

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЗДАНИЯ НА ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

**Абакумова К.А., Подковырин В.С.,
научный руководитель д-р техн. наук Назиров Р.А.
Сибирский Федеральный Университет**

Эксплуатация любого здания связана с расходом необходимой энергии на отопление, вентиляцию, нагрев воды, освещение и питание различных бытовых приборов. Стоимость энергии является основной частью затрат по содержанию здания. Она зависит от потребления энергии, а оно может быть ниже, если здание спроектировано и построено с учетом мероприятий по энергоэффективности.

Необходимо учитывать, что возобновляемость природных ресурсов протекает гораздо медленнее, чем их потребление, а преобразование энергии загрязняет нашу среду (диоксид углерода и другие газы, пыль, жидкие выбросы, заражение воды). Таким образом, экономить ресурсы и заботиться об окружающей среде следовало начать еще вчера.

Энергетическая эффективность - характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Затраты энергетических ресурсов – расход тепловой энергии на отопление.

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода Q_h^y , МДж, определяется по формуле

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) * \nu * \zeta], \quad (1)$$

где Q_h - общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж;

Q_{int} - бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж;

Q_s - теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж;

ν - коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций;

ζ - коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления;

β_h - коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплопотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплопотерями трубопроводов.

Из формулы (1) видно, что чем больше Q_h , тем больше требуется тепловой энергии на отопление здания.

Общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, Q_h , МДж, определяются по формуле

$$Q_h = 0,0864 K_m * D_d * A_1^{sum}, \quad (2)$$

где K_m – общий коэффициент теплопередачи здания;

D_d – градусо-сутки отопительного периода;

A_1^{sum} – общая площадь наружных ограждающих конструкций.

Наибольшее влияние на Q_h оказывает A_1^{sum} , следовательно, чем меньше общая площадь наружных ограждающих конструкций, тем меньше теплопотери.

Исходя из выше сказанного, введем коэффициент, благодаря которому мы можем сравнить, оценить здания, либо выбрать их оптимальные габариты в зависимости от энергетической эффективности:

$$E = S_{\text{пол}} / S_{\text{огр.констр.}}$$

где E – энергетическая эффективность здания;

$S_{\text{пол}}$ – полезная площадь здания;

$S_{\text{огр.констр}}$ – площадь ограждающих конструкций.

Преобразуем эту формулу для различных конфигураций зданий:

1. Здание с круглой формой плана:

- одноэтажное $E = S_{\text{пол}} / S_{\text{огр.констр}} = \pi r^2 / (2\pi r * h + \pi r^2 * 2) = \frac{0,5r}{h+r}$;

- многоэтажное $E = S_{\text{пол}} / S_{\text{огр.констр}} = \pi r^2 * n / (2\pi r * h * n + \pi r^2 * 2) = \frac{0,5r * n}{h * n + r}$;

где r – радиус круга;

h – высота этажа;

n – количество этажей.

2. Здание с квадратной формой плана:

- одноэтажное $E = S_{\text{пол}} / S_{\text{огр.констр}} = a^2 / (4a * h + a^2 * 2) = \frac{0,5a}{2h+a}$;

- многоэтажное $E = S_{\text{пол}} / S_{\text{огр.констр}} = a^2 * n / (4a * h * n + a^2 * 2) = \frac{0,5a * n}{2h * n + a}$;

где a – сторона квадрата.

3. Здание с прямоугольной формой плана:

- одноэтажное $E = S_{\text{пол}} / S_{\text{огр.констр}} = a * b / ((2a+2b) * h + ab * 2) = \frac{0,5a * b}{(a+b) * h + a * b}$;

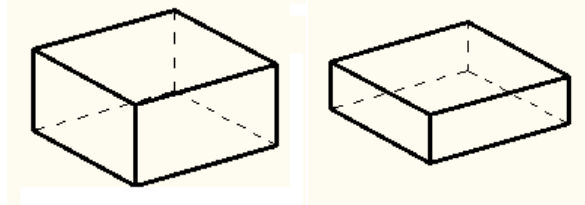
многоэтажное $E = S_{\text{пол}} / S_{\text{огр.констр}} = a * b * n / ((2a+2b) * h * n + ab * 2) = \frac{0,5a * b * n}{(a+b) * h * n + a * b}$;

где a и b – ширина и длина прямоугольника соответственно.

