

in the Donetsk region”, *Materialy mizhnarodnoj konferentsij “Forum girnykiv – 2012”*, 3-6 zhovtnya [Proceedings of the International Conference "Forum miners - 2012", October 3-6], – Dnipropetrovsk. – State Higher Educational Institution "National Mining University". – pp. 84–89. [in Ukrainian]

Авторы благодарны Государственному предприятию «Донецкая областная дирекция по ликвидации убыточных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий» (ГП «Донуглереструктуризация») за предоставленные материалы.

08.11.2013.

УДК 622.833

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. Л. Мартынов

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: ddd151@yandex.ru

Для повышения энергоэффективности административных, производственных зданий горного производства, сохранения окружающей среды разработан способ оптимизации геометрических параметров зданий гранной формы с точки зрения минимизации теплового баланса ограждающих конструкций здания с окружающей средой в течение отопительного периода. Оптимизация параметров здания в г. Комсомольск сократила теплопотери на 10,43 %.

Ключевые слова: оптимизация параметров здания, горное производство, гранная форма, геометрическое моделирование, тепловой баланс, повышение энергоэффективности.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА

В. Л. Мартинов

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ddd151@yandex.ru

Для підвищення енергоефективності виробничих, адміністративних будівель гірничого виробництва, збереження навколишнього середовища розроблено спосіб оптимізації геометричних параметрів будинків гранної форми з точки зору мінімізації теплового балансу огорожувальних конструкцій будівлі з оточуючим середовищем протягом опалювального періоду. Оптимізація параметрів будівлі у м. Комсомольск скоротила тепловтрати на 10,43 %.

Ключові слова: оптимізація параметрів будівлі, гірниче виробництво, гранна форма, геометричне моделювання, тепловий баланс, підвищення енергоефективності.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В настоящее время до 40 процентов энергоносителей в Украине расходуется на отопление и горячее водоснабжение зданий. Это относится также к административным и производственным зданиям горно-го производства.

Украина значительно уступает экономически развитым странам в вопросах рационального использования энергоресурсов. Так, сегодня на выпуск товарной продукции в среднем расходуется в Западной Европе – 0,5 кг у. т. на 1 доллар продукции, в США – 0,8, в Украине – 1,4. В Украине в 2–3 раза больше, чем в странах Западной Европы расходуется тепла на отопление равной производственной, жилой площади.

При проектировании зданий возникает задача повышения их энергоэффективности и оптимизации теплоэнергетического воздействия наружного климата (температуры, солнечной радиации, ветра) на тепловой баланс здания. Это возможно за счет:

- оптимизации формы здания (пропорций) и ориентации;
- расположения и площади световых проемов;
- оптимального распределения утеплителя по ограждающим конструкциям.

Удачный выбор формы и пропорций здания, расположения светопроемов, перераспределение утеплителя дает возможность увеличить воздействие солнечной радиации на оболочку здания в течение отопительного периода и уменьшить затраты на отопление.

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. 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 и предлагался способ оптимизации многогранной формы энергоэкономичных зданий, но вопрос оптимального расположения окон и выбор их площади не рассматривался.

Цель работы. Для повышения энергоэффективности зданий предложить способ оптимизации формы многогранных зданий, сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, оптимального расположения окон. Критерий оптимизации – минимизация теплового баланса ограждающих конструкций с окружающей средой за отопительный период.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для расчетов оптимальных параметров многогранного здания (переменными являются параметры здания) составляется тепловой баланс каждой ограждающей конструкции с окружающей средой [6].

Площадь окон можно найти по формуле:

$$S_{окi} = f(S_{пол} \cdot N_{эт} \cdot F \cdot P_i), \quad (1)$$

где $S_{\text{пол}} = f(a, b, r_0, a)$ – площадь пола этажа, которая зависит от параметров пропорций здания; $N_{\text{эт}}$ – количество этажей в здании; F – соотношение площади окон к площади пола этажа (от 0,2 до 0,125); P_i – коэффициент остекления грани здания (от 0 до 1).

Математическую модель теплового баланса грани здания можно представить в виде нелинейной функции с несколькими переменными.

