

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

ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА «ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ»

**на правах рукописи
УДК**

Магистрант: Соколов Антон Сергеевич

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Тема диссертационной работы: Перспективы энергетической
реконструкции существующих многоэтажных зданий крупнопанельной
конструкции в г. Ташкенте**

**на соискание академической степени магистра по специальности
5А580201 - «Строительство зданий и сооружений» (Энергоэффективные
здания)**

Работа рассмотрена и
допускается к защите
зав.кафедрой «Здания и сооружения»

проф. Сайфиддинов С.С.

Научный руководитель:
доцент, кандидат архитектуры

Захидов М.М.

Ташкент – 2015 год

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
Факультет: Строительство зданий и сооружений Магистрант: Соколов А.С.
Кафедра: Здания и сооружения. Научный руководитель: Захидов М.М.
Учебный год: 2013-2015 гг. Специальность: 5А340201 -
«Строительство зданий и сооружений»

Аннотация магистерской диссертации

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью научной проработки вопросов повышения энергоэффективности многоэтажных крупнопанельных жилых зданий и совершенствования методов её оценки.

Цель работы - поиск рациональных технических решений повышения энергоэффективности существующих многоэтажных крупнопанельных зданий, и минимизация затрат на реконструкцию для условий города Ташкента.

Объект исследования - энергетическая реконструкция существующих многоэтажных зданий крупнопанельной конструкции. Предмет исследования - перспективы энергетической реконструкции многоэтажных крупнопанельных жилых зданий в г. Ташкенте.

Методы исследования: натурное обследование объекта, расчётно-теоретические исследования по энергетической реконструкции здания, экономический анализ применения мероприятий по повышению энергоэффективности существующего здания.

Научная новизна состоит в том, что разработаны предложения по оптимальному экономическому решению энергетической реконструкции существующего многоэтажного жилого крупнопанельного дома.

Выпускная диссертационная работа состоит из 4 глав:

Глава I – Состояние вопроса и выбор направления исследования.

Глава II – Оценка потенциала энергосбережения на основе анализа энергопотребления существующего жилого крупнопанельного здания.

Глава III – Методы повышения энергоэффективности жилого многоэтажного крупнопанельного здания.

Глава IV – Выбор подходов к энергосбережению на основе их энергетической эффективности и экономической целесообразности.

Основные результаты представленные в работе, расчётно-теоретические исследования указывают на наличие существенных резервов экономии тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Краткая обобщенная характеристика предложений: устранение чрезмерных теплопотерь зданий, использование эффективных теплоизоляционных материалов и внедрение комплексного подхода к теплозащите существующих многоэтажных зданий, повышение энергетической эффективности конструкции наружной оболочки здания.

Научный руководитель
кандидат архитектуры, доцент
Студент магистратуры

Захидов М.М.

Соколов А.С.

Summary of the graduation dissertation

The relevance of the thesis is due to the necessity of scientific study on improving energy efficiency in multistorey large-panel residential buildings and improving the methods of its assessment.

Purpose of the work is to find rational technical solutions to improve energy efficiency in existing multistorey large-panel buildings, and minimizing the cost of reconstruction works for the conditions of the city of Tashkent.

The object of research - Energy reconstruction of existing multistorey large-panel buildings. Subject of research is the prospects of energy reconstruction of multistorey large-panel residential buildings in Tashkent.

Methods: inspection of the object, computational and theoretical research on energy reconstruction of building, an economic analysis of measures to improve the energy efficiency of existing buildings.

Scientific novelty lies in the development of proposals for the optimal economic decisions of reconstruction of the existing multistorey large-panel residential house.

The master's thesis consists of four chapters:

Chapter I – Current state of the art and choice of directions of research.

Chapter II - Estimation of the potential of energy savings based on the analysis of energy consumption of existing residential large-panel buildings.

Chapter III - Methods for improving energy efficiency in multistorey large-panel residential building.

Chapter IV - The choice of approaches to energy saving based on their energy efficiency and economic feasibility.

The main results presented in this paper as well as computational and theoretical researches indicate the presence of significant reserves of saving energy for heating and ventilation.

A brief summary of the proposal: elimination of excessive heat losses of buildings, using of efficient thermal insulation materials; introduction of complex methods of thermal protection of existing multistorey buildings; improvement of energy efficiency of the outer shell of the building.

Оглавление

Введение.	16
Глава I – Состояние вопроса и выбор направления исследования.	19
1.1. Краткий обзор жилых многоэтажных крупнопанельных зданий в г. Ташкенте.	19
1.2. Нормативная база Республики Узбекистан по повышению энергоэффективности зданий, нормативные требования к энергопотреблению в Узбекистане и анализ зарубежного нормирования.	21
1.2.1. КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника».	22
1.2.2. КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений».	25
1.2.3. Анализ нормирования энергопотребления зарубежных стран.	29
1.3. Проблема рационального использования энергетических ресурсов при эксплуатации здания.	32
Выводы к главе I.	35
Глава II – Оценка потенциала энергосбережения на основе анализа энергопотребления существующего жилого крупнопанельного здания.	36
2.1. Оценка климатических характеристик г. Ташкента.	36
2.2. Выбор существующего жилого многоэтажного крупнопанельного здания и анализ его энергопотребления.	51
Выводы к главе II.	54
Глава III – Методы повышения энергоэффективности жилого многоэтажного крупнопанельного здания.	55
3.1. Выбор методов и мероприятий по повышению энергоэффективности здания.	55
3.2. Устранение чрезмерных теплопотерь.	56
3.3. Повышение энергетической эффективности конструкции наружной оболочки здания.	57
3.3.1. Современные энергосберегающие конструкции наружных стен.	57
3.3.2. Современные энергосберегающие конструкции крыш.	67
3.3.3. Современные энергосберегающие конструкции окон.	71
3.4. Совершенствование и оптимизация систем отопления и вентиляции здания.	75
Выводы к главе III.	78
Глава IV – Выбор подходов к энергосбережению на основе их энергетической эффективности и экономической целесообразности.	79

4.1. Методика теплотехнического расчёта.	79
4.2. Анализ проекта реконструкции, соответствующего нормативным требованиям, и наиболее экономически выгодного проекта энергетической реконструкции.	86
4.3. Экономическая оценка проектов энергетической реконструкции.	89
Выводы к главе IV.	94
Заключение.	95
Список использованной литературы.	98

Введение.

С каждым годом энергосбережение становится всё более актуальной темой. Ограниченность энергетических ресурсов, высокая стоимость энергии, негативное влияние на окружающую среду, связанное с её производством, - все эти факторы указывают, что разумней снижать потребление энергии, нежели постоянно увеличивать её производство [28]. Во всём мире ведётся поиск путей уменьшения энергопотребления за счёт его рационального использования. Не является исключением и Узбекистан.

Согласно Указу главы нашего государства, Президента И. А. Каримова «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии» от 1 марта 2013 года последовательно совершенствуется работа, проводимая в данном направлении. В целях расширения работы в сфере рационального использования электро- и теплоэнергии уделяется особое внимание реконструкции существующего жилищного фонда, электростанций, котельных, предприятий по отдаче тепла и т.д. [47]

В декабре 2013 года в Комитете Законодательной палаты Олий Мажлиса по вопросам промышленности, строительства и торговли состоялось заседание, посвященное итогам проведённой контрольно-аналитической проверки исполнения Закона Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии». Принятый 25 апреля 1997 года Закон Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» служит важной правовой основой в упорядочении отношений в направлении экономии природных ресурсов, повышению эффективности использования энергии. [47]

Актуальность данной диссертационной работы обусловлена необходимостью научной проработки вопросов повышения энергоэффективности многоэтажных крупнопанельных жилых зданий и совершенствования методов её оценки.

Общее количество многоэтажных жилых домов в Республике Узбекистан составляет более 31 тыс., где проживает 6,5 млн. человек, что составляет 62,2%

городского населения или 23,2% всего населения страны. Применение энергосберегающих мероприятий в многоэтажных жилых зданиях в масштабе Республики приводит к колоссальной экономии ископаемого топлива, в первую очередь природного газа. Эта задача первостепенной важности, если учесть, что именно в многоэтажных домах происходит значительный перерасход энергии [48]. Почти половина всего энергопотребления, или 17 млн. т.н.э. (тонн нефтяного эквивалента) в год приходится на здания [49]. Немаловажным является также вопрос о доступности и стоимости энергоресурсов. Цены на газ, к примеру, за период 2009-2011г.г. выросли в среднем в полтора раза. Также стабильно растут цены на нефтепродукты и на уголь.

В настоящее время в Узбекистане большинство существующих зданий имеют наружные ограждающие конструкции, не соответствующие современным требованиям по сопротивлению теплопередаче, устанавливаемым нормативами, что приводит к избыточному и неэффективному потреблению энергии, в результате чего и возникает необходимость их энергетической реконструкции. Тем не менее строительство новых зданий продолжается в соответствии с существующими строительными нормами, а также подходами к проектированию и строительству, в которых не всегда должным образом учтены вопросы повышения энергоэффективности.

Объектом исследования является энергетическая реконструкция существующих многоэтажных зданий крупнопанельной конструкции.

Предметом исследования являются перспективы энергетической реконструкции многоэтажных крупнопанельных жилых зданий в городе Ташкенте.

Целью данной диссертационной работы является поиск рациональных технических и проектных решений повышения энергоэффективности существующих жилых многоэтажных крупнопанельных зданий, а также минимизация экономических затрат на их реконструкцию для природно-климатических условий города Ташкента.

Достижение указанных целей требует решения следующих задач:

- Анализ энергопотребления существующего жилого многоэтажного крупнопанельного здания и анализ его энергопотребления. Составление структуры тепловых потерь *здания*.
- Выбор мероприятий по повышению энергоэффективности здания (устранении явных и чрезмерных потерь энергии, возникших из-за нарушения целостности и герметичности внешней оболочки здания, совершенствование и оптимизация систем отопления и т.д.)
- Разработка проекта реконструкции, соответствующего нормативным требованиям энергоэффективности, выбор наиболее экономически выгодного проекта реконструкции.

Методы исследования: натурное обследование объекта, расчётно-теоретические исследования по энергетической реконструкции здания, моделирование тепловых процессов в поисках оптимального решения по энергосбережению здания, экономический анализ применения мероприятий по повышению энергоэффективности существующего здания.

Научная новизна данной диссертационной работы состоит в том, что, определив структуру энергопотребления, правильно учтя частные случаи энергопотребления, разработаны предложения по оптимальному экономическому решению энергетической реконструкции существующего многоэтажного жилого крупнопанельного дома.

Глава I – Состояние вопроса и выбор направления исследования.

1.1. Краткий обзор жилых многоэтажных крупнопанельных зданий в г. Ташкенте.

Прежде чем перейти к вопросу рационального использования энергии в процессе эксплуатации многоэтажных жилых крупнопанельных зданий, рассмотрим, как Ташкент из одно-двухэтажного города начала XX века пришёл к своему современному виду.

Ташкент входит в пятёрку самых густонаселённых городов среди стран СНГ. В данный момент в Ташкенте проживает более 2,9 млн. человек, а площадь города составляет 334,8 кв. км. Жилищный фонд Ташкента включает всего 13760 строений, в том числе многоэтажных домов 9155, таким образом, многоквартирные дома составляют примерно 31,6% жилищного фонда Республики, а в Ташкенте их 65,5%. Кроме того, 34% «многоквартирного» населения Республики, также проживает в Ташкенте [46].

Согласно переписи населения, проведённой в 1939 г., численность населения Ташкента составляла 585 тысяч человек. В результате эвакуации населения в годы Второй мировой войны численность населения в 1959 году составила уже 912 тысяч человек. Следствием необходимости решения квартирного вопроса стало проектирование и возведение многоэтажных жилых домов. В то время перед руководством страны была поставлена задача, создать максимально дешёвый проект жилого дома с возможностью посемейного, а не коммунального заселения.

У. С. Жабборов своей диссертации [27] на тему современных проблем многоэтажного жилища города Ташкента, анализируя 65-летний опыт проектирования и строительства, выделил несколько этапов, отличающихся между собой решениями планировочных структур квартир домов различного типа и этажности. Первый этап - середине 30х годов XX века, начались интенсивные поиски новых форм жилища, началось проектирование и возведение первых зданий высотой более 2х этажей. Было построено некоторое

количество 3-4х этажных многосекционных кирпичных домов, которые во многом определили будущее лицо города.

Второй этап - с середины 50х годов XX века, широкое применение получили трёхквартирные секции (1-2-3 и 2-2-2) крупнопанельных домов производства французской фирмы «Камю» с малыми площадями жилых, подсобных и летних помещений. Однако в дальнейшем были увеличены площади общих комнат с 14,8 до 17,6 кв. м., что не только повысило технико-экономические показатели секций, но и улучшило конструктивно-планировочные решения домов. Это обеспечило потом и двойное увеличение площадей летних помещений (автор: главный инженер института «Ташгипрогор» Краков Б., 1961 г.). Сравнение планировок этих малоэтажных квартир показывает их идентичность во взаимосвязях помещений между собой и внешней средой при почти одинаковых размерах площадей летних, жилых и подсобных помещений. Во всех решениях горячий и загрязнённый воздух кухонь беспрепятственно проникает в комнаты, а санитарные узлы не имеют естественного освещения, что прежде были обязательны.

Третий этап – с 1966 года, основной виток строительства многоэтажных домов в Ташкенте связан с ликвидацией последствий разрушительного землетрясения. Однако первый 9 этажный дом был возведён ещё в 1961 году, представляя собой каркасно-панельную башню, весь первый этаж которого занимают кассы авиабилетов «Аэрофлот» на Сапёрной площади (автор: архитектор Александрович А.). На типовом этаже размещены шесть малокомнатных квартир. Через три года на площади Ак-тепе Чиланзара три дома по первому этажу были объединены стилобатом магазина «Мебель» (автор: архитектор Муратов В.). Одно-двухместные квартиры сгруппированы вокруг центрально расположенного лестнично-лифтового узла по таким же световым фонарём на крыше.

Через 5 лет стали возводить не только каркасно-панельные дома секционного, галерейного, башенного, коридорного типа, но и 9 этажные крупнопанельные разного типа, квартиры которых повторяли планировку

жилища для умеренного климата средней полосы России. В 1977 году в Ташкенте возводятся десятки 9 этажных каркасно-панельных домов башенного типа (институт ЦНИИЭП жилища, 1967 г.)

Четвёртый этап – с середины 80х годов XX века, наступило время активного проектирования и строительства домов из монолитного железобетона и объёмных блоков завода ОБД. Так, например, впервые в Ташкенте в 1984г. был возведён 16 этажный дом в многократно оборачиваемой инвентарной металлической опалубке, а с 1985г. возводятся дома-башни из двух блок-секций 1-2-3 комнатными квартирами, объединёнными одноэтажными рекреациями вокруг лестнично-лифтового узла (автор: архитектор С. Розенблюм, Ташгипрогор, 1984г.).

Сегодня на рынке новостроек доля панельных домов не превышает 5%, поскольку подавляющее большинство запроектированных домов, а также запланированных к строительству, представляют собой монолитные дома и каркасно-монолитные дома с кирпичным заполнением. Таким образом часть жилого фонда города, представленная крупнопанельными жилыми зданиями, в ближайшем будущем останется относительно неизменной.

1.2. Нормативная база Республики Узбекистан по повышению энергоэффективности зданий, нормативные требования к энергопотреблению в Узбекистане и анализ зарубежного нормирования.

В 2011 году осуществлена переработка строительных норм и правил КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений», КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника» и ряда других СНК и КМК, в целях повышения энергетической эффективности зданий, сооружаемых в Республике Узбекистан. Введено значительное количество новых нормоположений по применению в проектах прогрессивных энергосберегающих архитектурно-типологических и

технических решений [7] и соответственно снижены нормы расхода энергии в зданиях.

Вновь введенные требования по повышению энергетической эффективности строительных объектов также имеются в нормоположениях, отмеченных звездочкой «*» в строительных нормах и правилах: ШНК 2.08.02-09* «Общественные здания и сооружения», КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника», КМК 2.04.05-97* «Отопление, вентиляция и кондиционирование», КМК 2.08.04-04* «Административные здания», КМК 2.03.10-95* «Крыши и кровли».

1.2.1. КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника».

Нормы КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника» должны соблюдаться при проектировании ограждающих конструкций (наружных и внутренних стен, перегородок, покрытий, чердачных и междуэтажных перекрытий, полов, заполнений проемов: окон, фонарей, дверей, ворот) новых и реконструируемых зданий и сооружений различного назначения (жилых, общественных, производственных и вспомогательных промышленных предприятий, сельскохозяйственных и складских) с нормируемыми температурой или температурой и относительной влажностью внутреннего воздуха [6].

В данном строительном нормативе приведены общие положения и рекомендации, касающиеся сокращения потерь тепла в холодный период года и поступлений тепла в теплый период года при проектировании зданий и сооружений, включающие в себя: сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, теплоустойчивость ограждающих конструкций, теплоусвоение поверхности полов, сопротивление воздухопроницанию и паропроницанию ограждающих конструкций

В 2012 году ОАО «ToshuyjoyLITI» для инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских и производственных организаций было разработано «Пособие по проектированию новых

энергосберегающих решений по строительной теплотехнике (к КМК 2.01.04-97*)», в котором уделено внимание следующим вопросам:

- Регламентирована последовательность проектирования тепловой защиты здания с соблюдением новых требований по сбережению энергии. Дана методика выбора уровня тепловой защиты, расчётных наружных и внутренних параметров для проектируемого здания. Детализированы положения по проектированию энергосберегающей тепловой защиты здания в соответствии с выбранным уровнем;
- Описаны решения по эффективной теплоизоляции наружных стен трёх видов: с оштукатуриванием фасадов; с отстоящим фасадным экраном; с облицовкой теплоизоляции кирпичом;
- Даны решения по солнцезащите зданий, приведены характеристики солнцезащитных устройств; изложены методика и примеры расчёта солнцезащиты оконных проёмов;
- Приведена методика проектирования и технические решения по обеспечению в здании требуемого воздухообмена инфильтрацией. Дан пример проверки ограждающей конструкции на паропроницаемость [30].

Целью этого пособия является снабжение проектировщиков методическими рекомендациями по выбору и расчёту соответствующего проектного решения, вспомогательными и справочными материалами для проектирования и примерами проектных решений.

Решая задачи повышения энергетической эффективности зданий следует обратить внимание на общие принципы нормирования тепловой защиты. Действующий на сегодняшний день КМК 2.01.04-97* предлагает поэлементный метод повышения энергоэффективности, основанный на пропорциональном увеличении приведенных сопротивлений теплопередачи ограждающих конструкций. То есть все наружные ограждающие конструкции здания подразделяются на элементы (наружные стены, чердачные перекрытия или покрытия, цокольные перекрытия, окна, двери и т. д.), и устанавливаются

предельно допустимые коэффициенты теплопередачи для каждого из этих элементов.

В переиздании КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника» с изменениями, принятыми на август 2011 года, предусмотрены три уровня теплозащиты, различающиеся по требованиям, предъявляемым к энергетической эффективности объекта строительства.

Так как первый уровень теплозащиты является минимально допустимым, то процедуру выбора уровня теплозащиты для проектируемого объекта положения КМК рекомендуют начинать с рассмотрения обязательности, возможности и целесообразности принятия для объекта второго или третьего уровня.

Существующие на данный момент нормативные требования обязуют принимать второй уровень теплозащиты при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых зданий, лечебно-профилактических учреждений, детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов, если оно осуществляется за счёт государственных капиталовложений или местных бюджетов, или если данный уровень теплозащиты установлен заданием на проектирование перечисленных объектов. Второй или третий уровень теплозащиты при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых, общественных и производственных зданий рекомендуется применять при наличии экономической целесообразности.

К критике данного строительного норматива можно отнести то, что в нём рассматривается только стационарная теплопередача через наружные ограждающие конструкции. Таким образом интеграция системного подхода отсутствует. Нормируемые уровни тепловой защиты зданий мало соответствуют современным требованиям энергосбережения. В действующем КМК «Строительная теплотехника» существует пункт, согласно которому при проектировании теплозащиты здания по более высокому уровню, чем первый, допускается для отдельных ограждающих конструкций принимать R_0^{TP} по первому уровню при увеличении термического сопротивления другого или

других ограждений. Суммарные потери теплоты через все ограждающие конструкции здания не должны превышать теплопотерь, рассчитанных по значениям R_0^{TP} , установленным таблицей для проектируемого уровня теплозащиты. Данный пункт ставит под сомнение целесообразность использования 2 и 3 уровней теплозащиты, поскольку при рациональном подходе к повышению энергоэффективности можно добиться аналогичных «уровням» результатов, но при меньшей затрате средств и их более быстрой окупаемости.

Так же большим недостатком КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника» стоит считать следующий немаловажный фактор – не учитывается разность затрат на выполнение теплоизоляционных работ. Естественно теплоизоляция стены намного дороже, чем изоляция чердачных перекрытий и пола первого этажа. Например, в Германии теплоизоляция чердачного перекрытия, и пола первого этажа в три раза дешевле, чем теплоизоляция стен.

1.2.2. КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений».

КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений» с изменениями № 1 утверждённое приказом Госархитектстроя РУз от 12.07.2011 г.

В КМК 2.01.18.2000* нормируются значения общего расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование [9], необходимой для поддержания требуемых внутренних условий и воздухообмена во всех помещениях здания.

