

УДК 515.2

Мартынов Вячеслав Леонидович

Доктор технических наук, профессор

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Икхалеа Едесири Бриджет

Студентка КНУСА

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЙ ЗАДАНОГО КЛАСА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В УЧЕБНО-ЖИЛЫХ УНИВЕРСИТЕТСКИХ КОМПЛЕКСАХ (КАМПУСАХ)

Аннотация. Для проектирования зданий заданного класса энергоэффективности предлагается аналитический способ определения оптимальных параметров: пропорций зданий, уровень сопротивления теплопередаче непрозрачных и светопрозрачных ограждающих конструкций, площади окон и их расположения на гранях здания для обеспечения заданного теплоэнергетического баланса здания (теплопотерь и теплопоступления от солнечной радиации через ограждающие конструкции). При этом возможна оптимизация как одного так и нескольких параметров одновременно. Разработан комплекс прикладных программ для быстрого решения в ходе архитектурного проектирования.

Ключевые слова: Университетский комплекс; оптимальные параметры здания; класс энергоэффективности здания; моделирование параметров

Постановка проблемы

В наше время в Украине есть потребность в повышении энергоэффективности зданий существующей застройки, в том числе и в сложившихся учебно-жилых

университетских комплексах (кампусах) за счет применения энергоэффективных мероприятий. Кампусы имеют учебные корпуса (рис.1), медицинские, центры культуры и искусства, студенческие общежития, научно-технические библиотеки и др.

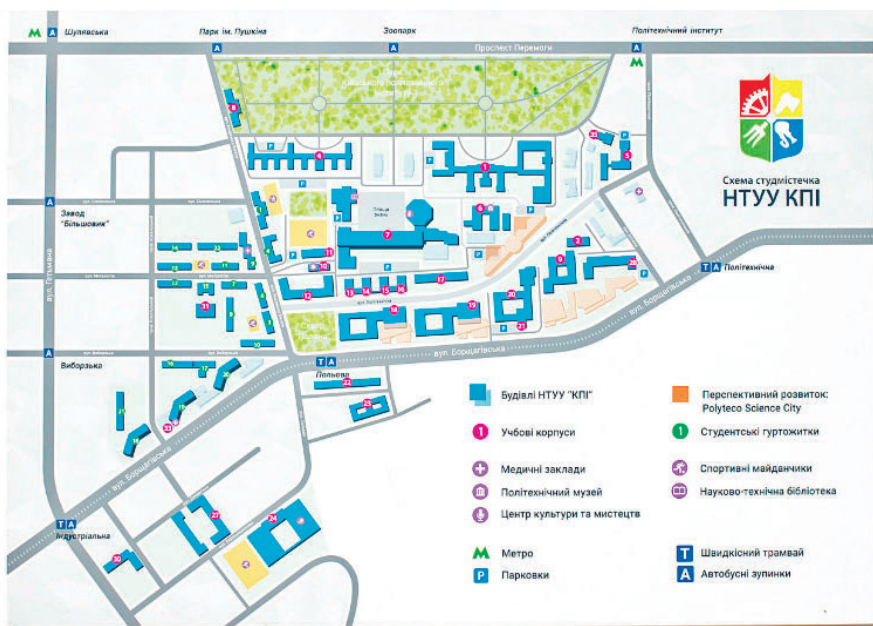


Рисунок 1 – План университетского кампуса (КПИ)