Целевая функция теплового баланса грани, согласно [6], определяется

$$\Delta Q_i = \left[\frac{1}{R_{\text{ст}_i}} \right] \cdot [S_{\text{ст}_i}] \cdot (t_{\text{в}_i} - (t_{\text{н}_i} + \frac{r_i \cdot I_{\text{сп}_i}}{\alpha_{\text{нст}_i}})) \cdot N_{\text{сут}} + \left[\frac{1}{R_{\text{ок}_i}} \right] \cdot S_{\text{ок}_i} \cdot D_{d_i} - Q_{\text{сп}_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \epsilon_{\text{ок}_i} \cdot S_{\text{ок}_i} . \quad (2)$$

Тепловой баланс ограждающих конструкций здания

$$\Delta Q_{\text{зд}} = \sum \Delta Q_i , \quad \Delta Q_{\text{зд}} \rightarrow \min . \quad (3)$$

Система ограничений:

– суммарное количество утеплителя и площадь окон остаются неизменными, ограничиваются параметры сопротивления теплопередаче утеплителя и площадь окон на каждой из граней

$$\sum R_{\text{ст}_i} \cdot S_{\text{ст}_i} + \sum R_{\text{ок}_i} \cdot S_{\text{ок}_i} = \text{const} . \quad (4)$$

– сопротивление теплопередаче окон $R_{\text{ок}_i}$ и стен $R_{\text{ст}_i}$ нормируется [9] при следующих ограничениях:

$$0,6 \leq R_{\text{ок}_i} \leq 0,75 \quad 3,3 \leq R_{\text{ст}_i} \leq 7 , \quad (5)$$

$$\sum S_{\text{ок}_i} = \text{const} \quad (6)$$

$$V = abh = \text{const} . \quad (7)$$

В формулах (1) – (7):

$t_{\text{в}_i}, t_{\text{н}_i}$ – температуры внутреннего и наружного воздуха;

r_i – коэффициент поглощения солнечной радиации поверхностью грани;

$Q_{\text{сп}_i}$ – энергетическая освещенность грани коротковолновой радиацией за отопительный период;

$I_{\text{сп}_i}$ – интенсивность энергетической освещенности грани коротковолновой радиацией в течение отопительного периода;

$A_{\text{зд}}$ – азимут здания;

$\alpha_{\text{нст}_i}$ – коэффициент теплообмена между наружной поверхностью ограждения и наружным воздухом;

$S_{ст_i}$ – площа непрозрачної грани огоражуючих конструкцій;

$R_{ст_i}$ – сопротивление теплопередаче непрозрачных огоражуючих конструкцій;

$N_{сут}$ – количество суток отопительного периода;

$R_{ок_i}$ – сопротивление теплопередаче светопрозрачных огоражуючих конструкцій;

D_{di} – количество градусо-суток отопительного периода;

ζ_i – коэффициент, учитывающий затенение оконного проема непрозрачными элементами;

$\varepsilon_{ок_i}$ – коэффициент относительного проникновения солнечной радиации для светопрозрачных конструкций;

K_i – коэффициент реальных условий облачности, которые влияют на поступление солнечной радиации.

Решение данной задачи сводится к оптимизации нелинейной функции с использованием ЭВМ с несколькими переменными методом Хука-Дживса.

Для исследования рассматривалась здание объемом $V = 400,4 \text{ м}^3$ в виде прямоугольного параллелепипеда, которое расположено в г. Комсомольск (50-й градус северной широты). Азимут здания $A_{зд} = 195$ градусов (рис. 1). Азимуты вертикальных стен $A_{ст_1} = 15^\circ$, $A_{ст_2} = 105^\circ$, $A_{ст_3} = 195^\circ$, $A_{ст_4} = 285^\circ$.

