных часов суток (рис.3.19).









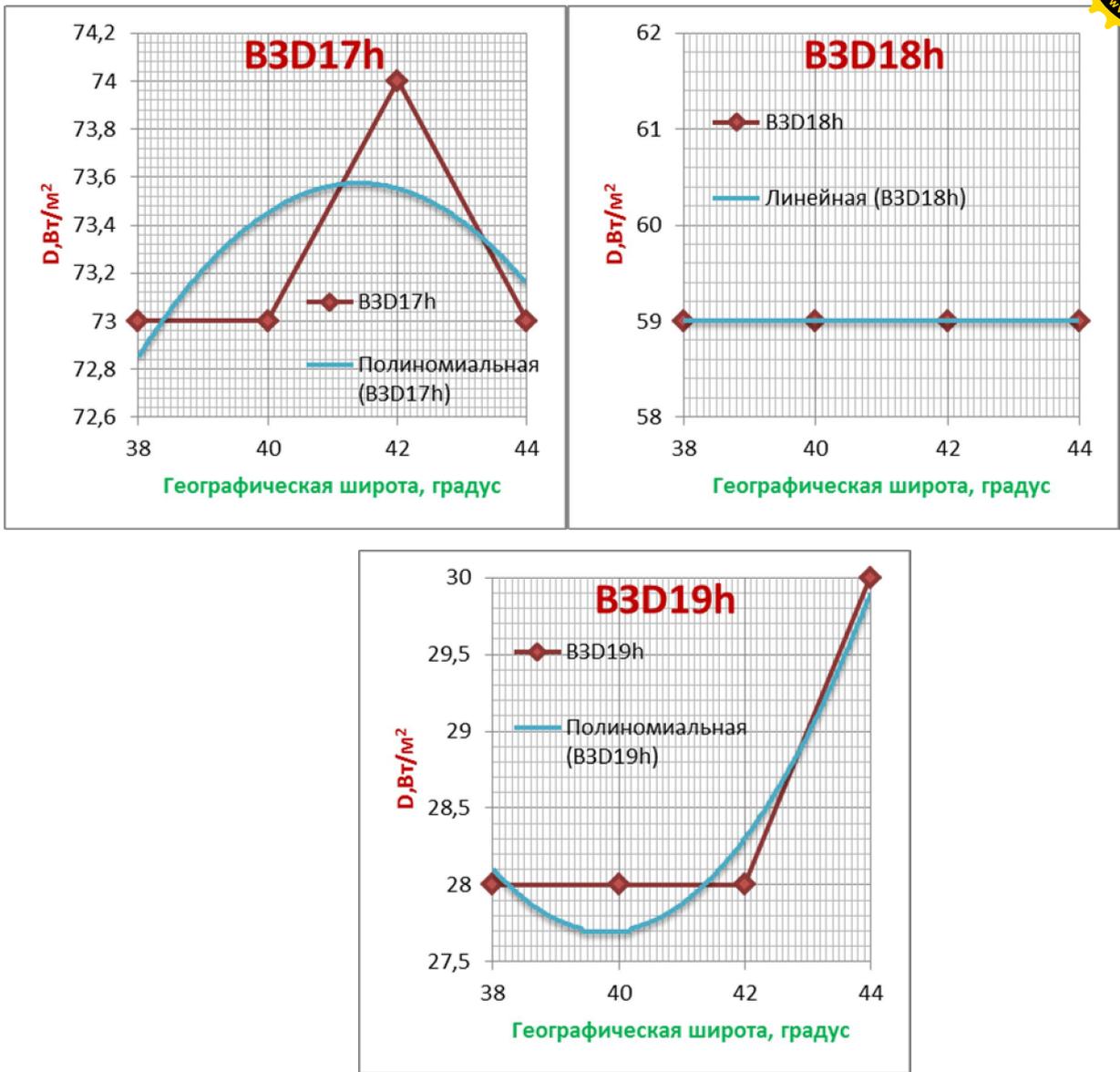
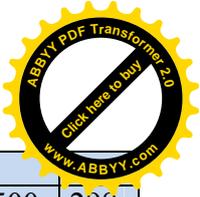


Рис. 3.19. Солнечная радиация (прямая S и рассеянная D), поступающая в июле на поверхность восточной и западной ориентации при безоблачном небе

В результате аппроксимации и отсчетов данных по графикам получим следующую расчетную таблицу (таб. 3.24).

Таблица 3.24 - Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на поверхность восточной и западной ориентации при безоблачном небе

		Прямая радиация													
Группа	Сторона	Часы суток													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	В	314	506	576	559	449	277,2	103,5							
	З								103,5	277,2	449	559	576	506	314



2	B	298	500	574	556	447	276,4	102,6							
	3								102,6	276,4	447	556	574	500	298

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	B	287	494	571	554	446,2	275,8	102,1							
	3								102,1	275,8	446,2	554	571	494	287
4	B	278	490	570	550	445	275,6	101,8							
	3								101,8	275,6	445	550	570	490	278
5	B	270	488	567	548	444,2	275,6	101,3							
	3								101,3	275,6	444,2	548	567	488	270
6	B	254	482	565	546	443	275,8	101							
	3								101	275,8	443	546	565	482	254
7	B	242	476	561	542	442	276	101							
	3								101	276	442	542	561	476	242
8	B	234	474	558	540	441,5	276,4	101							
	3								101	276,4	441,5	540	558	474	234

Рассеянная радиация

Группа	Сторона	Часы суток													
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	B	75	151,3	177,9	162,4	133,6	107,6	97,6	86,4	81,2	81,7	80	73	60,2	30,5
	3	30,5	60,2	73	80	81,7	81,2	86,4	97,6	107,6	133,6	162,4	177,9	151,3	75
2	B	73	151,4	178,5	162,4	133	107,8	97,5	86,4	81,6	82,2	80	73	60,4	30,4
	3	30,4	60,4	73	80	82,2	81,6	86,4	97,5	107,8	133	132,4	178,5	151,4	73
3	B	71	151,5	178,6	162,4	132,8	108	97,6	86,4	82	82,5	80	73	60,5	30,2
	3	30,2	60,5	73	80	82,5	82	86,4	97,6	108	132,8	162,4	178,6	151,5	71
4	B	69	151,5	178,7	162,4	132,8	108,4	97,8	86,5	82,4	82,8	80,1	73	60,4	30
	3	30	60,4	73	80,1	82,8	82,4	86,5	97,8	108,4	132,8	162,4	178,7	151,5	69
5	B	67	151,4	178,8	162,8	132,8	108,8	97,9	86,8	82,8	83,2	80,2	73	60,2	29,6
	3	29,6	60,2	73	80,2	83,2	82,8	86,8	97,9	108,8	132,8	162,8	178,8	151,4	67
6	B	65	151,3	179	163,2	133,2	109,2	98,4	87,2	83,5	83,6	80,7	73	59,6	28,8
	3	28,8	59,6	73	80,7	83,6	83,5	87,2	98,4	109,2	133,2	163,2	179	151,3	65
7	B	63	151	179	164	134	110	99	88	84	84	81	73	59	28
	3	28	59	73	81	84	84	88	99	110	134	164	179	151	63
8	B	61	150,9	179	164,4	134,8	110,4	99,6	88,4	84,5	84,2	81,2	73	58,4	27,2
	3	27,2	58,4	73	81,2	84,2	84,5	88,4	99,6	110,4	134,8	164,4	179	150,9	61

3.4. Построение алгоритмов

3.4.1. Алгоритм расчета термического сопротивления, проверки расчетных параметров на соответствие нормам

Построения алгоритмов расчета тепловой защиты производим в соответствии с математической моделью, рассмотренной в главе I и согласно правилам и нормам указанными в нормативных документах в области строительства Кыргызской Республики КР СНиП КР 23-02-00 "Строительная климатология", СП КР 23-101:2009 "Проектирование тепловой защиты зданий",



СНиП КР 23–01:2009 «Строительная теплотехника (Тепловая защита зданий)» [76-78].

Согласно вышеперечисленным нормам и разработанной математической модели мы должны строить алгоритмы решения следующих этапов теплового проектирования зданий или реконструкции существующих зданий:

1. Расчет сопротивления теплопередаче ограждений.
2. Расчет влажностного режима.
3. Расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций.
4. Расчет теплоусвоения.
5. Расчет сопротивления воздухопроницанию.
6. Тепlopоступления от воздействий солнечной радиации, от людей и оборудования.

Построения начнем с элемента определения *назначения* проектируемого или реконструируемого здания. Согласно существующим правилам по назначению выделяем следующие типы зданий:

- жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития;
- общественные (кроме указанных выше) административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимами;
- производственные здания с сухим и нормальным режимами.

Следующей задачей будет выбор *вида ограждающей конструкции*. Для этого в нормах предусмотрено следующее основное деление ограждений:

- наружная стена;
- покрытие;
- перекрытие.

Далее выбирается *местонахождение* проектируемого здания т.к. с этим связаны климатические параметры необходимые для теплотехнических расчетов по перечисленным этапам проектирования.



Выбор *варианта расчета* связан с особенностями нормирования сопротивления теплопередаче ограждения. Эти варианты предусмотрены положениями СНиП II-3-79* для строений до 2000 г., СНиП КР 23–01:2009 после 2000 г. и стандартами организаций для энергосберегающих строений с применением современных строительных материалов.

На следующем шаге выбираем из таблиц вышеперечисленных нормативных документов следующие данные для расчетов:

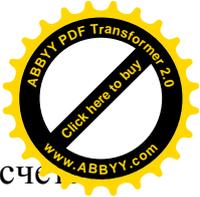
- температура внутреннего воздуха - t_{int} ;
- влажность внутреннего воздуха – ϕ_{int} ;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности - α_{int} ;
- коэффициент теплоотдачи наружной поверхности - α_{ext} ;
- коэффициент теплотехнической однородности – $\tau_{од}$;
- коэффициент положения наружной поверхности – n .

Далее в зависимости от типа здания и вида ограждающей конструкции из таблицы СНиП КР 23–01:2009 выбирается нормируемый температурный перепад Δt_n , между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности τ_{int} ограждающей конструкции.

В зависимости от климатических особенностей района строительства в дальнейшем требуется, вводит следующие данные:

- температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 - t_{ext} ;
- средняя температура отопительного периода – $t_{от.п.}$;
- продолжительность отопительного периода – $Z_{от.п.}$;
- условие эксплуатации в зонах влажности.

После вышеперечисленных действий необходимо ввести расчетные параметры строительных материалов ограждения. Выбор должен исходить, для случая вновь проектируемого здания в результате расчетов прочностных или иных характеристик ограждения, в случае реконструкции в результате анализа и замеров ограждения [37,46,51].



После выбора необходимых параметров можно рассчитать расчетное сопротивление теплопередаче ограждения R_0 . Сопротивление теплопередаче ограждения состоит из трех отдельных сопротивлений [88]:

1) сопротивление при переходе теплоты от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждения; это сопротивление называется сопротивлением тепловосприятию R_{si} и вызывает температурный перепад $t_{int} - \tau_{int}$;

2) сопротивление при прохождении теплоты через толщу самого ограждения; это сопротивление называется термическим сопротивлением ограждения R и вызывает температурный перепад $\tau_{int} - \tau_{ext}$;

3) сопротивление при переходе теплоты от наружной поверхности к наружному воздуху; это сопротивление называется сопротивлением теплоотдаче R_{se} и вызывает температурный перепад $\tau_{ext} - t_{ext}$ [87]

Отсюда исходит, что сопротивление теплопередаче ограждения может быть выражено как сумма этих сопротивлений [87]:

$$R_0 = R_{si} + R + R_{se} \quad (3.2)$$

Итоговое сопротивление рассчитывается с учетом неоднородности материалов ограждения т.е. $R_0 = R_0 \cdot r_{од}$.

