

МАНАПБАЕВ И.К., КУТУЕВ М.Д.

¹Международный университет Кыргызстана, Бишкек, Кыргызская Республика
²КГУСТА им. Н. Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика

MANAPBAEV I.K., KUTUEV M.D.

¹International University of Kyrgyzstan, Bishkek, Kyrgyz Republic
²KSUCTA n. a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic
imanapbaev@mail.ru, kutuev560779@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ IT ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ В РЕГИОНАХ СТРАНЫ

APPLICATION OF IT FOR THE DESIGN OF THERMAL PROTECTION OF BUILDINGS IN THE REGIONS OF THE COUNTRY

Макалада Кыргыз Республикасынын шарттарында имараттардын жылуулук коргоону камсыздоо көйгөйлөрү каралган. Өлкөдө энергия үнөмдөө саясатын жана энергетикалык коопсуздукту ишке ашыруудагы тоскоолдуктар талданган. Кыргыз Республикасынын аймактарындагы долбоорлонуучу жана реконструкциялануучу имараттардын энергетикалык эффективдүүлүгүн камсыздоо шарттары менен жылуулук коргоонун негизги багыттары экологиялык жана экономикалык маңыздагы көз карашта изилденген. Бул маселелерди практикада ишке ашырууга тоскоол болуучу негизги факторлор каралган. Тосмо курулуш конструкцияларын жылуулук эсептөө үчүн программалык камсыздоону иштеп чыгуунун негизги этаптары эсепке алынган. Курулуш жүргөн жердин климаттык өзгөчөлүктөрүн эске алуу менен курулуштун тосмо конструкцияларын оптималдуу долбоорлоо үчүн математикалык моделдер тандалган. Программалык каражат катары программалоонун C++ тилин кабыл алуусу такталып талданган жана негизделген. Тосмо конструкциялардын жылуулук коргоочу материалдарынын аныкталган топтомун колдонуунун максатуулугун аныктоо үчүн программалык камсыздоону түзүү өбөлгөлөрү орнотулган.

Өзөк сөздөр: курулуш, жылуулук коргоо, энегоэффективдүүлүк, энергия үнөмдөө, компьютерде долбоорлоо, математикалык модель.

В статье рассмотрены проблемы обеспечения тепловой защиты зданий в условиях Кыргызской Республики. Анализированы основные преграды в осуществлении энергосберегающей политики и энергетической безопасности в стране. Исследованы основные направления тепловой защиты с точки зрения экологической и экономической сущности, условия обеспечения энергетической эффективности проектируемых и реконструируемых зданий в регионах Кыргызской Республики. Рассмотрены основные факторы препятствующие осуществлению на практике этих задач. Перечислены основные этапы разработки программного обеспечения для теплового расчета строительных ограждающих конструкций. Выбраны математические модели для оптимального проектирования ограждающих строительных конструкций с учетом климатических особенностей местности строительства. Досконально анализирован и обоснован выбор языка программирования C++ в качестве средства программирования. Установлены предпосылки создания ПО для определения целесообразности применения определенного набора теплоизоляционных материалов ограждающих конструкций.

Ключевые слова: строительство, тепловая защита, энергоэффективность, энергосбережение, проектирование на компьютере, математическая модель.



The article deals with the problems of ensuring thermal protection of buildings in the conditions of the Kyrgyz Republic. Analyzed the main barriers to the implementation of energy conservation policy and energy security in the country. The main directions of thermal protection from the point of view of the ecological and economic essence, the conditions for ensuring the energy efficiency of the designed and reconstructed buildings in the regions of the Kyrgyz Republic have been investigated. The main factors hindering the implementation of these tasks in practice are considered.

The main stages of software development for thermal calculation of building envelopes are listed. Mathematical models have been selected for the optimal design of building envelopes, taking into account the climatic features of the construction area. The choice of the C++ programming language as a programming tool is thoroughly analyzed and substantiated. The prerequisites for creating software for determining the feasibility of using a certain set of heat-insulating materials for enclosing structures have been established.