Здание имеет следующие параметры: три переменные параметра формы ($a = 8,82 \text{ м}$, $b = 7 \text{ м}$, $h = 6,5 \text{ м}$ по внутренней поверхности конструкций), шесть параметров сопротивления теплопередаче непрозрачных огоражуючих конструкций каждой из граней $R_{ст_1} = 3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ст_2} = 3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ст_3} = 3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ст_4} = 3,3 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{кр} = 5,35 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{пол} = 3,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, пять параметров площади окон каждой из граней $S_{ок_1} = 0,9 \text{ м}^2$, $S_{ок_2} = 5,85 \text{ м}^2$, $S_{ок_3} = 0 \text{ м}^2$, $S_{ок_4} = 5,85 \text{ м}^2$, $S_{оккр} = 0 \text{ м}^2$, пять параметров сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций на каждой из граней $R_{ок_1} = 0,65 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ок_2} = 0,65 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ок_3} = 0,65 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ок_4} = 0,65 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{оккр} = 0,65 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

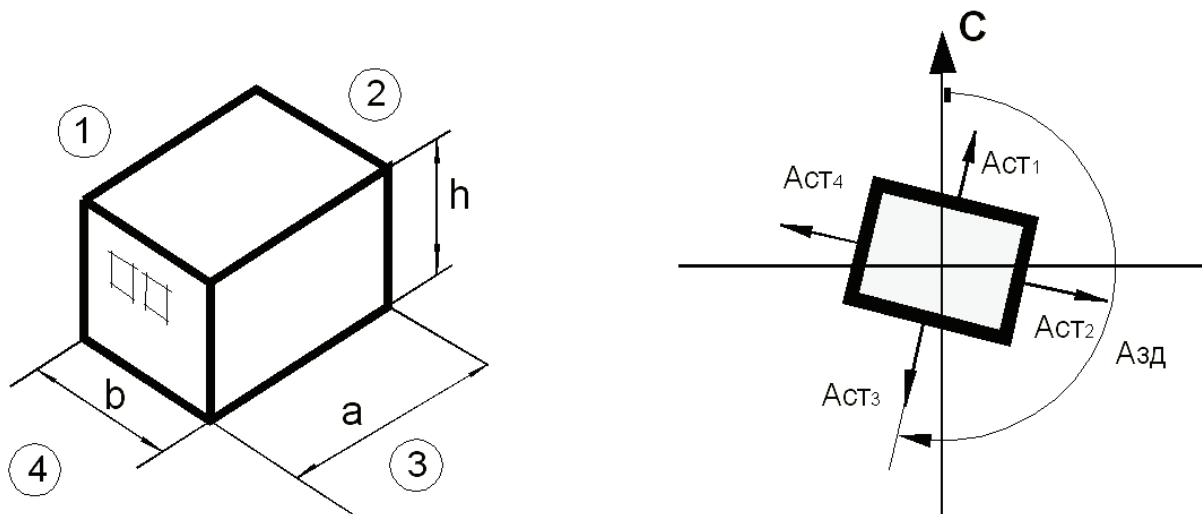


Рисунок 1 – Азимутальная ориентация здания

ІННОВАЦІЇ, ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГІЙ ТА КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЯ НАУКОВИХ РОЗРОБОК

Для оптимізації параметрів енергоефективних зданий розроблена програма *OPTIMPARAM*.

Оптимізовано три групи параметрів: параметри форми здания (a, b, h), опору теплопередачі огорожуючих конструкцій $R_{стj}$, $R_{окi}$ і площі $S_{окi}$ світлопрозорчих конструкцій кожної грани. В результаті скорочення тепловтрат через огорожуючі конструкції становило 10,43 процента (рис. 3).

Оптимізовані параметри форми складають: $a = 7,67$ м, $b = 7,66$ м, $h = 6,82$ м; параметри опору теплопередачі огорожуючих конструкцій: $R_{ст1} = 3,97 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ст2} = 3,84 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ст3} = 3,72 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{ст4} = 3,91 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{кр} = 3,79 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, $R_{пол} = 3,53 \text{ м}^2\text{К/Вт}$; параметри площі вікон: $S_{ок1} = 0,6 \text{ м}^2$, $S_{ок2} = 2,4 \text{ м}^2$, $S_{ок3} = 4,8 \text{ м}^2$, $S_{ок4} = 1,8 \text{ м}^2$, $S_{оккр} = 3,0 \text{ м}^2$.