Для холодного периода года регламентируется предельно высокое значение удельного расхода теплоты на отопление q_o^{TP} , Вт/м² и на вентиляцию q_v^{TP} , Вт/м².

Для жилых домов и зданий, где нагрев поступающего в здание наружного воздуха осуществляется от систем отопления, нормируется единый показатель удельного расхода теплоты на отопление и вентиляцию q_{ov}^{TP} , Вт/м².

Для тёплого периода года устанавливается норматив (предельно высокое значение) удельного расхода холода на кондиционирование q_k^{TP} , Вт/м².

Энергоэффективность проектов зданий в Республике Узбекистан с 2000 года контролируется по величине расхода теплоты в расчётный наиболее холодный час зимы с температурой B наружного воздуха. На расчётные параметры B разрабатываются все теплозащитные ограждения здания, системы отопления, вентиляции, а в летнее время и кондиционирования. Максимально допустимые расходы теплоты на 1 м² общей площади зданий нормируются в КМК 2.01.18-2000* также при наружных условиях по параметрам B , приводимых в КМК 2.01.01-94 "Климатические и физико-геологические данные для проектирования". Проверка соблюдения расходов тепла производится путём сравнения фактического и нормативных значений расхода теплоты.

В 2012 году под руководством к.т.н. Е.А.Насонова ОАО «ToshuyjoyLITI» было разработано «Пособие по проектированию зданий с учётом новых нормативов расхода энергии (к КМК 2.01.18-2000*)», для инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских и производственных организаций, в котором уделено внимание следующим вопросам:

- Дано детальное описание принципов нормирования энергопотребления и способов соблюдения новых нормативов расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование жилых, общественных, административно-бытовых и производственных зданий;
- Описаны причины потерь теплоты в зданиях и перечислены основные мероприятия по повышению эффективности использования энергии. Приведена последовательность выбора проектных решений, удовлетворяющих новым нормативам расхода энергии;

- Даны рекомендации по определению для проектируемого здания установленных нормативных значений расходов энергии, как по таблицам КМК 2.01.18-2000*, так и индивидуально для конкретного здания;
- Приведены методики и примеры расчётов нормативных удельных расходов теплоты на отопление и вентиляцию проектируемого здания, а также нормативных расходов холода на кондиционирование;
- Изложена последовательность и дан пример расчёта минимально необходимой (нормоопределяющей) площади световых проёмов здания [10].

Это пособие было разработано к КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений» в целях детализации, развития и эффективного применения при проектировании методов контроля энергопотребления зданиями и отбора наиболее энергосберегающих проектных решений.

К недостаткам КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений» можно отнести:

1. Энергоэффективность проектов контролируется по величине расхода теплоты в расчётный наиболее холодный час зимы, с температурой B наружного воздуха, когда в мировой практике общепринято в этом качестве использовать годовой расход энергии (теплоты) на квадратный метр площади;
2. Не учитывается увеличение доли пассивного солнечного отопления при наружной изоляции массивных ограждающих конструкций, за счет увеличения теплоаккумулирующей способности здания. Основанием данного утверждения являются результаты проведенных исследований в одноэтажном здании школы №24 Зангиатинского района Ташкентской области. Согласно экспериментам, эффект солнечного отопления для ориентированных на юг классных помещений составил 20%;

3. Объем вентиляции принят по старым нормам: однократным в течение часа или 60 м^3 на одного человека в час, в то время как во Франции и Германии 0,4 - 0,5 кратный воздухообмен в течение часа (приняты в результате проведения необходимых санитарно-гигиенических исследований, которые выявили отсутствие вредного воздействия на микроклимат помещений и самочувствие жильцов). Такое снижение значений объема вентилируемого воздуха в жилых домах вызвано тем, что однократный воздухообмен признан экономически избыточным, и тем, что в дневное время большая часть семьи находится вне дома;
4. Нормативные документы для разработки проектов энергосберегающих зданий составлены без учета соответствующих специальных норм по эффективным архитектурным решениям, которые являются определяющими в разработке перспективных проектов энергоэкономичных зданий. Первостепенное значение должно уделяться архитектурному решению, ведь именно благодаря удачному выбору архитектурно-планировочной структуры достигается эффект минимизации тепловых потерь и эффективного использования теплозащитных свойств теплоизоляционных материалов;
5. Для домов с выполненной наружной теплоизоляцией продолжительность отопительного периода будет короче, следовательно, средняя температура за отопительный период будут ниже. Отсюда следует что значения градусосуток отопительного периода для энергоэффективных зданий будут меньше чем в обычных домах;
6. Как показывают данные расчётного и экспериментального исследований реализованного в 2011-2012 годах «Проекта энергетической реконструкции крупнопанельного 4-х этажного 48-ми квартирного жилого дома № 10 на массиве Куйлюк г. Ташкента» разработанные по старым нормам жилые дома отвечают нормам энергосбережения КМК 2.01.18-2000*. Принятые нормативы расхода энергии на отопление и вентиляцию явно завышены.

1.2.3. Анализ нормирования энергопотребления зарубежных стран.

Рост цен на энергоносители, перспективы истощения месторождений, а также проблемы экологии заставляют предпринимать жесткие меры по рационализации использования энергоресурсов не только в нашей стране, но и по всему миру. Особенно показательно это видно на примере стран Европы. Буквально за каких-то 20 лет удельное энергопотребление зданий в ряде стран Евросоюза было снижено более, чем в 3 раза.

Начало планомерному повышению энергоэффективности зданий в странах Европы положило принятие Директивы Евросоюза 93/76/ЕЭС. Этим документом было рекомендовано проводить работу по снижению выбросов парниковых газов путем повышения энергоэффективности зданий при соответствующем снижении их энергопотребления [26, 50]. Эта Директива была призвана обеспечить энергетическую паспортизацию зданий, определение энергетических расходов на отопление, кондиционирование, и горячее водоснабжение, эффективную термоизоляцию зданий, а также, помимо прочего, государственное субсидирование 33% расходов, направляемых на финансирование затрат по организации экономии энергии.

В 2002 г. был сделан следующий шаг в повышении энергоэффективности зданий: принята директива ЕС 2002/91/ЕС (EPBD) [24], носящая обязательный характер, в соответствии с которой предусматривается необходимость энергетической паспортизации зданий. Цель паспортизации в определении показателей теплозащиты и энергопотребления, а также соответствия этих показателей проектным значениям. Сейчас энергосертификация зданий, расположенных на территории Европейского союза, осуществляется на основании рейтинга энергетической эффективности зданий, который присваивается им в зависимости от величины энергопотребления, выраженной в кВт.ч/м².год. В соответствии с рейтингом зданию может быть выдан сертификат, свидетельствующий о соответствии классу энергетической эффективности от А,

при потреблении меньше или равном 25 кВт·ч/м²·год, до G, при потреблении, превышающем 450 кВт·ч/м²·год [50].

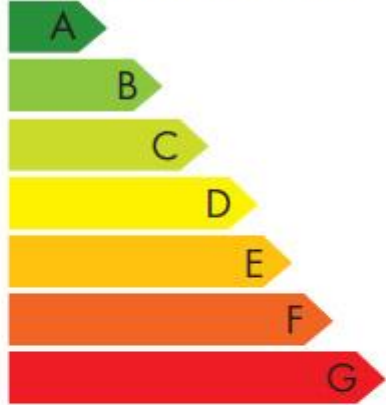

Энергетический сертификат	Энергетические характеристики зданий	Расчетное значение энергопотребления
	Поле, где указывается рекомендуемая процедура по энергетической сертификации	
	<p>Высокая энергоэффективность</p>  <p>Не энергоэффективное</p>	
	Поле, где приводится дополнительная информация по показателям и энергопотреблению здания	130 кВт·ч/м ² в год
Административная информация: адрес здания, обусловленная область, дата выдачи сертификата, имя и подпись лица выдавшего сертификат		

Рисунок 1. Образец европейского энергетического сертификата здания

Данный сертификат (паспорт) определяет размер годовой потребности в энергии, необходимой для эксплуатации здания, а именно: энергии для отопления, подогрева воды, кондиционирования и вентиляции, освещения и т.д.

Более жесткие требования новой директивы EPBD [25], принятой Европарламентом 19 мая 2010 г. за № 2010 /31/EU, должны быть внедрены во всех странах ЕС к 2020 году.

Проведенный в Евросоюзе анализ энергопотребления показал, что 40% энергопотребления приходится на долю зданий, поэтому повышение их

энергоэффективности является ключевым фактором сокращения энергопотребления. Поэтому предлагаемая редакция нового стандарта начала действовать с 1 февраля 2012 г. Принятие положений новой директивы в виде национальных стандартов стран ЕС должно было быть обеспечено к 2014 г. с соответствующим внедрением этих стандартов до 2020 г [51].

Основные положения новой директивы предусматривают формирование национальных требований на территориях стран ЕС с учетом рентабельности, применение разделов директивы касательно энергии из возобновляемых источников ко всем зданиям независимо от размера их площади, а также расширение требований по контролю за системами зданий (включая отопление, вентиляцию). В соответствии с этой директивой энергетические показатели новых зданий к 2020 году должны соответствовать значениям «зданий с нулевым потреблением энергии» (nearly-zero energy). Для зданий, которые принадлежат или заняты органами публичной власти, – к 2018 году.

Таким образом, исходя из поставленных задач, в странах Евросоюза запланированы уровни снижения энергопотребления в зданиях, включающие снижение затрат на отопление, водоснабжение и иные виды энергопотребления. В Нидерландах, Дании, Норвегии, Германии запланировано снижение энергопотребления зданий в 2020 году примерно в 3 раза по отношению к уровню 2010 года. В качестве усредненного показателя энергопотребления здания в 2020 г. можно назвать 15 кВт·ч/м²·год. Для вновь строящихся зданий к 2030 г. запланирован так называемый нулевой уровень энергопотребления, т.е. здания должны обеспечиваться за счет собственных источников энергоснабжения. Таких, например, как солнечные батареи, ветрогенераторы, тепловые насосы, геотермальные источники и т.д. [50]

Реализация на практике двух предыдущих директив в сфере повышения энергоэффективности и высокие цены на углеводороды дают основания полагать, что планы будут претворяться в жизнь.

1.3. Проблема рационального использования энергетических ресурсов при эксплуатации здания

С каждым днем идет ужесточение тарифной политики и рост цен на энергоносители. Это приводит к значительному удорожанию эксплуатации и обслуживания зданий у рядовых потребителей [52].

Заинтересованность в решении этой проблемы объясняется тем, что в результате оптимизации зданий могут быть более успешно решены многие актуальные задачи — такие, как повышение уровня комфортности зданий, снижение затрат на эксплуатацию зданий, уменьшение расхода топливно-энергетических ресурсов.

Эффективное использование энергии означает меньшие затраты, более эффективную экономику, сбережение ценных не возобновляемых энергоресурсов для следующих поколений и значительное улучшение окружающей среды за счет снижения выбросов в атмосферу двуокиси углерода и других вредных веществ [53].

Потери тепла через наружные стены, в зависимости от размеров здания (ширина и высота), их соотношения, материала конструкции ограждения здания, составляют в пределах 20-60% от общего расходуемого тепла, при этом 95% непроизводительных теплопотерь возникает в процессе эксплуатации существующих зданий, сооружений, инженерных сетей и коммуникаций [54].

Таким образом, ведущая роль в повышении энергоэффективности здания принадлежит ограждающим конструкциям зданий, которые должны отвечать требованиям экономичности с позиции рационального использования энергетических ресурсов и высокоэффективных строительных материалов, в том числе с использованием местного сырья, а также соответствовать географическим и климатическим условиям местонахождения [52].

Однако следует помнить, что здание — это единая энергетическая система, эксплуатационные качества которой определяются не только энергоэффективными ограждающими конструкциями, но и характером его

объемно-планировочного решения, системами отопления и вентиляции, состоянием жилого фонда и его коммунальной инфраструктуры, а также дополнительными тепlopоступлениями.

Высокие требования к тепловой защите зданий, исходя из требований по снижению их энергопотребления, санитарно-гигиенических требований и требуемых комфортных условий, требуют разработки и принятия действенных мероприятий.

В целях реализации комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности существующих крупнопанельных жилых зданий проводятся исследования, направленные на решение комплекса задач, в частности:

- исследование методов теплозащиты ограждающих конструкций с высокими теплоизоляционными свойствами;
- исследование энергосберегающих технологий реконструкции зданий для достижения низкого энергопотребления;
- исследование проблем реконструкции систем отопления и вентиляции многоквартирных энергоэффективных зданий и ряд других.

В этой связи одним из приоритетных направлений решения проблемы повышения энергоэффективности зданий является совершенствование тепловой защиты наружных ограждений, за счет повышения их теплоизоляционных свойств; дополнительная и эффективная теплозащита ограждающих конструкций существующих зданий, которая является составной частью энергосберегающих мероприятий, направленных на модернизацию систем отопления, теплотрасс и источников теплоснабжения; экономически обоснованное сочетание централизованных и локальных источников энергоснабжения [52].

В последующих главах будут рассмотрены основные пути реализации этих мероприятий, в частности такие как:

- аккумуляция тепла (холода) ограждающей конструкцией (увеличение приведенного сопротивления теплопередаче и характеристики тепловой инерции);
- выбор оптимальной наружной отделки здания (и ее конструктивного выполнения), позволяющей снизить теплопотери и уменьшить нагрузки на системы теплоснабжения и холодоснабжения.
- выбор схемы теплоснабжения (источники теплоснабжения, включая нетрадиционные);
- выбор системы учета, контроля, регулирования и программирования тепло-, водо-, электропотребления.

При всем многообразии путей экономии энергии при реконструкции зданий их можно свести к четырем основным группам:

- 1) Оптимизация архитектурно-планировочных решений зданий;
- 2) Оптимизация строительных конструкций;
- 3) Совершенствование инженерных систем;
- 4) Использование нетрадиционных видов энергии.

Первые два мероприятия по энергетической реконструкции зданий можно отнести к архитектурно-строительным и рассматривать их как пассивную меру защиты зданий от избыточных энергозатрат на их эксплуатацию.

Пассивная защита касается прежде всего объемно-планировочных решений зданий, а также уровня теплоизоляции внутреннего пространства от внешнего и осуществляется путем сведения к минимуму теплопотерь в холодное время и теплопоступлений в жаркое время года.

Выводы к главе I.

1. Около 65% жилищного фонда в Ташкенте составляют многоквартирные дома. Большая часть из них крупнопанельной конструкции и построена до 1991 года. В них заложен большой потенциал для экономии энергии.
2. В Узбекистане энергетическое нормирование зданий осуществляется КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений», КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника» и ряда других ШНК и КМК.
3. В КМК 2.01.04-97* предусмотрены три уровня теплозащиты, при этом первый уровень является минимально допустимым. Однако этот КМК имеет ряд недостатков, так как нормируемые уровни тепловой защиты зданий мало соответствуют современным требованиям энергосбережения и не учитываются затраты на выполнение теплоизоляционных работ.
4. В КМК 2.01.18.2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений» нормируются значения общего расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование, необходимой для поддержания требуемых внутренних условий и воздухообмена во всех помещениях здания. Помимо прочих вопросов к данному строительному, главный - явно завышенные значения расхода энергии на отопление и вентиляцию.
5. В Европе в 2002 г. принята директива ЕС 2002/91/ЕС (EPBD), в соответствии с которой необходимо снабжать здания энергетическим паспортом. Цель паспортизации в определении показателей теплозащиты и энергопотребления, а также соответствия этих показателей проектным значениям. Более жесткие требования должны быть внедрены во всех странах ЕС к 2020 году: так в Нидерландах, Дании, Норвегии, Германии запланировано снижение энергопотребления зданий примерно в 3 раза по отношению к уровню 2010 года. Для вновь строящихся зданий к 2030 г. запланирован нулевой уровень энергопотребления.

Глава II – Оценка потенциала энергосбережения на основе анализа энергопотребления существующего жилого крупнопанельного здания.

2.1. Оценка климатических характеристик г. Ташкента.

Ташкент расположен в северо-восточной части Республики, на равнине в долине реки Чирчик на высоте 440-480 м над уровнем моря и занимает территорию в 30 тысяч гектар. К востоку и северо-востоку от Ташкента расположены отроги западного Тянь-Шаня [62].

Ташкент располагается на границе субтропического и умеренно-континентального климатических поясов. В год выпадает 440 мм осадков, что, в сравнении с низменными полупустынными и пустынными областями, вследствие близости гор здесь довольно значительно. Морозы обычно весьма непродолжительны, но при прояснениях температура иногда снижается до минус 20°C и ниже, летом температура не редко достигает 35-40°C в тени. Минимальная температура – 29,5°C (20 декабря 1930 года), максимальная +44,6°C (18 июля 1997 года) [11]. Весна и осень наступают рано. Это связано главным образом с тем, что прогрев и остывание воздуха происходит быстро вследствие отсутствия водоёмов.

Ташкент, согласно КМК 2.01.01-94, относится ко II-ой строительно-климатической зоне и имеет географическую широту местности - 41° с.ш. Эта зона составляет предгорные оазисы, долины и низкогорные районы с относительно благоприятными природно-климатическими и ландшафтными условиями [32]. Число пыльных дней в году составляет менее 20, продолжительность перегревного периода в год – до 60 дней [11].

Температура воздуха. Тип несущих и ограждающих конструкций выбирают в зависимости от температурного режима местности и определяют их сопротивление теплопередаче и теплоустойчивость. Степень температурных

воздействий на микроклимат внутренних помещений зависит от массивности ограждающих конструкций, т.е. от их тепловой инерции [33].

Температура наружного воздуха (в °С) города Ташкента приведена в таблице 1, согласно КМК 2.01.01-94.

Таблица 1.

Средняя по месяцам												Среднегодовая	Абсолютно минимальная	Абсолютно максимальная	Сред. макс. наиболее жаркого месяца	Сред. макс. наиболее холодного месяца
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII					
-0,4	2	7,9	14,7	20,2	24,9	27,1	25,1	19,6	12	6,7	2	13,6	-29,5	44,5	35,4	-4,2

Средняя температура воздуха по месяцам и за год характеризует температурный режим отдельных месяцев и всего года с месячной и годовой обеспеченностью в среднем 0,5. Абсолютная минимальная и абсолютная максимальная температура воздуха характеризуют низшие и наивысшие пределы температуры воздуха, которых она достигла в данном пункте в пределах периода наблюдения [34].

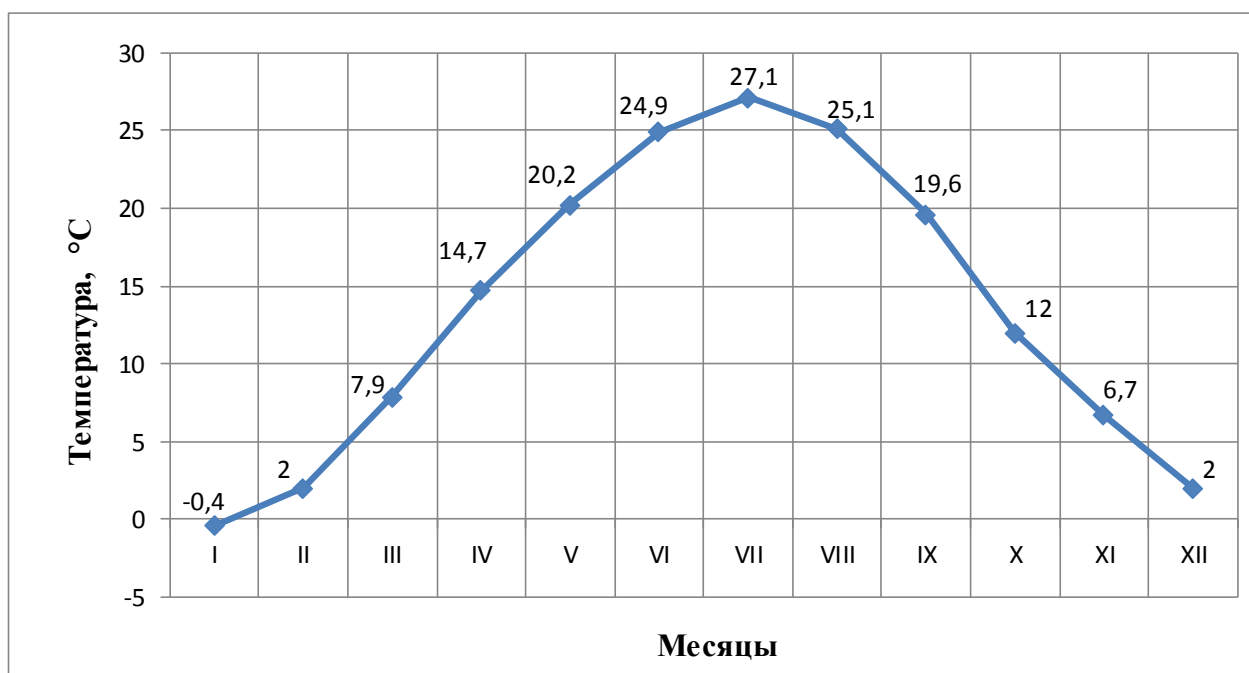


График 1. Температура наружного воздуха Ташкента, °С (средняя по месяцам).