Далее необходимо вычисление градусосуток отопительного периода выбранной местности D_d . Эта величина нужна для расчета нормируемого значения сопротивления из условия энергосбережения $R_0 \cdot \text{regЭ}$. Кроме того рассчитывается сопротивление с точки зрения санитарных норм $R_0 \cdot \text{regС}$.

Для предупреждения появления конденсатов на внутренней поверхности ограждения рассчитывается температура этой поверхности τ_{int} и температура точки росы t_d .

Самым ответственным моментом считается проверка соответствия выбранной конструкции требованиям норм по $R_0 > R_0 \cdot \text{regС}$, $R_0 > R_0 \cdot \text{regЭ}$ и $\tau_{int} > t_d$.



Если не выполняется хотя бы одно из этих условий, то необходимо вернуться к этапу выбора материалов ограждения и далее пройти все перечисленные пункты до тех пор, пока не выполнятся эти требования [38,46].

Если условия выполняются, то необходимо вывести сообщения о соответствии ограждения требованиям СНиП.

Ввиду известности некоторых параметров после произведенных расчетов можно будет определять суммарную затрату на отопления альтернативными видами топлива (уголь, газ, электроэнергия) за отопительный период. Этот шаг наглядно будет показывать материальные затраты при различных видах топлива и различном составе ограждения. Для этого необходимо будет задаваться площадью ограждающей конструкции, к.п.д. отопительного котла, теплоотводной способностью газа и угля, действующими ценами на газ, уголь и электрической энергии.

В результате получим блок-схему 1 расчета термического сопротивления, затраты на отопления здания и проверки расчетных параметров на соответствие нормам (рис. 3.20).

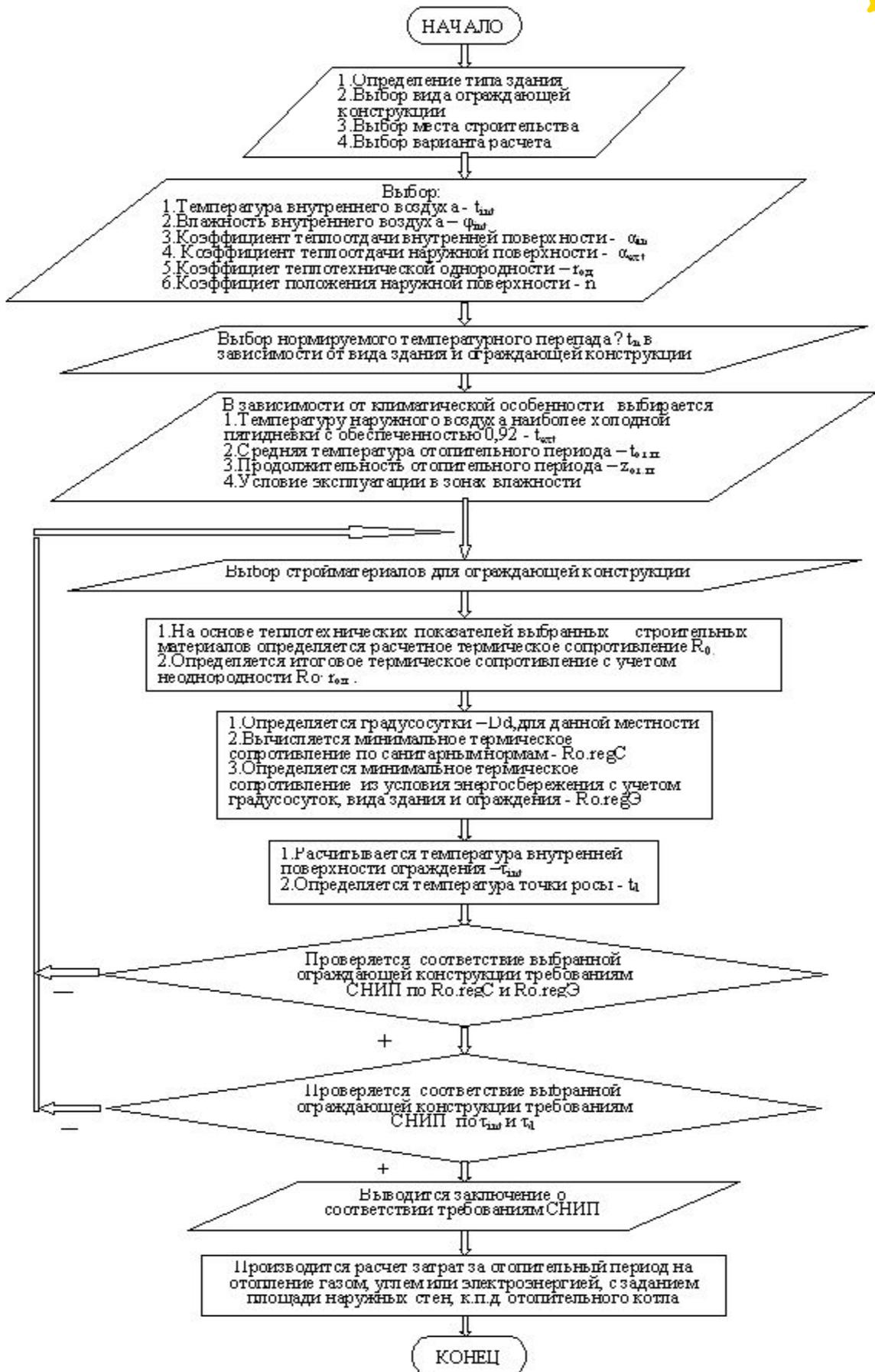


Рис. 3.20. Блок-схема 1



3.4.2. Алгоритм определения и проверки на соответствие нормативов теплозащиты сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции

Для расчета сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции вводятся значения толщины δ_i и коэффициента паропрооницаемости μ_i каждого слоя выбранных строительных материалов. Для более точных расчетов необходимо ввести еще и сопротивления влагообмену внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции $R_{воб.и}$ и $R_{воб.е}$ [32,34].

Далее из условия максимального сопротивления теплопроводности определяется расположение увлажняемого слоя. После этого в зависимости от расположения увлажняемого слоя определяется сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации $R_{впр}$ и между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации $R_{впе}$.

Далее, пользуясь таблицей средних месячных температур наружного воздуха данной местности определяются, средние температуры для зимнего, весенне-осеннего, летнего периода и периода со средней отрицательной температурой.

Затем для соответствующих периодов в зависимости от температуры наружного, внутреннего воздуха и термического сопротивления производится расчет температур на поверхностях ограждения и на границах слоев.

Из таблицы СП КР 23-101-2009 для соответствующих температур и периодов вводятся значения упругостей насыщенного пара E_1, E_2, E_3 .

Производится расчет парциального давления водяного пара e по толщине стены и на поверхностях ограждения [34].

На следующем шаге на основе полученных результатов строятся графики парциальных давлений насыщенного водного пара E , водяного пара e в толщине стены и на поверхностях ограждения, температуры t на границах слоев для зимнего периода.

Для дальнейших расчетов определяется упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период E .



Далее определяется средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период e_{ext} . Затем определяется средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными температурами $e_{ext.o}$. Рассчитывается продолжительность суточного периода влагонакопления, равной периоду с отрицательной среднемесячной температурой наружного воздуха z_0 .

На основе полученных результатов рассчитывается требуемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации R_{vp1}^{reg} .

Для расчета требуемого сопротивления паропроницанию из условия ограничения влаги в ограждающих конструкциях за период с отрицательными температурами наружного воздуха R_{vp2}^{reg} вводятся плотность материала γ , толщина δ , предельно допустимое за период влагонакопления z_0 приращение влаги в материале $\Delta\omega$ увлажняемого слоя.

Определяется коэффициент, η который необходим для расчета R_{vp2}^{reg} .

На следующем шаге рассчитывается требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения влаги в ограждающих конструкциях за период с отрицательными температурами наружного воздуха R_{vp2}^{reg} .

Предпоследним шагом этого алгоритма будет проверка условия п.9.1. СНиП 23-01-2009

$$R_{vp1} > R_{vp1}^{reg}, R_{vp2} > R_{vp2}^{reg}. \quad (3.3)$$

Если не выполняется эти условия, то необходимо вернуться к этапу выбора материалов ограждения (I-этап) и далее пройти все перечисленные пункты до тех пор пока не выполнятся все требования. Если условия выполняются, то необходимо вывести сообщения о соответствии ограждения требованиям СНиП по переувлажнению [78].

В результате построения получаем блок-схему 2 этого этапа (рис. 3.21).

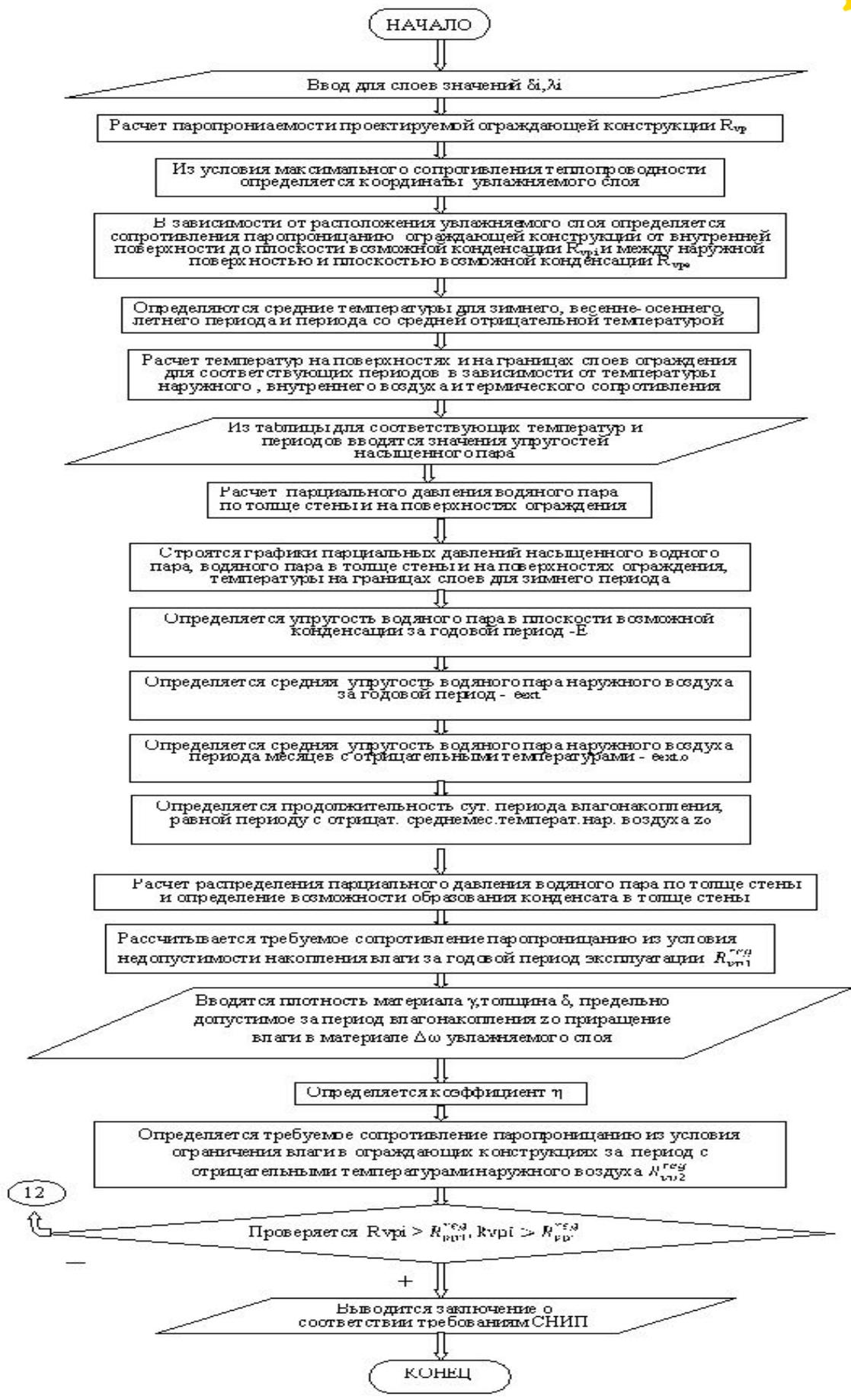


Рис. 3.21. Блок-схема 2



3.4.3. Алгоритм расчета теплоустойчивости ограждающей конструкции

Расчет теплоустойчивости выбранной ограждающей конструкции производится для наиболее жаркого месяца года, т.е. июля.