Рассмотрим способы, благодаря которым можно увеличить энергоэффективность здания, за счет уменьшения площади ограждающих конструкций.

1. Высота этажа:

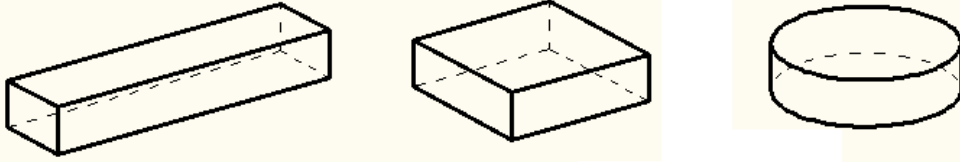
Планировка	$S_{\text{пол.}}, \text{ м}^2$	Габариты плана, м	Высота, м	$S_{\text{огр.констр.}}, \text{ м}^2$	E
Квадрат	100	10x10	5	400	0,25
Квадрат	100	10x10	3	320	0,31



Чем меньше высота этажа, тем больше энергоэффективность, при этом минимальные размеры h регламентируются в нормах.

2. Геометрия плана:

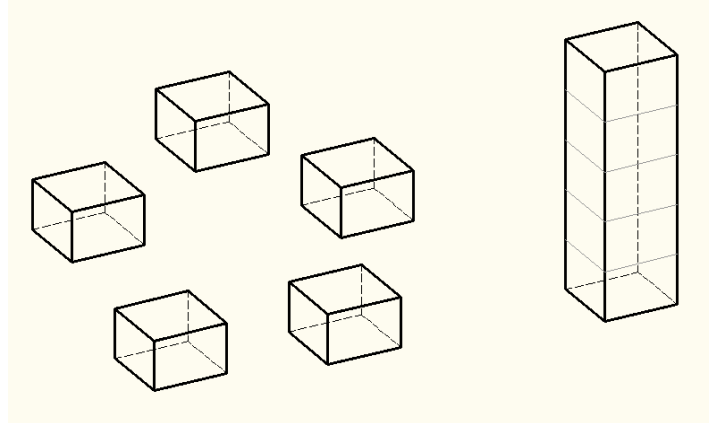
Планировка	$S_{\text{пол.}}, \text{м}^2$	Габариты плана, м	Высота, м	$S_{\text{огр.констр.}}, \text{м}^2$	Е
Прямоугольник	100	5x20	3	350	0,29
Квадрат	100	10x10	3	320	0,31
Круг	100	$r=5,64\text{м}$	3	306,26	0,33



Чем больше фигура приближается к кругу, тем больше энергоэффективность.

3. Этажность:

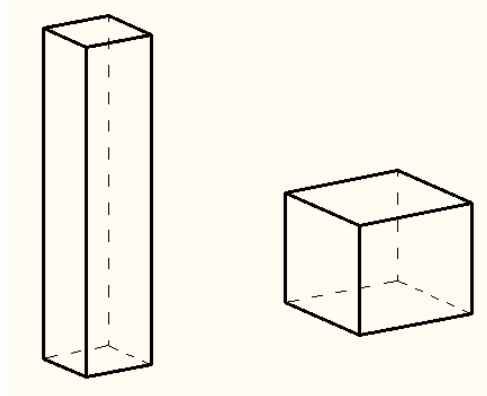
Планировка	Этажность	Кол.	$S_{\text{пол.}}, \text{м}^2$	Габариты плана, м	Высота, м	$S_{\text{огр.констр.}}, \text{м}^2$	Е
Квадрат	1	5	100	4,47	3	468,2	0,21
Квадрат	5	1	100	4,47	15	308,2	0,32



Одно пятиэтажное здание, по сравнению с пятью одноэтажными, с такими же габаритами этажа в плане, имеет большую энергоэффективность (за счет того, что у средних этажей тепло не уходит через пол и потолок).

