АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.012.45

Кутуев М.Д., Муканбет кызы Э.
И. Раззаков атындагы КМТУ, Бишкек Кыргыз Республикасы
КГТУ им. И. Раззакова Бишкек, Кыргызская Республика

M.D. Kutuyev, Mukanbet kyzy E.
I.Razzakov KSTU, Bishkek, Kyrgyz Republic
erkin.mukanbetova@mail.ru

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

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН АЙМАКТАРЫНЫН КЛИМАТТЫК ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮН ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ИМАРАТТАРДЫН КУРУЛУШ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЖЫЛУУЛУК ЭСЕПТӨӨ МЕТОДИКАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THERMAL CALCULATION OF BUILDING STRUCTURES CONSIDERING THE CLIMATIC FEATURES OF THE REGIONS OF THE KYRGYZ REPUBLIC

Бул эмгекте Кыргыз Республикасынын кескин континенталдык жана аймактык жактан ар түрдүү климаттык шарттарында имараттардын ограждама конструкцияларын жылуулук-техникалык долбоорлоону өнүктүрүүнүн маселелери каралат.

Иште Кыргызстандын климаттык өзгөчөлүктөрүнө комплекстүү талдоо жүргүзүлдү. Анда татаал тоолуу рельеф, бийиктик алкактык, тоо аралык өрөөндөрдүн жана суу беттеринин таасири, ошондой эле атмосфералык аба массаларынын айланышы эске алынды. Төрт климаттык алкак каралды: өрөөн-этектүү алкак, орто тоолуу алкак, бийик тоолуу алкак жана кар-мөңгү (нивальдык) алкак. Бул алкактар температуралык режими, нымдуулугу, шамалдык көрсөткүчтөрү жана жылытуу мезгилинин узактыгы боюнча олуттуу айырмаланат.

Изилдөөнүн жыйынтыгында аймактык өзгөчөлүктөрдү эске алуу менен имараттардын ограждама конструкцияларын жылуулук эсептөө үчүн кеңейтилген климаттык маалыматтар системасы иштелип чыкты. Сунушталган методика жылуулук өткөрүмдүүлүктүн математикалык модели менен интеграцияланып, программалык камсыздоо түрүндө ишке ашырылды. Бул жылуулук-техникалык эсептөөлөрдүн тактыгын жогорулатууга, имараттардын энергиялык натыйжалуулугун камсыз кылууга жана архитектуралык-конструктивдик чечимдерди жергиликтүү климаттык шарттарга ылайыкташтырууга мүмкүндүк берет.

Ачкыч сөздөр: *жылуулук эсептөө; ограждама конструкциялар; климаттык маалыматтар; имараттардын энергиялык натыйжалуулугу; жылуулук өткөрүмдүүлүк; климаттык алкактар; жылытуу мезгили; математикалык моделдөө; программалык камсыздоо; Кыргыз Республикасы.*

В данной работе рассматриваются вопросы совершенствования теплотехнического проектирования ограждающих конструкций зданий в условиях резко континентального и территориально разнообразного климата Кыргызской Республики.

Проведён комплексный анализ климатических особенностей территории Кыргызстана. При этом учитываются сложный горный рельеф, высотная поясность (вертикальная зональность), влияние межгорных долин и водных поверхностей, а также циркуляция атмосферных воздушных масс.

Предложена методика теплового расчёта строительных конструкций зданий с учётом региональных климатических факторов. Разработанный подход позволяет повысить энергоэффективность зданий, улучшить их эксплуатационные характеристики и обеспечить более рациональное использование строительных материалов.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании зданий и сооружений на территории Кыргызской Республики, а также при совершенствовании нормативных документов в области теплотехнического расчёта строительных конструкций.

Ключевые слова: *тепловой расчет; ограждающие конструкции; климатические данные; энергоэффективность зданий; теплопередача; климатические пояса; отопительный период; математическое моделирование; программное обеспечение; Кыргызская Республика.*

The paper addresses the issues of improving the thermal design of building envelope structures under the conditions of the sharply continental and territorially heterogeneous climate of the Kyrgyz Republic.

The study presents a comprehensive analysis of the climatic characteristics of Kyrgyzstan, taking into account the complex mountainous terrain, vertical zonation, the influence of intermountain valleys and water bodies, as well as atmospheric circulation. Four climatic zones are examined: the valley–foothill zone, the mid-mountain zone, the high-mountain zone, and the nival zone, which differ significantly in temperature regime, humidity, wind characteristics, and the duration of the heating period.

