

УДК 697.1(075.8)

## **АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДАНИЯ С ЭФФЕКТИВНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ**

**МАМЕДОВ Н.Я., АЛИЕВ Б.О.\***

*Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет  
ООО "Buxar Mühəndislik"\**

Одним из основных, если не главным, в современных условиях показателем здания является его теплофизическое качество. По этому показателю -теплозащите и энергопотреблению - здания, на наш взгляд, целесообразно классификация гражданских зданий по четырем классам:

1. С минимально допустимой по санитарно-гигиеническим требованиям теплозащитой наружных ограждений и повышенным энергопотреблением.
2. С экономически оптимальным уровнем теплозащиты и энергопотребления.
3. С эффективным использованием энергии и возможно повышенной теплозащитой.
4. С максимально возможной теплозащитой и минимальным использованием тепла (близким к режиму здания с замкнутым энергетическим циклом).

Реформирование современной республиканской экономики характеризуется отсутствием надежной информации о ценовой динамике, сложностью и противоречивостью инфляционных процессов, но, в то же время, четкой тенденцией перевода энергоносителей на мировые цены, так как это является исходной предпосылкой интеграции нашей республики в мировое экономическое сообщество. С другой стороны, ископаемое топливо на земле истощается и является невозобновляемым материальным источником.

В связи с этими двумя обстоятельствами, приоритетным становится третий класс зданий, где основные решения подчинены задаче эффективного использования и экономии энергии, а также применению ее возобновляемых источников. Иными словами - это такое здание, в котором предусмотрены оптимальные на перспективу инженерные методы и средства по эффективному использованию и экономии энергии, применению нетрадиционных теплоисточников.

Здания являются сложной тепломассообменной системой, его тепловой, воздушный и влажностный режим формируется под влиянием внешних климатических воздействий, внутренних поступлений, совместной работой защитной оболочки и инженерных систем обеспечения микроклимата, поэтому здание необходимо рассматривать как единую энергоаэродинамическую систему.

Последовательность проектирования оптимального отопления логически соответствует алгоритму - последовательности проектирования при создании современного здания с эффективным использованием энергии.

После выбора расчетных внутренних и наружных климатических условий существенным является выбор энергетически рациональных градостроительных, объемно - планировочных и конструктивных решений здания.

Прежде всего, здание, его теплозащитные свойства должны быть в энергетическом отношении наилучшими. Расчеты и опыт эксплуатации здания показывают, что выгоднее в два раза дополнительно утеплить и герметизировать здание, чем пытаться в плохо защищенном здании достичь такого же результата за счет совершенствования эффективности системы отопления.

Градостроительные решения применительно к рассматриваемому вопросу связаны с выбором формы и компактности застройки, а также места расположения источника застройки [1]. Наши расчеты показывают, что повышение плотности жилой застройки на 10% обеспечивает снижение суммарной теплопотребности на 5-7% по сравнению со стандартной застройкой. Рациональное размещение зданий относительно источника теплоснабжения дополнительно обеспечивает снижение бесполезных потерь еще на 15-20%.

Энергоэкономический эффект, достигаемый только за счет отмеченных градостроительных решений, оказывается существенным. При этом обеспечиваются дополнительные экономические и технологические преимущества, например на 2-3% снижается материалоемкость, а также повышается надежность системы энергообеспечения за счет сокращения ее общей протяженности.

Существенное сокращение потерь теплоты на отопление обеспечивает рациональная аэродинамика застройки. В частности, при уменьшении скорости ветра в зоне застройки можно сократить в 2-3 раза инфильтрационные теплопотери зданиями. В этих целях могут быть использованы специальные ветроломные щиты в виде лесонасаждений, рациональное строительное зонирование застройки по этажности со снижением обдуваемости отдельных зданий и другие приемы [2].

Выбор положения здания в застройке с точки зрения энергоэффективности связан с направлением доминирующих ветров зимой, косыми осадками на вертикальные ограждения, экранирующим действием и затенением солнечной радиации рядом расположенными зданиями, разрывами между ними.