Для этого вначале вводятся из таблиц СНиП КР 23-02-00 «Строительная климатология» климатические параметры местности проектирования и СП КР 23-101-2004, СНиП КР 23-01-2009 теплотехнические параметры материалов ограждающей конструкции:

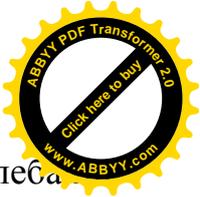
- средней температуры июля t_{av} ;
- суточное колебание амплитуды температуры в июле;
- максимальная и средняя суммарная солнечная радиация местности I_{max} , I_{av} ;
- коэффициент поглощения солнечной радиации материала наружной поверхности ρ ;
- скорость ветра за июль v ;
- коэффициент теплоотдачи наружной поверхности α_{ext} .

Далее на основе введенных данных определяется нормируемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_{tint}^{reg} . Также рассчитывается амплитуда колебаний температуры наружного воздуха A_{text}^{des} .

После этого вводятся следующие теплотехнические параметры слоев выбранной ограждающей конструкции:

- расчетные коэффициенты теплоусвоения s_i ;
- коэффициент теплоотдачи наружной поверхности α_{ext} ;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности α_{int} ;
- тепловая инерция ограждающей конструкции D [30.31].

В дальнейшем определяются коэффициенты теплоусвоения отдельных слоев ограждающей конструкции Y_i . Далее на их основе рассчитываются коэффициенты затухания этих слоев.



Затем определяется величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v для последующего расчета амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности A_t^{des} .

Предпоследним пунктом этого этапа будет сравнение требуемого и расчетного значений амплитуды внутренней поверхности ограждения по соотношению $A_{tint}^{reg} > A_t^{des}$.

Если не выполняется это условие, то необходимо вернуться к этапу выбора материалов ограждения (I-этап) и далее пройти все перечисленные пункты до тех пор, пока не выполнится указанное условие.

Если условие выполняется, то необходимо вывести сообщения о соответствии ограждения требованиям СНиП по теплоустойчивости [78].

В результате построения получим блок-схему 3 этого этапа (рис. 3.22).

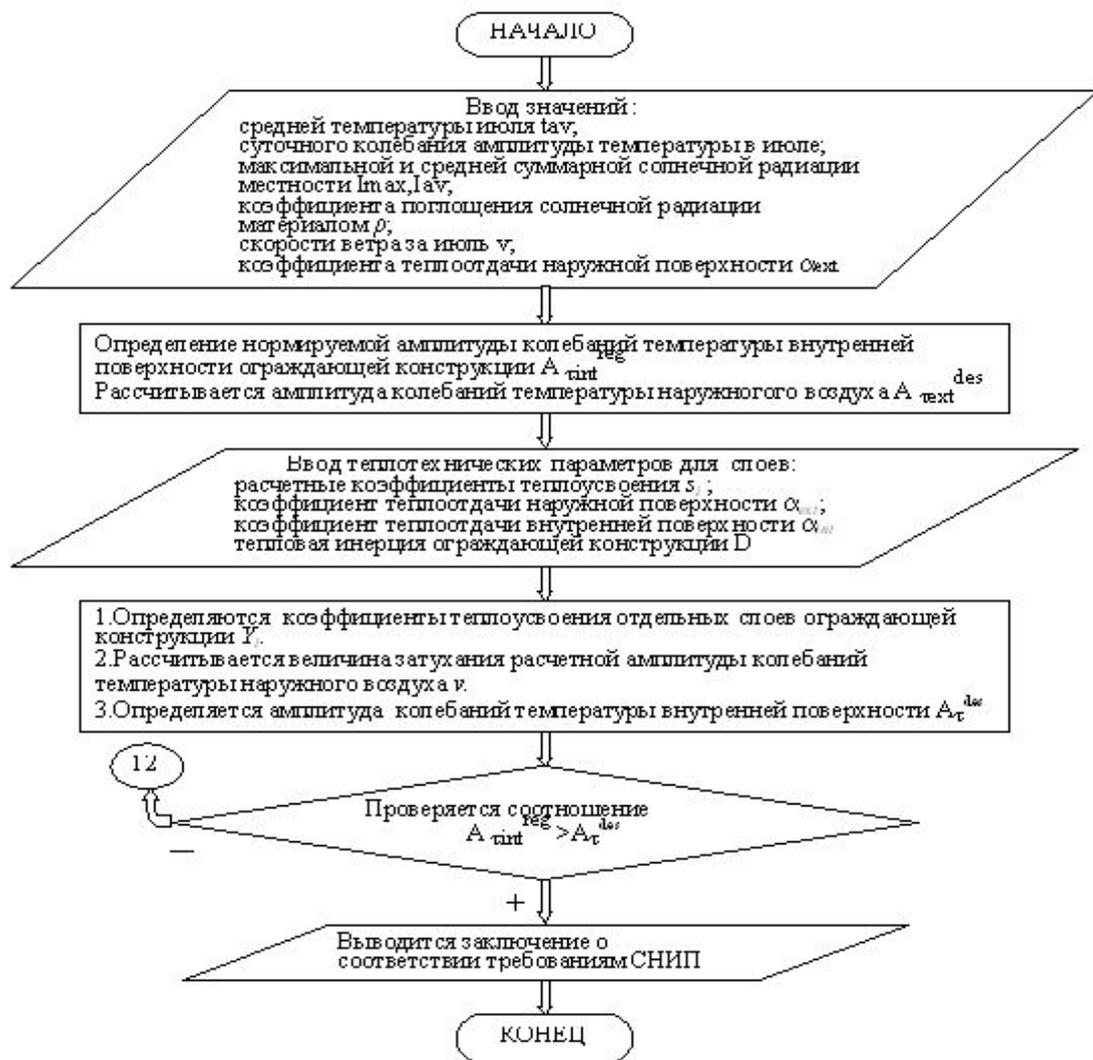


Рис. 3.22. Блок-схема 3



3.4.4. Алгоритм расчета сопротивления воздухопроницаемых ограждающих конструкций

Расчет производится для массивных ограждающих конструкций и светопрозрачных конструкций производится по отдельности.

Для начала вводятся данные для расчета воздухопроницаемости массивных ограждающих конструкций из условия проектирования, СНиП КР 23-02-00 «Строительная климатология» СП КР 23-101-2004, СНиП КР 23-01-2009 такие как:

- вид ограждающей конструкции;
- высота здания H ;
- максимальная из средних скоростей ветра за январь v ;
- удельный вес наружного и внутреннего воздуха γ_{ext} , γ_{int} ;
- нормативный коэффициент и нормативное сопротивление воздухопроницаемости материалов ограждения G_n , R_{ninf} [35].

По этим данным рассчитываются сначала разность давлений на наружной и внутренней поверхностях Δp , а затем требуемое сопротивление воздухопроницаемости R_{infreg} . После этого определяется расчетное значение сопротивления воздухопроницаемости конструкции $R_{inf des}$.

Следующим шагом будет проверка условия $R_{infreg} > R_{inf des}$ по СНиП КР 23-01-2009 [78].

Если не выполняется это условие, то необходимо вернуться к этапу выбора материалов ограждения (I-этап) и далее пройти все перечисленные пункты до тех пор пока не выполнится указанное условие.

Если условие выполняется, то необходимо вывести сообщения о соответствии ограждения требованиям СНиП по воздухопроницаемости [79].

Для расчета воздухопроницаемости световых проемов из условия проектирования, СНиП КР 23-02-00 «Строительная климатология» СП КР 23-101-2004, СНиП КР 23-01-2009 такие как:

- вид светопрозрачной ограждающей конструкции;



- нормативный коэффициент воздухопроницаемости G_n ;
- заявленный коэффициент $G_{серт}$;
- разность давлений на наружной и внутренней поверхностях Δp .

Далее используя значения введенных данных, рассчитываются нормативное и расчетное значения воздухопроницаемости R_{infreg} , $R_{inf des}$.

Следующим шагом будет проверка условия $R_{infreg} > R_{inf des}$ на соответствие требованиям СНиП КР 23-01-2009.

Если это условие не выполняется, то необходимо вернуться к этапу выбора материала светопрозрачного ограждения и далее пройти все перечисленные пункты до тех пор пока не выполнится указанное условие.

Если условие выполняется, то необходимо вывести сообщения о соответствии ограждения требованиям СНиП по воздухопроницаемости.

В результате построения получим блок-схему 4 этого этапа (рис. 3.23).