As a result of the research, an expanded system of climatic data has been developed for use in the thermal calculation of building envelope structures, considering regional specifics. The proposed methodology is integrated with a mathematical model of heat transfer and implemented in the form of software, which makes it possible to improve the accuracy of thermal engineering calculations, ensure the energy efficiency of buildings, and adapt architectural and structural solutions to local climatic conditions.

Key words: *thermal calculation; building envelope structures; climatic data; building energy efficiency; heat transfer; climatic zones; heating period; mathematical modeling; software; Kyrgyz Republic.*

Введение

Для достижения цели настоящего исследования, помимо применения математического аппарата, необходимо использование климатических данных, охватывающих максимально возможное количество регионов страны. Известно, что в период СССР климатические параметры для территории нашей республики, соответствующие требованиям теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий, изучались недостаточно полно. Имеющиеся данные относились лишь к отдельным населенным пунктам и не отражали реальную климатическую картину всех регионов страны. Кроме того, представленные сведения были ограничены небольшим набором параметров, включающим в основном температуру воздуха, относительную влажность и скорость ветра.

Методы

В связи с этим в данной работе рассматривается разработка расширенной системы климатических данных. Предложен подход к моделированию процессов, основанный на принципах, изложенных в [Кутуев М.Д., Муканбет кызы Э. 2024, Известия КГТУ], необходимых для выполнения более точного теплотехнического расчёта ограждающих конструкций зданий.

Для реализации предложенной методики, основанной на математическом моделировании, также предусматривается разработка соответствующей программной реализации.

Анализ климатических особенностей регионов Кыргызстана для разработки расширенных климатических данных. Территория Кыргызской Республики характеризуется сложным рельефом, представленным системой параллельно расположенных горных хребтов и разделяющих их межгорных долин. Около 90 % территории страны находится на высоте более 1500 м над уровнем моря (рис. 1).

Сложная орография территории, сочетание горных массивов и долин, значительная расчлененность ландшафта, а также продолжительность солнечного сияния и ряд других природных факторов формируют значительное разнообразие климатических условий. Для климата Кыргызстана характерны черты резко континентального и засушливого климата, проявляющиеся в разные периоды года.

Указанные природно-климатические особенности оказывают существенное влияние на специфику строительства и проектирования зданий и сооружений в различных регионах страны.