Здания должны иметь теплоустойчивые ограждения с высоким сопротивлением теплопередаче. В энергоэкономичных зданиях коэффициенты теплопередачи стен ( $k_{ст.}$ ) и перекрытий ( $k_{пер.}$ ) должны быть уменьшены по сравнению с обычными решениями в 3-4 раза, т.е. до  $1,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  и ниже.

Основные теплопотери в здании приходятся на окна, поэтому большую роль играет степень остекленности фасадов зданий. В этой связи ее необходимо сократить до минимальной по условию допустимой естественной или смешанной (естественно-искусственной) освещенности помещений.

Исходя из вышеизложенного, для создания зданий с эффективным использованием энергии необходимо решать триединую задачу [3]:

- организацию микроклимата помещений;
- минимизацию энергетических затрат;
- рациональное расходование материальных ресурсов.

Первый аспект определяет соответствие расчетных внутренних условий требованиям: санитарно-гигиеническим, комфортности для человека и соответствия технологическому процессу. Определяющим для оболочки здания здесь является требование минимально-допустимого сопротивления теплопередаче для всех видов (i) наружных ограждений. Выполнение этого условия необходимо, но недостаточно, так как температура на всех участках (j) внутренней поверхности всех типов ограждений ( $\tau_{i, j}$ ) должна быть выше температуры точки росы воздуха в помещении ( $t_{т.р.}$ ) и удовлетворять требованиям второго условия комфортности (о допустимых температурах на нагретых и охлажденных поверхностях  $\tau_{2 i}^{доп.}$ ) и первого условия комфортности (о соответствии  $t_v$  и  $t_R$  расчетному значению температуры помещения  $t_n$ )

Объемно-планировочные и градостроительные решения так же должны учитывать требование выдерживания расчетных внутренних условий и допустимых климатических условий на территории застройки.

Для систем отопления и обеспечения микроклимата выполнение первого аспекта связано с поддержанием и обеспечением параметров внутренних условий:  $t_v, t_R, \varphi_v, V_6$ . Здесь следует иметь в виду «комфортные эквиваленты»  $\Delta_{экр}$ , позволяющие

взаимозаменять величину отдельных внутренних параметров, сохраняя комфортные расчетные внутренние условия. Выдерживание расчетных внутренних условий должно соответствовать заданному для данного здания коэффициенту обеспеченности ( $k_{об.}$ ). Таким образом, совокупность требований к системам обеспечения микроклимата здания-целевой функционал первого аспекта концепции здания с эффективным использованием энергии можно записать в виде:

$$\begin{aligned} R_{0,i} &\geq R_{0,i}^{\min. доп.}; \\ \tau_6 &\geq \tau_6^{\text{доп.}}; \\ t_n &= f(t_6, t_R, \dots) \\ \Delta_{экр} t_n &\rightarrow \Delta_{экр} t_n, \Delta_{экр} t_R, \Delta_{экр} v_b, \Delta_{экр} \Phi_b \\ k_{об} &\geq k_{об}^{\text{тр.}} \end{aligned}$$

Второй аспект определяет соответствие требованиям энергосбережения. В новых нормах [4] оно сведено к предписываемому поэлементному требованию для различных видов наружных ограждений – приведенное сопротивление теплопередаче ограждений ( $R_{0,i}^{\text{пр.}}$ ) должно соответствовать требуемому. Очевидно, что это требование является частным и недостаточным.

На наш взгляд, в основу второго аспекта должны быть положены показатели удельного энергопотребления здания за отопительный сезон ( $q_{зд.}$ ). Вся совокупность системы обеспечения микроклимата здания должна обеспечивать годовые энергозатраты менее максимально допустимого уровня,  $q_{зд.}^{\text{макс. доп.}}$  в Вт. час на м<sup>2</sup> площади, отнесенных к единице градусосуток (отопительного сезона). Здесь необходимо использовать приведенное сопротивление теплопередаче здания,  $R_{зд.}^{\text{пр.}}$  и среднюю кратность воздухообмена здания за отопительный сезон,  $k_{р.зд.}$ .

При рассмотрении второго аспекта необходимо использовать показатель эффективности систем обеспечения микроклимата здания  $k_{эф.зд.}$  как совокупное свойство обеспеченности, надежности и управляемости.