Средняя максимальная температура воздуха наиболее жаркого месяца характеризует дневную наиболее теплую часть суток; рассчитана как средняя месячная величина из ежедневных максимальных значений температур воздуха; суточная обеспеченность этого показателя составляет в среднем 0,5 [34].

Средняя минимальная температура воздуха наиболее холодного месяца характеризует ночную наиболее холодную часть суток; рассчитана как средняя месячная величина из ежедневных минимальных значений температуры воздуха за период наблюдений; суточная обеспеченность этого показателя составляет в среднем 0,5 [34].

При расчете теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года, используют два значения температур воздуха:

- средняя месячная температура воздуха за июль ($27,1^{\circ}\text{C}$ - для Ташкента);
- максимальная амплитуда суточных колебаний температуры воздуха в июле ($23,7^{\circ}\text{C}$ - для Ташкента) [11].

Расчеты на теплоустойчивость ограждений проводят обычно при условиях, если среднемесячная температура июля превышает 21°C [35].

Солнечная радиация. Солнечная радиация является источником тепла и видимого света. Количество энергии, получаемой землей от солнечной радиации, зависит от высоты стояния солнца, угла падения лучей, продолжительности излучения, рельефа местности, высоты над уровнем моря, состояния атмосферы.

Отрицательные стороны солнечной радиации на строительные конструкции и материалы проявляется двояким образом:

- ужесточается температурный режим сооружений;
- нарушается нормальная структура материалов, в особенности под ультрафиолетовой частью спектра [33].

Для снижения отрицательного влияния солнечной радиации в условиях жаркого климата над строящимися зданиями и сооружениями применяют соответствующие материалы или устраивают солнцезащитные покрытия с высокой отражающей способностью.

В количественном отношении интенсивность (напряжение) солнечной радиации на нормальную к лучам поверхность S_H можно определить по формуле:

$$S_H = S_0 \frac{\sin h_0}{\sin h_0 + C} \quad (2.1)$$

, где S_0 - солнечная постоянная, принимаемая равной 1200 Вт/м^2 ;

h_0 - высота стояния солнца для данной местности в расчетный час суток, град.;

C - эмпирический коэффициент, характеризующий прозрачность атмосферы.

В Ташкенте солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе достигает своего пика с 11:00 до 13:00 часов дня [11], составляя $739 - 782 \text{ Вт/м}^2$ (см. график 2).

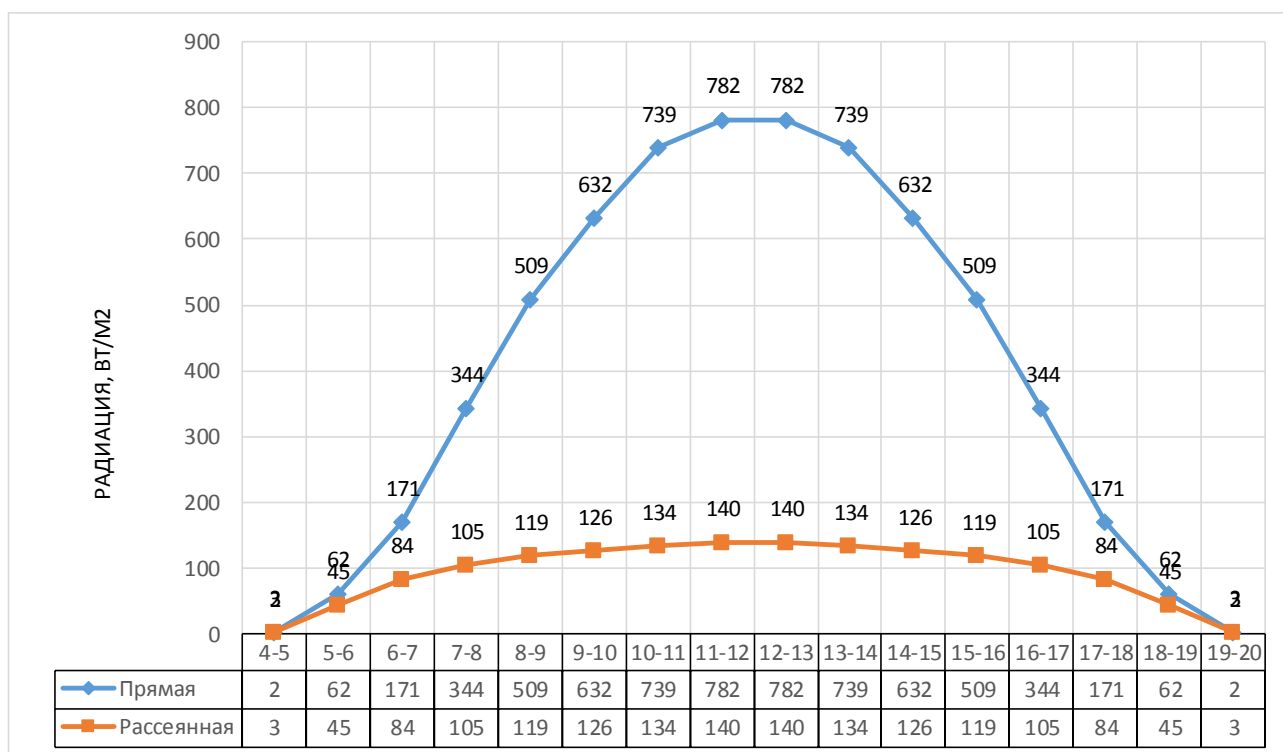


График 2. Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, Вт/м^2

В Ташкенте солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность при восточной, западной и южной ориентациях отображена на графиках 3а, 3б, 3в соответственно.

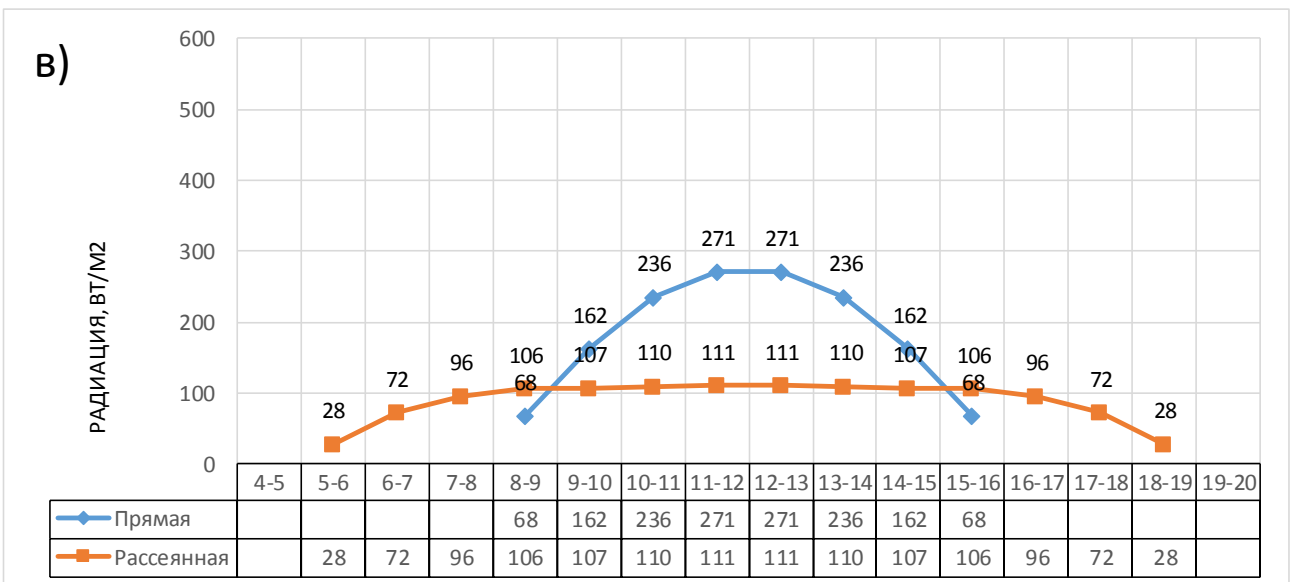
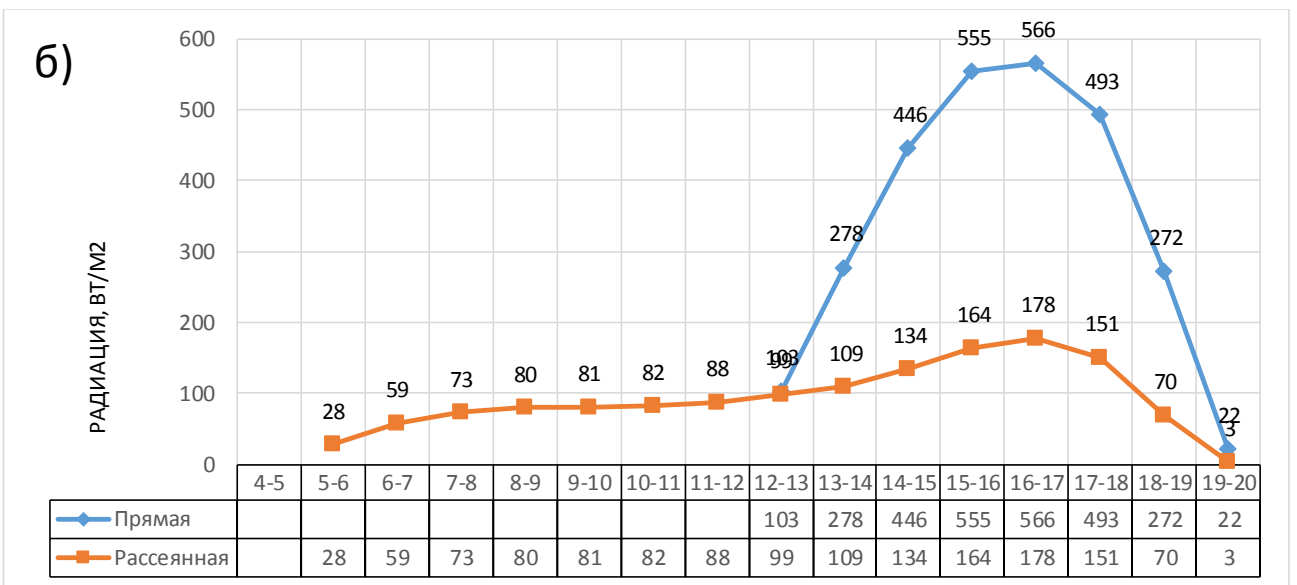
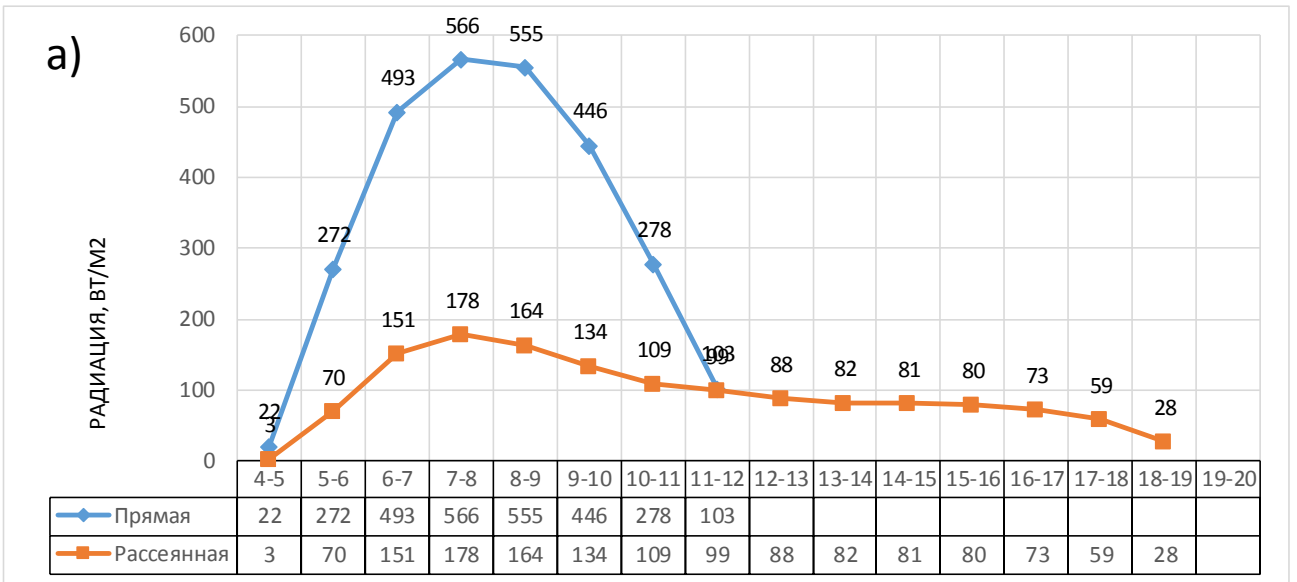


График 3. Солнечная радиация (прямая и рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность при безоблачном небе, Вт/м²: а) при восточной ориентации; б) при западной ориентации; в) при южной ориентации.

Влажность наружного воздуха. Атмосферный воздух представляет собой смесь газов и водяных паров. Погода и климат на планете зависят от распределения тепла, давления и содержания водяного пара в атмосфере. Это содержание может выражаться в единицах абсолютной влажности, г/м³ или парциальным давлением, т.е. давлением водяного пара, находящегося в смеси с другими газами, или упругостью водяного пара в паскалях (Па) [35].

Парциальное давление водяного пара по месяцам характеризует влажностный режим отдельных месяцев с месячной обеспеченностью 0,5 и приводится в Таблице 2 для города Ташкента [11].

Таблица 2

Парциальное давление по месяцам, гПа												Средняя минимальная относительная влажность воздуха, %	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Наиболее холодного месяца	Наиболее жаркого месяца
4,6	5,1	6,8	9,8	12,2	12,7	13,8	13,1	9,8	8,1	6,5	5,3	55	21

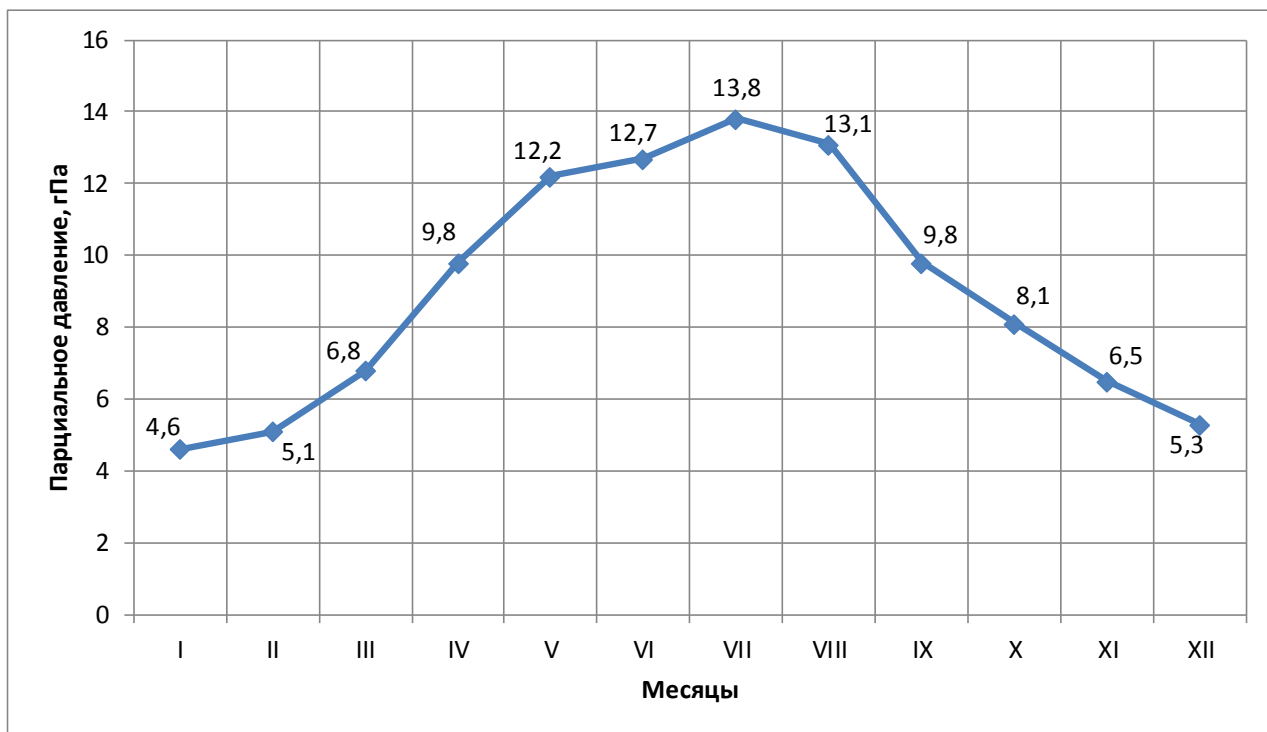


График 4. Парциальное давление водяного пара по месяцам города Ташкента.

Влажность воздуха характеризуют также относительной влажностью (φ), которая представляет собой отношение действительной упругости водяного пара (e) к максимальной при данной температуре (E), выраженной в процентах:

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

При колебаниях относительной влажности воздуха и его температуры возникают ситуации полного насыщения воздуха водяным паром $\varphi = 100\%$ и $E = e$. Температуру, при которой наступает состояние полного влагонасыщения, называют температурой точки росы. В природной среде это явление известно утренними росами, туманом [35]. В урбанизированной среде происходит конденсация влаги на строительных конструкциях, ограждениях зданий, что вызывает процессы, требующие учета при эксплуатации зданий (снижение теплозащитных качеств увлажненных конструкций и их долговечности, образование грибков и гниения, коррозии и т.п.).

Ветровой режим. Перемещение воздушных масс в горизонтальной плоскости называют ветром. От направления и скорости ветра зависит температурно-влажностный режим территории. Направление ветра определяется стороной горизонта, откуда он дует. Для обозначения этих сторон

горизонта на 16 или 8 главных направлений – С (север), Ю (юг), В (восток), З (запад), СВ (северо- восток) и т.д. Если на каждом из этих направлений (румбов) отложить от центра отрезки (векторы), характеризующие в процентах повторяемость ветров по этим направлениям и соединить концы векторов прямыми, то получится графическое изображение ветров, называемое «розой ветров». На розу по повторяемости могут быть нанесены векторы силы ветра. Такая векторная диаграмма будет давать более полную информацию о ветровом режиме, как о господствующем направлении, так и его скорости [33].

В Таблице 3 приведены данные направления и скорости ветра в январе и июле месяце из КМК 2.01.01-94 для города Ташкента и соответственно построены графики розы ветров (график 5, график 6).

Таблица 3

Повторяемость направления ветра (числитель), %. Средняя скорость по направлениям (знаменатель), м/с Повторяемость штилей, %									
Январь									
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Ташкент	12/1,7	30/2,1	20/1,7	9/1,4	7/1,5	4/2,4	6/1,6	12/1,8	9
Июль									
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Ташкент	20/2,1	20/1,4	14/1,2	6/1,5	6/1,6	6/1,5	9/1,7	19/1,9	10

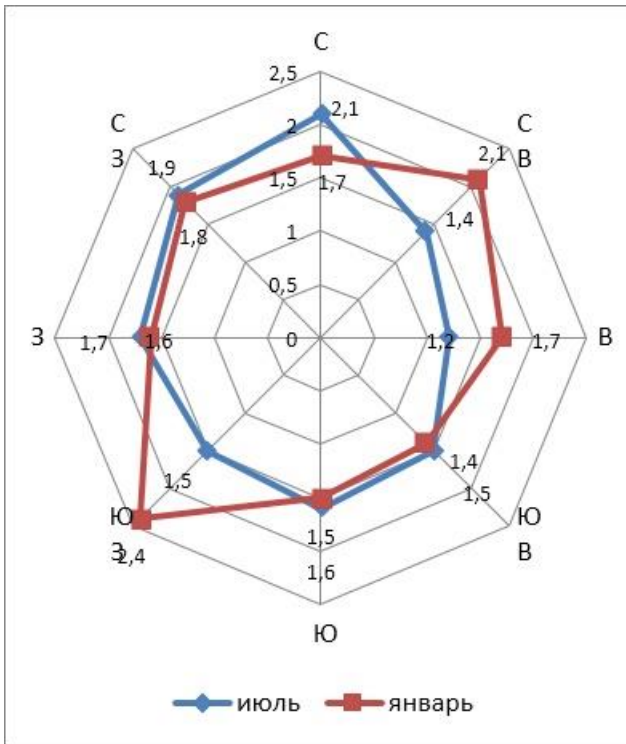


График 5. Средняя скорость по направлениям января и июле, м/с.

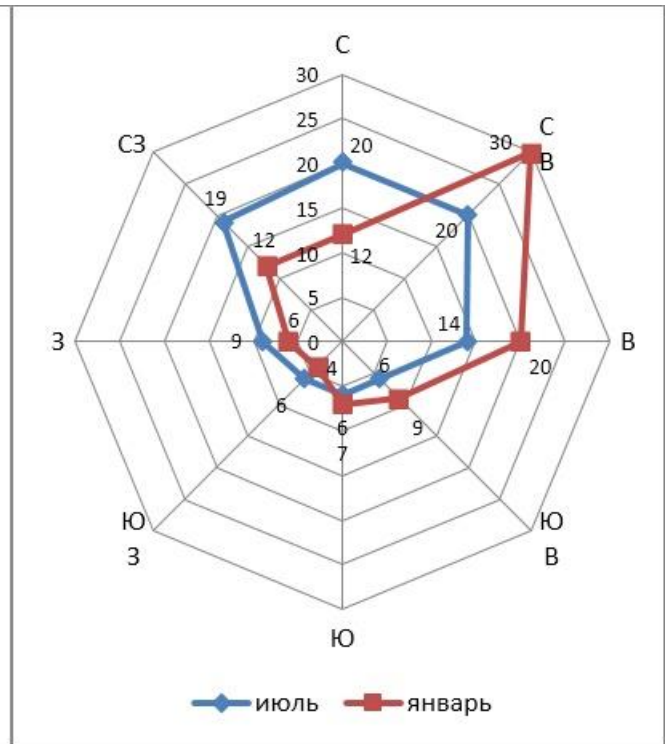


График 6. Повторяемость направления ветра в январе и июле, %.