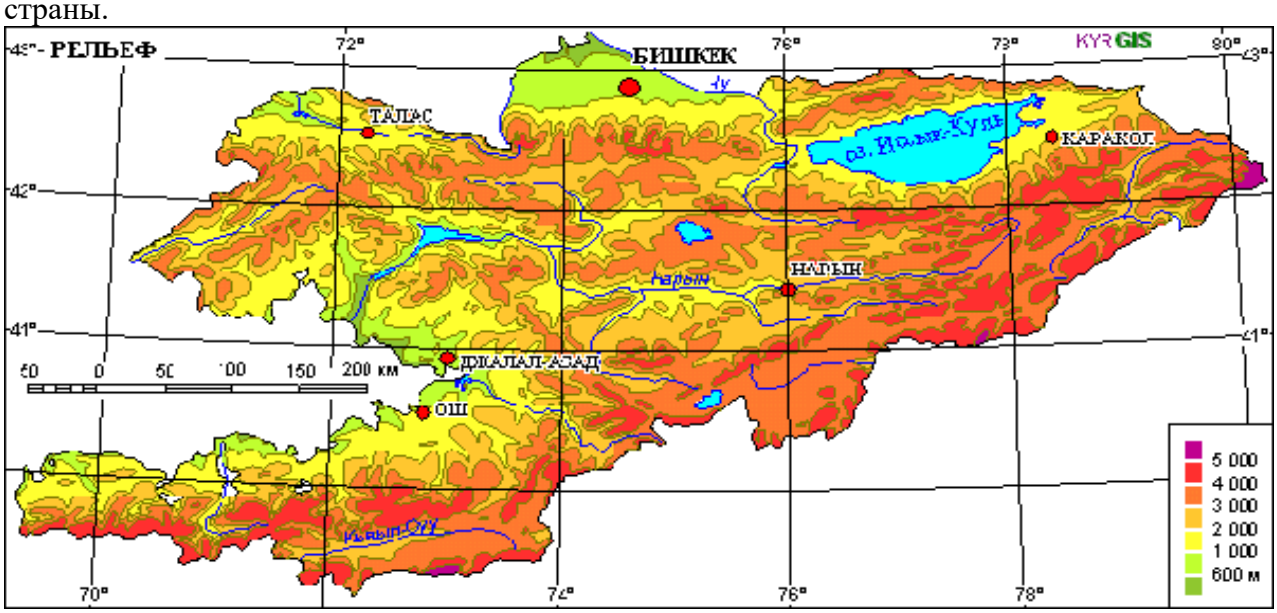


Рисунок 1 – Карта рельефа территории Кыргызстана

Горные системы оказывают значительное влияние на формирование температурного режима, накопление влаги и распределение атмосферных осадков. Чередование горных массивов и межгорных долин, а также различия климатических условий в территориальном разрезе определяют необходимость учета региональных особенностей при проектировании зданий и сооружений в различных районах республики [Toktoraliev E.T. Recreational activity planning features (case study: Issyk-Kul basin). Известия КГТУ им.И.Раззакова. 2024. № 1(69)].. В связи с этим для отдельных территорий формируются соответствующие группы проектных требований [8].

Климат представляет собой многолетний режим погодных условий. Следовательно, его воздействие на человека проявляется через конкретные погодные явления и их совокупность. Влияние погодных условий оценивается на основе комплексного воздействия

различных метеорологических факторов, на отдельные из которых организм человека реагирует особенно чувствительно.

Климатические условия характеризуются устойчивыми значениями основных метеорологических элементов на определенной территории. В связи с этим выделяются климатические особенности отдельных регионов страны, например, климат Баткена, Нарына и других территорий. Показатели метеорологических элементов формируются на основе многолетних наблюдений, проводимых на метеорологических станциях республики (Рисунок 2).