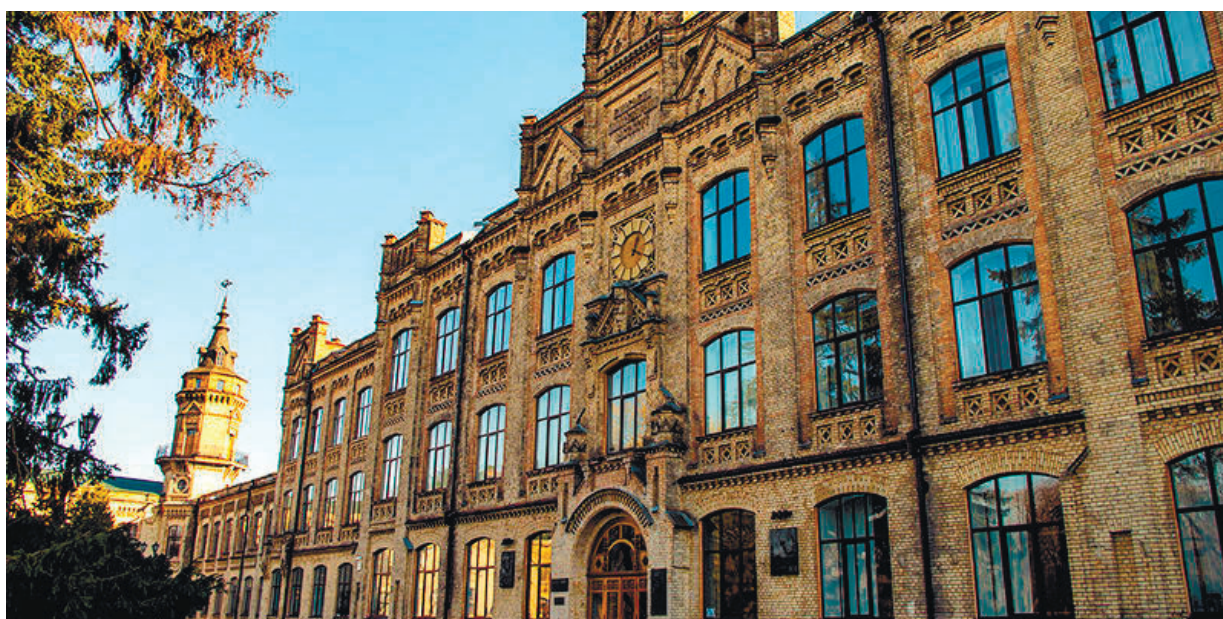


Рисунок 2 – Учебные и жилые здания кампуса (КПИ)

Кампусы имеют как исторические здания (рис.2) представляющие архитектурную ценность так и здания массовой застройки которые возможно термомодернизировать.

Перед архитекторами и инженерами-проектировщиками при проектировании новых зданий заданного класса энергоэффективности и термомодернизации существующих с целью повышения энергоэффективности и обеспечения заданного уровня теплового баланса ограждающих конструкций с окружающей средой, возникает задача определения оптимальных параметров здания: пропорций, площади световых проемов и расположения их на гранях здания, сопротивления теплопередаче светопрозрачных и непрозрачных ограждающих конструкций с учетом климатических особенностей места строительства, теплопотерь и теплопоступления от солнечной радиации.

Использование рассчитанных оптимальных параметров зданий, с учетом геометрической формы

и ориентации позволит сократить объемы строительных работ и расход строительных материалов, повысит скорость проектирования и качество проектных решений.

Таким образом проектировщику необходимо иметь способ быстрого определения оптимальных параметров здания еще на стадии эскизного проектирования. В этом направлении было проведено ряд исследований.

Анализ основных достижений и публикаций

Решению вопроса повышения энергоэффективности зданий посвящены работы [1–3], но в них определялись оптимальные пропорции зданий с точки зрения минимизации теплопотерь через ограждающие конструкции по одному параметру пропорций, даны рекомендации по ориентации здания в виде прямоугольного параллелепипеда без учета норм освещенности и инсоляции,

особенностей сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.

В работах [4, 5] отдельно оптимизировалась форма здания и отдельно параметры утеплителя непрозрачных конструкций здания с точки зрения минимального теплового баланса ограждающих конструкций. В работе [6] рассматривалась многопараметрическая оптимизация энергоэффективных зданий. Вопрос разработки способа и оптимизации параметров (формы, сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, площади и расположения окон на гранях) для получения заданного класса энергоэффективности зданий не рассматривался.

Цель исследований

Для быстрого определения параметров зданий, снижения объемов строительных работ и расхода строительных материалов, повышения скорости и качества проектирования, зданий заданного класса энергоэффективности необходимо предложить аналитический способ оптимизации параметров зданий с последующей разработкой пакета прикладных программ.

Критерием оптимизации является минимизация объемов расхода строительных материалов.

Основная часть

Разработан аналитический способ оптимизации параметров здания: сопротивления теплопередаче ($R_{ст.}, R_{вi}$) светопрозрачных и непрозрачных ограждающих конструкций при заданном общем уровне теплопотерь ΔQ_B для отопительного периода; пропорций зданий (a, b, h); площади конструкций ($S_{вi}, S_{сти}$) и геометрические параметры ориентации ($A_{вi}, \omega_{вi}$) расположения окон на гранях здания и др.

Математическая модель

Для решения составлена математическая модель теплового баланса $\Delta Q_{грi}$ каждой грани здания, которая имеет следующий вид:

$$\Delta Q_{ад_i} = \frac{S_{н\ddot{o}_i}}{R_{н\ddot{o}_i}} \cdot \left(t_{\ddot{a}_i} - \left(t_{\zeta_i} + \frac{r_i \cdot I_{сп_i}}{\alpha_{\text{сп}\ddot{o}_i}} \right) \right) \cdot N_{\text{ав}\ddot{a}_i} + \frac{S_{в_i} \cdot D_{d_i}}{R_{в_i}} - Q_{сп_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{o_i} \cdot S_{в_i} \quad (1)$$

Решение данной задачи сводится к оптимизации нелинейной функции с несколькими переменными с использованием компьютера. Переменными являются параметры сопротивления теплопередаче ($R_{сти}, R_{вi}$) светопрозрачных и непрозрачных конструкций, параметры пропорций

зданий (a, b, h), площадь ($S_{вi}$) светопрозрачных конструкций.