Key words: *construction, thermal protection, energy efficiency, energy saving, computer design, mathematical model.*

Несмотря на положения законов Кыргызской Республики «Об энергетике», «Об электроэнергетике», «Об энергосбережении» и «Об энергоэффективности зданий» экономические и технические механизмы, способствующие развитию энергосбережения, сталкиваются определенными трудностями в использовании на практике для формирования условий осуществления энергосберегающей политики [1,6].

Вместе с тем энергоэффективность зданий как часть этой политики считается наиболее важной проблемой современного строительства не только в нашей стране, но и во всем мире. Обеспечением энергоэффективности зданий создается условия не только энергетической безопасности конкретной страны, но и создаются предпосылки улучшения экологической обстановки региона и даже мира [2,3].

Для экономики нашей страны экономия энергетических ресурсов за счет обеспечения энергоэффективности зданий имеет большое значение. Это обстоятельство определяется несколькими факторами.

Среди них основным является нехватка вырабатываемой в стране электрическими станциями энергии для покрытия потребности населения и народного хозяйства.

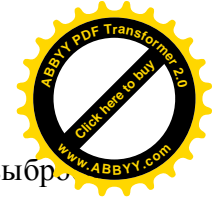
Строительства новых ГЭС (например Камбарата-2, Кокомерен с мощностями свыше 1500 МВт в то время у Токтогульской ГЭС только 1200 МВт) сулит больших финансовых затрат и строительство таких без внешних инвестиций пока неосуществимо в настоящем положении экономики нашей страны. А строительство малых ГЭС пока не радует своими достижениями.

Также необходимо подчеркнуть то, что год за годом увеличивается спрос на электро- и тепловую энергию со стороны потребителей. Из-за этого нам приходится импортировать энергоресурсов из соседних стран как Казакстан, Россия, Узбекистан, Туркменстан.

Необходимо также отметить, что низкая цена на электрическую и тепловую энергию привела к убыточности энергокомпаний и незаинтересованности (в некоторой степени по неинформированности) потребителей мерам по обеспечению энергосбережения (рис.1) [8,9].

Имеются недостатки в применяемых технологиях при добыче, транспортировке энергоносителей, что приводит к большим т.н. техническим потерям., также потребители не очень осознают энергоэффективность используемых бытовых и промышленных электрических приборов и оборудования.

Вместе с тем по оценкам МЭА за счет продуманной политики в области энергоэффективности и энергосбережения наша страна могла бы сэкономить от 30 до 40 процентов вырабатываемой энергии.



Еще одной проблемой является экологическая ситуация в КР за счет выбросов углекислого газа при отоплении помещений в холодное время года.

Среди этих проблем особо отличается недостаточное внимание на проблемы обеспечения энергоэффективности существующих и проектируемых зданий за счет оптимального проектирования тепловой защиты этих зданий.