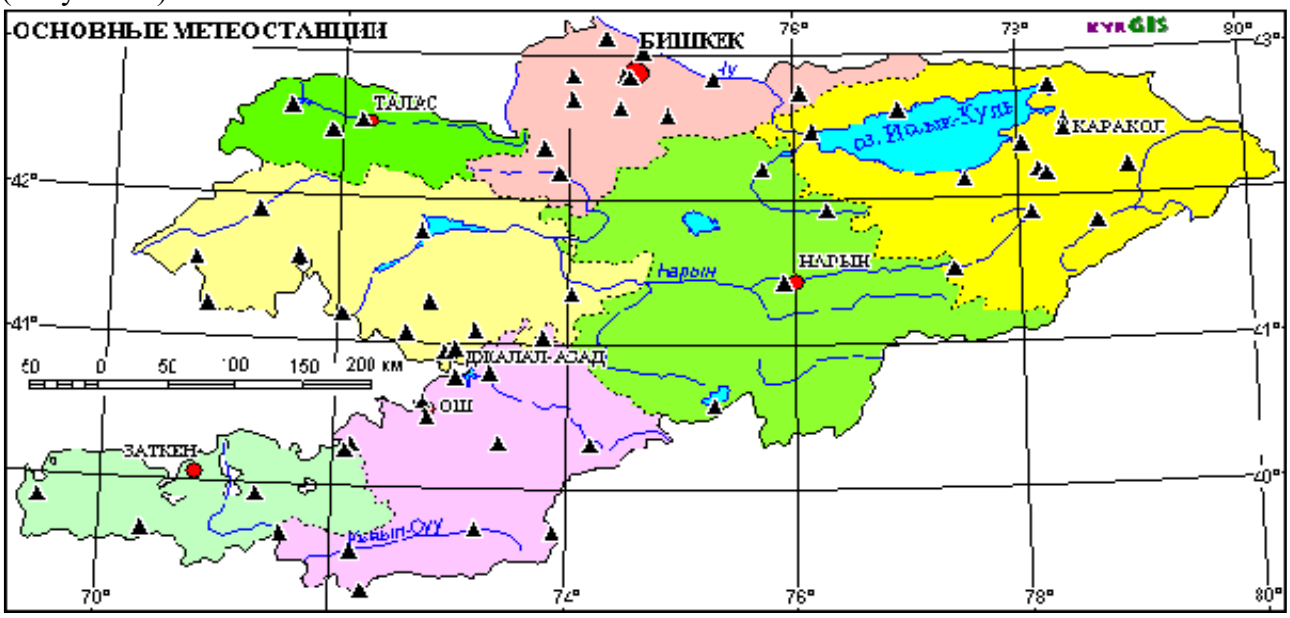


Рисунок 2 - Основные метеорологические станции Кыргызской Республики

Климат приземного слоя воздуха и почвы, формирующийся под воздействием факторов локального масштаба, называется микроклиматом. Он определяется условиями, действующими на сравнительно небольших расстояниях, такими как степень защищенности территории от ветра возвышенностями, влияние водных объектов, а также отражательная способность (альбедо) поверхности земли. Данное понятие применяется не только для характеристики природных условий, но и при оценке микроклимата внутренней среды зданий и сооружений. Основными элементами, связывающими климат и микроклимат в единую систему, являются солнечная радиация и ветер[1].

Климатические особенности Кыргызстана во многом обусловлены его географическим положением. Основная часть территории республики расположена в зоне умеренного климатического пояса, тогда как южные районы частично относятся к субтропической климатической зоне. Расположение Кыргызстана в центральной части крупнейшего материка Евразии, значительная удаленность от океанов и морей, а также соседство с пустынными территориями способствуют формированию климата с ярко выраженными признаками резкой континентальности и засушливости, а также четко выраженной сезонностью.

Сложный горный рельеф страны, характеризующийся значительной расчлененностью территории, различной экспозицией горных склонов по отношению к солнечной радиации и воздушным потокам, обусловливает значительное разнообразие климатических условий. Эти особенности формируют выраженную вертикальную климатическую поясность. В пределах Кыргызстана выделяют четыре основных климатических пояса, существенно различающихся между собой.

Долинно-предгорный пояс (примерно от 500–600 м до 900–1200 м над уровнем моря) характеризуется жарким летом и сравнительно мягкой, малоснежной зимой при недостатке

атмосферных осадков. В отдельных районах, особенно в Приферганской зоне, климат имеет признаки субтропического. Средняя температура июля составляет около 20–25 °С, января от −4 до −7 °С. Максимальные летние температуры могут достигать 44 °С, однако с увеличением высоты они снижаются до 27–30 °С. Абсолютные минимумы зимних температур достигают −22…−30 °С, а в отдельных районах до −40 °С (по данным Токтогульской и Чуйской гидрометеорологических станций).

Среднегорный пояс (примерно от 900–1200 м до 2000–2200 м) характеризуется умеренным климатом с теплым летом и устойчивой снежной зимой умеренной холодности. Средняя температура июля составляет около 18–19 °С, января 7…−8 °С. На высотах 1000–1500 м безморозный период может продолжаться более семи месяцев, что создает благоприятные условия для развития различных видов теплолюбивой растительности. В верхней части пояса продолжительность безморозного периода сокращается примерно до шести месяцев.

Высокогорный пояс (от 2000–2200 м до 3000–3500 м) отличается прохладным летом и продолжительной холодной зимой, местами сопровождающейся значительным снежным покровом. Средняя температура июля составляет 11–16 °С, января 8…−10 °С. Зимний период обычно длится с ноября по март. В верхней части пояса безморозный период сокращается до 3–4 месяцев, а на более высоких высотах может полностью отсутствовать. В отдельных случаях даже в летние месяцы температура воздуха может опускаться ниже 0 °С.

Нивальный пояс (выше 3500 м над уровнем моря) характеризуется крайне суровыми климатическими условиями. Здесь преобладают снежники, скальные массивы и ледники. В нижней части пояса средняя температура июля составляет 4–7 °С, а января от 10 до −22 °С.

Климат Кыргызстана отличается значительным разнообразием. Наиболее теплыми районами являются долинно-предгорные территории Ошской и Жалал-Абадской областей, где среднегодовая температура воздуха составляет около 11–13 °С (например, Масы и Жалал-Абад). В то же время в высокогорных районах среднегодовая температура может достигать 8 °С (Ак-Сай, Чатыр-Куль и др.). Район Ак-Сая считается своеобразным «полюсом холода» Кыргызстана, где зафиксирован абсолютный минимум температуры воздуха −36 °С.

Горные системы Тенир-Тоо и Памиро-Алая играют важнейшую роль в формировании климатических условий региона. Горный рельеф способствует понижению температуры воздуха и увеличению количества атмосферных осадков по сравнению с прилегающими равнинными территориями. Он также оказывает влияние на распределение облачности, формирование снежного покрова, образование ледников и общее направление атмосферной циркуляции.

