

О выборе системы вентиляции жилых помещений*Финенкова М.В., Шефер Ю.Е., Гусельников М.Э.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В последнее время, особенно после принятия Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», усилилось внимание к вопросам энергосбережения при отоплении производственных, общественных и жилых зданий. При рациональном использовании энергии можно сократить энергетические затраты как минимум на 30-35 %.

Оценим затраты на отопление среднестатистической квартиры площадью 60 м² в городе Томске. Стоимость 1 Гкал, по данным ОАО «Томская генерирующая компания», составляет 1104 рубля. Фактическая оплата отопления составляет 17328 рублей в год при потреблении $G_{\text{общ}} = 15,7$ Гкал энергии. Высота потолка в данной квартире составляет 2,5 м, а объем помещения $V = 150$ м³. Количество тепловой энергии G в год для обогрева 1 м³ помещения составляет:

$$G = G_{\text{общ}} / V = 0,105, \text{ Гкал/м}^3.$$

Стоимость энергии израсходованной за год на обогрев 1 м³ помещения будет составлять 116 рублей.

Также можно вычислить объем затрат энергии и денежных средств, требующийся для отопления жилого помещения для одного человека. Согласно статье 38 ЖК норма жилой площади составляет 12 м² на одного человека, тогда максимальное количество человек, которое может проживать в данной квартире, равняется 5. Отсюда следует, что один человек за один год тратит около 3,14 Гкал энергии на отопление, в денежном эквиваленте это будет равно 3466 рублей.

Энергопотребление, обеспечивающее допустимый уровень температуры при отоплении жилых зданий, зависит от тепловых потерь, основными причинами которых являются:

- разница температур в помещении и на улице;
- теплозащитные свойства ограждающих конструкций.

Поэтому энергосбережение преимущественно достигается путем совершенствования теплоизоляции помещений, которой подвергаются пол, потолок, стены. В современных жилых домах потери тепла происходят через наружные стены, окна и все наружные ограждающие конструкции.

Большую площадь наружных ограждений занимают наружные стены. Поэтому микроклимат помещения во многом определяется их теплозащитными свойствами. В зависимости от конструкции стен дома через них теряется до 35—45% тепла.

По сравнению со стенами оконные проемы составляют значительно меньший процент в общей площади наружных ограждений. Однако они имеют низкую теплозащиту: сопротивление теплопередаче оконного блока с двойным остеклением в 2—3 раза меньше, чем у наружных стен. Вследствие чего через окна теряется немалое количество теплоты — 20—30% всех тепловых потерь дома.

Также существуют потери тепла через перекрытия первого этажа и сквозь крышу. Через низ первого этажа чаще всего тепловые потери составляют 3 – 10 %.

Совершенствование теплоизоляции дома связано с увеличением количества и качества используемых строительных материалов. В принципе можно построить помещение с практически абсолютной теплоизоляцией. При этом объем помещения будет герметичным. Однако, кроме указанных выше причин, существуют потери тепла, связанные с необходимостью вентиляции воздушного пространства помещения. Вентиляция необходима для удаления воздуха, загрязненного выдыхаемым людьми углекислым газом, испарениями с поверхности мебели и из отделочных материалов. Поэтому бесконечно увеличивать качество теплоизоляции помещений, доводя потери энергии до величин существенно меньших, чем потери тепла на вентиляцию нецелесообразно.

В связи с выше изложенным, вопрос оценки и расчета потерь тепла, вызываемых необходимостью проветривания помещения, актуален.

Рассмотрим минимально возможное энергопотребление обогрева помещения при условии, что источники выделения вредных веществ в воздух, кроме человека, отсутствуют.

Согласно ГН 2.2.5.2100-06 для дыхания находящихся в помещении людей необходим воздух с содержанием углекислоты CO_2 не более $x_g = 9000$ мг/м³.