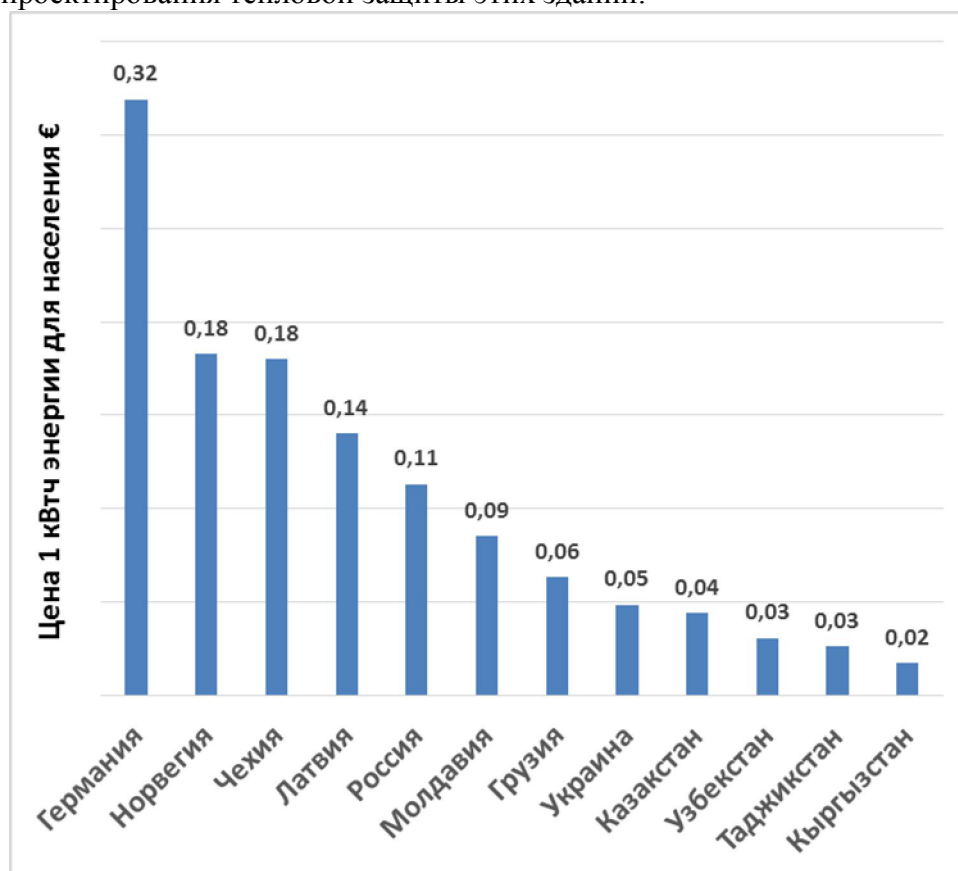


Рис.1. Сравнительная оценка стоимости электроэнергии

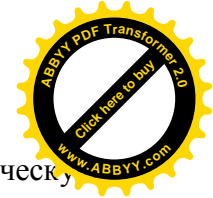
Несмотря на разработанные нормативные акты КР в области тепловой защиты в настоящее время проектирование энергоэффективных зданий проводится традиционными способами. Если не считать некоторых строительных компаний, то этой проблемой не занимаются почти никто. А частные домостроители проводят эти работы как бы «спустя рукава» не учитывая важности и предела применения тепловой защиты в условиях местности строительства [4].

В аспекте этих проблем применение компьютерной техники в проектировании и строительстве обеспечивает увеличение эффективности энергосберегающих технологий за счет оперативности и точности принимаемых решений. Этому способствует широкое распространение компьютерной техники во все слои общества.

Для решения этой проблемы необходимо решения задач, которые связаны с альтернативными выборами различных вариантов. Целью решения таких задач является количественное обоснование оптимального проектирования тепловой защиты зданий и сооружений.

Для достижения выбранной цели предварительно решаются следующие задачи:

- построение математической модели, то есть описание процесса проектирования на языке математики;
- выбор целевой функции проектирования, который включает в себя исследование методов определения ограничивающих условий и формулирование оптимизационной задачи;
- решение поставленной оптимизационной задачи проектирования посредством языка программирования.



В соответствии с методологией математического моделирования математическую модель расчета тепловой защиты здания как единой теплоэнергетической системы целесообразно представить в виде следующих взаимосвязанных моделей, ориентированных на применение компьютерной технологии:

- математической модели теплоэнергетического воздействия наружного климата на здание;

- математической модели теплоаккумуляционных характеристик оболочки здания;

- математической модели теплоэнергетического баланса помещений здания.

Учитывая перечисленные положения необходимо составлять алгоритмы и программы для следующих конкретных математических моделей для оптимального проектирования тепловой защиты зданий и сооружений КР:

1. Модель для расчета сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции;

2. Модель расчета влажностного режима;

3. Модель для расчета теплоустойчивости;

4. Модели расчета теплоусвоения поверхности полов;

5. Математическая модель расчета воздухопроницаемости массивных ограждений, окон и балконов;

6. Модель расчета теплопоступления через ограждающих конструкций в июле [5].

Для решения поставленной задачи инструментарием программирования выбираем C++ – компилируемый статически типизированный язык программирования общего назначения.

Являясь одним из самых популярных языков программирования, C++ широко используется для разработки программного обеспечения. Область его применения включает создание операционных систем, разнообразных прикладных программ, драйверов устройств, приложений для встраиваемых систем, высокопроизводительных серверов.

Язык C++ является статически типизированным, компилируемым, поддерживающий низкоуровневую работу с памятью и не перегруженную реализацию ООП языком, что необходимо для решения нашей задачи [7].

