

УДК 721.011.1.:697.7.004.18

**ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ,  
ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ**

***Береговой Александр Маркович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*доктор технических наук, профессор кафедры «Городское строительство и архитектура».*

***Кондрашова Ксения Эдуардовна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*студент.*

***Кондрашина Ирина Алексеевна,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*студент.*

**Аннотация**

Рассмотрены энергоэкономичные объемно-планировочные и конструктивные решения по блокированию зданий, использованию тепла земляного массива путем варьирования показателя компактности формы подземных помещений и устройства в них каналов для циркуляции воздуха. Для рассмотренных решений по экономии тепловой энергии дана оценка эффекту энергосбережения.

**Ключевые слова:** энергоэффективность зданий, возобновляемые источники энергии, объемно-планировочное решение, блокирование зданий, компактность подземного пространства.

# FACTORS OF INFLUENCE ON ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS, USING RENEWABLE SOURCES OF ENERGY

***Beregovoy Alexander Markovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Doctor of Sciences, Professor of the department “Urban Construction and Architecture”.*

***Kondrashova Kseniya Eduardovna,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*student.*

***Kondrashina Irina Alekseevna,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*student.*

## **Abstract**

Energy-efficient space-planning and structural solutions are considered for blocking buildings, for using the heat of the earth massif by varying the index of compactness of the form of underground spaces and by means of the arrangement of channels for air circulation in them. For the considered solutions on saving thermal energy is given evaluation of the effect of energy saving.

**Keywords:** energy efficiency of buildings, renewable sources of energy, space-planning decision, blocking of buildings, compactness of underground space.

Задача проведенного исследования заключается в анализе энергоэкономичных архитектурно-строительных решений и оценке эффекта энергосбережения в здании при их использовании.

В нормативных документах по тепловой защите зданий предусматривается, что основная доля экономии тепловой энергии может быть получена или за счет значительного увеличения термического сопротивления наружных ограждающих конструкций, или путем учета ряда геометрических параметров здания, а также процесса воздухообмена в помещениях [1]. При

этом недостаточно используются возможности оптимизации объемно-планировочных решений для повышения эффекта энергосбережения в зданиях и практически полностью игнорируется применение альтернативных источников энергии, за исключением той небольшой доли тепла, которая поступает в виде солнечной радиации через конструкции окон в помещения здания. Эта доля тепла зависит от его ориентации, и значительный объем внутреннего пространства дома освещается не прямым солнечным потоком, а только его рассеянной или отраженной составляющей.

По результатам выполненных в Пензенском регионе натурных обследований тепловой защиты зданий и работ авторов из других областей проведены исследования, направленные на повышение энергоэффективности в строительстве [2-5]. При этом установлено:

1. По удельной величине тепловой энергии на отопление  $q_h^{\text{des}}$  обследованные здания, построенные до 1995 г., существенно (в 1,6-2,2 раза) уступают нормативным требованиям.

2. Показатель  $q_h^{\text{des}}$  уменьшается с увеличением ширины корпуса и сопротивления теплопередаче наружных ограждений  $R_o$ . Однако в диапазоне относительно больших величин  $R_o$  и в пределах существенного увеличения ширины здания отмечается значительное снижение скорости роста его энергоэффективности. Так скорость уменьшения величины  $q_h^{\text{des}}$  на каждую единицу роста сопротивления теплопередаче наружной стены в диапазоне его значений 3,0...3,5 в 4,35 раза меньше, чем в пределах значений 0,83...3,0. На каждый метр уширения корпуса дома в диапазоне 20...22 м скорость уменьшения величины  $q_h^{\text{des}}$  в 4,8 раза меньше, чем в пределах ширины здания 11...20,0 м.

В процессе дальнейших исследований дана оценка энергоэкономичности отдельных планировочных схем блокирования зданий и их объемно-планировочных решений зданий с учетом использования такого альтернативного источника энергии, как тепло верхних слоев земли.

Эффективность достаточно сложных схем блокирования зданий определялась по формулам [6]:

$$i = S_0^{\text{бл}} / S_0 = (6Nx^2 - 2nx^2) / 6Nx^2 = 1 - n / 3N \quad (1)$$

$$i = \frac{\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}} - \sum 2S_{\text{нп}}}{\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}}} = 1 - \frac{\sum 2S_{\text{нп}}}{\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}}}, \quad (2)$$

где  $S_0$  и  $S_0^{\text{бл}}$  – соответственно площади наружных ограждений отдельно стоящих объектов и сблокированного из них здания;

$N$  – число отдельных объектов кубической формы;

$n$  – число вновь образованных внутренних граней параллелепипеда при блокировании объектов;

$\sum S_{\text{нп}}^{\text{отд}}$  – сумма площадей наружных ограждающих конструкций отдельно стоящих зданий;

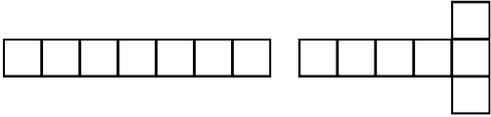
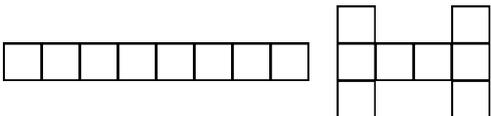
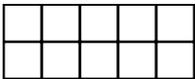
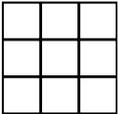
$\sum 2S_{\text{нп}}$  – удвоенная сумма площадей вновь образованных внутренних граней параллелепипеда; при несовпадении площадей ограждений по грани блокирования принимается удвоенная величина меньшей из двух площадей

Формулы (1) и (2) использовались при блокировании соответственно объектов кубической и прямоугольной формы.