Для градостроительных и объемно-планировочных решений ограничимся перечнем основных известных приемов энергосбережения: плотность застройки (Р); ориентация здания в застройке по сторонам света и по направлению доминирующих ветров; озеленение и обводнение территории застройки, разрывы между зданиями и альbedo внешних поверхностей: форма здания, этапность, высота помещений, ширина корпуса, степень изрезанности фасадов; компактность здания ( $A_{зд.}/V_{зд.}$ ); утепленность чердака, крыши, подвала и подземной части здания; остекленность фасадов (d) и защита окон летом и зимой; планировка и аэрирование здания.

Для инженерных систем обеспечения должны быть также определены границы их энергетической целесообразности. Для отопления речь, вероятно, должна идти о бесполезных потерях тепла (за радиаторной стеной, по длине магистральных теплопроводов и др.), об эффективности, регулировании и управлении и в целом об энергетическом КПД системы отопления ( $\eta_{от.}$ ). Для вентиляции и кондиционирования воздуха это - рациональность, воздухораспределение, рекуперация и регенерация энергии, бесполезные потери тепла и холода, регулирование и управление, эффективность и в целом КПД вентиляции и кондиционирования ( $\eta_{в.кв.}$ ).

Во втором аспекте должны быть также требования энергетической целесообразности систем утилизации, аккумуляции и управления.

Основные требования - целевой функционал второго аспекта концепции здания запишем в виде:

$$q_{зд.} < q_{зд.}^{max. доп.}; \quad R_{0,i} \approx R_{0,i}^{э.с.}; \quad R_{зд.} \approx R_{зд.}^{тр.}; \quad k_{р.зд.} \approx k_{р.зд.}^{тр.}.$$

$$P \rightarrow P^{max. доп.}; \quad d \approx d^{опт.}; \quad (A_{зд.}/V_{зд.}) \rightarrow (A_{зд.}/V_{зд.})_{min.}$$

$$\eta_{от.} > \eta_{от.}^{доп.}; \quad \eta_{в,кв} > \eta_{в,кв}^{доп.}$$

$$k_{эф.зд.} > k_{эф.зд.}^{доп.}; \quad k_{над.зд.} > k_{над.зд.}^{доп.}; \quad k_{упр.зд.} > k_{упр.зд.}^{доп.}$$

Третий аспект определяет рациональность использования других (кроме топлива) материально-технических ресурсов.

Для инженерных систем обеспечения микроклимата третий аспект по рациональному использованию материалов, оборудования, приборов и устройств также чрезвычайно важен.

Вероятно, должен быть некоторый эталон сопоставления в виде типового решения для зданий - базовый вариант, показатели которого (стоимость, S) можно принять за «требуемые». Кроме того, надо учитывать показатель надежности ( $k_{над.ком.}$ ) элементов и частей системы обеспечения микроклимата здания, в котором имеется в виду долговечность, ремонтируемость и заменяемость.

Таким образом, совокупными показателями - целевым функционалом третьего аспекта можно записать в виде:

$$R_{0,i}^{пр.} \rightarrow R_{0,i}; \quad R_{0,i}^{пр.} \rightarrow R_{зд.}^{тр.}; \quad r_i f_i \rightarrow 1$$

$$S_{ком} \rightarrow S_{ком}^{тр.}; \quad k_{над.ком.} \rightarrow k_{над.ком.}^{тр.}$$

На наш взгляд, выполнение вышеприведенных условий для всех аспектов позволит поддерживать в помещениях требуемую температурную обстановку с эффективным использованием энергии.

Выводы:

1. Анализированы теплотехнические и теплозащитные свойства вновь строящихся зданий и их ограждающих конструкций.
2. Предложена математическая модель зданий с эффективным использованием энергии.

В статье использованы следующие условные обозначения.