Правильный учет ветровой нагрузки на здания и сооружения имеет большое значение, т.к. занижение её может привести к авариям конструкций, а завышение – к удорожанию строительства вследствие увеличения сечения элементов.

Давление ветра на здание можно определить по формуле [35]:

$$P = K \frac{\rho_n v_n^2}{2g} \quad (2.3)$$

, где P - давление ветра на здание, кПа (кгс/см²);

K - аэродинамический коэффициент;

ρ_n - плотность наружного воздуха кг/м³;

v_n - скорость ветра, невозмущенного ветрового потока, м/с;

g - ускорение свободного падения, 9,81 м/с².

Для расчета ветровой нагрузки на элементы зданий аэродинамический коэффициент принимают в соответствии с КМК 2.01.07-96 «Нагрузки и воздействия».

Осадки и снежный покров. К этой группе метеорологических явлений относятся дождь, снег, смешанные осадки, морось, снежная крупа, обильная роса и туман, гололедные явления. Все перечисленные разновидности осадков

требуют учета при проектировании и эксплуатации покрытий, крыш и ограждений гражданских зданий.

Опыт проектирования и эксплуатации зданий показывает, что учет осадков идет, в основном, по следующим направлениям:

- проектирование ливневой канализации;
- проектирование водоотвода с кровли;
- учет гололедных нагрузок;
- учет снеговых нагрузок;
- учет снегозаносов территории при метелях.

Ошибки в проектировании или неправильно выбранные характеристики осадков могут привести к серьезным нарушениям в эксплуатации зданий или к авариям.

Известно множество случаев, когда невнимание к осадкам приводило к регулярному замачиванию, и, следовательно, к преждевременному износу несущих и ограждающих конструкций. Здесь имели место как ошибки проектирования водоотвода с кровли, так и некачественное производство работ. Для решения задачи водоотвода с кровли требуется информация об интенсивных осадках за небольшой отрезок времени или информация о дожде. Через расчетный дождь определяются схема водоотвода, площади водосбора, конструкция водосборных воронок и сечения водоотводящих труб (стояков).

Расчетный расход дождевых вод с водосборной площади следует определять по формулам [35]:

а) для плоских кровель (с уклоном менее 2,5%):

$$Q_{\text{расч}} = \frac{F \cdot q_{20}}{10000} \text{ л/сек}; \quad (2.4)$$

б) для скатных кровель (с уклоном более 2,5%):

$$Q_{\text{расч}} = k_1 \frac{F \cdot q_5}{10000} \text{ л/сек}; \quad (2.5)$$

, где $Q_{\text{расч}}$ - расчетный расход дождевых вод, л/сек;

F - водосборная площадь, м²;

q_{20}, q_5 - интенсивность дождя в л/сек на 1 га для данной местности продолжительностью 20 мин и 5 мин, при периоде однократного превышения расчетной интенсивности, равной одному году;

k_1 - коэффициент, учитывающий период однократного переполнения.

Снежный покров учитывается, прежде всего, как снеговая нагрузка. В КМК 2.01.07-96 «Нагрузки и воздействия» приводится методика учета снеговой нагрузки. Учитывается масса снегового покрова, вводится перевод этой массы к снеговой нагрузке на здание, учитывается снеговой район, приводятся схемы снеговых нагрузок на покрытия зданий, в том числе с учетом скорости ветра за три зимних месяца. Именно ветер и перемещение по кровле снеговой массы приводит к неравномерности снеговой нагрузки на покрытие.

Характеристика осадков, число дней со снежным покровом, число часов с грозой для города Ташкента приведены в таблице 4 согласно КМК 2.01.01-94 «Климатические и физико-геологические данные для проектирования» [11].

Таблица 4

Количество осадков за год, мм	Максимальное суточное количество осадков, мм	Число дней с осадками за год	Число дней со снежным покровом за год	Число часов с грозой за год
412,7	50,0	100,8	43	17,0

Количество осадков за год характеризуется высотой слоя воды, образовавшегося на горизонтальной поверхности от выпавшего дождя, мороси, обильной росы и тумана, растаявшего снега, града и снежной крупы при отсутствии стока просачивания и испарения. Годовая обеспеченность составляет в среднем – 0,5 [11].

Максимальное суточное количество осадков – характеризует наблюдавшуюся наибольшую сумму осадков, выпавших в течении суток; годовая обеспеченность этого показателя близка к единице.

Число дней с осадками за год. Днем с осадками считается день, когда количество осадков равно или более 0,5 мм. Годовая обеспеченность показателя в среднем – 0,5 [11].

Температурно-влажностный режим. Для уточнения типов проветривания чердачных помещений на юге (ночное, дневное, круглосуточное) при комфортной, теплой и жаркой погоде рекомендуется учитывать температурно-влажностный режим. В.Е.Кореньков предложил график, который позволяет составить зоны оптимальной относительной влажности при данных температурах с ходом фактической влажности воздуха и определить дефицит или избыток влажности. На графике даны верхние и нижние критические значения относительной влажности воздуха, ограничивающие зону оптимума, т. е. наиболее комфортных значений температуры и влажности (см. Рисунок 2) [32].

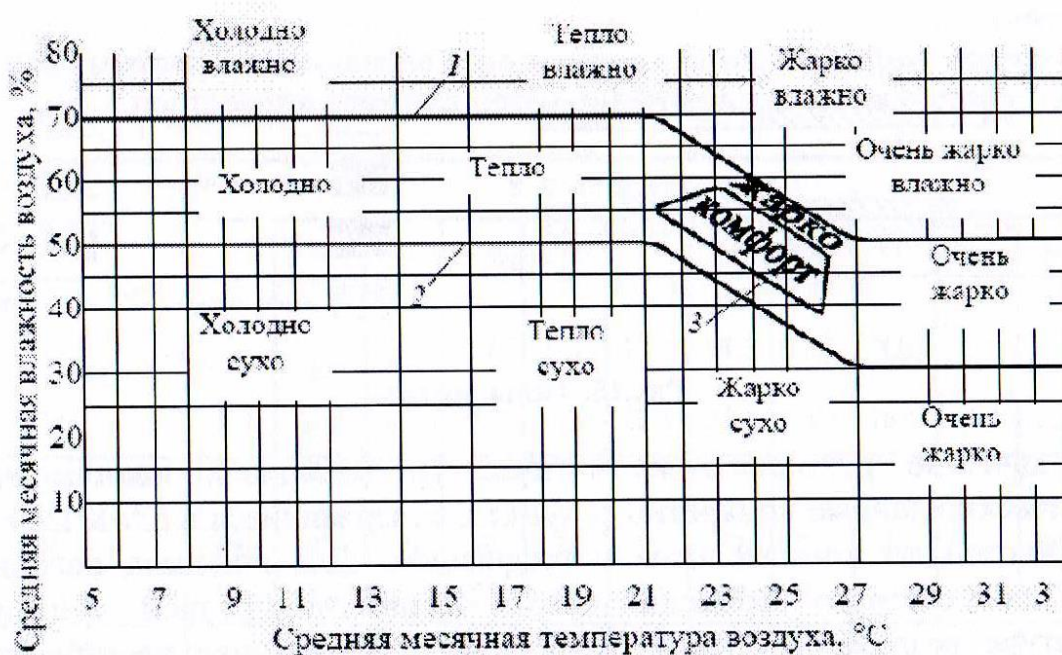


Рисунок 2. Диаграмма для оценки летнего температурно-влажностного режима района строительства: 1-верхнее критическое значение относительной влажности воздуха; 2-то же нижнее; 3-зона оптимума (комфортных условий).

Анализ температурно-влажностного режима начинается с построения специального графика, который строится для оценки температурно-влажностного режима в дневное (13 ч) и ночное (7 ч) время. На горизонтальную ось наносятся месяцы с положительной температурой воздуха, на вертикальную ось—значения относительной влажности воздуха от 0 до 100%. (см. Рисунок 3).

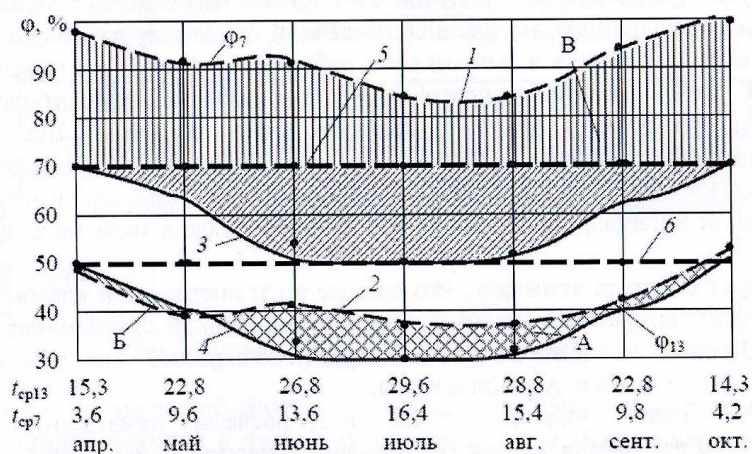


Рисунок 3. Оценка температурно-влажностного режима в летнее время: 1- график среднемесячной относительной влажности в 7ч; 2-то же в 13ч; 3- верхнее критическое значение относительной влажности для 13ч; 4-то же ниже; 5-верхнее критическое значение влажности в 7ч; 6-то же ниже; А- зона оптимальной влажности в 13ч; Б-сухая зона.

Так как для многих климатических районов и сезонов года существенную роль играют суточные различия в тепловом фоне, рекомендуется использовать столь же простую, но более совершенную форму графиков погоды, т.е. подсчитать, сколько процентов от общей длительности года или сколько месяцев (днем и ночью) продолжается тот или другой тип погоды. Форма записи дана на Рисунке 4.

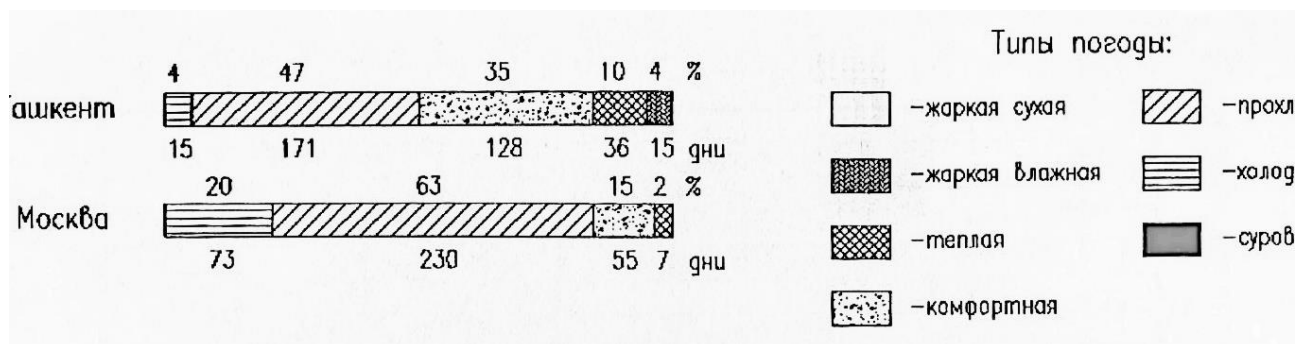


Рисунок 4. Типы погоды городов Ташкента и Москвы

В качестве исходного климатического материала используются климатические данные конкретного пункта, содержащиеся в КМК 2.01.01-94.

Температурно-ветровой режим. Анализ различных сочетаний температуры и ветра рекомендуется проводить при всех типах погоды. При скорости более 6 м/с начинается перенос снега и песка, при скорости более 12 м/с - отдельные легкие элементы здания могут подвергаться опасности

разрушения. При отрицательных температурах и скорости более 5 м/с здания начинают нуждаться в защите, так как через инфильтрацию теряют слишком много тепла. При температуре 28-33°C ветер 1-4 м/с весьма полезен, и аэрация помещений необходима. При температуре выше 33 °С и особенно при пескопылепереносе и пониженной относительной влажности воздуха (менее 25%) ветер почти не дает облегчения и легко может вызвать раздражение [34].

Ветер с дождем. Данный показатель определяет степень увлажненности крыш и стен, а также меры их защиты. Из климатического справочника Узбекистана и КМК выписывается средняя многолетняя сумма осадков за теплый период. За тот же период определяется и средняя многолетняя скорость ветра. Частное от деления суммы осадков на скорость ветра дает среднюю интенсивность осадков в мм/мин. Из приложения по интенсивности осадков и скорости ветра определяется сумма осадков, проходящих через условную вертикальную поверхность. Если эта сумма, переведенная в часовую размерность (мм/ч), попадает в градацию до 100 мм, территория относится к сухой зоне, от 100 до 200 мм — к нормальной зоне, более 200 мм — к влажной зоне.

Для каждой из выделенных зон разработаны свои типы стыков крупнопанельных зданий. Для сухой зоны рекомендуются плоские закрытые стыки, для нормальной зоны— дренажные и открытые, для влажной зоны — открытые, стыки с нащельниками, накладками и профильными покрытиями зазора, крыши-экраны.

Для наиболее общей оценки климатических условий строительства можно использовать данные климатического районирования. Перечень параметров, необходимых для оценки общих климатических условий района строительства для города Ташкента приведён в Таблице 5.

Таблица 5

Наименование параметров	Величина параметров
Климатические параметры холодного периода	
Строительно-климатическая зона	II
t° воздуха наиболее холодных суток	-18
t° воздуха наиболее холодных 5 суток	-16
t° средняя воздуха холодного периода	-4,2
Абсолютно min t° воздуха	-29,5
Среднесуточная амплитуда t° наиболее холодного месяца	8,9
Продолжительность отопительного периода	148
Среднемесячная относительная влажность наиболее холодного месяца	55
Число дней со снежным покровом	43
Глубина промерзания грунта, см	70
Мах суточное количество осадков, мм	50
Число дней с осадками	100,8
Преобладающее направление ветра за январь	СВ
Мах из средних скоростей ветра за январь, м/с	2,1
Средняя скорость ветра за отопительный период	1,6
Климатические параметры теплого периода	
Средняя t° теплого периода	25,1
Средняя мах t° воздуха жаркого периода (июль)	35,4
Абсолютно мах t° воздуха	44,5
Среднесуточная амплитуда t° воздуха (июль)	16,8
Среднемесячная относительная влажность воздуха (июль)	21
Средняя скорость ветра за июль	2,1
Мах суточное количество осадков, мм	50
Преобладающее направление ветра за июль	С, СВ
Число пыльных дней (бурь) в году	5
Продолжительность солнечного сияния	60
Солнечная радиация на горизонтальную поверхность:	
Максимальное значение солнечной радиации, Вт/м ²	782/140
Среднее значение солнечной радиации, Вт/м ²	405/94

2.2. Выбор существующего жилого многоэтажного крупнопанельного здания и анализ его энергопотребления.

При выборе зданий в качестве объекта исследования в данной диссертационной работе учтены такие показательные факторы как: соответствие теме и направлению исследования, возраст и техническое состояние зданий, состояние инженерного и технологического оборудования, наличие летних помещений (балконов и лоджий), наличие нескольких вариантов блокирования блок-секций, два варианта ориентации зданий относительно сторон света. Также немаловажным фактором является возможность применения полученных результатов и рекомендаций для других крупнопанельных многоэтажных жилых зданий.

В качестве такого объекта был выбран комплекс домов застройки улицы Афросиаб от улицы Нукусской до арыка Салар в Мирабадском районе города Ташкента. Застройка решена 9-ти этажными блок-секциями улучшенной планировки на базе изделий завода ДСК-1 и состоит из 8 блок-секций по 18 квартир в каждой блок-секции, с набором квартир 3-5 и 4-4. Общие габариты блок-секций в осях 26,4 м x 13,3 м с уширенными лоджиями, шириной 3,4 м и 2,4 м по всему фронту помещений гостиной и кухонь. Просторная гостиная, площадью 33,6 м²; спальни в пределах 16,45 - 24,75 м²; кухни – 16,26 м²; санузел – 2,45 м²; ванная комната – 5,94 м²; прихожая с холлом – 26,5 м²; кладовая-гардеробная – 4,07 м². На площадке здания расположены четыремя группами (по 2 сблокированные блок-секции в каждой группе). Ориентация преимущественно юго-западная (6 зданий) и северо-западная (2 здания).

Проектирование выполнено в Ташкентском государственном проектном институте реконструкции и застройки города ОАО «Ташгипрогор» в 1998 году. Главный инженер проекта – Туниева М.С. Главный архитектор проекта Ешимбетова С.И. Возведение и сдача объектов в эксплуатацию выполнено в 1999-2000 годах. В данный момент здания полностью заселены жильцами и функционируют в нормальном режиме.

Планы этажей, разрез, фасады и снимки фактического состояния здания смотри Приложение А.

Основные технико-экономические показатели и качественные характеристики зданий застройки:

Жилые дома №№ 1а, 1б, 2а, 2б (Б/С 3-5) – по 18 квартир;

Жилые дома №№ 3, 4, 5, 6 (Б/С 4-4) – по 18 квартир;

Общее количество квартир – 144 (3х-комн. – 36, 4х-комн. – 72, 5-комн. – 36)

Общая площадь квартир Б/С 9БС 3-5 – 11674.8 м²;

Общая площадь квартир Б/С 9БС 4-4 – 11506.0 м²;

Строительный объём 4х Б/С 9БС 3-5 (в т.ч.п.ч.) – 53368,0 (3600) м³;

Строительный объём 4х Б/С 9БС 4-4 (в т.ч.п.ч.) – 53368,0 (3600) м³;

Площадь застройки 8х Б/С – 3600 м²;

Солнцезащитные устройства не предусмотрены;

Теплоснабжение осуществляется ТЭЦ-467; система двухтрубная с открытым водозабором.

Конструктивное решение: Здание крупнопанельной конструкции, стены из сборных стеновых трёхслойных панелей, перекрытия и покрытие сборные железобетонные. Стены подвала – монолитные железобетонные. Фундамент – монолитная железобетонная плита.

Трёхслойные панели состоят из двух наружных железобетонных или бетонных слоев и утеплителя между ними.

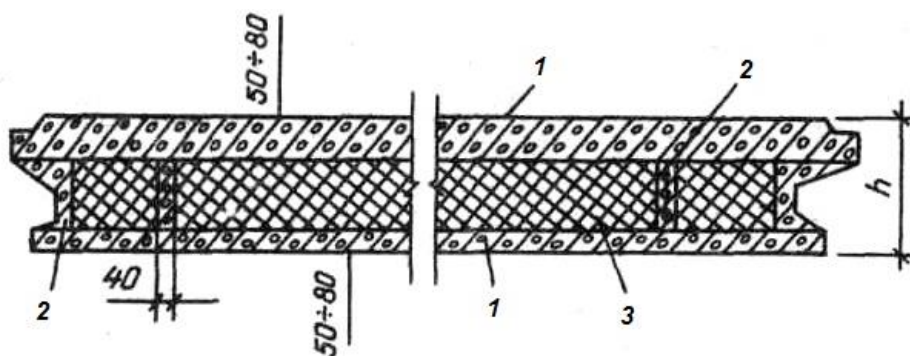


Рисунок 5. Конструктивное решение наружных панельных стен

1 — железобетонная или бетонная плита; 2 — железобетонные усиленные ребра; 3 — утеплитель (минеральная вата, пенопласт, стекловата, плиты из ячеистого бетона, алюминиевая фольга), h —высота панелей (2,5—3,0 см).

В качестве утеплителя в трёхслойных панелях применяются:

- плиты и маты полужёсткие минераловатные на фенольной связке со средней плотностью не более 250 кг/м³;
- плиты полужесткие или жесткие из минеральной ваты на битумной связке со средней плотностью не более 300 кг/м³;
- маты и плиты полужёсткие стекловатные для строительства;
- плиты из ячеистых автоклавных и неавтоклавных бетонов (пенобетон, газобетон, керамзитобетон и др.) со средней плотностью не более 400 кг/м³, с пределом прочности при сжатии не ниже 15 кг/м³.
- плиты цементно-фибrolитовые со средней плотностью не более 400 кг/м³.

Состав кровли:

- слой гравия, втопленного в битумную мастику; $\delta=10$ мм;
- 1 слой кровельного рубероида РКМ-350Б;
- 3 слоя подкладочного рубероида РПП-350Б;
- кровельная панель; $\delta=100$ мм;
- вентилируемая воздушная прослойка;
- цементно-песчаная стяжка М50; $\delta=20$ мм;
- керамзит; $\gamma=600$ кг/м³; $\delta=220$ мм;
- панель перекрытия; $\delta=160$ мм.

Выводы к главе II.