4. Соотношение высоты и длины (ширины) здания:

Планировка	Этажность	$S_{\text{пол.}}, \text{м}^2$	Габариты плана, м	Высота, м	$S_{\text{огр.констр.}}, \text{м}^2$	Е
Квадрат	6	100	4,08	18	327,1	0,31
Квадрат	2	100	7,07	6	269,68	0,37

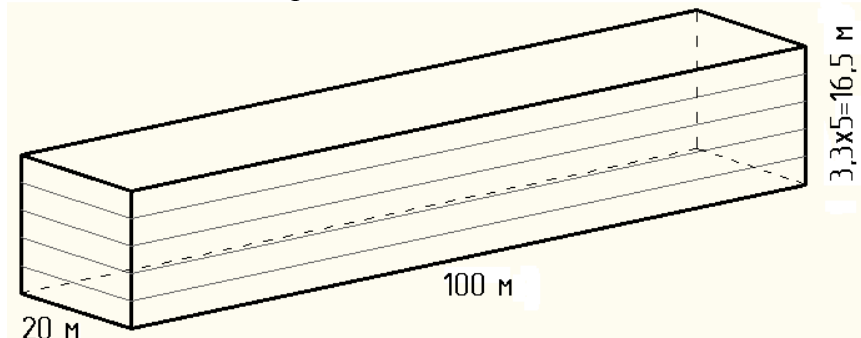


Уменьшение разницы между высотой и длиной (шириной) здания приводит к большей энергоэффективности.

Для наглядного примера влияния геометрии здания на энергоэффективность рассмотрим два варианта зданий с одинаковой площадью $S_{\text{пол.}}=10000\text{ м}^2$ (общий коэффициент теплопередачи здания K_M в формуле (2) условно принимаем равный 1):

1 вариант.

Типовое пятиэтажное здание габаритами в плане 100x20 м и высотой этажа 3,3 м.



$$S_{\text{пол.}} = 100 * 20 * 5 = 10000 \text{ м}^2;$$

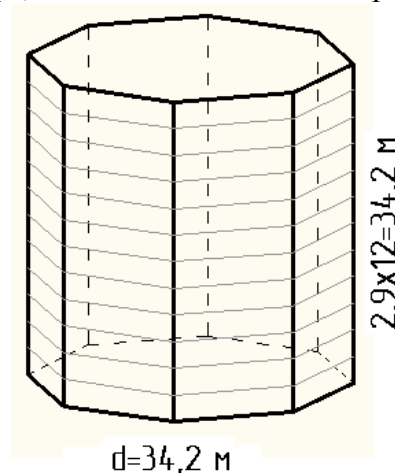
$$S_{\text{огр.кон.}} = (100 + 20) * 2 * (3,3 * 5) + 100 * 20 * 2 = 7960 \text{ м}^2;$$

$$E = 10000 / 7960 = 1,26;$$

$$Q_h = 0,0864 * 1 * 6454 * 7960 = 4\,438\,769 \text{ МДж} .$$

2 вариант.

С учетом всех вышесказанных способов мы предлагаем более энергоэффективное двенадцатиэтажное здание, имеющее в плане правильный восьмиугольник со стороной 13,1 метра (диаметр 34,2 метра) и высотой этажа 2,9 метра



$$S_{\text{пол.}} = 2 * kt^2 * 12 = (2 * 2,414 * 13,1^2) * 12 = 9942 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{огр.кон.}} = 13,1 * 8 * (2,9 * 12) + (2 * 2,414 * 13,1^2) * 2 = 5304 \text{ м}^2;$$

$$E = 9942 / 5301,34 = 1,87;$$

$$Q_h = 0,0864 * 1 * 6454 * 5304 = 2\,957\,646 \text{ МДж} .$$

Экономия составляет:

- 1 481 123 МДж (354 ГКал) тепловой энергии, что является 33,4%;
- 67,3 тонны угля за отопительный период (22 МДж тепловой энергии выделяется при сжигании 1 кг каменного угля);
- 100 950 рублей за отопительный период только по сырьевым материалам (стоимость 1 тонны угля 1500 рублей);
- 346 569 рублей на оплате отопления в жилом доме (стоимость 1 ГКал 979,01 рублей).

Выводы.

1. Ввели коэффициент энергоэффективности (E), благодаря которому мы можем сравнить, оценить здания, либо выбрать их оптимальные габариты.
2. Преобразовали формулу коэффициента энергоэффективности для различных конфигураций зданий.
3. Рассмотрели способы, благодаря которым можно увеличить энергоэффективность здания, за счет уменьшения площади ограждающих конструкций.
4. Рассмотрели два варианта зданий с одинаковой площадью, но разной конфигурацией для наглядного примера влияния геометрии здания на энергоэффективность.