При этом суммарное сопротивление теплопередаче непрозрачных и светопрозрачных конструкций (объем строительных материалов) минимизируется:

$$\sum (R_{в_i} S_{в_i} + R_{ст_i} S_{ст_i}) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Система ограничений

Суммарное количество теплопотерь ΔQ_B через ограждающие конструкции соответствует классу энергоэффективности здания и является неизменным:

$$\Delta Q_B = \sum \Delta Q_{гр_i} = \text{const}. \quad (3)$$

Объем здания при этом остается постоянным:

$$V_B = \text{const}. \quad (4)$$

Количество утеплителя, объем строительных работ минимизируется, при этом ограничиваются геометрические параметры сопротивления теплопередаче утеплителя соответственно [3]:

$$0,6 \leq R_{в_i} \leq 1,3, \quad 2,8 \leq R_{ст_i} \leq 7. \quad (5)$$

В зависимости от типа здания уточняются параметры ограничения, где t_{ζ_i} – фактическая температура наружного воздуха (град); $t_{вi}$ – температура внутреннего воздуха (град); r_i – альbedo поверхности грани здания; $I_{сп_i}$ – энергетическая освещенность воздуха коротковолновой радиацией ($\text{Вт}/\text{м}^2$); $\alpha_{\text{сп}i}$ – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью ограждающей конструкции и наружным воздухом; $R_{ст_i}$ – сопротивление теплопередаче непрозрачных ограждающих конструкций ($\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$); $N_{\text{дiб}}$ – количество суток отопительного периода; $R_{в_i}$ – сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций ($\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$); ζ_i – коэффициент, учитывающий затенение оконного проема непрозрачными элементами; ε_{o_i} – коэффициент относительного поступления солнечной радиации для светопрозрачных конструкций; $g = \zeta_i \cdot \varepsilon_o$ – фактор остекление окон.

Для расчетов оптимальных разработан ППП *Optimparam* (рис. 3). Решение данной задачи сводится к оптимизации нелинейной функции с использованием компьютера по нескольким переменным методом Хука-Дживса.

В зависимости от решаемой задачи возможно оптимизировать как один параметр так и несколько параметров зданий.