1. Положительные стороны климата Ташкента - большая продолжительность теплого периода года, низкая относительная влажность воздуха, благоприятной солярный климат, континентальность.
Отрицательные стороны – высокий уровень солнечной радиации, маловетрие или повышенные скорости ветра в ряде районов, высокие температуры в летний период, приводящие к перегреву территории и помещения, резкая континентальность (большой годовой амплитуде температур (для Ташкента 28-30°C)) и засушливость.
2. Низкая относительная влажность воздуха на территории обусловлена незначительным количеством осадков в течении года, так в Ташкенте среднегодовая относительная влажность воздуха 58 – 60%, в летние месяцы 40 – 50% ночью и 25 – 30% днем, что легче переносятся высокие температуры воздуха.
3. Расчетная температура и скорость наружного воздуха в январе в Ташкенте: средняя наиболее холодной пятидневки - 16°C; средняя наиболее холодных суток - 18°C; скорость ветра – 2,0 м/сек.
4. При выборе зданий в качестве объекта исследования учитывались такие факторы как: возраст и техническое состояние зданий, состояние инженерного и технологического оборудования, летних помещений (балконов и лоджий), наличие нескольких вариантов блокирования блок-секций и ориентации зданий. Это обуславливает возможность применения полученных результатов для других крупнопанельных многоэтажных жилых зданий.
5. В качестве объекта исследования был выбран комплекс 9-ти этажных крупнопанельных жилых домов застройки улицы Афросиаб от улицы Нукусской до арыка Салар в Мирабадском районе города Ташкента.

Глава III – Методы повышения энергоэффективности жилого многоэтажного крупнопанельного здания.

3.1. Выбор методов и мероприятий по повышению энергоэффективности здания.

Простое перенесение сложившихся в различных странах принципов установления категорий зданий по энергоэффективности в нашей стране может не дать ожидаемых результатов. Это обусловлено различным уровнем социально-экономических условий, производственной базы строительства, насыщенности рынка теплоизоляционными материалами и инженерным оборудованием зданий, в том числе, по использованию возобновляемых источников энергии, и наконец, нормативной базы проектирования и строительства.

При проведении энергоаудита необходимо разработать перечень рекомендаций, осуществление которых должно привести к повышению энергоэффективности зданий. Для этого целесообразно также установление классификации эффективности систем отопления и ограждающих конструкций в отдельности. Это позволит наглядно представить влияние состояния различных элементов здания на его энергоэффективность и принять, в конечном итоге соответствующие технические решения, приводящие к реальной экономии энергии при эксплуатации здания.

Основные резервы теплосбережения можно реализовать при утеплении зданий. Утепление наружных стен – самый дорогостоящий и трудоемкий процесс – обеспечивает снижение теплотерь в зимнее время примерно на 12 – 15% [56].

Еще больший эффект достигается при комплексном решении вопроса. Все ограждающие от внешней среды конструкции, должны иметь соответствующую теплоизоляцию – применении системы фасадной изоляции в сочетании с энергоэффективными конструкциями кровли, оконных и дверных блоков [36].

3.2. Устранение чрезмерных теплопотерь.

Проведенные обследования и энергоаудит многоэтажных жилых домов 1970-80ых годов строительства показывают, что эти жилые дома в сегодняшние дни потребляют тепловую энергию на отопление фактически в 2 раза больше, чем в момент их строительства [48]. Это вызвано нарушением первоначальной герметичности внешней оболочки здания.

В сейсмических районах здание делится на отдельные отсеки сейсмическими швами, которые представляют собой расположенные на определенном расстоянии парные стены. Герметизирующий шов утеплитель образует замкнутое пространство между стенами. В идеале теплопотери через эти стены практически равны нулю. В действительности, как показывает обследование, во многих местах герметичность сейсмошва частично, а в некоторых местах и полностью нарушена и идёт интенсивная потеря тепла через эти стены. Так, среднее значение температуры в сейсмошве была 7-8 °С вместо теоретической 20 °С.

В жилых зданиях лестничные клетки не являются отапливаемыми помещениями, но за отопительный период происходит потеря тепла и через них. Теплопотери возникают из-за разницы температур между отапливаемым объемом и лестничной клеткой. Это обусловлено тем, что стены, образующие лестничную клетку относительно тонкие и состоят из тяжёлого бетона, а также недостаточно герметичного притвора входной двери и фрамуг.

Здание было сдано в эксплуатацию со сплошным одинарным остеклением лоджий и балконов, тогда остеклённый объем лоджий (балконов) играл роль буферной зоны, снижая теплопотери здания. В сегодняшний день сложилась следующая ситуация, значительно влияющая на теплопотери здания: во многих квартирах жители произвольно стали убирать двери и окна гостиной и кухни, соединяющие с балконом, тем самым включая площадь не утепленного балкона в отапливаемый объем квартиры. В некоторых случаях на балкон выносили газовую плиту.

Чрезмерные потери возникают также из-за оголённых вводов тепловых сетей вне здания, а также внутри технологических помещений. Это, наряду с избыточными отверстиями (продухами) в подвале здания, приводит к тому, что температура на точках потребителя недостаточна и вынуждает жильцов пользоваться электрическими обогревателями.

Вышеперечисленное позволяет привести следующие рекомендации. Для устранения чрезмерных теплопотерь необходимо выполнить:

- восстановление первоначальной герметичности внешней оболочки здания (герметизация сейсмического шва, лестничной клетки, отчуждение в холодное время года балкона от отапливаемой квартиры);
- качественная теплоизоляция вводов тепла и теплокоммуникаций в подвале;
- исключение лишних отверстий в уровне цоколя на холодное время года.

3.3. Повышение энергетической эффективности конструкции наружной оболочки здания.

Для каждого вида ограждающей конструкции здания осуществляют разработку конструктивного решения с выбором конкретных материалов, их толщин, расположения, способов крепления и принятием других необходимых решений. При выборе материалов с целью обеспечения энергоэффективности зданий рекомендуется отдавать предпочтение материалам, отличающимся относительно малой энергоемкостью при их производстве, а при выборе теплоизоляционных материалов еще и высокими теплозащитными свойствами в условиях эксплуатации.

3.3.1. Современные энергосберегающие конструкции наружных стен.

Доля тепловых потерь через наружные стены составляет порядка 30% от общих потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции здания.

Однослойные конструкции наружных стен перестают отвечать постоянно ужесточающимся требованиям по сокращению энергопотребления объектами строительства.

Современному уровню теплозащиты зданий лучше всего отвечают стены, содержащие, помимо несущего, дополнительный слой из эффективного теплоизоляционного материала с коэффициентом теплопроводности не более $0,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. В качестве такого утеплителя используют плиты из минеральной ваты или другого негорючего материала [7].

К наиболее известным и распространенным способам утепления наружных стен относятся: конструкции утепления наружных стен с использованием минераловатных и полистирольных плит с креплением их непосредственно на стены или на каркас, а также всевозможные сочетания этих вариантов с использованием местных утеплителей [56].

В зависимости от расположения утеплителя в ограждающей конструкции различаются три основных типа теплоизоляционных систем:

- утеплитель расположен с внутренней стороны ограждающей конструкции;
- утеплитель – внутри ограждающей конструкции;
- утеплитель – снаружи ограждающей конструкции.

В последнем случае широко применяются две системы: система «мокрого типа» - с оштукатуриванием или с облицовкой фасада и фасадная система с вентилируемым воздушным зазором [36].

Системы с утеплителем с внутренней стороны ограждающей конструкции

Расположение теплоизоляционного материала на внутренней поверхности стены преимущественно используют в случае реконструкции существующих зданий (см. Рисунок 6). Такое расположение утеплителя позволяет сохранить архитектурный облик здания (особенно если оно является архитектурным памятником); проводить утепление только тех стен, которые в этом нуждаются; производить работы по утеплению в любое время года, при этом не требуются средства подмащивания.

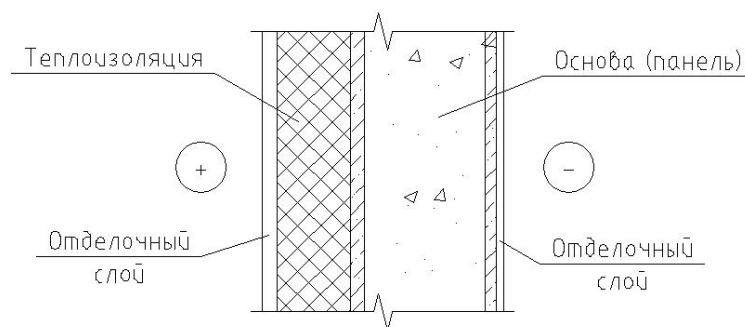


Рисунок 6. Конструкция стены с утеплителем с внутренней стороны

Однако утепление стен с внутренней стороны имеет два существенных недостатка.

Во-первых, уменьшается площадь помещений. Во-вторых, массивная, хорошо аккумулирующая тепло часть стены оказывается зимой в зоне низких температур. Это резко снижает тепловую инерцию ограждающей конструкции, и, следовательно, ухудшает микроклимат помещений.

Для правильного утепления стен изнутри необходимо учитывать физику процессов тепло- и влагопереноса. Температура ограждающей конструкции за слоем утеплителя значительно снижается. Поэтому в зимнее время водяной пар, образующийся внутри помещений, неизбежно конденсируется за слоем утеплителя на внутренней поверхности панели. Накопившаяся за зимний период влага не удаляется наружу даже летом, что приводит к отсыреванию стен и развитию микроорганизмов [36].

Системы с утеплителем внутри ограждающей конструкции

Большое распространение в многоэтажном строительстве получили несущие слоистые наружные стены с облицовкой кирпичом [36].

В данной системе на несущую наружную стену накладывается слой эффективного утеплителя и затем выполняется облицовка фасада из сплошного или пустотного кирпича толщиной 12 см, опирающаяся на цоколь здания.

Устойчивость облицовочной кладки от действия отсоса ветра обеспечивается гибкими кронштейнами, располагаемыми через 5-8 рядов по высоте и прикреплёнными к несущей стене анкерами. На уровне кронштейнов в кирпичную кладку облицовки размещают конструктивно-арматурную сетку,

сцепляемую с кронштейнами. Сетка состоит из двух продольных стержней $\varnothing 4$ мм, с расстоянием между ними 60 мм и поперечных стержней $\varnothing 3$ мм с шагом 300 мм.

В качестве теплоизоляции рекомендуется принимать, преимущественно, полужесткие базальтовые минераловатные плиты с повышенным значением коэффициента паропроницаемости ($\mu \geq 0,56$ мг/(м·ч·Па)) [7].

Утеплитель расположен внутри самой ограждающей конструкции (колодцевая кладка). При такой системе ограждающая конструкция выполнена из двух параллельных стенок, соединенных между собой жесткими или гибкими связями, а образуемое между ними пространство заполнено утеплителем (см. Рисунок 7). С позиции теплотехники эти связи являются «мостиками холода» и они могут значительно снизить термическое сопротивление всей ограждающей конструкции. Наиболее перспективны в этом отношении стеклопластиковые связи. При их использовании теплотери, как правило, не превышают 2%. Такое конструктивное решение утепления используется в одной из разновидностей системы «PAROC». В качестве утеплителя в ней используется изоляционная продукция на основе базальтового волокна.

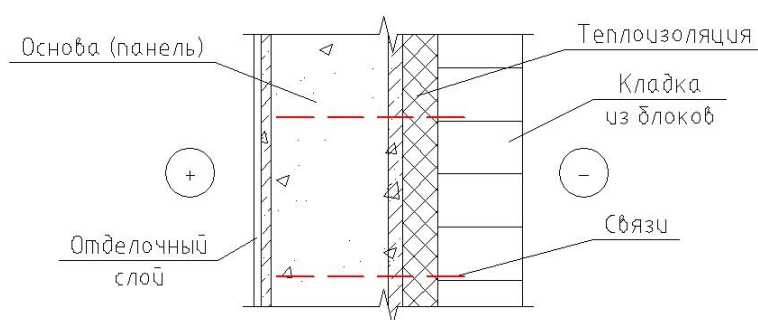


Рисунок 7. Конструкция несущей слоистой наружной стены с облицовкой кирпичом

Такая система имеет и существенные недостатки. Во-первых, под ограждающие конструкции требуется более объемный и дорогостоящий фундамент, чем под обычные стены. Во-вторых, влага конденсируется между внешней и внутренней стенками на теплоизоляционном материале и на внутренней поверхности наружной стенки. При этом утеплитель не высыхает

даже в теплое время года, так как наружный слой является паробарьером. Это приводит к снижению термического сопротивления ограждающей конструкции и ее ускоренной амортизации.

Эта система малопригодна для реконструирования многоэтажных крупнопанельных зданий, так как рекомендуемая область применения стен с теплоизоляцией, облицованной кирпичом, ограничивается 2÷3 этажными зданиями из-за различия механических и температурно-влажностных деформаций основной несущей стены и облицовочного кирпичного слоя.

Системы наружной теплоизоляции «мокрого» типа

Системы утепления с оштукатуриванием фасадов предусматривают клеевое и (или) механическое с помощью дюбелей закрепление утеплителя к несущей стене с последующим покрытием его штукатурными слоями. В данной теплоизолированной конструкции минераловатная плита выполняет не только теплоизолирующие функции, но она также служит основанием для штукатурных слоёв [7].

В системах наружной теплоизоляции «мокрого» типа можно выделить три основных слоя (см. Рисунок 8):

- армированный слой – стекловолоконная сетка в специальном растворе.
- теплоизоляционный – плиты из теплоизоляционного материала с низким коэффициентом теплопроводности (например, плиты из минеральной ваты или пенополистирола). Необходимо применять жёсткие минераловатные плиты с прочностью на сжатие не менее 80 кПа, прочностью на отрыв слоёв – не менее 15 кПа;
- защитно-декоративный – грунтовка и декоративная штукатурка (минеральная или полимерная), возможна окраска специальными «дышащими» красками. В качестве защитно-декоративного слоя может также применяться клинкерная плитка или натуральный камень.

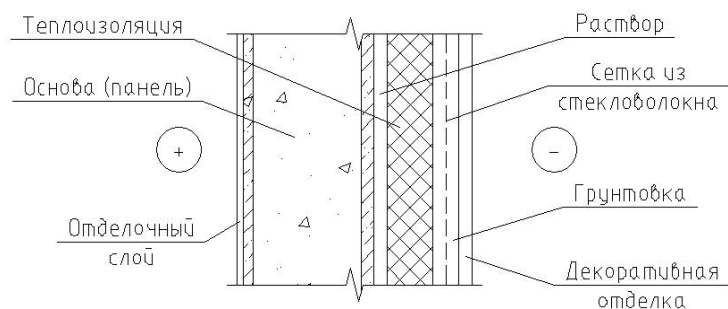


Рисунок 8. Конструкция системы утепления «мокрого» типа.

Каждый слой выполняет в системе свою функцию. Теплоизоляционный материал обеспечивает утепление ограждающей конструкции, его толщина определяется теплотехническим расчетом, а тип материала – противопожарными требованиями [36].

Характеристики некоторых марок минераловатных плит, рекомендованных к применению для стен с оштукатуриванием фасада приведены в Таблице 6.

Таблица 6

Фирма	Марка минераловатных плит	Наименование показателя					
		Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие при 10% деформации, кПа, не менее	Прочность на отрыв слоёв, кПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации		Коэффициент паропроницаемости μ, мг/(м·ч·Па)
					А	Б	
ROCKWOOL	ФАСАД БАТТС	145		15	0,042	0,045	
	ФАСАД ЛАМЕЛЛА	100		100	0,047	0,051	
ISOVER	Fasoterm PF	130	90	15	0,046	0,049	0,32
	Fasoterm NF	80	80	90	0,046	0,050	0,38

Армированный слой необходим для обеспечения адгезии защитно-декоративного слоя к поверхности теплоизоляционной плиты.

Защитно-декоративный слой выполняет две функции: защищает теплоизоляционный материал от внешних воздействий, а также придает фасаду эстетичный внешний вид.

Таковыми системами являются системы наружной теплоизоляции «Rockwool», «Бауколон», «Ceresit», «Paroc», «Termomax», «Синтеко», «Isposhorm», «Террако», «Relius».

При проектировании таких систем необходимо обеспечивать совместимость смежных слоев по тепловому расширению, водопоглощению, морозостойкости, паропроницаемости (с увеличением наружу), а также надлежащее сцепление друг с другом (возрастающее по мере движения снаружи вовнутрь) [36].

Системы утепления фасадов с нанесением штукатурных слоев по утеплителю подразделяются на два конструктивных типа: системы с жестким закреплением утеплителя на стене и системы с гибкими элементами крепления теплоизоляции (см. Рисунок 9).

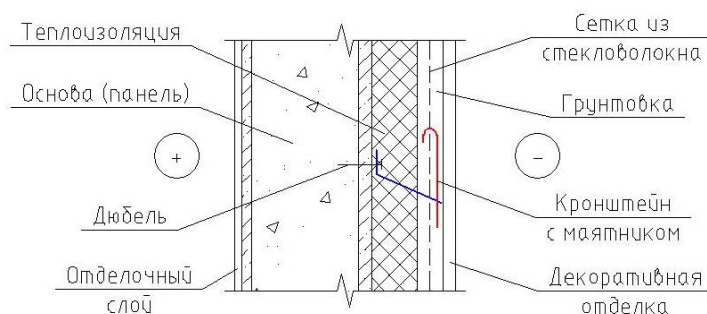


Рисунок 9. Схема крепления подвижных кронштейнов «Термофасад»

В системах с гибкими элементами крепления («Serrogock», «Термофасад») исключается передача осадочных деформаций на отделочный штукатурный слой. Кроме того, действия на поверхность штукатурки температурных и ветровых нагрузок не передается на основание ограждающей конструкции здания.

Системы наружного утепления «мокрого» типа достаточно эффективны. Внутреннее тепло здания в зимний период прогревает толщу основания стеновой ограждающей конструкции, имеющей низкое сопротивление теплопередаче, а основную роль по сохранению тепла берет на себя эффективный утеплитель. При этом «точка росы» выносится в утеплитель и не происходит накопления конденсата, так как материал несущей конструкции обладает низкой

паропроницаемостью, а утеплитель и тонкий слой штукатурки достаточно паропроницаемы.

В процессе эксплуатации на оштукатуренных фасадах недопустимо устанавливать рекламы, телеантенны, кондиционеры и другие устройства. Срок службы данной системы, как правило, не превышает 25 лет [7].

Фасадные системы с вентилируемым воздушным зазором

Принципиальное конструктивное решение фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором следующее. С внешней стороны несущих конструкций наружной стены (основание) крепится каркас из металла (подконструкция), на который навешивают плитный или листовой отделочный слой (экран). Расстояние между основанием и экраном принимается таким, чтобы можно было разместить там слой плит утеплителя и оставить воздушный зазор 40 – 100 мм между экраном и утеплителем (см. Рисунок 10).

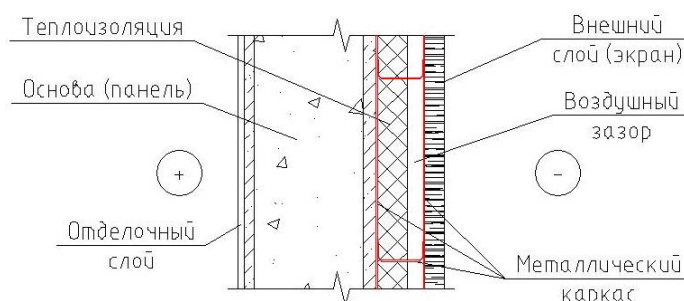


Рисунок 10. Конструкция фасадной системы с вентилируемым воздушным зазором

Такая схема расположения слоев является оптимальной, так как в этом случае слои различных материалов до воздушного зазора располагаются по мере увеличения коэффициента паропроницаемости.

Благодаря тому, что в данной системе слой теплоизоляции расположен снаружи, основание стены защищено от попеременного замерзания и оттаивания. Выравниваются также температурные колебания массива стены, что препятствует появлению деформаций. Зона конденсации сдвигается в наружный теплоизоляционный слой, внутренняя часть стены не отсыревает, и не требуется

дополнительной пароизоляции. Из теплоизоляционного слоя влага удаляется через воздушный зазор между ним и облицовкой.

Воздушный зазор, благодаря перепаду давления, работает «по принципу действия вытяжной трубы». В результате чего внутренняя влага свободно удаляется в окружающую среду. Вентилируемый воздушный зазор снижает теплопотери в отопительный период, так как температура воздуха в нем несколько выше, чем снаружи.

При проектировании конструкций фасада с воздушным зазором особое внимание следует обращать на возможность свободной циркуляции воздуха. При этом рассчитывается как толщина самого воздушного зазора, так и размеры входных и выходных отверстий.

Таковыми системами являются системы наружной теплоизоляции «Rockwool», «Brevitor», «Paroc», «Gasell», «Айдо-С», «Диат», «Дювилс» и другие.

В качестве утеплителя в вентилируемых фасадах используются минераловатные утеплители, изготовленные из влагостойкой и водоотталкивающей базальтовой или стеклянной ваты. Так как в воздушной прослойке могут возникать интенсивные воздушные потоки, которые могут разрушить верхний слой мягкого утеплителя, то для защиты последнего используют ветрозащитную паропроницаемую пленку. Могут применяться и жесткие теплоизоляционные плиты. Прижим утеплителя к несущей стене осуществляется тарельчатыми пластиковыми дюбелями.