Потребный воздухообмен L в помещении для выполнения норм предельно допустимой концентрации в расчете на одного человека определяется по формуле:

$$L = \frac{G \cdot 1000}{x_B - x_H}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

В соответствии с [1, 2], содержание углекислоты CO_2 в атмосфере населенных пунктов, следует принимать равным:

для сельской местности $x_H = 700 \text{ мг/м}^3$;

для небольшого города $x_H = 800 \text{ мг/м}^3$;

для крупного мегаполиса $x_H = 1000 \text{ мг/м}^3$.

Количество вредных веществ (G , г/ч), выделяющихся в воздух помещения, приведено в таблице 1 [1, 2].

Таблица 1. Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Категория и физ. активность	мг/ч	л/ч
Взрослый, состояние покоя	45000	23
Взрослый, легкая работа	50000	25.5
Взрослый, тяжелая работа	90000	45
Ребенок до 12 лет	24000	12

При условии $G=50000 \text{ мг/м}^3$ и $X_H = 1000 \text{ мг/м}^3$ потребный воздухообмен $L = 6,25 \text{ м}^3/\text{ч}$. Подача данного количества воздуха в холодный период года вызовет понижение температуры в помещении. При этом данная температура должна отвечать требованиям ГОСТ 12.1.005, указанным в таблице 2.

Таблица 2. Допустимая температура воздуха в помещении согласно с ГОСТ 12.1.005.

Период года	Категория работ	Оптимальная	Температура, °С			
			допустимая			
			верхняя граница		нижняя граница	
			на рабочих местах			
		постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных	
Холодный	Легкая - Ia	22-24	25	26	21	18
Теплый	Легкая - Ia	23-25	28	30	22	20

То есть в холодный период года (когда на улице температура ниже $+10^\circ\text{C}$) температура воздуха в помещении должна быть не ниже $+21^\circ\text{C}$, а в теплый период года (когда на улице температура выше $+10^\circ\text{C}$) температура воздуха в помещении должна быть не выше $+28^\circ\text{C}$. Расчет энергопотребления для компенсации потерь тепла на вентиляцию проводится по формуле:

$$W = C * L * \rho * (T_{\text{ПОМ}} - T_{\text{НАР}}), \text{ (кДж/час)}, \quad (1)$$

где: $C = 1,005 \text{ кДж/(кг*К)}$ - удельная теплоемкость воздуха; $L, \text{ м}^3/\text{ч}$ - потребный воздухообмен; $\rho = 1,205 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха; $T_{\text{ном}} = 294 \text{ К}$ - температура воздуха в помещении; $T_{\text{нар}}$, К - температура наружного воздуха.

Учитывая, что $1 \text{ Дж} = 0,24 \text{ Кал}$ и то, что каждый человек является источником тепла, формула (1) примет вид:

$$W = 0,24 * C * L * \rho * (T_{\text{ПОМ}} - T_{\text{НАР}}) - q_{\text{л}}, \text{ (кКал/час)}, \quad (2)$$

где $q_{\text{л}}$ - количество тепловыделений одним человеком при различной работе. Приведено в таблице 3.

Таблица 3. Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести работы		Количество тепловыделений $q_{\text{л}}$, ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-a	100	70	60	30
	II-b	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Стоит отметить еще один момент – для каждого помещения, в том числе и для помещения с идеальной теплоизоляцией, существует наружная температура, при которой помещение не нужно отапливать, так как потери тепла на вентиляцию будут равны теплу, выделяемому людьми. Данная температура вычисляется из уравнения:

$$0,24 * C * L * \rho * (T_{\text{ПОМ}} - T_{\text{кр}}) - q_{\text{л}} = 0.$$

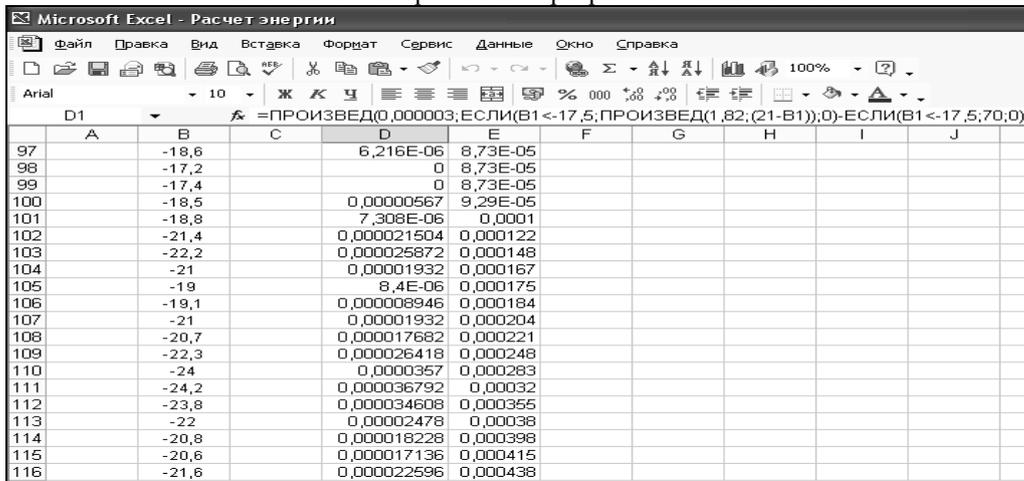
Подставив числовые значения, получим температуру равную минус 17,5 °С.

Расчет потерь тепла на вентиляцию за 2012 год проведен с использованием архива погод [4]. Информация о температуре воздуха бралась с интервалом 3 часа. Расчет проведен программой Microsoft Excel (Рисунок 1). Вычисления потерь тепла за 3 часа проводились следующей командной строкой, полученной из формулы (2):

$$\text{ПРОИЗВЕД}(0,000003; \text{ЕСЛИ}(B1 < -17,5; \text{ПРОИЗВЕД}(1,82; (21 - B1)); 0) - \text{ЕСЛИ}(B1 < -17,5; 70; 0)). \quad (3)$$

В командной строке реализовано условие: если температура наружного воздуха меньше минус 17,5°С, то потери тепла рассчитываются по формуле (3), если данное условие не выполняется, то потери тепла равны 0.

Рис. 1. Расчет потерь тепла в программе Microsoft Excel.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
97		-18,6		6,216E-06	8,73E-05					
98		-17,2		0	8,73E-05					
99		-17,4		0	8,73E-05					
100		-18,5		0,00000567	9,29E-05					
101		-18,8		7,308E-06	0,0001					
102		-21,4		0,000021504	0,000122					
103		-22,2		0,000025872	0,000148					
104		-21		0,00001932	0,000167					
105		-19		8,4E-06	0,000175					
106		-19,1		0,000008946	0,000184					
107		-21		0,00001932	0,000204					
108		-20,7		0,000017682	0,000221					
109		-22,3		0,000026418	0,000248					
110		-24		0,0000357	0,000283					
111		-24,2		0,000036792	0,00032					
112		-23,8		0,000034608	0,000355					
113		-22		0,00002478	0,00038					
114		-20,8		0,000018228	0,000398					
115		-20,6		0,000017136	0,000415					
116		-21,6		0,000022596	0,000438					

Просуммировав количество потерь тепла за каждый день 2012 года, определили, что за прошедший год для поддержания допустимой температуры помещения с идеальной теплоизоляцией необходимы затраты энергии 0,0228 Гкал/год, в денежном эквиваленте затраты на одного человека будут равны 25,17 рублей.

На сегодняшний день существуют различные виды вентиляции: естественная, механическая, в том числе с теплообменниками, при помощи которых тепло уходящего на улицу воздуха передается входящему, что позволяет сократить потери тепла при этом эффективность вентиляции сохраняется.

Стоимость наиболее распространенных на рынке устройств вентиляции приведена в таблице 4.

Таблица 4. Вентиляционные системы и их стоимость.