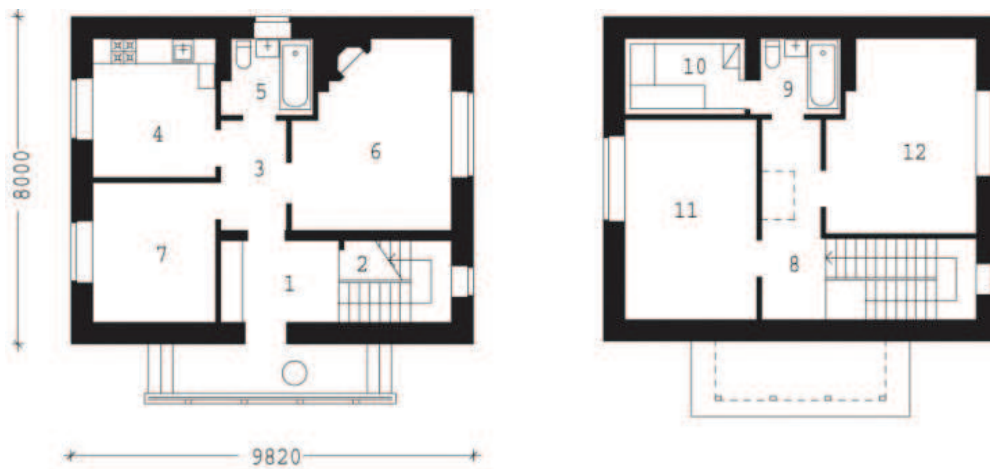


Рисунок 2 – План першого і другого етажів здания



Рисунок 3 – Оптимізація пропорцій здания, розподілення утеплителя і розположення вікон

ВЫВОДЫ. Разработан компьютеризованный способ повышения энергoeffективности административных, производственных зданий горного производства за счет оптимизации параметров гранных зданий (параметров формы, сопротивления теплопередаче светопрозрачных и непрозрачных ограждающих конструкций каждой грани, площади окон на каждой грани здания) по критерию минимизации теплового баланса ограждающих конструкций здания с окружающей средой за отопительный период с учетом теплоэнергетического воздействия наружного климата.

Повышение энергоэффективности здания в форме прямоугольного параллелепипеда в г. Комсомольск сократило теплопотери на 10,43 процента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Здания, климат и энергия / Т.А. Маркус, Э.Н. Морис. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 540 с.
2. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, 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 енергoeffективної будівлі, зовнішня оболонка якого 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 гранних енергoeffективних 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.

BUILDING ENERGY EFFICIENCY MINING INDUSTRY

V. Martynov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: ddd151@yandex.ru

To improve energy efficiency of industrial, administrative buildings of mining production, environmental conservation developed a method for optimizing the geometric parameters of buildings hexagonal shape in terms of minimizing the heat balance of the building envelope with the environment during the heating period. Optimization of the parameters of the building in Komsomol'k cut heat loss by 10.43 per cent.

Key words: optimization of the parameters of the building, mining industry, hexagon shape, geometric modeling, heat balance, improving energy efficiency.

REFERENCES

1. Markus, T.A., Maurice, J.E. (1985), *Zdanija, klimat i energija* [Buildings, climate and energy], Gidrometeoizdat, Leningrad, Russia.
2. Tabunschikov, Y.A., Brodach, M.M. (2002), *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya teplovoi effektivnosti zdanii* [Mathematical modeling and optimization of thermal efficiency of buildings], AVOK-PRESS, Moscow, Russia.
3. Martynov, V.L. (2009), “Geometric modeling parameters power-houses”, *Proceedings of the VI International Scientific Conference "Geometrical modeling and computer technologies: theory, practice and education*, pp. 153–158, Kharkiv, Ukraine.
4. Sergeychuk, O.V. (2009), “Optimization of isolation coating distribution on the building surface with the efficiency class specified”, *Proc. VI Int. Crimean Sci. Conf. «Geometrical and computer design: energysavings, ecology, design»*, pp. 44–49, Kharkiv, Ukraine.
5. Sergeychuk, O.V. (2010), “Optimization of configuration of energy-efficient buildings with an external side as n-faced surface”, *Proc. VI Int. Crimean Sci. Conf. «Geometric modelling and computer design»*, pp. 150–155, Simferopol, Ukraine.
6. Martynov, V.L. (2011), “Multiparameter optimization of edge energy-efficient buildings”, *Proc. VII Int. Sci. Conf. "Geometric modelling, computer technology and design: theory, practice and education"*, pp. 135–139, Uzhgorod, Ukraine.

Стаття надійшла 11.11.2013.