Существенное влияние на климат прибрежных районов оказывает незамерзающее озеро Иссык-Куль, водная поверхность которого смягчает температурный режим. В летний период здесь отсутствует сильная жара, а зимой температура воздуха на побережье обычно на 3–5 °С выше, чем на аналогичных высотах в других регионах страны.

Циркуляция атмосферы над территорией Кыргызстана формируется под воздействием глобальной атмосферной циркуляции, радиационных условий, особенностей рельефа и характера подстилающей поверхности. В средних и верхних слоях тропосферы (на высотах примерно от 3 до 12 км) преобладает западный перенос воздушных масс Зона наиболее интенсивных западных потоков планетарная высотная фронтальная зона умеренных широт в течение года смещается. В зимний период она располагается южнее 30° северной широты, вследствие чего территория Кыргызстана находится под влиянием воздушных масс умеренных широт. В этот период преобладает антициклональная погода, характеризующаяся ясным небом и умеренными морозами.

При значительных меридиональных колебаниях фронтальной зоны на территорию республики с южными и юго-западными потоками может поступать тропический воздух из районов Ирана и Афганистана, что приводит к временному потеплению. В

противоположность этому, при северных воздушных потоках происходит вторжение холодного арктического воздуха.

Весной фронтальная зона смещается к северу и располагается над территорией Кыргызстана. В этот период часто наблюдаются средиземноморские циклоны, приносящие неустойчивую погоду и атмосферные осадки. В летние месяцы фронтальная зона перемещается к широтам 42–47° северной широты, и республика оказывается под воздействием сухого тропического воздуха. В конце лета и начале осени фронтальная зона вновь смещается к югу, что сопровождается вторжением холодных воздушных масс, усилением ветров и увеличением количества осадков.

Обработка данных о продолжительности различных типов погодных условий, необходимых для учета климатических факторов при проектировании зданий и сооружений, включает следующие основные этапы:

- определение годового хода среднемесячных температур и амплитуды температур в характерные периоды;
- анализ годового распределения относительной влажности воздуха и скорости ветра;
- классификацию метеорологических условий с учетом влияния ветра и солнечной радиации.

На основе такой классификации определяется наиболее типичная для территории погода, особенности которой учитываются при разработке архитектурно-планировочных и конструктивных решений зданий.

К основным элементам климата, формирующим характерные погодные условия в различные сезоны года, относится, прежде всего, влажность воздуха. Влажность наружного воздуха оказывает существенное влияние на выбор конструкций ограждающих элементов зданий, отделочных материалов фасадов, а также на проектирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. На Рисунок 3 и 4 представлены графики среднемесячных значений относительной влажности воздуха для различных регионов страны.