$R_{0,i}$  - общее термическое сопротивление  $i$ -й конструкции, м<sup>2</sup>.град./вт ;

$R_{0,i}^{min. доп.}$  - минимально допустимое общее термическое сопротивление  $i$ -й конструкции, м<sup>2</sup>.град./вт ;

$\tau_v$  - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С ;

$\tau_v^{доп.}$  - минимально допустимая температура внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С ;

$t_v$  - внутренняя температура воздуха, °С ;

$t_R$  - радиационная температура в помещении, °С ;

$\phi_b$  - относительная влажность воздуха в помещении, % ;

$V_b$  - скорость движения воздуха в помещении, м/сек.;  
 $k_{об.}^{тр.}$  - требуемый коэффициент обеспеченности здания;  
 $R_{o,i}^{э.с.}$  - общее термическое сопротивление  $i$ -й энергосберегающей конструкции, м<sup>2</sup>.град./вт ;  
 $A_{зд.}$  - высота здания, м ;  
 $V_{зд.}$  - наружный объем здания, м<sup>3</sup>;  
 $R_{зд.}$  - сопротивление теплопередаче здания, м<sup>2</sup>.град./вт ;  
 $R_{зд.}^{тр.}$  - требуемое сопротивление теплопередаче здания, м<sup>2</sup>.град./вт;  
 $k_{р.зд.}^{тр.}$  - требуемая кратность воздухообмена здания, 1/час;  
 $d^{опт.}$  - оптимальная остекленность фасадов здания;  
 $P^{мах. доп.}$  - максимальная допустимая плотность застройки;  
 $\eta_{от.}^{доп.}$  - допустимый КПД системы отопления;  
 $\eta_{в.кв.}^{доп.}$  - допустимый КПД систем вентиляции и кондиционирования воздуха;  
 $k_{эф.зд.}^{доп.}$  - допустимое значение показателя эффективности систем обеспечения микроклимата;  
 $k_{над.зд.}$  - показатель надежности систем обеспечения микроклимата здания;  
 $k_{эф.зд.}^{доп.}$  - допустимое значение показателя надежности систем обеспечения микроклимата здания;  
 $k_{упр.зд.}$  - показатель управляемости систем обеспечения микроклимата здания;  
 $k_{упр.зд.}^{доп.}$  - допустимое значение показателя управляемости систем обеспечения микроклимата здания;  
 $R_{o,i}^{пр.}$  - приведенное требуемое сопротивление теплопередаче здания, м<sup>2</sup>.град./вт;  
 $g_i$  - показатель теплотехнической однородности здания;  
 $f_i$  - факторы формы двухмерных элементов ограждений;  
 $S_{сом}$  - показатель стоимости систем обеспечения микроклимата;  
 $S_{сом.}^{тр.}$  - требуемое значение показателя стоимости систем обеспечения микроклимата;  
 $k_{над.сом.}^{тр.}$  - требуемое значение показателя надежности систем обеспечения микроклимата.

- 
1. Селиванов Н.П. и др. Энергоактивное здания.-М.:Стройиздат,1988.
  2. Шекин В.Е., Аверьянов В.К., Беленький Е.А. Эффективные системы отопления зданий.-Л.:Стройиздат, 1988.
  3. Труды научно-технической конференции РАА и С Н. «Строительная теплофизика и энергосбережение здания, 1996.
  4. Труды III , IV и V съездов АВОК, 1990-1996 г.г.

## **ENERJIDƏN EFFEKTIV İSTİFADƏ OLUNAN BINALARIN İSTILIK-TEXNIKI GÖSTƏRİCİLƏRİNİN ANALIZI**

**MƏMMƏDOV N.Y., ƏLİYEV B.O.**

Məqalədə müasir yaşayış binalarında enerjiyə qənaət məqsədilə xarici qoruyucu konstruksiyaların istilik-texniki göstəricilərinin seçilməsi və enerjidən effektiv istifadə olunan binaların riyazi modelinin yaradılması məsələləri araşdırılmışdır. Təklif olunan modellər yeni tikilən çoxmərtəbəli binalarda enerjiyə qənaət etməklə tələb olunan daxili mikroiklim şəraitini yaratmağa imkan verir.

## **ANALYSIS POWER EFFECTIVE OF PARAMETERS OF BUILDING WITH EFFECTIVE UTILIZATION OF ENERGY**

**MAMEDOV N. Y., ALIEV B. O.**

In article questions of choice heat technical parameters of external protecting designs are analyzed with the purpose of economy of energy in modern multi-storey residential buildings and mathematical modeling power effective buildings.

The offered models allow creating required internal microclimate of rooms with an effective utilization of energy in multi-storey residential buildings.