Разработка оконного интерфейса производится при помощи средств Visual Studio и библиотеки MFC.

В первой части вычислительным алгоритмом для метода расчета термического сопротивления ограждающей конструкции принято

$$R = \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \delta_3 / \lambda_3 + \dots + \delta_6 / \lambda_6 . \quad (1)$$

При этом значения толщины слоя δ вводится посредством оператора ввода с клавиатуры, коэффициенты теплопроводности λ берется из данных в зависимости от условий расчета.

Для расчета этой величины с учетом неоднородности и градусосутки выбранного населенного пункта реализован следующий алгоритм,

$$R_0 = R * r_{од}, D_d = (t_{int} - t_{ext}) * z . \quad (2)$$

Значения $r_{од}$ и t_{int} вводятся оператором с клавиатуры, t_{ext} и z берется из данных в зависимости от условий расчета.

Затем реализован алгоритм расчета термического сопротивления по санитарным нормам,

$$R_{o,regC} = n * (t_{ext} - t_{int}) / (D_m * \alpha_{ext}), R_{o,regЭ} . \quad (3)$$

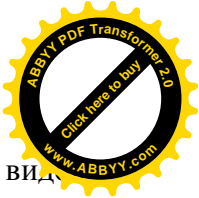
Реализован алгоритм расчета тепловой инерции ограждающей конструкции

$$D = R_1 * D_1 + R_2 * D_2 + R_3 * D_3 + R_4 * D_4 + R_5 * D_5 + R_6 * D_6 . \quad (4)$$

Реализован вычислительный алгоритм расчета температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции τ и алгоритм выбора температуры точки росы τ_d

$$\tau = t_{int} - (t_{int} - t_{ext}) * R_0 * 8,7 . \quad (5)$$

Далее реализован метод сравнения рассчитанного значения с нормативными для принятия решения о соответствии строительным нормам Кыргызской Республики.



Также реализован метод определяющий затраты на отопления для различных видов энергии в зависимости от площади ограждения и КПД отопительного котла по ценам, действующим в Кыргызской Республике.

Реализация на принятом языке C++ дает программу сцена, которой указана на рис.1 [7].

The screenshot shows a software application window with the following sections:

- Input Parameters:**
 - Вид задания: Жил. Учил. Санат.
 - Вид ограж. конструкции: Наружная стена
 - Место: Ош
 - Вариант расчета: Кыргызстан - эффективная керамика (нов)
 - Темп. нар. возд. наиб.бдн: -15 °C
 - Сред. темп. отопит. периода: 1,1 °C
 - Продолжит. отоп. периода: 140 сутки
 - Условия экспл. в зонах влажности: А
 - Слой N: 6(мм)
 - Слой 1: Гипсовая штукатурка, 2 мм
 - Слой 2: Цементно-песчаный р-р, 20 мм
 - Слой 3: Кирпичная кладка сплош., 1800кг/м³, 600 мм
 - Слой 4: Известково-песчаный р-р, 20 мм
 - Слой 5: Плиты из стекловаты, 100 мм
 - Слой 6: Гипсовая штукатурка, 5 мм
- Material Properties:**
 - Температура внутреннего воздуха (t_{int}): 18 °C
 - Влажность внутреннего воздуха (j_{int}): 55 %
 - Коэффициент теплоотд. внутр. пов. (a_{int}): 6,75 (таб.6 СТО)
 - Коэффициент теплоотд. наруж. пов. (a_{ext}): 23 (таб.6*)
 - Коэффициент теплотехн. однород. год. (γ): 0,85 (кладка из блоков на клею армир)
 - Коэффициент полож. наруж. поверхн. (η): 1,00 (таб.3*)
 - Нормируемый температур. перепад (Δt_н): 6 °C (таб.3 СТО)
- Graph:** A line graph showing temperature (°C) vs. position (t_в, t_{1,2}, t_{2,3}, t_{3,4}, t_{4,5}, t_{5,6}, t_{ext}). The temperature starts at 18°C at t_в, drops to ~16°C at t_{1,2}, then to ~5°C at t_{3,4}, and finally to -15°C at t_{ext}.
- Buttons:** Рассчитать, 2Пар, 3Теплост, 4Воздух, 5Пол, 6Теплопот.
- Output/Status:**
 - Значение = 6,75 | 0,002 | 0,29 | 0,02 | 0,76 | 0,6 | 0,7 | 0,02 | 0,7 | 0,1 | 0,06 | 0,005 | 0,29 | 23 = 2,788
 - R₀ = R₀ * год = 2,37
 - Dd = (t_{int}-t_{ext}) * z = 2366 градусосуток
 - R_{0,regC} = (ext-t_{int})/(Δt_н*a_{ext}) = 0,24
 - R_{0,regZ} = 2,275 минимальное терм. сопр. из условий энергосбережения (согл. СНиП КР 23-01-2009)
 - Тепловая инерция D = R1.D1 + R2.D2 + R3.D3 + R4.D4 + R5.D5 + R6.D6 = 9,231
 - τ = [t_в - (t_в - t_н)R₀.a_{int}] = 16,2 τd=8,3; v=4002,66
- Costs and Energy:**
 - Площадь наружных стен дома: 150 м²
 - К.П.Д. отопительного котла: 50 %
 - потребление газа не более 2500 м³
 - Стоимость газа 14 сом
 - Суммарные теплопотери через стены за отопительный период(ОП): 3593,52 кВт*ч
 - Расход газа на компенсацию теплопотерь через стены за ОП: 653,37 м³ = 9147 сом
 - Стоимость угля за тонну (указать действующую цену): 5000 сом/т
 - потребление света предприятиями
 - Стоимость электроэнергии 2,16 сом/кВт*ч
 - Расход угля на компенсацию теплопотерь через стены за ОП: 958,27 кг = 4791 сом
 - Расход э.энергии на комп. теплопотерь. через стены за ОП = 7762,0032 сом