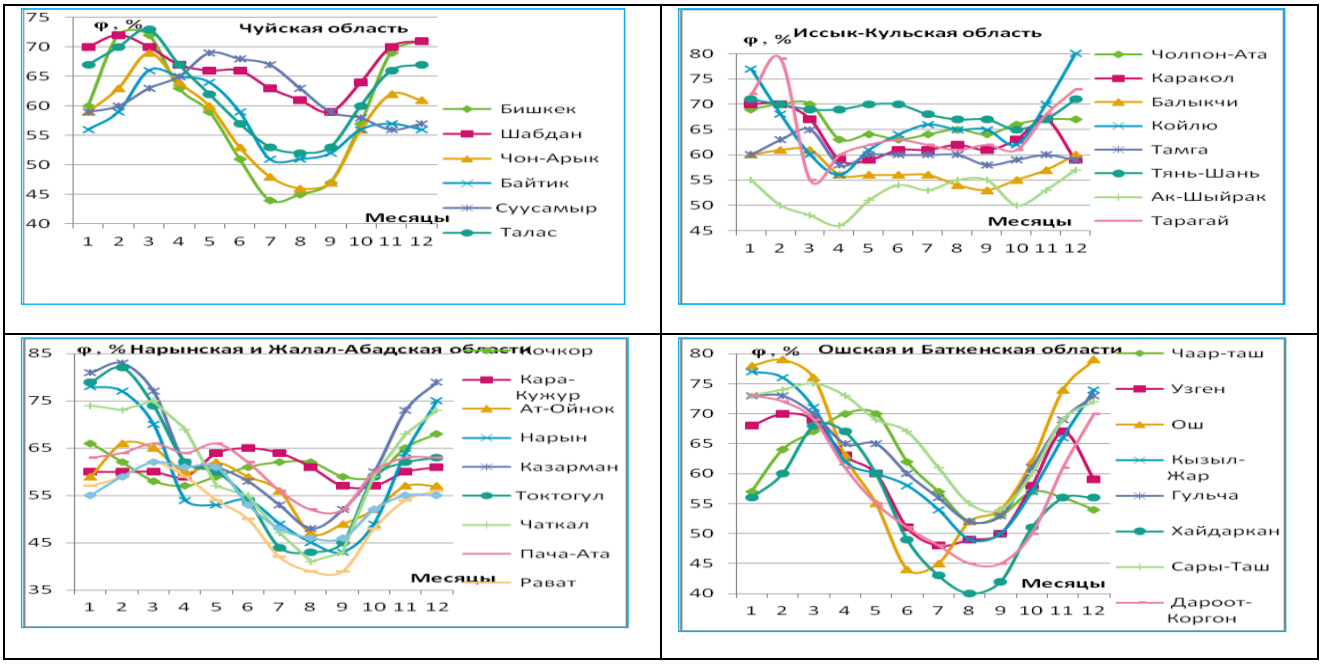


Рисунок 3 – Графики относительной влажности воздуха по регионам страны на основе данных метеорологических станций

Анализ температуры воздуха. Температура наружного воздуха у поверхности земли изменяется в широком диапазоне значений. Изучение годового хода температурных

изменений позволяет при проектировании зданий и сооружений принимать обоснованные решения относительно планировочной структуры генерального плана, объемно-пространственной композиции зданий, конструкций ограждающих элементов, а также выбора систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

При анализе температурных характеристик используют несколько показателей. К ним относятся среднемесячная температура воздуха, отражающая сезонные особенности климата; абсолютные значения температуры, фиксируемые в конкретном регионе; средние максимальные и минимальные температуры, характеризующие положительные и отрицательные температурные режимы за определённый период времени; а также средние значения температуры в дневное и ночное время суток.

На Рисунок 4 представлены графики изменения среднемесячных температур воздуха по месяцам на территории Кыргызской Республики.