Металлические подконструкции состоят из кронштейнов, которые крепятся с помощью специальных анкерных элементов непосредственно на стену, и несущих профилей (направляющих), устанавливаемых на кронштейны. На несущие профили монтируются плиты облицовки.

Требуемые профили подконструкции для конкретного здания зависят от климатического района строительства, высоты и конфигурации здания, вида материала несущей стены, толщины и типа утеплителя, типа облицовки и

способа ее крепления. В каждом конкретном случае расчет подконструкции должны выполнять специалисты [36].

У фасадных систем с воздушным зазором (вентилируемых фасадов) много достоинств, но и много недостатков.

К преимуществам стен с теплоизоляцией и вентиляруемым фасадом относятся следующие их качества:

- при строительстве не требуется выравнивание поверхности несущих стен;
- длительный срок эксплуатации системы, до 40 лет и более;
- здание одновременно получает дополнительную звуковую изоляцию;
- в летнюю жару экран препятствует проникновению тепла через стену в помещения [7].

К недостаткам стен с теплоизоляцией и вентиляруемым фасадом можно отнести:

Во-первых, повышенная стоимость. Этот вариант утепления по литературным данным дороже, чем с оштукатуриванием фасадов, более чем в 1,5 раза. Вентилируемые фасады очень многокомпонентные системы, и от качества каждого из этих компонентов будет зависеть эффективность всего технического решения. Следовательно, необходим строжайший технический контроль как каждой составляющей, так и всей системы в целом.

Во-вторых, очень сложно решается вопрос примыкания к общестроительным конструкциям. Для каждой системы в зависимости от типов применяемых материалов нужны специально разработанные элементы.

В-третьих, при устройстве вентиляруемых фасадов необходимо обеспечить беспрепятственный и эффективный воздушный поток по всей внутренней поверхности стены, чтобы не образовывались «мертвые зоны».

В-четвертых, очень важно обеспечить быстрое выравнивание давления наружного воздуха и давления в вентиляруемой прослойке, которое необходимо для исключения попадания дождевых капель в воздушную прослойку и избегания излишней ветровой нагрузки при переменном ветровом давлении. Это достигается при точном расчете и обеспечении при строительстве ширины

открытых швов облицовки, толщины вентилируемой воздушной прослойки и воздухопроницаемости основной конструкции наружной стены.

В-пятых, воздушный зазор является «акустической трубой». Любые звуки, производимые в нем, будут распространяться по всей плоскости фасада. Для уменьшения гудения фасада при порывах ветра, приходится уменьшать зазоры между плитами облицовки.

В-шестых, отсутствует единая методика расчета систем с вентилируемыми фасадами [36].

При проектировании современных энергосберегающих конструкций наружных стен следует учитывать следующие положения:

- теплоизоляционный материал целесообразно размещать с наружной стороны конструкции;
- избегать «мокрых» процессов при устройстве ограждающей конструкции, чтобы не вносить в конструкцию строительную влагу или уменьшить до минимума ее количество;
- при конструировании не допускать расположения теплоизоляционного материала между мало паропроницаемыми слоями;
- создание условий, благоприятных для испарения конденсационной влаги.

3.3.2. Современные энергосберегающие конструкции крыш.

Крыши по компоновочно-конструктивному решению подразделяются на чердачные, бесчердачные и скатные, по теплозащите - на утепленные и холодные [37, 39].

В крупнопанельном строительстве, как правило, предпочтение отдавалось применению чердачных крыш, отличающихся простотой и надежностью чердачного покрытия и перекрытия на стадии возведения и эксплуатации, а также повышенной теплоустойчивостью в летний период [40]. Чердачные крыши могут устраиваться с холодным, открытым и теплым чердаками. Конструктивные схемы железобетонных крыш с холодным, открытым и теплым чердаком представлены на Рисунке 11 [13].

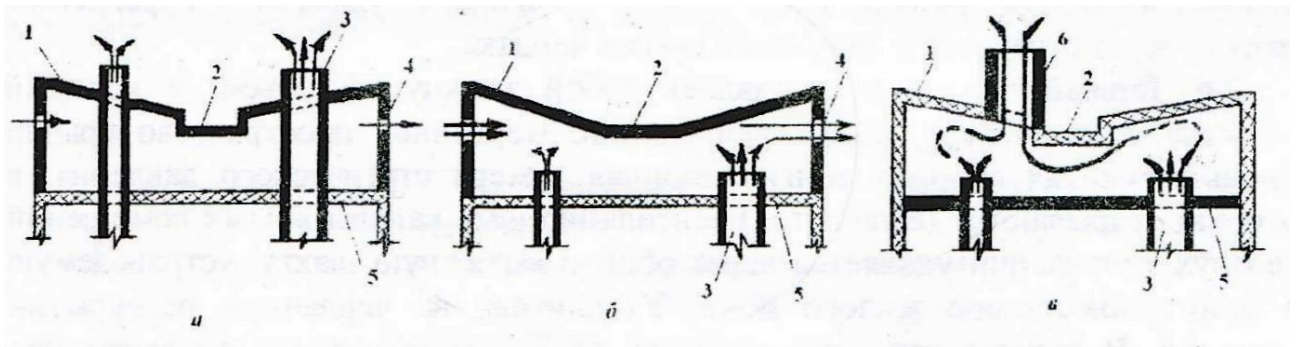


Рисунок 11. Схемы конструктивного решения чердачных крыш (защитрованы утепленные конструкции)

*а – с холодным чердаком; б – с открытым чердаком; в – с теплым чердаком:
1 – покрытие; 2 – водосборный лоток или ендова; 3 – стояк вытяжной вентиляции; 4 – вентиляционное отверстие; 5 – чердачное перекрытие; 6 – вытяжная вентиляционная шахта.*

Холодный чердак представляет собой тип чердака, предусматривающий пропуск каналов вытяжной вентиляции через чердак наружу, с расчетной теплоизоляцией на чердачном перекрытии и не утепленным чердачным покрытием.

Особенностью крыш с открытым чердаком является то, что вентиляционные каналы нижележащих помещений выводятся в чердак, из которого вентиляционный воздух удаляется через отверстия расчетного сечения в ограждающих конструкциях чердака. В летних условиях применение открытого чердака обеспечивает теплоустойчивость такого типа крыши благодаря удалению перегретого воздуха через отверстия в наружных стенах чердака. При применении крыш с открытым чердаком расчет теплоустойчивости чердачного перекрытия не требуется [13].

Теплый чердак представляет собой замкнутый объем, в который выпускается вытяжной воздух вентиляции. В теплом чердаке чердачное покрытие выполняет одновременно несущие, тепло- и гидроизолирующие функции [42]. К достоинствам теплого чердака можно отнести улучшение вентиляции верхних этажей и снижение теплотерь верхнего этажа. Теплый чердак обеспечивает теплозащиту здания при меньшей величине приведенного

сопротивления теплопередаче покрытия за счет утилизации тепловой энергии вытяжного воздуха вентиляции здания.

При выборе материалов с целью обеспечения энергоэффективности зданий следует отдавать предпочтение материалам, отличающимся энергосбережением при их производстве и в условиях эксплуатации.

Требуемые эксплуатационные качества покрытий и чердачных перекрытий, определяемые сопротивлением теплопередаче, воздухо- и паропроницаемостью, влажностным состоянием и другими теплотехническими показателями, климатической характеристикой района строительства, назначают согласно положениям КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника» [13].

Взаимное расположение отдельных слоев покрытия или чердачного перекрытия должно способствовать высыханию конструкций и исключать возможность накопления влаги в ограждении в процессе эксплуатации. При этом расчетом необходимо выполнить соответствие требованиям КМК 2.01.04-97* о недопустимости накопления влаги за годовой период, а также об ограничении накопления влаги к концу периода влагонакопления.

Сопротивление теплопередаче бесчердачного покрытия (в том числе вентилируемого наружным воздухом) или чердачного перекрытия должно быть не менее требуемого КМК 2.01.04-97* для холодного периода года.

При утеплении чердачного перекрытия пароизоляционный слой устанавливается на выровненную поверхность несущего перекрытия, для защиты утеплителя от конденсата и поверх него укладывается теплоизоляционный слой (см. Рисунок 12) [43].



Рисунок 12. Теплоизоляция чердачного перекрытия.

1 – несущая плита; 2 – слой пароизоляции; 3 – утеплитель; 4 – цементно-песчаная стяжка; 5 – слой гидроизоляции.

При наличии в задании на реконструкцию объекта соответствующего требования по уровню теплозащиты, выбор теплоизоляционных материалов и технического решения ограждающих конструкций с целью обеспечения необходимой величины термических сопротивлений чердачных перекрытий и покрытий рекомендуется производить из соображений экономической целесообразности, с учетом как единовременных затрат на устройство, так и эксплуатационных расходов на отопление и кондиционирование помещений, а также содержание конструкции с обеспечением установленного срока окупаемости.

Во всех типах крыш следует ограничить применение устаревших малоэффективных теплоизоляционных материалов с коэффициентом теплопроводности λ_0 выше $0,10 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. Предпочтение следует отдавать современным эффективным теплоизоляционным материалам с $\lambda_0 = 0,07 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ и менее. При этом теплоизоляционный материал должен сохранять теплозащитные свойства на протяжении длительного времени, обладать био-, влагостойкостью, не выделять в процессе эксплуатации токсичных и неприятно пахнущих веществ, соответствовать требованиям пожарной безопасности.

Для утепления чердачного перекрытия холодного и открытого чердака рекомендуется отдавать предпочтение применению жестких и повышенной жесткости теплоизоляционных плит из минеральной ваты, базальтового или стеклянного волокна с устройством армированной стяжки из цементно-песчаного раствора или асфальтобетона с прочностью на сжатие соответственно

5 и 0,8 МПа и толщиной 15-20 мм [33]. Также рекомендуется использовать в качестве утеплителя мелкие плиты из пенобетона.

3.3.3. Современные энергосберегающие конструкции окон.

В массовом жилищном строительстве в нашей стране применяют окна со спаренными и отдельными переплетами с форточками или узкими створками для проветривания помещений, окна с узкими вертикальными клапанами, с вращающимися вставками на горизонтальных и реже, вертикальных осях со стороны междустекольного пространства [57].

Светопроемы имеют в три-четыре раза более низкую теплоизоляционную способность, чем стены. В связи с этим излишне большие площади остекления ведут зимой к переохлаждению помещений и значительному увеличению расходов на отопление, а в весенне-летний период – к перегреву помещений. Борьба с перепадами температур наружного воздуха, с теплопоступлением от солнечной радиации, а также с уличными шумами может регулироваться конструктивными решениями остекляемых ограждений и использованием стекол с соответствующими световыми и физическими характеристиками [58].

Теплоизоляционные качества светопрозрачных ограждений, их воздухо- и звукопроницаемость обеспечивают прежде всего тщательной герметизацией стыков светопрозрачного ограждения со стеной, герметизацией сопряжения стекол с переплетами и устройством плотных притворов в створных переплётках. На тепло- и звукоизоляционные свойства влияет также количество слоёв остекления, толщина стёкол и их энергетические характеристики и толщина воздушной прослойки между стёклами [59].

Деревянные переплёты обладают прочностью, лёгкостью, имеют большое термическое сопротивление, сравнительно просты в изготовлении, но подвержены деформации, короблению и гниению. Срок службы и влагостойкость увеличивается обработкой антисептиками и герметизацией стыков, а также устройством дренажного отверстия.

Стальные переплёты имеют большую прочность и жёсткость, но малое термическое сопротивление, подвержены коррозии и требуют антикоррозийных покрытий.

Алюминиевые переплёты обладают архитектурно-эстетическими качествами, долговечны, коррозиестойки, надёжны, герметичны и имеют лучшую водо-воздухонепроницаемость, повышенные звукоизоляционные качества [59].

В таблице 7 приведены теплотехнические показатели и светопропускание окон из профильного стекла и стеклянных блоков

Таблица 7

Показатель	Швеллерное стекло		Коробчатое стекло	Стеклянные блоки
	В один ряд	В два ряда		
Сопротивление теплопередаче $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{Вт}$	0,16	0,29	0,33	0,31
Коэффициент светопропускания	0,77	0,69	0,63	22...26
Сопротивление воздухопроницанию $\text{м}^2 \text{ чПа} / \text{кг}$	2,35	3,52	2,35	-

В таблице 8 приведены характеристики стекол, применяемых при реконструкции. Имея такой огромный ассортимент, можно обеспечить выполнение почти любых требований, предъявляемых к наружному остеклению.

Таблица 8

Вид стекла	Свет		Пропускание УФ, %	Энергетические характеристики		Теплопроводность, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{C})$
	Пропускание, %	Отражение, %		Пропускание, %	Отражение, %	
Обычное листовое строительное стекло	84-90	8-14	15-20	74-85	6-8	5,7-5,8

Энергосберегающее стекло	69-86	10-19	2-15	4-10	80-84	5,2-5,7
Теплопоглощающее стекло	40-80	5-40	3-23	17-59	6-37	5,2-5,8
Стекло с отражающим покрытием	14-70	30-60	3-20	33-70	10-70	5,4-5,8
Стекло, поглощающее УФ	18-50	4-13	0-10	10-40	4-5	5,4-5,8
Пропускающие УФ (увиолетовые)	86-90	6-8	70-90	80-90	5-9	5,4-5,8
Ламинированные стёкла (триплекс)	Данные стёкла могут производиться в различных комбинациях из всех видов стёкол, поэтому их свойства суммируются					
Закалённые стёкла	Данные стёкла производятся из всех стёкол, кроме увиолетовых и ламинированных, и обладают их параметрами					

Учитывая определенные трудности расчета сопротивления теплопередачи световых проемов в общем виде, в настоящее время, приведенное сопротивление теплопередаче остекления световых проемов с различными заполнениями (одинарное, двойное, тройное остекление, блоки стеклянные, стеклопакеты в различных переплетах и др.), определяют экспериментальным путем в условиях одномерной стационарной задачи и приводятся в КМК 2.01.04-07, в приложении 5. Из приложения видно, что приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $m^2C/Вт$ колеблется в широких пределах ($R_o=0,18\div 0,53$), что 2-5 раз превышает теплопотери стеновых ограждений.

В таблице 9 приведены значения приведенного сопротивления теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей.

Таблица 9

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , кв. м · °С /Вт
Одинарное остекление в деревянных или пластмассовых переплетах	0,18
Одинарное остекление в металлических переплетах: окон и фонарей с вертикальным остеклением	0,15
Двойное остекление в деревянных или пластмассовых переплетах: спаренных; раздельных	0,39 0,42
Двойное остекление в металлических раздельных переплетах: окон и фонарей с вертикальным остеклением	0,34
Тройное остекление: в деревянных или пластмассовых раздельно-спаренных переплетах в металлических раздельных переплетах	0,55 0,46
Однокамерные стеклопакеты в деревянных или пластмассовых переплетах: из обычного стекла с твердым селективным покрытием внутреннего стекла с мягким селективным покрытием внутреннего стекла с тепловым зеркалом	0,36 0,48 0,52 0,70
Однокамерные стеклопакеты в металлических переплетах: окон и фонарей с вертикальным остеклением из обычного стекла с твердым селективным покрытием внутреннего стекла с мягким селективным покрытием внутреннего стекла	0,31 0,30 0,38 0,42
Однокамерные стеклопакеты и одинарное остекление: в раздельных деревянных или пластмассовых переплетах окон	0,53
Двухкамерные стеклопакеты в деревянных или пластмассовых переплетах: из обычного стекла с мягким селективным покрытием среднего стекла	0,52 0,72
Два однокамерных стеклопакета в деревянных или пластмассовых одинарных, или спаренных переплетах	0,70
Два однокамерных стеклопакета в деревянных или пластмассовых одинарных, или спаренных переплетах пластмассовых раздельных переплетах	0,74
Четырехслойное остекление в двух деревянных или пластмассовых спаренных переплетах	0,80

При оклейке хотя бы с одной стороны внутреннего стекла алюминиевой фольгой или специальной светопрозрачной межоконной шторой эффект теплозащиты повышается почти в два раза.

Поскольку значительная часть тепла жилых помещений теряется в виде длинноволнового излучения через светопроёмы в проектной практике зарубежных стран (Бельгия и др.) применяют наклеивание на стекло специальной пленки - липкая полуэфирная пленка, покрытая в вакууме тонким слоем металла, имеет вид фольги; она на 30-40% уменьшает теплопотери т.е. как стеклянный лист с таким покрытием и соответствует двойному остеклению; такое покрытие защищает от солнца, а с наружной стороны выглядит как зеркало, будучи совершенно прозрачной.

Применение новых, более теплоэффективных окон и балконных дверей вызывает существенное удорожание (~ на 16 у.е./м) общей площади и по данным Ю.Г. Гранника и др. окупается в 12-15 лет. Применение таких окон необходимо решать совместно с проблемой улучшения воздухообмена в жилых помещениях, однако они с одной стороны снижают теплопотери, с другой уменьшают поступления свежего воздуха.

3.4. Совершенствование и оптимизация систем отопления и вентиляции здания.

Энергетическая эффективность систем теплоснабжения характеризуется количеством первичной энергии топлива, расходуемого на выработку единицы тепловой энергии и возможностью подачи выработанной тепловой энергии потребителю в необходимом количестве и требуемого качества.

Коэффициент эффективности теплоснабжения ε_T учитывает эффективность регулирования отпуска тепла системами теплоснабжения и эффективность источника энергоснабжения. Значение величины изменяется в пределах 0,4 (при использовании в качестве источника энергоснабжения электрической энергии) до 0,85 (при использовании в качестве источника

энергоснабжения автоматизированной котельной, использующей в качестве топлива жидкое или газообразное топливо).

Энергетическая эффективность систем отопления характеризуется способностью системы отопления поддерживать требуемую температуру внутреннего воздуха помещений при минимально возможных затратах тепловой энергии. В значительной степени эффективность систем отопления зависит от качества регулирования температуры внутреннего воздуха и подачи требуемого количества тепловой энергии. Коэффициент эффективности систем отопления ϵ_0 учитывает эффективность регулирования температуры внутреннего воздуха и эффективность регулирования отпуска энергии на нужды отопления. Значение величины ϵ_0 изменяется в пределах от 0,765 (при отсутствии автоматического погодозависимого и местного регулирования) до 1,0 (при применении термостатов в каждом обслуживаемом помещении и погодозависимой автоматики на вводе в здание или котельной).

В здании отсутствуют не только приборы учета тепла, но и сама возможность экономии тепла в квартирах, т.к. отсутствуют терморегуляторы на батареях. При проведении энергетической реконструкции следует иметь в виду, что повышение эффективности системы теплоснабжения, как правило, представляет весьма сложную проблему, тогда как реконструкция систем отопления с внедрением элементов местного регулирования температуры обслуживаемых помещений является вполне доступным мероприятием.

Организация современной системы регулирования и учета тепла в многоквартирном доме – это целый комплекс мероприятий, включающий в себя следующие этапы:

- установка автоматизированного узла учета и управления на вводе в здание;
- балансировка стояков отопления;
- оснащение термостатическими регуляторами каждого отопительного прибора;
- установка приборов индивидуального учета.

В качестве поквартирных приборов учета тепла в системах с вертикальной разводкой могут применяться радиаторные распределители. Такой комплекс мероприятий требует значительных финансовых затрат, которые не могут взять на себя ни городской бюджет, ни сами жители. Однако без проведения такой модернизации внедрение индивидуального учета тепла невозможно [60].

Система отопления выбранного в проекте здания – с однотрубными проточными стояками с нижней разводкой подающей магистрали. Здание оборудована системами отопления с традиционными секционными чугунными радиаторами и, в некоторых квартирах, стальными настенными конвекторами. Эти отопительные приборы имеют одно большое неудобство – у них нет средств для создания комфортной температуры воздуха в помещении. Из-за этого значительное количество дорогостоящего тепла уходит в атмосферу при проветривании помещений в относительно теплые дни. Регулирование теплопроизводительности отопительных приборов отсутствует. Система отопления подключена к центральной тепловой сети. Механическая вентиляция и кондиционирование в здании отсутствует.

Расчётная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

В соответствии с КМК 2.01.01-94 температура наружного воздуха для расчёта систем отопления $t_{н}^p = -14 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В данном проекте реконструкции здания от установки энергосберегающей отопительной арматуры (радиаторных термостатических регуляторов) решено отказаться. Поскольку, даже при их доступности и относительной дешевизне установка дополнительно приборов индивидуального учета тепла не представляется возможной, так как на это потребуются значительные финансовые затраты.

Выводы к главе III.