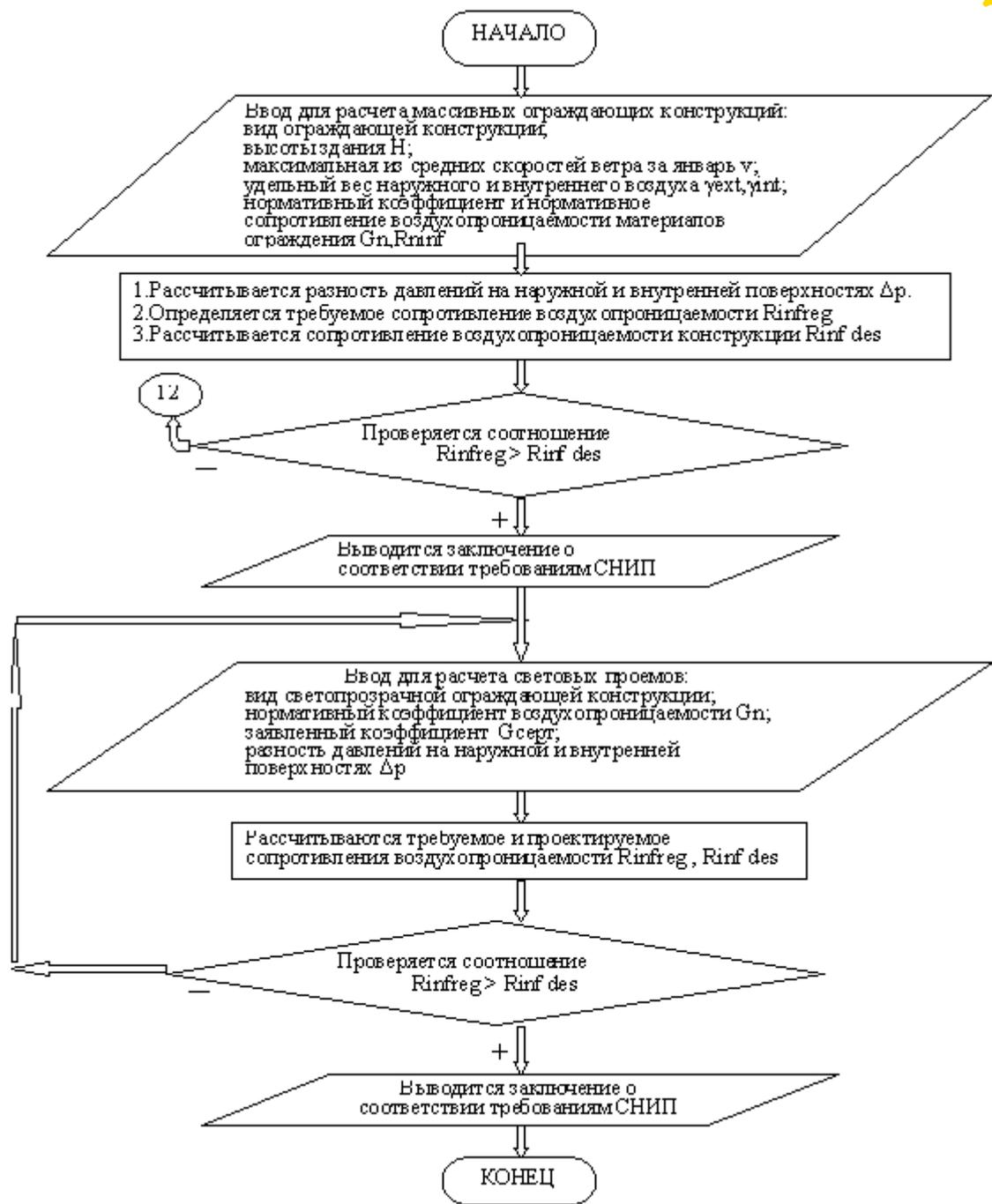


Рис. 3.23. Блок-схема 4

3.4.5. Алгоритм расчета теплоусвоения поверхности пола

Для расчета теплоусвоения поверхности полов необходимо независимо от других этапов нужно выбрать конструкции пола, т.е. из каких материалов строятся слои пола [48].

Поэтому вначале требуется вводить из условия проектирования и таблиц нормативных документов следующих параметров:



- тип здания;
- материалы пола и соответственно толщина δ , коэффициент теплопроводности λ , коэффициент теплоусвоения материала ϵ , требуемый показатель теплоусвоения ограждения Y_{freg} слоев пола.

Следующим пунктом будет расчет таких теплотехнических величин как:

- термические сопротивления R_i ;
- тепловая инерция D_i ;
- показатель теплоусвоения поверхности Y_{fi} отдельных слоев пола;
- тепловая инерция, показатель теплоусвоения n-слоев D_n, Y_{fn} .

Далее определяется показатель теплоусвоения поверхности пола Y_{fdes} .

На следующем шаге проверяется соотношение $Y_{freg} > Y_{fdes}$. Если это условие не выполняется, то необходимо вернуться к началу а точнее к выбору материала светопрозрачного ограждения и далее пройти все перечисленные пункты до тех пор пока не выполнится указанное условие. Если условие выполняется, то необходимо вывести сообщения о соответствии пола требованиям СНиП по теплоусвоению.

В результате построения получим блок-схему 5 этого этапа (рис. 3.24).

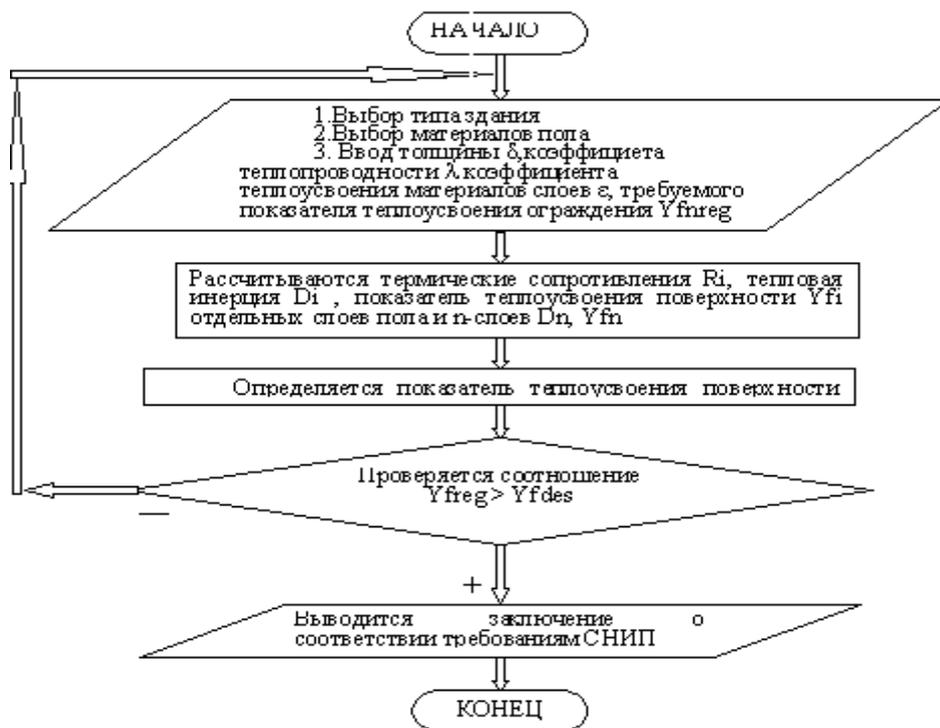


Рис. 3.24. Блок-схема 5



3.4.6. Алгоритм расчета теплоступления через ограждения в июле и требуемой мощности кондиционера

Для расчета теплоступлений через ограждающие конструкции такие как стена, перекрытие, окна, фонари и т.д. необходимо следующие данные:

- ориентация ограждение по отношению сторонам света
- площадь ограждения $A_{огр}$ и светопроема $A_{спр}$
- максимальная амплитуда и среднее значение суммарной солнечной радиации в июле $A_q, I_{ав}$
- коэффициент поглощения солнечной радиации ρ_s ;
- расчетный час ;
- коэффициент учитывающей воздушной прослойки β_1 ;
- коэффициент учитывающей времени суток β_2 ;
- внутренняя температура помещения t_{int} ;
- средняя наружная температура июля $t_{ext\ av}$, амплитуда колебаний температуры A_{text} коэффициент теплоотвода наружной поверхности α_{ext} ;
- материал наружной поверхности и коэффициент отражения этой поверхности ρ_s ;
- термическое сопротивление $R_{ост}$, коэффициент теплопропускания $K_{т/пр}$ остекления ;
- теплотехнические параметры D, v, R_0 из других этапов.

Далее с применением этих величин рассчитываются величины теплового потока через ограждения $Q_{огр}$ и светоприемы $Q_{спр}$ [33,36].

После этого полученные значения используется для вычисления мощности кондиционера для проектируемого помещения. Требуемая мощность кондиционера определяется также с учетом ожидаемого количества людей в помещении и суммарной мощности находящихся в помещении бытовых приборов.

В результате проведенных построений получим блок-схему 6 (рис. 3.25).

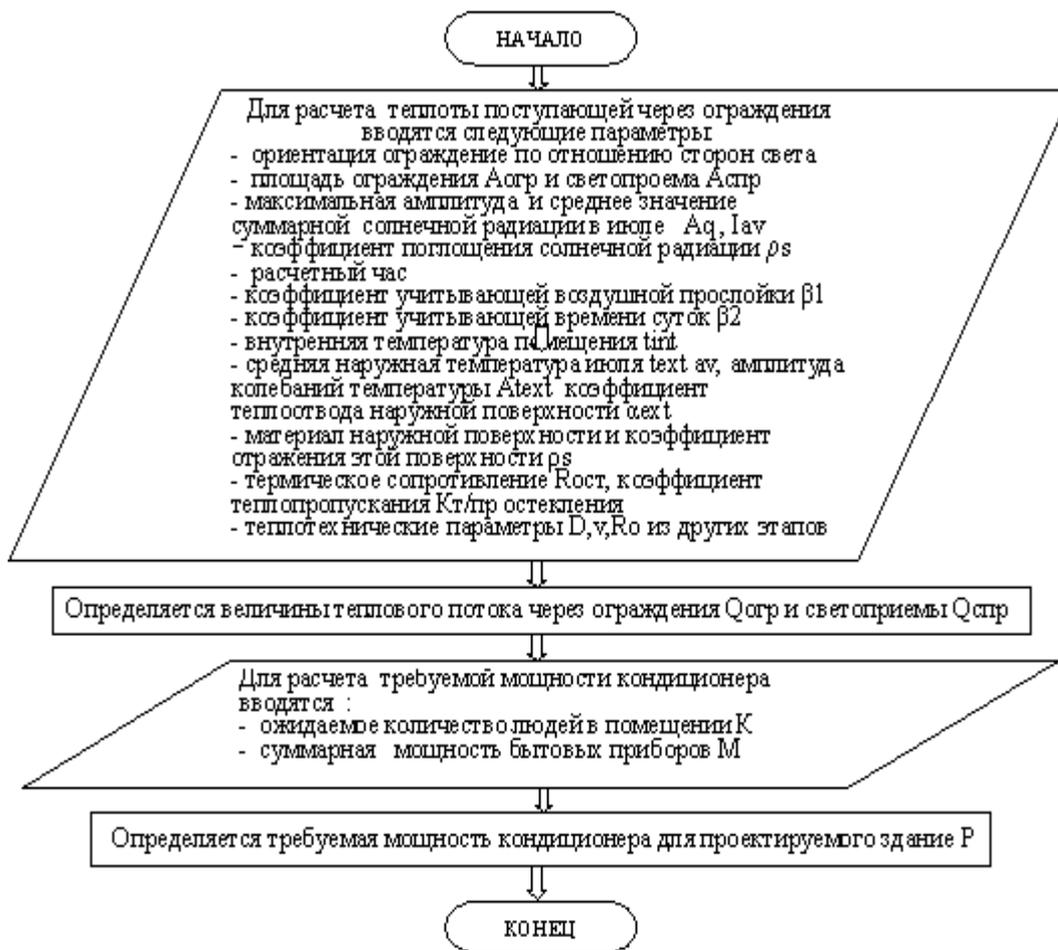


Рис. 3.25. Блок-схема 6

И в заключении нужно отметить то, что все этапы нашего алгоритма по мере необходимости могут обращаться друг к другу.

3.5. Разработка программы.

3.5.1. Обоснование выбора языка программирования

Для реализации алгоритма решения поставленной задачи мы выбрали язык программирования общего назначения C++. Данный язык наиболее соответствует задачам автоматизации информационной системы проектирования, так как C++ широко применяется для создания различных приложений и позволяет создавать как простые, так и коммерческие приложения, утилиты и даже системы.