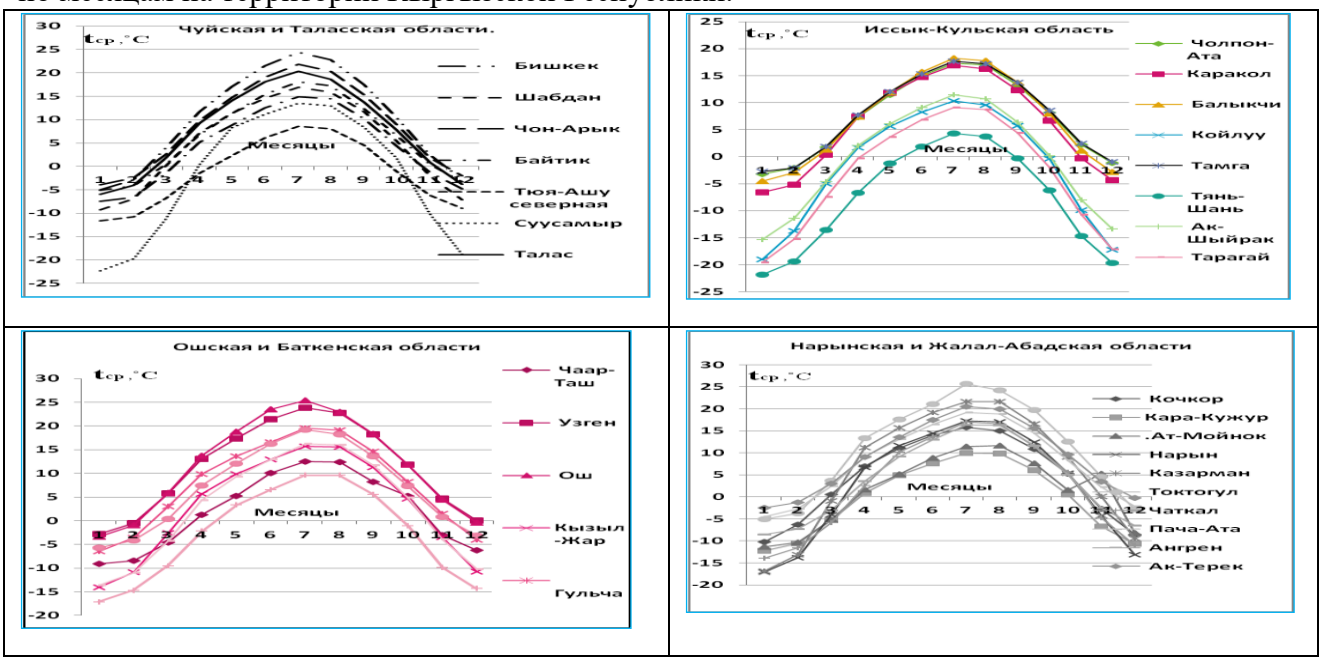


Рисунок 4 – Средние по месяцам температуры регионов Кыргызской Республики

Выводы

Наиболее тёплыми месяцами в Кыргызстане являются июль и август. В то время различия в температуре между отдельными районами невелики и зависят, в основном, от широты местности. Например, в низовьях Чуйской долины и в Кетмен-Тюбенской котловине, разделённых значительным расстоянием и высокими горными хребтами, температурные условия летних месяцев весьма близки. Юго-Западный Кыргызстан имеет в общем более высокую температуру по сравнению с северным Кыргызстаном. Абсолютные максимум температуры (43-44°С) отмечены на севере Чуйской долины и в предгорьях Ферганского хребта. В среднегорье летом дневные температуры не превышают 20°С, высоко в горах они близки к 0°С, ночью - отрицательные температуры. Средняя месячная температура июля в Кыргызстане меняется от 25-27°С (предгорья Ферганской долины) до 4°С (на высоте 3600 м, Центральный Тенир-Тоо). В январе разница в средней месячной температуре между отдельными районами на одной и той же высоте достигает 15°С, т.к. сказывается влияние особенностей рельефа. Наиболее низкие температуры воздуха зимой наблюдаются в высокогорных котловинах и замкнутых долинах (Ак-Сайская, Арпинская, Суусамырская и др.). Более высокие температуры - 10... -20°С отмечаются во внутреннем Тенир-Тоо и ряде долин Юго-Западного Кыргызстана. В долинах Северного Кыргызстана (Таласская, Чуйская, Кеминская и на окружающих склонах Ысык-Кульской котловины)

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

Данная методика используется пользователем как средство решения определенных задач в области обеспечения энергоэффективности проектируемых зданий.

Список литературы

1. Кутуев М.Д., Муканбет к.Э., Супибекова А.К. Использование экспертной системы теплотехнического расчета ограждающих конструкций //Известия КГТУ им. И. Раззакова, - Бишкек, 2023. -№4 (68), -стр.1666-1672

2. Береговой, А.М. Энергоэкономичные и энергоактивные здания [Текст] / А. М. Береговой. - М.: Изд-во АСВ, 1999. - 160 с.

3. Бобров, И. А. Численное моделирование тепловых процессов в ходе вариативного проектирования свайного энергетического фундамента для малоэтажного здания в климатических и геологических условиях города Перми [Текст]:/И. А. Бобров, А. В. Захаров // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. - М: 2012.- № 2. - С. 45-53.

4. Бутовский, И. Н. Совершенствование конструктивных решений теплозащиты наружных стен зданий [Текст]: / И. Н. Бутовский, О. В. Худошина. - М.: ВНИИНТПИ, 1990. - 66 с.

5. Муканбет к. Э. Анализ основных принципов конструирования малоэтажных жилых зданий //Научные исследования в Кыргызской Республике. Бишкек.2012. -№2, с.112-11

6. М.Д. Кутуев, Б.С.Матозимов, Э. Муканбет кызы и др. Совершенствования и оценка эффективности различных методов сейсмозащиты. -Труды Международной научной конференции «Рахматулинские чтения», 26-27 мая, 2011 г., Бишкек; стр. 256-258.

7. Муканбет к. Э. Математическое моделирование расчета сейсмостойкости малоэтажных жилых зданий стохастическим методом // Научно-информационный журнал «Материаловедение». –Бишкек 2013, №4(8), стр. 57-61

8. Toktoraliev E.T. Mukanbet kyzy E. Recreational activity planning features (case study:т Issyk-Kul basin) статья) Известия КГТУ им.И.Раззакова. 2024. № 1(69). С.300-309.