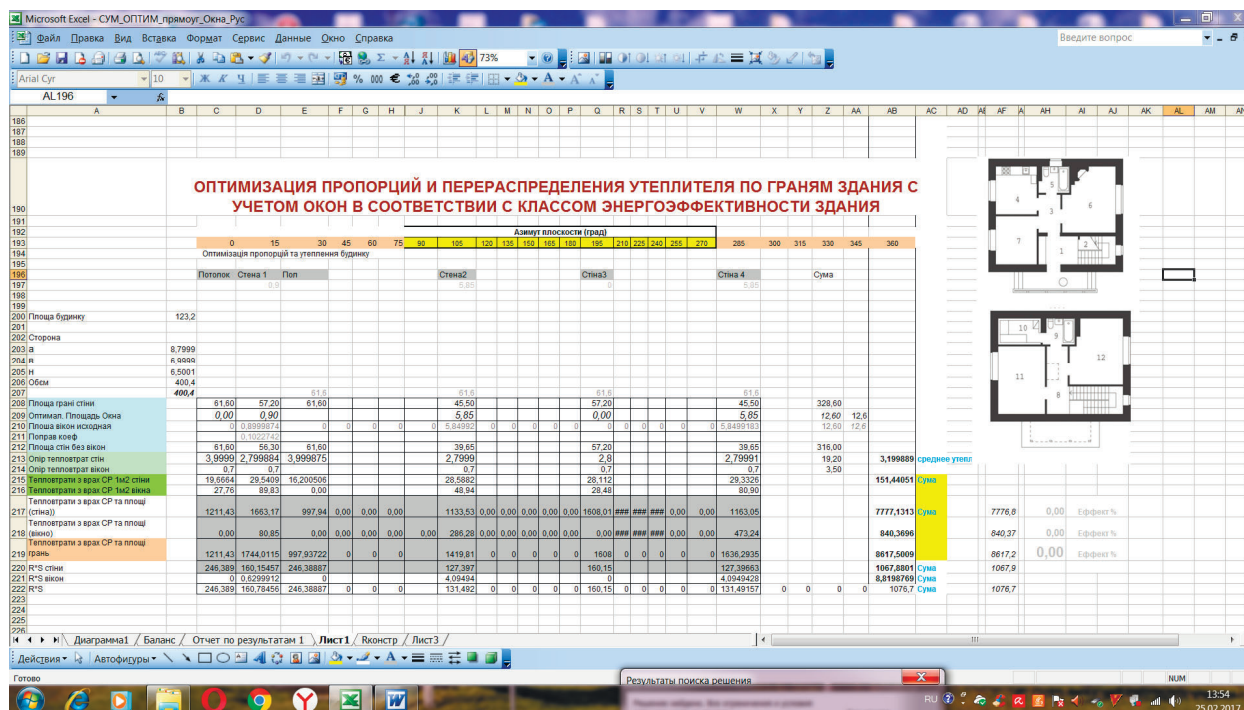


Рисунок 3 – Расчет оптимальных параметров зданий

Вывод

Разработан аналитический способ и комплекс программ *Optimparam* для оптимизации параметров

зданий гранной геометрической формы заданного класса энергоэффективности в учебно-жилых комплексах по критерию минимизации использования объема строительных материалов.

Литература

1. Маркус Т. А. Здания, климат и энергия / Т. А. Маркус, Э. Н. Морис. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 540 с.
2. Табуничиков Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табуничиков М. М. Бродач. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2002. — 194 с.
3. Мартинов В. Л. Геометричне моделювання параметрів енергоактивних житлових будинків / В. Л. Мартинов // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование». – Харьков, 2009. – С. 153–158.
4. Сергейчук О. В. Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності / О. В. Сергейчук // Матеріали VI Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. – С. 44–49.
5. Сергейчук О. В. Оптимізація форми енергоефективної будівлі, зовнішня оболонка якої n-параметрична поверхня / О. В. Сергейчук // Матеріали VII Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне моделювання та комп'ютерний дизайн». – Сімферополь, 2010. – С. 150–155.
6. Мартинов В. Л. Багатопараметрична оптимізація граничних енергоефективних будівель / В. Л. Мартинов // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Геометричне моделювання, комп'ютерні технології та дизайн: теорія, практика, освіта». – Ужгород, 2011. – С. 135–139.

Стаття надійшла в редколегію 08.04.2017

Мартинів Вячеслав Леонідович

Доктор технічних наук, професор

Київський національний університет будівництва і архітектури

Ікхалеа Едесірі Бріджет

Студентка

Київський національний університет будівництва і архітектури

**МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ БУДИНКУ ЗАВДАНЬ
КЛАСА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В НАВЧАЛЬНО-ЖИТЛОВИХ УНІВЕРСИТЕТСЬКИХ КОМПЛЕКСАХ
(КАМПУСАХ)**

***Анотація.** Для проектування будівель заданого класу енергоефективності пропонується аналітичний спосіб визначення оптимальних параметрів: пропорцій будівель, рівня опору теплопередачі непрозорих і світлопрозорих огорожувальних конструкцій, площі вікон і їх розташування на гранях будівлі для забезпечення заданого теплоенергетичного балансу будівлі з точки зору тепловтрат і теплонадходження від сонячної радіації через огорожувальні конструкції. При цьому можлива оптимізація як одного так і декількох параметрів одночасно. Розроблено комплекс прикладних програм для швидкого вирішення в ході архітектурного проектування.*

***Ключові слова:** Університетський комплекс; оптимальні параметри будівлі; клас енергоефективності будівлі; моделювання параметрів*

Viacheslav Martynov

Doctor of technical sciences, professor

Kiev National University of construction and architecture (KNUCA), Kyiv

Ikhalea Edesiri Bridget

Student

Kiev National University of construction and architecture (KNUCA), Kyiv

**MODELING OF OPTIMUM PARAMETERS OF THERMAL INSULATION SHELL OF BUILDINGS OF ENERGY
EFFICIENCY ENERGY EFFICIENCY IN STUDY-RESIDENTIAL UNIVERSITY COMPLEXES (CAMPUSES)**

***Abstract.** For the design of buildings of a given class of energy efficiency, an analytical method is proposed for determining the optimal parameters: the proportions of buildings, the level of resistance to the heat transfer of opaque and translucent enclosing structures, the area of windows and their location on the sides of the building to provide the given heat and energy balance of the building (heat loss and heat input from solar radiation through enclosing structures). It is possible to optimize one or several parameters simultaneously. A set of application programs for a quick solution in the course of architectural design was developed.*

***Keywords:** University complex; optimal building parameters; energy efficiency class of the building; parameter modeling*