C++ поддерживает объектно-ориентированное программирование, обобщенное программирование, процедурное программирование, обеспечивает



модульность, отдельную компиляцию, обработку исключений, абстракция данных, объявление типов (классов) объектов, виртуальные функции. Библиотека языка включает в себя общепотребительные контейнеры и алгоритмы. Этот язык имеет признаки высокоуровневых также и низкоуровневых языков.

C++ является самым распространенным языком программирования и широко используется для разработки программного обеспечения. С помощью C++ создаются операционные системы, различные программы прикладного характера, драйверы устройств, приложения для встраиваемых систем.

C++ считается чрезвычайно мощным языком, содержащим средства создания эффективных программ, от низкоуровневых утилит и драйверов до самых сложных программ для различных сфер.

Поддерживаются различные стили и технологии программирования, включая традиционное директивное программирование, ООП, имеется возможность работы на низком уровне с памятью, адресами, портами, есть возможность создания обобщенных алгоритмов для разных типов данных, их специализация и вычисления на этапе компиляции, используя шаблоны.

Ключевым понятием C++ является класс. Класс - это определяемый пользователем тип. Классы обеспечивают упрятывание данных, их инициализацию, неявное преобразование пользовательских типов, динамическое задание типов, контролируемое пользователем управление памятью и средства для перегрузки операций. В языке C++ концепции контроля типов и модульного построения программ реализованы более полно, чем в C. Кроме того, C++ содержит усовершенствования, прямо с классами не связанные: символические константы, функции-подстановки, стандартные значения параметров функций, перегрузка имен функций, операции управления свободной памятью и ссылочный тип. В C++ сохранены все возможности C эффективной работы с основными объектами, отражающими аппаратную "реальность" (разряды, байты, слова, адреса и т.д.). Это позволяет достаточно эффективно реализовывать пользовательские типы [101].



Язык C++ являясь мощным и стремительным рывком в развитии программирования, в настоящее время занимает лидирующее положение среди языков программирования. Большинство профессиональных программистов использует именно его при разработке разного рода проектов. C++ тесно связан со средой разработки Microsoft Visual C++, именно этот язык позволяет создавать простые и понятные приложения и компоненты.

C++ - это также универсальный язык программирования, задуманный так, чтобы сделать программирование более удобным для программиста. Используя определения новых типов, точно отвечающих концепциям приложения, программист может разделять разрабатываемую программу на легко поддающиеся контролю части. Такой метод построения программ часто называют абстракцией данных. Информация о типах содержится в некоторых объектах типов, определенных пользователем. Программирование с применением таких объектов называют объектно-ориентированным. Такие объекты просты и надежны в использовании в тех ситуациях, когда их тип нельзя установить на стадии компиляции. При правильном использовании этот способ дает более короткие, проще понимаемые и легче контролируемые программы.

C++ компилируется (транслируется) непосредственно в машинный код, что позволяет ему по сравнению с интерпретируемыми быть одним из самых быстрых языков. Также необходимо подчеркнуть то, что программист знает, что делает, и имеет большое количество возможностей, ограниченных только лишь временем. Проверка типов данных выполняется во время компиляции или во время выполнения. И это тоже доказывает гибкости C++ [101].

Для реализации задачи диссертационной работы нами была выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio, так как она наиболее подходит для создания данного проекта, а именно информационной системы проектирования зданий, имеет понятный интерфейс и большой набор функций инструментов.

Microsoft Visual Studio - это разработка компании Майкрософт, включающих интегрированную среду разработки программного обеспечения и



ряд других инструментальных средств. Она позволяют разрабатывать как консольные приложения, так и приложения с графическим интерфейсом. В том числе с поддержкой технологии Windows Forms, а также веб-сайты, веб-приложения, веб-службы как в родном, так и в управляемом кодах для всех платформ.

Visual Studio включает в себя редактор исходного кода с поддержкой технологии Intelli Sense и возможностью простейшего рефакторинга кода. Встроенный отладчик может работать как отладчик уровня исходного кода, так и как отладчик машинного уровня. Остальные встраиваемые инструменты включают в себя редактор форм для упрощения создания графического интерфейса приложения, веб-редактор, дизайнер классов и дизайнер схемы базы данных. Visual Studio позволяет создавать и подключать сторонние дополнения (плагины) для расширения функциональности практически на каждом уровне, включая добавление поддержки системконтроля версий исходного кода(как например, Subversion и Visual Source Safe), добавление новых наборов инструментов (например, для редактирования и визуального проектирования кода на предметно-ориентированных языках программирования или инструментов для прочих аспектов процесса разработки программного обеспечения [101].

Согласно разработанным алгоритмам действий составляется программы один из которых представлен сценой (рис.3.26) [30-38,44-54].

3.5.2. Сцена «Расчет термического сопротивления и проверка расчетных параметров на соответствие нормам».

В этой части вводятся *назначения* проектируемого или реконструируемого здания:

– жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития;



– общественные (кроме указанных выше) административные и бытовые производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимами;

– производственные здания с сухим и нормальным режимами.

Выбор *вида ограждающей конструкции*:

– наружная стена;

– покрытие;

– перекрытие.

Выбирается населенный пункт.

Выбор *варианта расчета* связан с особенностями нормируемого сопротивления теплопередаче ограждения. Эти варианты предусмотрены положениями СНиП II-3-79* для строений до 2000 г., СНиП КР 23–01:2009 после 2000 г. И стандартами организаций для энергосберегающих строений с применением современных строительных материалов.

Далее выбираются следующие данные для расчетов:

– температура внутреннего воздуха – t_{int} ;

– влажность внутреннего воздуха – φ_{int} ;

– коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности - α_{int} ;

– коэффициент теплоотдачи наружной поверхности - α_{ext} ;

– коэффициент теплотехнической однородности – $\gamma_{од}$;

- коэффициент положения наружной поверхности – n .

На основании этого автоматически производится расчет и проверка соответствия нормам. В нижней части вводятся данные для расчета вариантов суммарного расхода на отопление (рис. 3.26).



Вид задания: Жил. Учл. Санат.

Вид ограж. конструкции: Наружная стена

Место: Ош

Вариант расчета: Кыргызстан - эффективная керамика (нов)

Темп. нар. возд. наиб.бдн. t_{ext} = -15 °C

Сред. темп. отопит. периода $t_{ot.p.}$ = 1,1 °C

Продолжит. отоп. периода $z_{ot.p.}$ = 140 сутки

Условия экпл. в зонах влажности: А

Слой N: 6(мм)

1	Гипсовая штукатурка	2
2	Щем.-песчаный р-р	20
3	Кирпич. кладка сплош. -1800кг/м³	600
4	Извест.-песчаный р-р	20
5	Плиты из стекловаты	100
6	Гипсовая штукатурка	5

Температура внутреннего воздуха t_{int} = 18 °C

Влажность внутреннего воздуха φ_{int} = 55 %

Коэффициент теплоод. внутр. пов. α_{int} = 6,75 (таб.6 СТД)

Коэффициент теплоод. наруж. пов. α_{ext} = 23 (таб.6*)

Коэффициент теплотехн. однород. год. = 0,85

Кладка из блоков на клею армир

Коэффициент полож. наруж. поверн. η = 1,00 (таб.3*)

Нормируемый температур. перепад $\Delta t_{н}$ = 6 °C (таб.3 СТД)

Значение = 6,75 | 0,002 | 0,29 | 0,02 | 0,76 | 0,6 | 0,7 | 0,02 | 0,7 | 0,1 | 0,06 | 0,005 | 0,29 | 23 = 2,788

$R_{o.} = R_{o.} \cdot \text{год} = 2,37$

$Dd = (t_{int} - t_{ext}) \cdot z = 2366$ градусо-сутки

$R_{o.регC} = (ext - t_{int}) / (\Delta t \cdot \alpha_{ext}) = 0,24$

$R_{o.рег3} = 2,275$ минимальное терм. сопр. из условий энергосбережения (согл. СНиП КР 23-01-2009)

Тепловая инерция $D = R1.D1 + R2.D2 + R3.D3 + R4.D4 + R5.D5 + R6.D6 = 9,231$

$\tau = [t_{в.} - (t_{в.} - t_{н}) R_{o. \alpha_{int}}] = 16,2$ $\tau d = 0,33$ $v = 4002,66$

Площадь наружных стен дома 150 м² К.П.Д. отопительного котла 50 % потребление газа не более 2500 м³ Стоимость газа 14 сом

Суммарные теплопотери через стены за отопительный период (ОП) 3593,52 кВт·ч Расход газа на компенсацию теплопотерь через стены за ОП 653,37 м³ = 9147 сом

Стоимость угля за тонну (указать действующую цену) 5000 сом/т потребление света предприятиями Стоимость электроэнерг. 2,16 сом/кВт·ч

Расход угля на компенсацию теплопотерь через стены за ОП 958,27 кг = 4791 сом Расход энергии на комп. теплопотерь. через стены за ОП = 7762,0032 сом

Вывод: Ограждающая конструкция - УДОВЛЕТВОРЯЕТ - треб...

Вывод: Требования СНиП II-03-79* п.2.10. УДОВЛЕТВОРЯЕТ -

Рис. 3.26. Сцена 1

3.5.3. Сцена «Определение и проверка на соответствие нормам теплозащиты сопротивления паропроницанию ограждающей конструкции»

В этой части на основании данных предыдущего сценария производится расчет сопротивления паропроницанию и проверяется соответствия нормативным данным страны. Также строятся графики, которые укажут возможности появления конденсата (если графики пересекаются) на определенных слоях ограждающей конструкции (рис. 3.27).

II . Сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции

$$R_{vp} = \frac{81}{\mu_1} + \frac{82}{\mu_2} + \frac{83}{\mu_3} + \frac{84}{\mu_4} + \frac{85}{\mu_5} + \frac{86}{\mu_6} = 5,36$$

Сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации

$$R_{vp1} = 5,27$$

Сопротивление паропроницанию части ограждающей конструкции расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации (согл. приложенному графику плоскость находится на наружной поверхности теплоизоляции)

$$= 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг} \quad 0,05$$

Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации при ср. темпер. наружного воздуха месяцев с $t_{cp} < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

увлажняемый слой - сл. N 5 - Плиты из стекловаты

$E_0 = 517$ плоскость возможной конденсации находится на границе слоев -5/6

Сред. упруг. при $t_{ext} < 0$ $e_{ext0} = \infty \text{ Па}$

Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период

Сред. год. упругость $e_{ext} = 688$

$$E = 0 \cdot (0 + 1925 + 0) = 0 \text{ Па}$$

Требуемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги за годовой период эксплуатации

$$R_{vp1reg} = [(e_{int} - E) / R_{vpext}] \cdot (E - e_{ext}) = 0,027$$

где $e_{int} = 624 \text{ Па}$, $E = 1473,67 \text{ Па}$, $R_{vpext} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, $e_{ext} = 688$

Требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения влаги в ограждающих конструкциях за периоде отрицательными температурами наружного воздуха

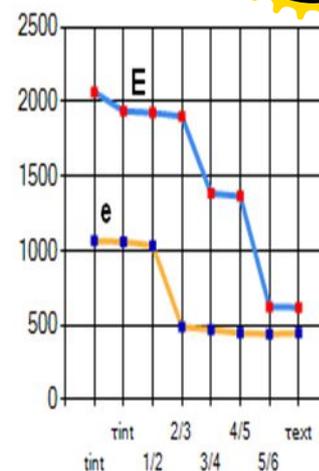
$$R_{n2reg} = 0,0024 \cdot z_0 \cdot (e - E_0) \cdot (g_w \cdot d_w \cdot D_w + h) = 0,16$$

где

$E_0 = 1901$

$Z_0 = 0$

$q_w = 75$



Ограждающая конструкция - УДОВЛЕТВОРЯЕТ
 $R_{vp1} = 5,27$, $R_{vp1reg} = 0,03$, $R_{vp2} = 0,16$

Рис. 3.27. Сцена 2

3.5.4. Сцена «Расчет и проверка расчетных параметров на соответствие нормам теплоустойчивости ограждающей конструкции»

В этой части тоже на основании данных первой части автоматически выводятся проверка соответствия теплоустойчивости ограждающих конструкций нормативным параметрам (рис.3. 28).