Эффективность некоторых схем блокирования зданий, имеющих одинаковую наружную оболочку, показана в таблице 1.

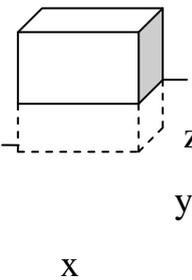
В ходе анализа энергоэкономичных объемно- планировочных решений зданий и особенностей поступления тепла к их подземным помещениям было установлено, что в отличие от надземной части дома уменьшение коэффициента компактности подземного пространства представляет собой скорее неблагоприятный фактор влияния на его тепловую эффективность [6].

Таблица 1 – Эффективность блокирования зданий

Схемы блокирования	Число сблокированных объектов $N$	Число образованных внутренних граней $n$	Критерий эффективности блокирования $i$
	7	6	0,714=28,6%
	8	7	0,708=29,2%
	10	13	0,57=43,3%
	9	12	0,56=44,4%

Данные, приведенные в таблице 2, указывают, что с увеличением размеров подземного пространства здания эффективность использования тепла верхних слоев земли, выражаемая отношением  $S_{огр} / V$ , может уменьшиться, причем наиболее заметно с ростом вертикального размера  $z$  подземного пространства. Например, при увеличении высоты пространства с 2 до 3,5 м эффективность использования тепла понижается в 1,4 раза. Однако для отношения  $S_{огр}/S_{п}$  она с увеличением параметра  $z$ , напротив, заметно возрастает.

Таблица 2 – Зависимость показателя компактности подземного пространства  $K_{\Pi} = S_{\text{орг}}/V$  от его геометрических параметров

Схема подземного пространства	$z$	$K=S_{\text{орг}}/V$	$S_{\text{орг}}/S_{\Pi}$
 <p><math>x = 10</math> <math>y = 50</math> <math>z</math> <math>x</math></p>	2	0,74	1,48
	2,5	0,64	1,60
	3	0,57	1,72
	3,5	0,53	1,84

Примечание. Показателями  $S_{\text{орг}}$ ,  $V$ ,  $S_{\Pi}$  обозначены соответственно суммарная площадь поверхности, объем и площадь подземного пространства.

Оценку энергоэффективности использования тепла верхних слоев земли производили для одноэтажного жилого дома, имеющего тонкостенные ( $\delta_{\text{ст}}=10\text{мм}$ ) бетонные каналы, расположенные под полом подвального помещения [7].

Циркуляция воздуха в каналах осуществлялась с помощью вентилятора.

Температуру  $t_x$ , °С, нагреваемого воздушного потока в сечении  $x$  каналов определяли по формуле Богословского В.Н., использованной им для расчета среднесуточной температуры воздушных прослоек ограждающих конструкций [8]:

$$t_x = t_c - (t_c - t_n) \cdot e^{-Ax}$$

В расчетной модели использовали следующие исходные данные: расчетная температура наружного воздуха  $t_n = -30^\circ\text{C}$ ; температура подвального помещения  $t_{\Pi} = +14^\circ\text{C}$ ; температура слоя земли  $t_c = +5^\circ\text{C}$ ; средняя скорость воздуха в каналах 1,08 м/с, разница по высоте между центрами входа и выхода воздуха в каналах 2 м. Оптимизируемыми факторами с учетом принятого в расчете расхода воздуха были приняты сечение каналов и их количество.

В результате решения этой модели было определено необходимое количество воздуха для отопления (в системе воздушного отопления этого

дома)  $G_1 = 661,2$  кг/ч; при этом было установлено, что температура воздуха на выходе каналов в помещение  $t_{\text{вых}}$  зависит от количества последних: например, при наличии одного канала размером 20 x 100 см  $t_{\text{вых}} = -25,3$  °С, а при размещении восьми каналов размером 10 x 25 см  $t_{\text{вых}} = -12$  °С.

Расход тепла на нагревание воздуха в обычной системе воздушного отопления этого дома (без использования тепла земли) составляет 49590 кДж/ч, а количество тепла, поступающего из земли, на нагрев воздуха в каналах – 13052 кДж/ч.

Результаты проведенного исследования показали:

1. При блокировании однотипных зданий может быть получен эффект экономии тепловой энергии до 44 %.

2. Эффективность использования тепла земляного массива под зданием находится в зависимости:

- от геометрических размеров подземного помещения;
- от числа вентилируемых бетонных каналов, расположенных под полом подвального помещения.

#### **Библиографический список:**

1. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: НИИСФ РААСН, 2012. 95 с.

2. Береговой А.М., Береговой В.А., Мальцев А.В., Петрянина М.А. Тепловая эффективность эксплуатируемых жилых зданий // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 107-111.

3. Езерский В.А., Монастырев П.В., Клычников Р.Ю. Техно-экономическая оценка термомодернизации жилых зданий. М.: АСВ, 2011. 176 с.

4. Береговой А.М., Береговой В.А. Энергосбережение в индивидуальном жилом доме при использовании тепла верхних слоев земли // Известия вузов. Строительство. 2008. № 10. С. 54-58.

5. Береговой А.М., Викторова О.Л., Береговой В.А. Показатели эффективности в системном анализе теплопотерь через энергосберегающие наружные ограждения // Известия Вузов. Строительство. 2009. № 5. С. 57-61.

6. Береговой А.М., Гречишкин А.В., Береговой В.А. Энергоэкономичные и энергоактивные здания в архитектурно-строительном проектировании. Изд. 3-е, перераб. и доп. Пенза, ПГУАС, 2012. 200 с.

7. Береговой А.М., Береговой В.А., Гречишкин А.В., Викторова О.Л. Эффективность использования тепла земли подземным пространством здания // Жилищное строительство. 2011. № 1. С. 30-31.

8. Богословский В.Н. Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1982. 415 с.