Рис.2. Сцена «Расчет термического сопротивления и проверка расчетных параметров на соответствие нормам»

Список литературы

1. Манапбаев И.К. Тепловая защита в условиях Кыргызстана [Текст] /И.К. Манапбаев, М.Д. Кутуев, Б.С. Матозимов. -Бишкек: КГУСТА, 2013. - 104 с.
2. Манапбаев И.К. Исследование проектирования зданий с учетом климатических особенностей в условиях Кыргызстана в пакете MSOfficeExcel [Текст] / И.К. Манапбаев, Р.А. Куканова, К.С. Султаналиев // Вестник КГУСТА. – Бишкек: 2011. -№2(32). -том 2. - С.137-145.
3. Манапбаев И.К. Учет климатических особенностей при проектировании зданий в условиях Кыргызстана [Текст] / И.К. Манапбаев, Р.А. Куканова, Э.М. Мамбетов // Вестник КРСУ. – Бишкек: 2012. - №7. - том 12. - С. 102-106.
4. Манапбаев И.К. Проектирование тепловой защиты зданий в регионах



Кыргызской Республики в контексте экологической и энергетической безопасности [Текст] / И.К. Манапбаев // Материаловедение. – Бишкек: 2013. - С. 301-303.

5. Манапбаев И.К. Исследование климатических параметров для теплотехнических расчетов тепловой защиты зданий в условиях КР [Текст] / И.К. Манапбаев // Труды II-Международной научно практической конференции. -Алматы: 2015. - С. 520-524.

6. Манапбаев И.К. Актуальность энергосберегающих технологий строительства в Кыргызской Республике в контексте энергетической безопасности [Текст] / И.К. Манапбаев, Ч. Исраил у. // Сборник статей по итогам международной научно-практической конференции. - Санкт-Петербург: 2017. - С.86-89.

7. Манапбаев И.К. Разработка методики автоматизированного расчета строительных конструкций зданий в условиях Кыргызской Республики [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.17./ И.К.Манапбаев. – Бишкек: КГУСТА, 2020 – 184 с.

8. <https://rus.azattyk.org/a/v-kyrgyzstane-samaya-deshevaya-elektroenergiya-sredi-stran-tsentralnoy-azii/31600874.html>

9. <https://www.gov.kg/ru/post/s/kyrgyz-respublikasyndagy-zhana-bir-katar-kmsh-mamleketterindegi-energetikalyk-resurstarga-karata-baalar-zhnd>