Расчет делается когда среднесечная температура Июля 21 оС и выше и тепловая инерция менее 4(нар. стен) и менее 5(покр.

1. Среднесечная температура Июля $t_{av} = 24,7$
2. Тепловая инерция $D = 8,096$
3. Требуемая амплитуда температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций : $At_{int\,reg} = 2,5 - 0,1(t_{ext} - 21) = 2,13$
4. Расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха :

$$At_{ext\,des} = 0,5At_{ext} + r(l_{max} - l_{av}) / \alpha_{ext} = 15,25$$

$$At_{ext} = 23,4 \quad r = 0,3$$

$$l_{max} = 406 \quad l_{av} = 148$$

$$\text{скорост ветра за Июль } v = 1,9 \quad \alpha_{ext} = 21,79$$

5. Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций :

$$At_{int} = At_{ext\,reg} / v = 0,01$$

$$\text{Затухание расчетной амплитуды } -v = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(s_1 + \alpha_{int})(s_2 + \gamma_{int}) \dots (s_n + \gamma_{n-1})(\alpha_{ext} + \gamma_n)}{(s_1 + \gamma_1)(s_2 + \gamma_2) \dots (s_n + \gamma_n)\alpha_{ext}} = 1793,97$$

Ограждающая конструкция УДОВЛЕТВОРЯЕТ требования по теплоустойчивости СНиП II-03-79* , п.5.1. так как:

$$At_{int\,reg} = 2,13 > At_{int} = 0,01$$

Рис. 3.28. Сцена 3

3.5.5. Сцена «Расчет и проверка расчетных параметров на соответствие нормам теплоусвоения поверхности пола»

Здесь производится расчет теплоусвоения полов. Для этого вводятся данные элементов пола и на основании этого производится проверка соответствия теплоусвоения действующим нормам Кыргызстана (рис.3.29) [48].

3.5.6. Сцена «Расчет сопротивления воздухопроницаемости ограждающих конструкций и проверка расчетных параметров на соответствие нормам»

В этой части вводятся тип ограждающей конструкции, окон и балконных дверей, а также паспортные данные окон и дверей и на основании этих данных и данных предыдущих частей производится расчет воздухопроницаемости и проверка соответствия действующим нормам страны (рис. 3.30).



Вид здания ▼

1. Требуемый показатель теплоусвоения-таб. 11*

Yfreq= 12

Слои пола

▼

▼

▼

▼

▼

Показатель теплоусвоение слоев конструкции для "n"-го слоя

$$Yfndes=(2Rn*sn2+sn+1)/(0,5+Rn*sn+1)$$

Показатель теплоусвоение слоев конструкции для "i"-го слоя

$$Yfides=(4Ri*si2+Yi+1)/(1+Ri*Yi+1)$$

Показатель теплоусвоение поверхности пола

$$Yfdes=9,24$$

Ограждающая конструкция УДОВЛЕТВОРЯЕТ требования по теплоусвоению полов

Рис. 3.29. Сцена 4

1. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций

1.1. Нормативная воздухопроницаемость-таб. 12* СНиП II-03-79*

Вид ограждающие конструкции

Gn= 0,5

Высота здания H=

Скорост ветра v=

gext=

gint=

$Dp=0,55*H(gext-gint)+0,03*gext*v^2$ 6,24

1.2. Требуемые согрот. воздухопроницаемость

Rvpreq=Dp/Gn 12,49

Id	Name	Gamma	G	RVP
1	Гипсо...	5	20	17
2	Цем....	20	15	373
3	Кирпи...	510	250	9
4	Извес...	20	15	142
5	Плиты...	100	50	2
6	Гипсо...	5	20	17

Сопротивление воздухопроницанию конструкции $Ra=R1+R2+R3+R4+R5+R6$ $Rvp\ des1=Rvp*G/(прил.9)$

Rvp des= 560

Ограждающая конструкция УДОВЛЕТВОРЯЕТ требования по воздухопроницанию СНиП II-03-79* , п.5.1. так как:

Rvp des= 560 Rvpreq= 12,49

2. Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей

2.1. Вид ограждающей конструкции

Нормативная воздухопроницаемость Gn= 1,5

2.2. Требуемые согрот. воздухопроницаемость

$Rvpreq=((Dp/Dpo)0,67)/Gn$

Dpo=

Rvpreq= 0,49

2.3.Сопротивление воздухопроницаемости выбранной конструкции

$Rvpreq=((Dp/Dpo)0,67)/Gсертф = 0,3$

Заявленная воздроницаемость Gсертф =

Ограждающая конструкция УДОВЛЕТВОРЯЕТ требования по воздухопроницанию СНиП II-03-79* , п.5.1. так как:

Rvp= 0,3 > Rvp reg =0,49

Рис. 3.30. Сцена 5



3.5.7. Сцена «Расчет теплопоступления через ограждения в июле и требуемой мощности кондиционера»

Здесь вводятся площадь ограждения, расчетное время, материалы ограждения, количество людей в помещении и суммарной мощности используемых электрических приборов. На основании этих и предыдущих данных производится расчет мощности кондиционера (рис. 3.31) [33].

Ориентация	3	Площадь ограждения A _{огр}	20
Расчетный час	1	Площадь светопроема A _{спр}	10
Материал наруж. поверх.	Алюминий	Внут. темп. пом. t _{int}	20
Тепловая инерция D	8,1	Средн. нар темп. июля. t _{ext av}	24,7
Затухание v	1793,97	<input type="button" value="Вычислить"/>	
Сопр. огр. констр. R ₀	2,66		

Теплопоступления через массивные ограждения

$$q_{av} = \frac{1}{R_0} \left(t_{ext\ av} + \frac{\rho_s I_{av}}{\alpha_{ext}} - t_{int} \right) \quad 3,29$$

$$\Delta q = \frac{\alpha_{int} \beta_1}{v} \left(0,5 A_{t\ ext} \beta_2 + \frac{\rho_s A_q}{\alpha_{ext}} \right) \quad -0,11$$

Q_{огр} = (q_{av} + Δq) A_{огр} = 63,45

Заполнение световых проемов

Q_{спр} = (t_{ext av} + 0,5β₂A_{t ext} - t_{int}) A_{спр} / R_{ост} + A_q A_{спр} K_т / n_{проп} = 1214,63

Общие теплопоступления

Q = Q_{огр} + Q_{спр} = 1278,09

Требуемая мощность кондиционера:

К- количество людей в помещении

М- сумм. паспортные мощности бытовых приборов

P >= Q + 0,1 * K + 0,3 * M = 1428,59

Рис. 3.31. Сцена 6



Заклучение по главе 3

Результатом данной главы является окончательная разработка методики тепловой защиты зданий Кыргызской Республики.

Выявлены особенности климатических условий регионов Кыргызстана. Анализированы такие параметры погоды как температура, влажность, ветер и осадки на территории страны. Определены основные параметры климата для теплотехнических расчетов зданий. Проведен анализ по климатическим районам республики.

Проведен анализ методов аппроксимации, используемые в научных исследованиях, выбрана физическая аппроксимация для составления базы данных климатических параметров местностей Кыргызской Республики.

В целях создания расширенных климатических данных для новой методики расчета теплотехнических параметров зданий были получены таблицы для 26 населенных пунктов по необходимым для расчета параметрам.

Используя результаты проделанных исследований, была создана методика расчета тепловой защиты зданий и сооружений возводимых и реконструируемых на территории Кыргызстана.

Таким образом, создана методика автоматизированного теплового расчета ограждающих конструкций, учитывающая климатические разнообразия регионов страны. Проверено, что результаты работы программного обеспечения соответствует действующим нормам Кыргызской Республики. В результате экспериментальных исследований установлено уменьшение временных и соответственно трудовых затрат.



ВЫВОДЫ

Итоги выполненных исследований, составляющих основу диссертационной работы, сводятся к следующему:

1. Выявлены особенности и различия подходов к энергосбережению в странах СНГ, Еврозоны и США в уменьшении мощности искусственного освещения, за счет автоматического управления тепловым режимом, использованию тепла солнечной радиации в зимнее время и учету ветровых воздействий.

2. Построена математическая модель для составления алгоритма и соответствующей прикладной программы теплового расчета, проектируемых и реконструируемых зданий, которая определяет нужные параметры для оптимизации проектирования.

3. Разработаны расширенные климатические данные для методики расчета тепловой защиты строительных конструкций проектируемых и реконструируемых зданий учитывающие региональные особенности, что дает возможность использовать разработанную методику во всех областях страны.

4. Разработанная методика существенно повышает качественные показатели и эффективность проектирования энергосберегающих зданий и сооружений, позволяет уменьшить трудозатраты на проектирования в среднем на 50 %.

5. Результаты расчета по этой методике дает возможность регулировать нежелательные процессы, протекающие внутри строительной конструкции (влажность и т.д.).



ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты приведенные в работе представляют практический интерес при проектировании новых и реконструкции существующих зданий, позволяют уточнить представление о протекающих процессах внутри строительных конструкций под воздействием климатических факторов.

Разработанные положения позволяют поднять качественные показатели и эффективность проектирования энергосберегающих зданий и сооружений. Могут быть использованы при проектировании новых методик проектирования строительного направления.

Данная методика используется пользователем как средство решения определенных задач в области обеспечения энергоэффективности проектируемых зданий. Она имеет интерфейс, который обеспечивает связь между машиной и пользователем.

Разработанная методика с использованием программы как средство осуществления имеет такой интерфейс, который не требует от пользователя знания основ программирования. Для использования этой методики пользователю достаточно будет запустить программу и вводить данные. Но вместе с тем она требует определенных знаний по строительству. Т.е. данная методика предназначена для специалистов строительного направления.

Активное внедрение информационных технологий в народное хозяйство страны привело к увеличению потребности в высококвалифицированных кадрах, владеющих навыками работы с компьютером.. Это достигается за счет того, что студентам предоставляется возможность выполнения задания как традиционным методом проектирования и анализа проектов, так и с использованием средств информационных технологий, внедренных в частности в основы проектирование и строительства зданий и сооружений. В этом направлении результаты данных исследований имеют немалое положительное значение, потому что данная методика позволяет повысить эффективность использования информационных технологий в обучении студентов.



В заключении можно констатировать, что данная методика предназначена для широкого круга специалистов строительной отрасли, частных домостроителей и студентов строительных направлений страны для проектирования энергосберегающих зданий с учетом особенностей регионов страны.