Тип вентиляционной системы	Функции	Стоимость, руб
Проветриватель с функцией рекуперации тепла AEROLIFE	Механическая с теплообменом	31 400
Настенные проветриватели Аэровитал с особым фильтром защитят от шума, очистят воздух от примесей	Механическая с теплообменом	44 500
Проветриватели АЕРОРАС	Механическая	12 600
Приточно-вытяжная установка УВРК-50	Механическая	15 000
Клапан инфильтрации воздуха КИВ 125	Естественная	3 200

Из таблицы 4 видно, что функция теплообмена удорожает устройство вентиляции на 15-30 тысяч рублей. При стоимости потерь тепла 25,17 рублей в год на человека окупаемость этой

функции и ее целесообразность сомнительны. Выбор между естественной и механической вентиляцией должен основываться на определении достаточности воздухообмена, обеспечиваемого системой естественной вентиляции. Производительность же систем естественной вентиляции зависит от множества факторов: ориентации дома относительно розы ветров, геометрии строения, направления ветра в конкретный момент времени и т.д. Поэтому механическая система вентиляции, хотя и дороже естественной, но она способна обеспечить достаточный уровень воздухообмена в любое время года.

Список литературы:

1. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования в зданиях. - М.: Евроклимат, 2006. - Серия "Библиотека климатехника – 136 с.
2. Под ред. Юрьева А.С. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем. - СПб.: АНО НПО "Мир и семья", 2001 – 240 с.
3. Кухлинг К. Справочник по физике. Пер. с нем. – М.: Мир, 1985.-520 с.
4. Погода и Климат[электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru>

Оценка ресурсов возобновляемых источников энергии в зоне локальной энергетики республики САХА (Якутия)

Чирикова Ю.Е.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Электрическая энергия во многом определяет технический прогресс, помогает обеспечить благосостояние и жизненный комфорт населения.

В Республике Саха (Якутия) централизованным энергоснабжением охвачено 40 % территории, на которой проживает 90 % населения республики. Зона локальной энергетики занимает более 2 млн. км², на ней проживает 10 процентов населения РС (Я). Значительные расстояния и отсутствие крупных потребителей являются основной причиной экономической нецелесообразности централизации энергоснабжения. Основой локальной энергетики являются дизельные электростанции, использующие дорогостоящее топливо, завозимое из-за пределов РС (Я). Стоимость дизельного топлива возрастает ежегодно и сегодня перешагнула за 30 тыс. рублей за 1 тонну. Отсюда – рост себестоимости производимой электроэнергии и постоянное повышение тарифов.

Одним из путей решения проблемы локальной энергетики может стать использование возобновляемых источников энергии – ветра, солнца и воды. За счет реализации потенциала природных возобновляемых источников энергии и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов могут быть созданы дополнительные условия для повышения конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности экономики, роста уровня и качества жизни населения.

Северная береговая зона Республики Саха (Якутия) обладает значительным ветропотенциалом. На основании анализа собранных данных определены населенные пункты для строительства ветряных электростанций. Необходимо продолжить исследование скоростного напора ветра в населенных пунктах, находящихся в аналогичных климатических условиях и потому, возможно, обладающих тем же уровнем ветропотенциала.

Кроме того, Республика Саха (Якутия) обладает значительным солнечным потенциалом. По результатам анализа данных многолетнего наблюдения метеостанций определено 58 потенциальных мест расположения солнечных электростанций на территории Республики Саха (Якутия). Также необходимо исследование солнечной инсоляции в населенных пунктах, находящихся в аналогичных климатических условиях и потому, возможно, обладающих тем же уровнем солнечной активности.

По результатам исследований ряда институтов на территории г.Якутска потенциал солнечной радиации оценивается больше чем в Крыму и Краснодаре, и составляет более 2000 солнечных часов в год. Это очень высокий показатель.

Республика Саха (Якутия) обладает и значительным гидропотенциалом. Определено 34 потенциальных места расположения гидроэлектростанций на территории Республики Саха (Якутия) в бассейнах рек и их притоков [1].

Принятая «Программа оптимизации локальной энергетики Республики Саха (Якутия) на 2013-2018 годы» реализуется на практике [2].