1. Энергоаудиты многоэтажных жилых домов 70-80ых годов показывают, что их потребление энергии на отопление в 2 раза больше, чем в момент строительства из-за нарушения первоначальной герметичности внешней оболочки здания.
2. Для устранения чрезмерных необходимо выполнить:
 - восстановление первоначальной герметичности внешней оболочки здания (герметизация сейсмического шва, лестничной клетки, отчуждение в холодное время года балкона от отапливаемой квартиры);
 - качественная теплоизоляция вводов тепла и теплокоммуникаций в подвале;
 - исключение лишних отверстий в уровне цоколя на холодное время года.
3. Основные резервы теплосбережения можно реализовать при комплексном решении вопроса утепления здания. Все ограждающие конструкции должны иметь соответствующую теплоизоляцию – применение системы изоляции фасада, энергоэффективными конструкциями кровли, окон и дверей.
4. Рассмотрены три основных типа теплоизоляционных систем:
 - утеплитель расположен с внутренней стороны ограждающей конструкции;
 - утеплитель – внутри ограждающей конструкции;
 - утеплитель – снаружи ограждающей конструкции.
5. Взаимное расположение отдельных слоев покрытия или чердачного перекрытия должно способствовать высыханию конструкций и исключать возможность накопления влаги в ограждении в процессе эксплуатации.
6. У светопроёмов теплоизоляционная способность в 3-4 раза ниже, чем у стен. Т.о. большие площади остекления и некачественная герметизация притворов ведут к переохлаждению помещений и увеличению расходов на отопление.
7. В значительной степени энергетическая эффективность систем отопления зависит от качества регулирования температуры внутреннего воздуха и подачи требуемого количества тепловой энергии.

Глава IV – Выбор подходов к энергосбережению на основе их энергетической эффективности и экономической целесообразности.

4.1. Методика теплотехнического расчёта.

В диссертационной работе использовались теоретические расчетные методы для оценки энергоэффективности здания.

Результаты расчета смотреть в приложении Б.

Расчеты велись на основе действующих нормативных документов [6,11,14] с учетом теплопоступления через окна и другие светопрозрачные конструкции от солнечной радиации для полноты оценки расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Приняты следующие расчетные условия:

расчетная температура внутреннего воздуха - $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$;

расчетная температура наружного воздуха - t_{ext} определяется по температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

продолжительность отопительного периода – z_{ht} принимается по значению температуры наружного воздуха со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10°C ;

средняя температура наружного воздуха за отопительный период t_{ht} ;

Градусо-сутки отопительного периода D_d определяются по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}, \quad (4.1)$$

Отапливаемый объем здания V_h , вычисляется как произведение площади этажа A_{st} , на высоту H_h , этого объема, представляющую собой расстояние от пола до потолка здания.

$$V_h = A_{st} \cdot H_h \quad (4.2)$$

Коэффициент остекленности фасадов здания f рассчитывается как соотношение площади окон к площади стен, включая окна и балконные двери, он должен быть меньше либо равен нормированному значению:

$$f = \frac{A_L}{A_{w+L+ed}} \leq f^{req} = 0,25 \quad (4.3)$$

показатель компактности здания $K_{\text{комп}}$:

$$K_{\text{комп}} = \frac{A_e^{sym}}{V_{om}} \quad (4.4)$$

A_e^{sym} - сумма площадей (по внутреннему обмеру) всех наружных ограждений теплозащитной оболочки здания, м^2 .

Таким образом, проведены теплотехнические расчеты по определению сравнительных годовых тепловых потерь через конструкции стен и чердачного перекрытия до и после применения новых нормативных требований, а также предложенного рационального варианта энергетической реконструкции.

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{\text{от}}^p$, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ следует определять по формуле:

$$q_{\text{от}}^p = [k_{\text{об}} + k_{\text{вент}} - (k_{\text{быт}} + k_{\text{рад}})] \cdot v \cdot \zeta(1 - \xi) \cdot \beta_h \quad (4.5)$$

$k_{\text{об}}$ - удельная теплозащитная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$, определяется в соответствии с (4.6)

$k_{\text{вент}}$ - удельная вентиляционная характеристика здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{быт}}$ - удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

$k_{\text{рад}}$ - удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$;

ξ - коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения $\xi = 0,1$.

β_h - коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной

температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения для:

многосекционных и других протяженных зданий $\beta_h = 1,13$;

ν - коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле $\nu = 0,7 + 0,000025(D_d - 1000)$;

ζ - коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

$\zeta = 0,5$ - в системе без термостатов и без авторегулирования на вводе - регулирование центральное в ЦТП или котельной.

Удельная теплозащитная характеристика здания, $k_{об}$, Вт/(м³·°С), рассчитывается по формуле:

$$k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ} \quad (4.6)$$

где $K_{комп}$ - коэффициент компактности здания, м⁻¹, определяемый по формуле (4.4)

$K_{общ}$ - общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м²·°С), определяемый по формуле

$$K_{общ} = \frac{1}{A_{н}^{сум}} \sum_i \left(n_{t,i} \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{np}} \right) \quad (4.7)$$

где $R_{o,i}^{np}$ - приведенное сопротивление теплопередаче i -го фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²·°С/Вт;

$A_{\phi,i}$ - площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания, м²;

$n_{t,i}$ - коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете D_d , определяется по формуле (4.8);

$$n_t = \frac{t_B^* - t_{от}^*}{t_B - t_{от}} \quad (4.8)$$

где t_B^* , $t_{от}^*$ - средняя температура внутреннего и наружного воздуха для данного помещения, °С;

$t_{\text{в}}, t_{\text{от}}$ - расчетная температура внутреннего воздуха здания и средняя температура наружного воздуха, °С.

Совокупность фрагментов теплозащитной оболочки здания, характеристики которых используются в формуле (4.6) должна полностью замыкать оболочку отапливаемой части здания.

Удельную вентиляционную характеристику здания, $k_{\text{вент}}$, Вт/(м³·°С), следует определять по формуле

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot c \cdot n_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}} (1 - k_{\text{эф}}) \quad (4.9)$$

,где c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1кДж/(кг·°С).

$\beta_{\text{в}}$ - коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций. При отсутствии данных принимать $\beta_{\text{в}} = 0,85$;

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$ - средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м³

$$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}} = 353 / [273 + t_{\text{от}}] \quad (4.10)$$

$t_{\text{от}}$ - то же что и в формуле (4.8), °С.

$n_{\text{в}}$ - средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹, определяемая по Г.3;

$k_{\text{эф}}$ - коэффициент эффективности рекуператора.

Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период $n_{\text{в}}$, ч⁻¹, рассчитывается по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_{\text{в}} = \left[\frac{(L_{\text{вент}} \cdot n_{\text{вент}})}{168} + \frac{(G_{\text{инт}} \cdot n_{\text{инт}})}{(168 \cdot \rho_{\text{в}}^{\text{вент}})} \right] / (\beta_{\text{в}} \cdot V_{\text{от}}) \quad (4.11)$$

,где $L_{\text{вент}}$ - количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, м³/ч.

$n_{\text{вент}}$ - число часов работы механической вентиляции в течение недели;

168 - число часов в неделе;

$G_{\text{инт}}$ - количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч, определяемое согласно (4.12);

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

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

$\rho_{\text{в}}^{\text{вент}}$ - то же, что и в формулах (4.9);

$\beta_{\text{в}}$ - то же, что и в формуле (4.9).

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

$$G_{\text{инт}} = (A_{\text{ок}}/R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}) \cdot (\Delta p_{\text{ок}}/10)^{2/3} + A_{\text{дв}}/R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}} \cdot (\Delta p_{\text{дв}}/10)^{1/2} \quad (4.12)$$

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

$R_{\text{и,ок}}^{\text{тр}}$ и $R_{\text{и,дв}}^{\text{тр}}$ - соответственно требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей, $\text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$;

$\Delta p_{\text{ок}}$ и $\Delta p_{\text{дв}}$ - соответственно расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха, Па, для окон и балконных дверей и входных наружных дверей, определяют по формуле (4.13) для окон и балконных дверей с заменой в ней величины 0,55 на 0,28 и с вычислением удельного веса по формуле (4.14) при температуре воздуха равной $t_{\text{от}}$, где $t_{\text{от}}$ - средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

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

$$\Delta p = 0.55 \cdot H(\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) + 0.03 \cdot \gamma_{\text{н}} \cdot v^2 \quad (4.13)$$

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

γ_H, γ_B - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формуле:

$$\gamma = 3463 / (273 + t) \quad (4.14)$$

t - температура воздуха: внутреннего (для определения γ_B) и наружного (для определения γ_H) - принимается равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

v - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая по КМК 2.01.01-94 «Климатические и физико-геологические данные для проектирования».

Удельную характеристику бытовых тепловыделений здания, $k_{\text{быт}}$, Вт/(м³·°С), следует определять по формуле

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}}}{V_{\text{ом}} \cdot (t_e - t_{\text{ом}})} \quad k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_{\text{ж}}}{V_{\text{ом}} \cdot (t_e - t_{\text{ом}})} \quad (4.15)$$

,где $q_{\text{быт}}$ - величина бытовых тепловыделений на 1 м² площади жилых помещений ($A_{\text{ж}}$) или расчетной площади общественного здания (A_p), Вт/м².

$t_B, t_{\text{от}}$ - то же что и в формуле (4.8), °С.

Удельную характеристику теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $k_{\text{рад}}$, Вт/(м³·°С), следует определять по формуле:

$$k_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \cdot D_d} \quad (4.16)$$

,где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ - теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, определяемые по формуле:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \tau_{2\text{оо}} (A_{\text{ок1}} I_1 + A_{\text{ок2}} I_2 + A_{\text{ок3}} I_3 + A_{\text{ок4}} I_4) \quad (4.17)$$

$\tau_{1\text{ок}}$, - коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон;

$\tau_{2\text{оо}}$ - коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон;

$A_{\text{ок1}}, A_{\text{ок2}}, A_{\text{ок3}}, A_{\text{ок4}}$ - площадь светопроемов фасадов здания (глухая часть балконных дверей исключается), соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²;

I_1, I_2, I_3, I_4 - средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, кВт·ч/м²;

Для промежуточных направлений величину солнечной радиации следует определять по интерполяции;

$V_{от}$ – отапливаемый объем.

D_d - по формуле (4.1)

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q , кВт·ч/(м³·год) или кВт·ч/(м²·год) следует определять по формулам:

$$q = 0.024 \cdot D_d \cdot q_{от}^p, \text{ кВт·ч/(м}^3\text{·год)} \quad (4.18)$$

$$q = 0.024 \cdot D_d \cdot q_{от}^p \cdot h, \text{ кВт·ч/(м}^2\text{·год)} \quad (4.19)$$

,где $q_{от}^p$ - Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

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

$A_{от}$ - сумма площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м², за исключением технических этажей и гаражей;

$V_{от}$ - отапливаемый объем здания.

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

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot D_d \cdot V_{от} \cdot q_{от}^p \quad (4.20)$$

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

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot D_d \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}) \quad (4.21)$$

,где D_d - то же, что в (4.1);

$V_{от}$ - отапливаемый объем здания;

$k_{об}, k_{вент}$ - то же, что в (4.5).

Расчеты на сопротивление теплопередач и теплоустойчивость ограждающих конструкций крыш выполнялись с применением программного комплекса «BASE» (версия 7.4) и программного комплекса MS Excel согласно требованиям КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника». Теплоизоляционные материалы выбраны в соответствии с требованиями КМК 2.03.10-95* «Крыши и кровли» и ШНК 2.08.01-05 «Жилые здания», а также СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия».

Расчёт представлен в Приложении Б данной диссертационной работы.

4.2. Анализ проекта реконструкции, соответствующего нормативным требованиям, и наиболее экономически выгодного проекта энергетической реконструкции.

Для оценки энергоэффективности зданий наиболее показательным стоит считать годовой расход на 1 м² отапливаемой площади. Годовой расход на единицу отапливаемой площади учитывает в себе общие трансмиссионные потери тепла через ограждающие конструкции здания, а также расход энергии на отопление и вентиляцию в отопительный период.

Нормативный удельный расход теплоты на отопление и естественную вентиляцию жилого здания q^{tr}_{ov} , Вт/м², при расчётной температуре наружного воздуха по параметрам Б с учётом выделений теплоты в здании принят по табл.1*. КМК 2,01,18-2000*. В г.Ташкенте для 9-ти этажных домов это значение составляет 70 Вт/м².

Наружные условия по параметрам Б, приводятся в табл.4 КМК 2.01.01-94 "Климатические и физико-геологические данные для проектирования". Так, для Ташкента в холодное время года $t_n = -14$ °С.

Расчетная температура в жилых комнатах следует принимать по табл. 8. ШНК 2.08.01-05 Жилые здания, °С. В холодный период года допустимая температура жилых помещений составляет $t_b = 20$ °С.

Следовательно, при разнице температур наружного воздуха в расчётный наиболее холодный час зимы и расчетной температуры в жилых комнатах, максимально допустимые расходы теплоты на 1 м² общей площади составят:

$$q_{ov}^{тр} / (t_B - t_H) = 70 / (20 - (14)) = 2,0588 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

Определим требуемые расходы теплоты на отопление и естественную вентиляцию жилого здания за отопительный период:

$$2,0588 \cdot 24 \cdot (20 - 3,3) \cdot 148 \cdot 1000 = 122,13 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2 \cdot \text{год}$$

Подсчёт годового расхода на 1 м² отапливаемой площади производился для двух случаев воздухообмена в течении часа (для однократного (x1,0) и полукратного (x0,5)) для каждого из следующих состояний здания:

- По состоянию здания на момент строительства.
- По фактическому состоянию здания.
- Состояние соответствующее 2 уровню теплозащиты.
- Состояние соответствующее 3 уровню теплозащиты.
- Наиболее рациональный вариант теплозащиты.

В таблице 10 представлены данные об общих трансмиссионных потерях тепла через ограждающие конструкции при разнице наружной и внутренней температур 1⁰С.

Таблица 10

Состояние здания на момент строительства	2736,87 Вт·час/ ⁰ С
Фактическое состояние здания	3536,81 Вт·час/ ⁰ С
Состояние соответствующее 2 уровню теплозащиты	2018,57 Вт·час/ ⁰ С
Состояние соответствующее 3 уровню теплозащиты	1702,00 Вт·час/ ⁰ С
Наиболее рациональный вариант теплозащиты	2170,11 Вт·час/ ⁰ С

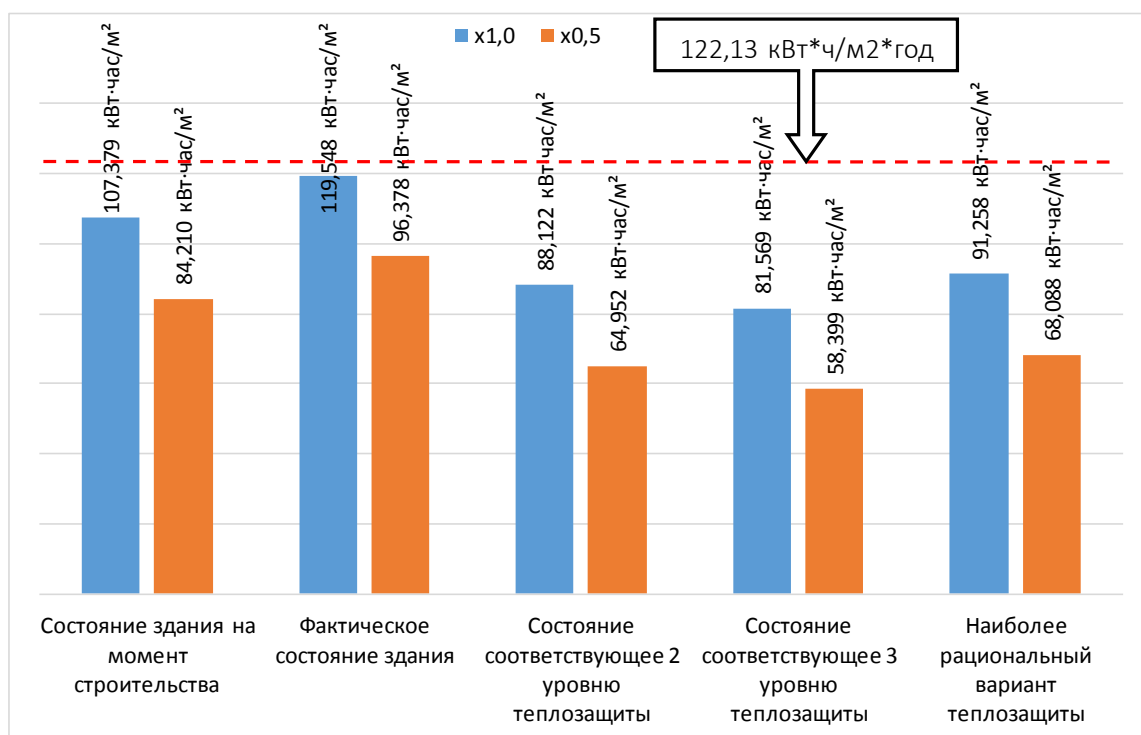
Как видно из таблицы в данный момент потери тепла зданием на 29,2% превышают потери этого же здания на момент строительства. Это вызвано нарушением первоначальной герметичности внешней оболочки здания.

В процессе расчёта учтено увеличение отапливаемого объёма вследствие включения в него площадей не утепленного балкона и лоджий, а также состояние ограждающих конструкций здания. Результаты подсчёта годового расхода на 1 м² отапливаемой площади приведены в таблице 11.

Таблица 11

	x1,0	x0,5
Состояние здания на момент строительства	107,379 кВт·час/м ²	84,210 кВт·час/м ²
Фактическое состояние здания	119,548 кВт·час/м ²	96,378 кВт·час/м ²
Состояние соответствующее 2 уровню теплозащиты	88,122 кВт·час/м ²	64,952 кВт·час/м ²
Состояние соответствующее 3 уровню теплозащиты	81,569 кВт·час/м ²	58,399 кВт·час/м ²
Наиболее рациональный вариант теплозащиты	91,258 кВт·час/м ²	68,088 кВт·час/м ²

В графическом варианте результаты подсчёта годового расхода на 1 м² отапливаемой площади представлены на следующей диаграмме:



Как видно из диаграммы, даже в фактическом состоянии здание удовлетворяет нормам энергоэффективности. При сокращении кратности воздухообмена до полукратного, предложенный наиболее рациональный вариант эффективней варианта, соответствующего 3 уровню теплозащиты.

Особенность рационального варианта заключается в выборе подхода к утеплению, при котором энергетическая реконструкция касается только следующих элементов здания:

- Восстановлена первоначальная герметичность сейсмического шва и лестничной клетки;
- Замена двери в подъезд из тонколистовой стали на утеплённую ($R_o=0,42 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) с плотным герметичным притвором;
- Утепление наружных стен соответствует утеплению при 3 уровне теплозащиты;
- Переутепление кровли ($R_o=3,93 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), в том числе над балконами и лоджиями.

Таким образом, при применении рационального варианта исключены такие экономически затратные и трудоёмкие работы, как утепление перекрытия над подвалом, замена всех оконных и дверных блоков на соответствующие нормам энергосбережения.

4.3. Экономическая оценка проектов энергетической реконструкции.

Единовременные затраты на устройство утепления стен, чердачных перекрытий, перекрытий над подвалом, сборку и монтаж окон и дверей определялись на 1 м^2 (см. Приложение Б) согласно нормативным требованиям ШНК 4.01.16-09 «Правила по определению стоимости строительства в договорных текущих ценах. Экономические нормативы». Цены и расценки на прямые (затраты труда рабочих – строителей, машин и механизмов, строительных материалов) и прочие другие затраты (транспортные, заготовительно-складские и прочие затраты производственного характера) приняты по данным на 2015 год (см. Приложение Б).