Для работы с данной методикой требуется минимальный набор оборудования, где центральным элементом является компьютер. Основные минимальные требования к программному обеспечению и технической характеристике компьютера:

- Язык программирования: C++

Поддерживаемые операционные системы:

- Windows 7 (x86 и x64)
- Windows 8 (x86 и x64)
- Windows Server 2008 R2 (x64)
- Windows Server 2012 (x64)

Поддерживаемые архитектуры:

- 32-разрядная (x86)
- 64-разрядная (x64)

Требования к оборудованию:

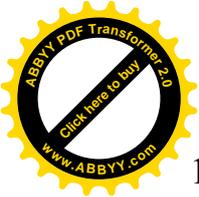
- Процессор мощностью 1,6 ГГц или выше
- 1 ГБ ОЗУ (1,5 ГБ для виртуальной машины)
- 10 ГБ (NTFS) свободного дискового пространства
- Жесткий диск с частотой вращения шпинделя 5 400 об/мин
- Видеоадаптер, совместимый с Direct X 9 и поддерживающий разрешение экрана 1024 x 768 точек и выше

Объем программы: 3,75Мб



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андерсон, Б. Солнечная энергия (Основы строительного проектирования) [Текст] / Б. Андерсон. - М.: Стройиздат, 1982. - 375 с.
2. Беляев, В. С. Пути повышения тепловой эффективности жилых зданий [Текст] / В. С. Беляев // Экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов в жилых зданиях. - М., 1985. - С. 83-86.
3. Береговой, А.М. Энергоэкономичные и энергоактивные здания [Текст] / А. М. Береговой. - М.: Изд-во АСВ, 1999. - 160 с.
4. Бобров, И. А. Численное моделирование тепловых процессов в ходе вариативного проектирования свайного энергетического фундамента для малоэтажного здания в климатических и геологических условиях города Перми [Текст] / И. А. Бобров, А. В. Захаров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. - М., 2012. - № 2. – С. 45–53.
5. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] Учебник для вузов. / В. Н. Богословский. - М.: Высшая школа, 1982. - 415 с.
6. Бутовский, И. Н. Совершенствование конструктивных решений теплозащиты наружных стен зданий [Текст] / И. Н. Бутовский, О. В. Худошина. - М.: ВНИИТПИ, 1990. - 66 с.
7. Бутовский, И. Н. Критерии выбора уровня тепловой защиты здания [Текст] / И. Н. Бутовский, Ю. А. Матросов. // Жилищное строительство. - М., 1991. - №2. - С. 18-21.
8. Васильев, Г. П. Экономически целесообразный уровень теплозащиты зданий [Текст] / Г. П. Васильев, В. Я. Кондратов // Энергосбережение. - М., 2002. - № 2. - С. 48-51.
9. Власов, О. Е. Приложение теории потенциала к исследованию теплопроводности [Текст] / О. Е. Власов // Известия теплотехнического института. - М., 1928. № 5 (38). – С. 25-28.



10. Гагарин, В. Г. О недостаточной обоснованности повышенных требований к теплозащите наружных стен зданий (изменение №3 СНиП II-3-79) [Текст] / В. Г. Гагарин // Сб. докладов третьей научно- практической конференции 23-25 мая 1998 г. «Проблемы строительной теплофизики систем микроклимата и энергосбережения в зданиях». - М., 1998. - С. 69-98.
11. Гагарин, В. Г. О реальной цене энергосбережения [Текст] / В. Г. Гагарин // Строительный эксперт. - М., 2003. - №8 и № 10.
12. Гагарин, В. Г. Требуемое сопротивление теплопередаче стен при нормировании удельного теплопотребления здания [Текст] / В. Г. Гагарин, М. А. Ченцов // В кн. Бетон на рубеже третьего тысячелетия. Материалы конференции 9- 14 сентября. - М., 2001. - С. 1355-1362.
13. Гагарин, В. Г. Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях «рыночной экономики» [Текст] / В. Г. Гагарин // Светопрозрачные конструкции. - М., 2002. - №3. - С. 2-5.
14. Голубинский, А.Н. Методы аппроксимации экспериментальных данных и построения моделей [Текст] / А. Н. Голубинский // Вестник Воронежского института МВД России. – Воронеж, 2007. № 2. С. 138-143
15. Даффи, Д. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии [Текст]: пер. с англ. / Д. А. Даффи, У. А. Бекман. - М.: Мир, 1977. - 420 с.
16. Дацюк Т. А. Инженерные аспекты энергосбережения зданий [Текст] / Т. А. Дацюк // Архитектура и строительство. –М.:, 2009. - № 5. - С. 326-328.
17. Дегтярев, В. И. Системный анализ и исследование операций [Текст] / И. И. Дегтярев. - М.: Высшая школа, 1996. - 335 с.
18. Дмитриев, А. Н. Управление энергосберегающими инновациями в строительстве здания [Текст] / А. Н. Дмитриев. - М.: АСВ, 2000. - 321 с.
19. Дроздов, В. А. Теплообмен в светопрозрачных ограждающих конструкциях [Текст] / В. А. Дроздов, В. К. Савин. Ю.П. Александров. - М.: Стройиздат, 1979. - 306 с.



20. Дроздов, В. А. Теплообмен в светопрозрачных ограждающих конструкциях [Текст] / В.А.Дроздов, В.К.Савин, Ю.П. Александров. - М.: Стройиздат, 1979. - 306 с.
21. Еремкин, А. И. Расчет теплового режима здания [Текст]: учебное пособие / А. И. Еремкин. - Пенза: Пензенский инж.-строит.ин-т, 1993. - 208 с.
22. Завадскас, Э. К. Методика выбора рациональных вариантов строительства в условиях неопределенности [Текст] / Э. К. Завадскас // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - М., 2003. - № 7, - С. 35- 37.
23. Зверев, В.Г. Идентификация теплофизических характеристик материалов [Текст] / В. Г. Зверев, В. А. Назаренко, А. В. Теплоухов // Инженерно-физический журнал. - М., 2010. № 3, - С. 614–621.
24. Иванов, Г.С. Прогноз изменений нормативных значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий / В кн. Энергоэффективные здания [Текст] / Г. С. Иванов, Д. Д. Шемякин // НИИСФ. - М., 2003. - С. 197-202.
25. Ильинский, В. М. Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий) [Текст] / В. М. Ильинский. - М.: Высшая школа, 1974. - 320 с.
26. Кондрашов, В.Я. Оценка методов расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [Текст] / В. Я. Кондрашов // Жилищное строительство. – Москва, 2001. - № 8. - С. 13-17.
27. Корепанов, Е.В. Выбор критериальных уравнений для эквивалентной теплопроводности светопрозрачной части окна [Текст] / Е. В. Корепанов // Журнал СОК, № 12, - М., 2016. - С. 61–68.
28. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров [Текст] / Г. Корн, Е. Корн. – М.: Наука, 1984. - 832 с.
29. Круглова, А. И. Климат и ограждающие конструкции [Текст] / А. И. Круглова. - М.: Издательство литературы по строительству, 1970. - 167 с.
30. Кутуев, М. Д. Расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций зданий



- [Текст] / М. Д. Кутуев, И. К. Манапбаев, Р. А. Куканова, Т. К. Мухтаров // Вестник КРСУ. - Бишкек, 2012. - Том 12, №7. - С. 85-89.
31. Кутуев, М. Д. Использование метода интерполирования для расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций в условиях Кыргызстана [Текст] / М. Д. Кутуев, И. К. Манапбаев // Вестник КРСУ. - Бишкек, 2017. - Том 17, №5. - С. 157-159.
32. Кутуев, М. Д. Определение и проверка на соответствие нормам теплозащиты сопротивления паропрооницанию ограждающей конструкции [Текст] / М. Д. Кутуев, И. К. Манапбаев, М. Э. Аралбаев // Научно-информационный журнал «Материаловедение». – Бишкек, 2014. - №2(5). - С. 204-207.
33. Кутуев, М. Д. Применение компьютерной технологии для расчета теплоступления от воздействий солнечной радиации, от людей и оборудования в летнее время при теплотехнических расчетах зданий в условиях Кыргызстана [Текст] / М. Д. Кутуев, И. К. Манапбаев // Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции. - Санкт-Петербург, 2016. - С. 102-105.
34. Кутуев, М. Д. Разработка алгоритма расчета паропрооницания ограждающих конструкций проектируемых и реконструируемых зданий Кыргызстана [Текст] / М. Д. Кутуев, И. К. Манапбаев // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2014. - №3(45), II том. - С. 170-173.
35. Кутуев, М. Д. Расчет воздухопроницаемости конструкций зданий [Текст] / М. Д. Кутуев, Б. С. Матозимов., И. К. Манапбаев, Р. А. Куканова // Современные проблемы механики сплошных сред. - Бишкек, 2012. - Вып. 16. - С. 318-324.
36. Кутуев, М. Д. Расчет тепла от солнечной радиации при проектировании зданий в регионах Кыргызской Республики [Текст] / М. Д., Кутуев, Б. С. Матозимов., И. К. Манапбаев, Р. А. Куканова // Современные проблемы механики сплошных сред. - Бишкек, 2012. - Вып. 16. - С. 310-318.



37. Кутуев, М. Д. Тепловая защита в условиях Кыргызстана [Текст]: научно-методическое пособие / М. Д., Кутуев, Б. С. Матозимов, И. К. Манапбаев.- Бишкек: КГУСТА, 2013. - 104 с.
38. Кутуев, М. Д. Учет климатических условий Кыргызстана при проектировании зданий и сооружений [Текст] / М. Д. Кутуев, И. К. Манапбаев // НИИПП АПСН, - Чебоксары, 2014. - С. 8-12.
39. Лицкевич, В. К. Жилище и климат [Текст] / В. К. Лицкевич. - М.: Стройиздат, 1984. - 288 с.
40. Лыков, А. В. Теоретические основы строительной теплофизики [Текст] / А. В. Лыков. - Минск: Изд. АН БССР, 1961. - 519 с.
41. Люпаев, Б.М., Горина С.В. О качественных оценках оптимальности технических решений /Современные проблемы строительного материаловедения [Текст] / Б. М. Люпаев, С. В. Горина // ВГАСА. - Воронеж, 1999. - С. 259-263.
42. Мак-Адамс, В. Х. Теплопередача [Текст] / В. Х. Мак-Адамс. – М.: Metallurgizdat, 1961. - 98 с.
43. Макс, Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях [Текст] / Ж. Макс. - М.: Мир, 1983. - 312 с.
44. Манапбаев, И. К. Актуальность энергосберегающих технологий строительства в Кыргызской Республике в контексте энергетической безопасности [Текст] / И. К. Манапбаев, Ч. Исраил у. // Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции. - Санкт-Петербург, 2017. - С. 86-89.
45. Манапбаев, И. К. Исследование климатических параметров для теплотехнических расчетов тепловой защиты зданий в условиях Кыргызской Республики [Текст] / И. К. Манапбаев // Труды II- Международной научно-практической конференции. - Алматы, 2015. - С. 520-524.
46. Манапбаев, И. К. Исследование проектирования зданий с учетом климатических особенностей в условиях Кыргызстана в пакете MSOfficeExcel [Текст] / И. К. Манапбаев, Р. А. Куканова, К. С. Султаналиев



- // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2011. - №2(32), Том 2. - С. 137-145.
47. Манапбаев, И. К. Моделирование расчета распространения тепла в ограждающих конструкциях с учетом ветряного фактора регионов Кыргызстана [Текст] / И. К. Манапбаев // Научно- информационный журнал «Материаловедение». - Бишкек, 2013. - С.86-90.
 48. Манапбаев, И. К. Применение компьютерной технологии для расчетов теплоусвоения полов проектируемых и реконструируемых зданий Кыргызстана [Текст] / И. К. Манапбаев, М. Ч. Борубаев // VIII- Международная научно-практическая конференция. Издательство «Олимп». - Москва, 2016. - С. 657-660.
 49. Манапбаев, И. К. Применение методов аппроксимации для расчета теплопоступлений через ограждающие конструкции в условиях Кыргызской Республики [Текст] / И. К. Манапбаев, М. Ч. Борубаев, Ч. Исраил у. // XVII - Международная научно-практическая конференция. Издательство «Олимп». - Москва, 2016. - С. 104-107.
 50. Манапбаев, И. К. Проектирование тепловой защиты зданий в регионах Кыргызской Республики в контексте экологической и энергетической безопасности [Текст] / И. К. Манапбаев // Научно- информационный журнал «Материаловедение». - Бишкек, 2013. - С. 301-303.
 51. Манапбаев, И. К. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции с применением информационной технологии для регионов Кыргызской Республики [Текст] / И. К. Манапбаев // Вестник КГУСТА , Бишкек, 2013. № 4(42). - С. 237-242.
 52. Манапбаев, И. К. Учет климатических особенностей при проектировании зданий в условиях Кыргызстана [Текст] / И. К. Манапбаев, Р.А. Куканова, Э. М. Мамбетов // Вестник КРСУ. - Бишкек, 2012. - Том 12, №7. - С. 102-106.
 53. Математика: Энциклопедия [Текст] / [под ред. Ю.В. Прохорова]. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. - 847 с.
материалов [Текст] / А. У. Франчук. - М.: Стройиздат, 1969. – 143 с.



54. Матросов, Ю.А. Совершенствование нормативной базы по проектированию и строительству зданий с эффективным использованием энергии [Текст] / Ю. А. Матросов, И. Н. Бутовский // АВОК. – М., 1999. - № 5. - С. 5-9.
55. Махмазаитов, К. Д. Проектирование акустики открытых помещений [Текст] / К. Д. Махмазаитов, И. К. Манапбаев, М. Д. Кутуев // Вестник КГУ им. И.Арабаева. - Бишкек, 2012.- вып.1.- С. 96-100.
56. Мачинский, В. Д. Метод характеристических величин в строительной теплотехнике [Текст] / В. Д. Мачинский. - М.: Госстройиздат, 1950. - 87с.
57. Мачинский, В. Д. Теплотехнические основы гражданского строительства [Текст] / В. Д. Мачинский. - М.: АО «Научное издательство», 1928. -262 с.
58. Мельник, А. П. Моделирование процессов теплопереноса через ограждающие конструкции зданий и системы вентиляции [Текст]: дис. ... к-та техн. наук: 05.13.18 / А. П. Мельник. – Москва, 2011. – 120 с.
59. Михеев, А. П. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения [Текст] / А. П. Михеев, А. М. Береговой, Л. Н. Петрянина. - М.: Изд-во АСВ, 2002. - 192 с.
60. Научно- прикладной справочник по климату СССР. [Текст]. - Серия 3. Многолетние данные. Части 1-4. Вып.32. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 375 с.
61. Овечкина, Е. В. Разработка методов оптимальной аппроксимации эмпирических зависимостей [Текст] / Е.В. Овечкина, С.В. Поршнева // Электронный журнал "Исследовано в России". – Режим доступа: <http://zhurnal.mipt.ru/>
62. Осадчий, Г. Б. Энергосбережение при эксплуатации жилья [Текст] / Г. Б. Осадчий // Жилищное строительство. - М., 2001. - №11. - С. 12-13.
63. Развитие теплотехнических норм и совершенствование теплозащиты зданий Австрии [Текст]: Экспресс-информация / ВНИИС, серия 10, вып. 19. 1985. - С. 9-13.



64. Расчет и проектирование ограждающих конструкций. Справ. пособие СНиП / НИИ строит, физики [Текст]. - М.: Стройиздат, 1990. - 223 с.
65. Руководство по строительной климатологии. Пособие по проектированию [Текст]. - М.: Стройиздат. 1977. - 328 с.
66. Сарнацкий, Э. В. Второй семинар Европейской экономической Комиссии ООН по энергетическим аспектам политики в области населенных пунктов [Текст] / Э. В. Сарнацкий, Е. Д. Бычков // Водоснабжение и санитарная техника. – Москва, 1983. - №1. - С. 28-32.
67. Светопрозрачные ограждающие конструкции зданий. Обзорная информация, вып 5, серия 8 [Текст]. - М.: ВНИИИС Госстроя СССР. 1987. - 75 с.
68. Силаенков, Е. С. Напрасно отвернулись от однослойных стен [Текст] / Е. С. Силаенков // Строительные материалы. - М., 1999. - №9. - С. 38-39.
69. Строительные материалы оборудование, технологии XXI века. № 7 [Текст]. - М.: МГСУ. 2000. - 248 с.
70. Строительные нормы и правила: Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91 - Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: Промстройпроект, 1993. - 27 с.
71. Строительные нормы и правила: Свод правил СП 50.13330.2012. Thermal performance of the buildings [Текст]: нормативно-технический материал. - М.: Госстрой России. ФГУП ЦПП, 2012. - 117 с.
72. Строительные нормы и правила: СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Текст]: нормативно-технический материал. - М.: Госстрой СССР. НИИСФ, 1982. - 112 с.
73. Строительные нормы и правила: СНиП 23.02.2003. Тепловая защита зданий [Текст]: нормативно-технический материал. – М: Госстрой России. ФГУП ЦПП, 2004. – 39 с.
74. Строительные нормы и правила: СНиП 23-01.99. Строительная климатология [Текст]: нормативно-технический материал. – М: Госстрой России. ФГУП ЦПП, 2004. – 311 с.



75. Строительные нормы и правила: СНиП II-3-79. Строительная теплотехника [Текст]: нормативно-технический материал. - М.: Госстрой СССР. НИИСФ, 1979. - 49 с.
76. Строительные нормы и правила: СНиП КР 23-02:2009. Тепловая защита [Текст]: нормативно-технический материал. – Бишкек: Госстрой КР, 2009. – 75 с.
77. Строительные нормы и правила: СНиП КР 23-02-00. Строительная климатология [Текст]: нормативно-технический материал. – Бишкек: Госстрой КР, 2000. – 37 с.
78. Строительные нормы и правила: СНиП КР 23-101:2009. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]: нормативно-технический материал. – Бишкек: Госстрой КР, 2009. – 79 с.
79. Строительные нормы и правила: СП 23-101.2004. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]: нормативно-технический материал. – М: Госстрой России. ФГУП ЦПП, 2004. – 144 с.
80. Строительные нормы и правила: Справочное пособие к СНиП 01.01-82 «Строительные климатология и геофизика» - Строительная климатология [Текст]: нормативно-технический материал. - М.: Госстрой СССР. НИИСФ, 1989. - 83с.
81. Строительные нормы и правила: СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий [Текст]: нормативно-технический материал. – М.: РОИС. ФГУП ЦПП, 2006.-176 с.
82. Табунщиков, Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий [Текст]: / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. - 194 с.
83. Табунщиков, Ю. А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений [Текст]: / Ю. А. Табунщиков, Д. Ю. Хромец, Ю. А. Матросов. - М.: Стройиздат, 1986 . - 380 с.



84. Теплозащита энергетически эффективных зданий. Обзорная информация /Серия « Информационное обеспечение общесоюзных научно-технических программ», вып.6. [Текст]. - М.: ВНИИС. 1987. - 64 с.
85. Терной, С. Проектирование энергоэкономичных общественных зданий [Текст]: пер.с англ. / С. Терной, Л. Бекл, К. Роббинс. - М.: Стройиздат, 1990. - 336 с.
86. Ушков, Ф. В. Теплопередача ограждающих конструкций при фильтрации воздуха [Текст] / Ф. В. Ушков. - М.: Стройиздат, 1969. - 144 с.
87. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / Ю. А. Табунщиков, В. Г. Гагарин. - М.: АВОК-ПРЕС, 2006. – 256 с.
88. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К.Ф. Фокин. - М.: Стройиздат, 1973. - 287 с.
89. Франчук, А. У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов [Текст] / А.У. Франчук. – М.: НИИСФ, 1969. – 137 с.
90. Харкнесс , Е. Регулирование солнечной радиации в зданиях [Текст]: пер.с англ. / Е. Харкнесс, М. Мехта. - М.: Стройиздат, 1984. - 176 с.
91. Хлевчук, В. Р. Метод оценки теплотехнических качеств наружных ограждений [Текст] / В. Р. Хлевчук, В. А. Могутов // Труды НИИСФ. - М., 1983. - С. 25-32.
92. Хлевчук, В. Р. Определение уровня теплозащиты окон с многослойным остеклением при наличии фильтрации [Текст] / В. Р. Хлевчук, Н. П. Сигачев // Труды НИИСФ. - М., 1988. - С. 65-73.
93. Хлевчук, В. Р. Повышение теплозащитных качеств панелей из легкого бетона [Текст] / В. Р. Хлевчук, С. Г. Черников // Труды НИИСФ. - М., 1984. - С. 10-15.
94. Хлевчук, В. Р. Расчет теплопроводности легкого бетона в зависимости от структурных и технологических факторов [Текст] / В. Р. Хлевчук, Л. Н. Ким, Б. И. Штейман // Труды ЦНИИЭП жилища. - М., 1983. - С. 127-140.



95. Хлевчук, В. Р. Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций зданий [Текст] / В.Р. Хлевчук. - М.: Стройиздат. 1984. - 166 с.
96. Хлевчук, В. Р. Теплотехнические показатели панелей из легких бетонов с применением термовкладышей и особенности их расчета [Текст] / В. Р. Хлевчук, С. Г. Черников // Тезисы докладов третьей всесоюзной конференции по легким бетонам. Стройиздат.- М., 1985. - С. 139-144.
97. Шахин, В. П. Энергоэффективность и энергосбережение в России: состояние, проблемы, пути решения [Текст] / В. П. Шахин // Энергонадзор и энергоэффективность. - М., 2003. - №3, - С. 7-13.
98. 90 и 90 IP ASHRAE 90 IP. Energy efficient design of new non- residential buildings. Proposed American National Standard [Текст]- Atlanta: GA, 1985. - 242 p.
99. Hauty Sheila, T. Энергоэффективное здание оптимизация теплозащиты и систем ОВК [Текст] / Т. Hauty Sheila, Р. А Tarcellini., R. Judkoff // АВОК. – Москва, 2000. - №4. - С. 10-15.
100. <http://www.welcome.kg/ru/kyrgyzstan/nature/kl/>
101. <https://studfiles.net/preview/5733938/>
102. А.с. 438 КР, ГСИСИ КР 20160044.6. Программа расчета термического сопротивления ограждающих конструкций и проверки расчетных параметров на соответствие нормам Кыргызской Республики [Текст] / И. К. Манапбаев, М. Ч. Борубаев, Ч. Израил уулу. (КР). заявлено 29.11.16; опубл. 31.01.17, Бюл. 1(213). – 2 с.



ПРИЛОЖЕНИЯ