Общие единовременные затраты на устройство теплоизоляции стены на 1 м^2 , сум, в соответствии с выбранным уровнем теплозащиты приведены в Таблице 12:

Таблица 12

	Наименование	Единовременные затраты, сум.		
		2 у.т.з.	3 у.т.з.	рац.вариант
Вариант 1-1	Изоляция изнутри изделиями из волокнистых и зернистых материалов насухо	175105,00	224065,00	175105,00
Вариант 1-2	Изоляция изнутри изделиями из волокнистых и зернистых материалов на битуме: стен и колонн прямоугольных	653243,00	699803,00	653243,00
Вариант 2-1	Устройство наружной теплоизоляции с отделкой кирпичом 120 мм	635138,80	652164,80	635138,80
Вариант 2-1-2	Устройство наружной теплоизоляции зданий с тонкой штукатуркой по утеплителю	606226,00	623252,00	606226,00
Вариант 2-2	Утепление с облицовкой фасада панелями типа "Алюпан" с устройством каркаса	868680,00	917640,00	868680,00
Вариант 2-3	Утепление с облицовкой по металлическому каркасу металлосайдингом	927458,00	976418,00	927458,00

Общие единовременные затраты на устройство теплоизоляции чердачного перекрытия на 1м^2 , сум, в соответствии с выбранным уровнем теплозащиты приведены в Таблице 13:

Таблица 13

	Наименование	Единовременные затраты, сум.		
		2 у.т.з.	3 у.т.з.	рац.вариант
Вариант 1	Утепление плитами из полистирольного пенопласта на битумной мастике	148886,70	187080,70	187080,70
Вариант 2	Утепление плитами из минеральной ваты или перлита на битумной мастике	179145,70	262717,70	262717,70
Вариант 3	Утепление покрытий легким [ячеистым] бетоном	200643,70	251909,20	251909,20
Вариант 4	Утепление покрытий вермикулитом	193740,70	234940,70	234940,70

Общие единовременные затраты на устройство теплоизоляции перекрытия подвала на 1м^2 , сум, в соответствии с выбранным уровнем теплозащиты приведены в Таблице 14:

Таблица 14

	Наименование	Единовременные затраты, сум.		
		2 у.т.з.	3 у.т.з.	рац.вариант
Вариант 1	Утепление потолка подвала плитами из полистирольного пенопласта на битумной мастике	31550,00	69744,00	-
Вариант 2	Утепление потолка подвала плитами из минеральной ваты или перлита на битумной мастике	33732,00	75518,00	-

Общие единовременные затраты на демонтаж старой двери в подъезд, а также окон в спаренных переплётах, сборку и монтаж стеклопластиковых окон и входной двери на 1м², сум, в соответствии с выбранным уровнем теплозащиты приведены в Таблице 15:

Таблица 15

	Наименование	Единовременные затраты, сум.		
		2 у.т.з.	3 у.т.з.	рац.вариант
Окна	Сборка и монтаж стеклопластиковых окон	-	481110,00	-
Дверь в подъезд	Демонтаж старых и монтаж металлических дверей с установкой накладных и закладных деталей	622922,00	622922,00	622922,00

Разница в трансмиссионных теплопотерях ограждающих конструкций между фактическим состоянием и состояниями, соответствующими 2-му и 3-му уровням теплозащиты, а также рациональным вариантом приведена в Таблице 16:

Таблица 16

Разница за 1 час	Стены	Кровля	Подвал	Окна	Двери
2 уровень теплозащиты	929,12 Вт·час/°С	350,07 Вт·час/°С	212,34 Вт·час/°С	0,00 Вт·час/°С	26,71 Вт·час/°С
3 уровень теплозащиты	1092,29 Вт·час/°С	403,65 Вт·час/°С	275,89 Вт·час/°С	66,29 Вт·час/°С	-3,30 Вт·час/°С
Рац.вариант	929,12 Вт·час/°С	409,42 Вт·час/°С	0,00 Вт·час/°С	0,00 Вт·час/°С	28,16 Вт·час/°С
Разница за отопительный период					
2 уровень теплозащиты	55123103,87 Вт·час/°С	20769089,72 Вт·час/°С	12597513,40 Вт·час/°С	0,00 Вт·час/°С	1584709,15 Вт·час/°С
3 уровень теплозащиты	64803488,11 Вт·час/°С	23947710,30 Вт·час/°С	16367764,31 Вт·час/°С	3932718,38 Вт·час/°С	-195975,35 Вт·час/°С
Рац.вариант	55123103,87 Вт·час/°С	24290134,53 Вт·час/°С	0,00 Вт·час/°С	0,00 Вт·час/°С	1670876,01 Вт·час/°С

Перевод сэкономленной энергии в количество сэкономленного природного газа, при производительности газового котла на ТЭЦ в 90% приведён в Таблице 17 (удельная теплота сгорания природного газа - 8200 Вт/м³).

Таблица 17

Разница в газе за отопительный период	Стены	Кровля	Подвал	Окна	Двери
2 уровень теплозащиты	6422,40 м ³	2419,81 м ³	1467,74 м ³	0,00 м ³	184,63 м ³
3 уровень теплозащиты	7550,27 м ³	2790,15 м ³	1907,01 м ³	458,20 м ³	-22,83 м ³
Рац.вариант	6422,40 м ³	2830,05 м ³	0,00 м ³	0,00 м ³	194,67 м ³

При рыночной стоимости 1 м³ природного газа 4242,7 сум (данные на май 2015 г.) денежная экономия за отопительный период составит:

Таблица 18

	Стены	Кровля	Подвал	Окна	Двери
2 уровень теплозащиты	27248331,32 сум	10266530,69 сум	6227175,08 сум	0,00 сум	783349,94 сум
3 уровень теплозащиты	32033517,53 сум	11837779,42 сум	8090877,21 сум	1944012,69 сум	-96874,10 сум
Рац.вариант	27248331,32 сум	12007045,81 сум	0,00 сум	0,00 сум	825943,75 сум

Далее определяем срок окупаемости теплоизоляционных мероприятий (Таблица 19) по формуле:

$$C_{ок} = \frac{\mathcal{E}_{ез}}{\mathcal{E}_г}; \text{ лет} \quad (4.22)$$

, где $\mathcal{E}_{ез}$ - единовременные затраты, сум;

$\mathcal{E}_г$ - денежная экономия за отопительный период, сум.

Таблица 19

	2 у.т.з.	3 у.т.з.	Рац.вариант
Стены (вар. 1-1)	14,28	12,14	14,28
Стены (вар. 2-1)	21,89	18,62	21,89
Стены (вар. 2-1-2)	20,89	17,77	20,89
Стены (вар. 2-2)	29,94	25,47	29,94
Стены (вар. 2-3)	31,97	27,19	31,97
Кровля	8,59	9,66	9,52
Двери	5,17	-	4,90
Окна	-	83,32	-
Подвал	1,96	3,36	-

При условии, что долговечность теплоизоляционных мероприятий составляет менее значения срока окупаемости, то, безусловно, второй уровень теплозащиты зданий можно считать экономически целесообразным по сравнению с третьим уровнем.

При условии, что долговечность теплоизоляционных мероприятий превышает значения срока окупаемости, то третий уровень теплозащиты считается более энергоэффективным по сравнению со вторым. Причем после истечения срока окупаемости третий уровень теплозащиты экономит потребление теплоэнергии до истечения долговечности утеплителя, который оказывается в состоянии не удовлетворяющем требованиям теплозащиты.

Преимущество более рационального варианта состоит в том, что при одинаковых показателях энергоэффективности и сроках окупаемости мероприятий по утеплению стен и чердачного перекрытия, дорогостоящие и трудоёмкие работы по утеплению потолка подвала и замене старых оконных блоков на стеклопластиковые пакеты не проводились. Это даёт существенную экономию средств (порядка 190 миллионов сум) при проведении энергетической реконструкции.

Выводы к главе IV.

1. Проведенные теплотехнические расчеты по определению сравнительных годовых тепловых потерь через ограждающие конструкции показывают, что в данный момент потери тепла зданием на 29,2% превышают потери на момент строительства. Это вызвано нарушением первоначальной герметичности внешней оболочки здания.
2. Применение энергосберегающих мероприятий позволяет добиться снижения общих теплопотерь здания за отопительный период на 48%.
3. Рассмотрены различные варианты энергосберегающих мероприятий для устройства теплоизоляции стен, чердачного перекрытия, перекрытия подвала, монтажа окон и дверей, соответствующих современным нормам энергоэффективности.
4. Определены общие единовременные затраты на устройство энергосберегающих мероприятий в разных вариантах исполнения.
5. Произведена экономическая оценка применения энергосберегающих мероприятий (сэкономленный природный газ, денежные показатели экономии за отопительный период).
6. Определены сроки окупаемости каждого из вариантов энергосберегающих мероприятий (от 1,96 лет до 31,97 года). При условии, что долговечность теплоизоляционных мероприятий составляет менее значения срока окупаемости, то второй уровень теплозащиты зданий можно считать экономически целесообразным по сравнению с третьим уровнем. При условии, что долговечность теплоизоляционных мероприятий превышает значения срока окупаемости, то третий уровень теплозащиты считается более предпочтительным.

Заключение.

Ташкент входит в пятёрку самых больших и густонаселённых городов среди стран СНГ. В данный момент в Ташкенте проживает более 2,9 млн. человек, и около 65% жилищного фонда в Ташкенте составляют многоквартирные дома. Большая часть из них крупнопанельной конструкции и построена до 1991 года. В них заложен большой потенциал для экономии энергии.

При выборе комплекса 9-ти этажных крупнопанельных жилых домов застройки улицы Афросиаб в качестве объекта исследования учитывались такие факторы как: возраст и техническое состояние зданий, состояние инженерного и технологического оборудования, летних помещений (балконов и лоджий), наличие нескольких вариантов блокирования блок-секций и ориентации зданий. Это обуславливает возможность применения полученных результатов и рекомендаций для других крупнопанельных многоэтажных жилых зданий.

Многочисленные энергоаудиты многоэтажных жилых домов 70-80ых годов постройки показывают, что их потребление энергии на отопление в 2 раза больше, чем в момент строительства. Это относится и к комплексу зданий, выбранных в качестве объекта. Повышенное энергопотребление вызвано нарушением первоначальной герметичности внешней оболочки здания. Для устранения чрезмерных необходимо выполнить:

- восстановление первоначальной герметичности внешней оболочки здания (герметизация сейсмического шва, лестничной клетки, отчуждение в холодное время года балкона от отапливаемой квартиры);
- качественная теплоизоляция вводов тепла и теплокоммуникаций в подвале, исключение лишних отверстий в уровне цоколя на холодное время года.

Основные резервы теплосбережения можно реализовать при комплексном решении вопроса утепления здания. Согласно КМК 2.01.04-97* предусмотрены три уровня теплозащиты, при этом первый уровень является минимально

допустимым. Однако этот строительный норматив имеет ряд недостатков, которые описаны в данной диссертационной работе. Так, нормируемые уровни тепловой защиты зданий мало соответствуют современным требованиям энергосбережения и не учитываются затраты на выполнение теплоизоляционных работ. К критике же КМК 2.01.18.2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений» можно отнести явно завышенные значения расхода энергии на отопление и вентиляцию.

Все ограждающие конструкции должны иметь соответствующую теплоизоляцию – применение системы изоляции фасада, энергоэффективные конструкциями кровли, окон и дверей.

В данной диссертационной работе рассмотрены три основных типа теплоизоляционных систем:

- утеплитель расположен с внутренней стороны ограждающей конструкции;
- утеплитель – внутри ограждающей конструкции;
- утеплитель – снаружи ограждающей конструкции.

При применении того или иного типа теплоизоляционных систем следует учитывать взаимное расположение отдельных слоев покрытия или чердачного перекрытия, что способствует высыханию конструкций и исключает возможность накопления влаги в ограждении в процессе эксплуатации.

В значительной степени энергетическая эффективность систем отопления зависит от качества регулирования температуры внутреннего воздуха и подачи требуемого количества тепловой энергии.

Проведенные теплотехнические расчеты по определению сравнительных годовых тепловых потерь через ограждающие конструкции показывают, что применение энергосберегающих мероприятий (варианты устройства теплоизоляции стен, чердачного перекрытия, перекрытия подвала, монтажа окон и дверей, соответствующих современным нормам энергоэффективности) позволяет добиться снижения общих теплотерь здания за отопительный период на 48%.

В данной диссертационной работе определены общие единовременные затраты на устройство энергосберегающих мероприятий в разных вариантах исполнения, произведена экономическая оценка применения энергосберегающих мероприятий (сэкономленный природный газ, денежные показатели экономии за отопительный период), а также определены сроки окупаемости каждого из вариантов энергосберегающих мероприятий.

Проведённые исследования позволяют привести ряд рекомендаций для применения в энергетическом реконструировании существующих жилых многоэтажных крупнопанельных зданий в Ташкенте:

Рекомендуется восстанавливать первоначальную герметичность зданий, что позволяет устранить чрезмерные теплопотери в холодное время года;

При разработке проекта реконструкции следует использовать системный подход, то есть следует учитывать не только стационарную теплопередачу через наружные ограждающие конструкции, но и расходы энергии на поддержание комфортных условий в жилых помещениях;

Перед проведением реконструкции необходимо моделировать и экономически оценивать несколько вариантов комплекса энергосберегающих мероприятий (наряду с рекомендованными КМК уровнями теплозащиты), что в конечном итоге позволит выбрать наиболее рациональный и экономически выгодный;

При проведении энергетической реконструкции следует уделять внимание повышению эффективности системы теплоснабжения. Такой комплекс мероприятий требует значительных финансовых затрат. Реконструкция систем отопления включает в себя установку автоматизированного узла учета и управления на вводе в здание, оснащение термостатическими регуляторами каждого отопительного прибора для местного регулирования температуры обслуживаемых помещений, установка приборов индивидуального учета.

Список использованной литературы.

Доклады Президента Узбекистана И.А. Каримова, Законодательные акты:

1. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития в 2014 году и важнейшим приоритетным направлениям экономической программы на 2015 год.
2. Закон Республики Узбекистан №412-І «О рациональном использовании энергии» от 25.04.1997 г.
3. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан №518 «Об утверждении состава Комиссии по экономии топливно-энергетических ресурсов» от 18.11.2003 г.
4. Указ Президента И. А. Каримова «О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии» от 1.03.2013 г.
5. Закон Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» от 25.04.1997 г.

Нормативно-правовые документы:

6. КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника». Госкомархитектстрой Республики Узбекистан, Ташкент, 2011 г.
7. Пособие по проектированию новых энергосберегающих решений по строительной теплотехнике (к КМК 2.01.04-97*) (первая редакция). Ташкент, 2012 г.
8. Пособие по проектированию новых энергосберегающих решений по проектированию новых энергосберегающих решений по отоплению, вентиляции и кондиционированию (к КМК 2.01.04-97*). Ташкент, 2012 г.
9. КМК 2.01.18-2000* «Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений». Госархитектстрой РУз – Ташкент, ИВЦ АҚАТМ, 2011 г.

10. Пособие по проектированию зданий с учётом новых нормативов расхода энергии (к КМК 2.01.18-2000*). Госархитектстрой РУз – Ташкент, ИВЦ АҚАТМ, 2012 г.
11. КМК 2.01.01-94 «Климатические и физико–геологические данные для проектирования». Госархитектстрой Республики Узбекистан – Ташкент, АҚАТМ, 1994 г.
12. КМК 2.03.10-95* «Крыши и кровли» / Госархитектстрой РУз – Ташкент, ИВЦ АҚАТМ, 2011 г.
13. Пособие по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий (к КМК 2.03.10-95*) / Республиканский центр стандартизации и сертификации в строительстве Госархитектстроля - Ташкент, ИВЦ АҚАТМ, 2012 г.
14. КМК 2.04.05-97* «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Госкомархитектстрой Республики Узбекистан, Ташкент, 2011 г.
15. Свод правил СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий». Москва, 2013 г.
16. ШНК 2.08.01-05 «Жилые здания». Госкомархитектстрой Республики Узбекистан, Ташкент, 2006 г.
17. КМК 3.01.08-99 «Организация производства капитального ремонта жилых и общественных зданий и сооружений»
18. СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия». Государственный строительный комитет СССР. Москва. 1988 г.
19. ШНК 2.01.15-05 «Положение по техническому обследованию жилых зданий». Государственного комитета Республики Узбекистан по архитектуре и строительству, Ташкент, 2005 г.
20. КМК 1.04.02-97 «Капитальный ремонт жилых домов». Государственный Комитет Республики Узбекистан по архитектуре и строительству, Ташкент, 1997 г.
21. КМК 2.04.07-99 «Тепловые сети». Госкомархитектстрой Республики Узбекистан, Ташкент, 1999 г.

22. ШНК 4.01.01-04 «Система ресурсных сметных нормативных документов для ценообразования в строительстве». Госкомархитектстрой Республики Узбекистан, Ташкент, 2004 г.
23. Директива Европейского парламента и Совета 2006/32/ЕС от 5 апреля 2006 г. об энергоэффективности при конечном использовании и энергослужбах, а также отмене Директивы 93/76/ЕЭС (ОJ 2006 L 114/64).
24. Директива 2002/91/ЕС Европейского парламента и совета от 16 декабря 2002 г. по энергетическим характеристикам зданий.
25. Директива Европейского парламента и Совета 2010/31/ЕС от 19 мая 2010 года об энергосбережении зданий.
26. Council Directive 93/76 EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emission by improving energy efficiency (SAVE), Official Journal L237, 22/09/1999.

Диссертации:

27. Жаббор Усхон Саттор. «Современные проблемы многоэтажного жилища Ташкента (традиции и новаторство)». Диссертация на соискание ученой степени доктора архитектуры. Ташкент. 1998 г.

Книги и учебные пособия:

28. Вахрушева О.Н. Формирование стратегии популяризации и пропаганды энергосбережения.
29. Аналитический отчет о стратегии введения обязательных энергоаудитов и сертификации энергопотребления зданий по проекту «Повышение энергоэффективности объектов социально-бытового назначения в Узбекистане». Ташкент, 2010 г.
30. Совместный проект ПРООН, ГЭФ и Правительства РУз «Повышение энергоэффективности объектов социального назначения в Узбекистане: результаты и извлеченные уроки»
31. Типовая методология проведения энергетических обследований (энергоаудита) объектов социального назначения. Госархитектстрой, Ташкент, 2011 г.

32. Маракаев Р.Ю. и др. Основные принципы, характеристики практического анализа и оценки влияния климата районов строительства на проектирование зданий: Учебно – методическое пособие – Ташкент: «ТАСИ», 2012. – 106с.
33. Маракаев Р.Ю. Крыши и кровли гражданских зданий и некоторые вопросы их проектирования в условиях Узбекистана: Учебное пособие – Ташкент: «ТашПИ», 1987. – 92с.
34. Маракаев Р.Ю. и др. «Основные принципы, характеристики практического анализа и оценки влияния климата районов строительства на проектирование зданий». Учебно–методическое пособие – Ташкент: «ТАСИ», 2012. – 106с.
35. Куприянов В.Н. «Строительная климатология и физика среды». Учебное пособие – Казань: «КГАСУ», 2007. – 114с.
36. Щипачева.Е. В. «Проектирование энергоэффективных гражданских зданий в условиях сухого жаркого климата». Учебное пособие для студентов магистратуры по специальности 5А580204 «Проектирование, строительство зданий и сооружений». Ташкент 2008
37. Маклакова Т.Г. и др. «Проектирование жилых и общественных зданий» Учебное пособие – Москва: «Высшая школа», 1998.
38. Малявина Е.Г. «Теплопотери здания: справочное пособие» М.: АВОК-ПРЕСС, 2007г.
39. Миловидов Н.Н. и др. Гражданские здания: Учебник: - Москва: «Высшая школа», 1987.
40. Маракаев Р.Ю. «Проектирование теплозащиты зданий с учетом экономических оценок в условиях Узбекистана» - Ташкент: «ФАН» Узбекской ССР, 1981. – 176с.
41. Маракаев Р.Ю., Кучкаров Р.А., Пирматов Р.Х. «Проектирование тепловой защиты гражданских зданий по европейским стандартам - залог снижения потребления энергии (научный обзор)» ТАСИ, 2012г.
42. Рекомендации по проектированию железобетонных крыш с теплым чердаком для многоэтажных жилых зданий: ЦНИИЭП жилища – Москва: «Стойиздат», 1986. – 24с.

43. Колосов Е.В. Утепление и гидроизоляция дома и квартиры – Москва: «РИПОЛ классик», 2013. – 256с.
44. Успенская С.Н. «Проблемы энергосбережения в жилищно-коммунальном секторе Узбекистана». Иқтисодиёт ва инновацион технологиялар. 2013 г.
45. Фокин К.Ф. «Строительная теплотехника ограждающих частей зданий» Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. — 5-е изд., пересмотр. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2006 г.

Интернет

46. <http://www.tforum.uz/topic/14482-сколько-стоит-дом-построить/>
47. Рациональное использование энергии – фактор высокой эффективности. <http://uza.uz/ru/society/ratsionalnoe-ispolzovanie-energii-faktor-vysokoi-effektivnosti-30.12.2013-26742>
48. Проблемы и перспективы энергосбережения в многоэтажных жилых зданиях Узбекистана. Захидов М.М. кандидат архитектуры, доцент национальный эксперт проекта «Интегрированный подход к развитию климатически благоприятной экономики в странах Центральной Азии». <http://www.svasti.ru>
49. Проекты ПРООН/ГЭФ. Узбекистан. <http://beesa.net/uzbekistan>
50. О планах повышения энергоэффективности зданий в Евросоюзе и России. <http://portal-energo.ru/articles/details/id/479>
51. О планах повышения энергоэффективности зданий в Евросоюзе и России. <http://energo-analitika.ru/article.php?id=5>
52. Проблемы энергосбережения и использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии в строительстве. Комилов А.Х. Директор Агентства по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. <http://sovetstroy-sng.ru/wp-content/uploads>
53. Энергосбережение в зданиях. Новые МГСН 2.01-99 требуют проектирования энергоэффективных зданий. Ю.А.Матросов, НИИСФ РААСН; В.И.Ливчак, Мосгосэкспертиза; Ю.Б.Щипанов, Москомархитектура. http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=168

54. Проблемы энергосбережения в строительстве. А.Х. Комилов, директор Агентства по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. http://bstpress.ru/doklady/bst_12_2.pdf
55. <http://www.wikipedia.org> (Википедия).
56. Энергоэффективные строительные системы и технологии. С.Н.Булгаков, академик, первый вице-президент Российской Академии Архитектуры и Строительных наук. http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=135
57. Характеристика и назначение окон жилых и гражданских зданий. <http://stroizapiski.ru/xarakteristika-i-naznachenie-okon-zhilyx-i-grazhdanskix-zdaniy/>
58. Виды остекляемых ограждений и требования к ним. http://remontikas.ru/stroitelstvo/Vidy_osteklyaemyh_ograzhdeniy_i_trebovaniya_k_nim.html
59. Принципы проектирования светопрозрачных ограждений в переплетах. Окна гражданских зданий. http://remontikas.ru/stroitelstvo/Printsipy_proektirovaniya_svetoprozrachnyh_ograzhdeniy_v_perepletah_Okna_grazhdanskih_zdaniy.html
60. Индивидуальный учет потребления тепловой энергии. Е. В. Иночкин, начальник отдела технической политики Департамента капитального ремонта жилищного фонда города Москвы http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5519
61. BP Statistical Review of World Energy, June 2012, <http://www.bp.com/statisticalreview>.
62. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ташкент>