

Сравнение энергопотребления системой водяного потолочного ИК отопления и системой воздушного отопления в помещении высотой 12 м

Водяные потолочные
панели отопления

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B)}$$

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{4 - (0,94 + 0,97 + 1)} = 0,92$$

$$Q_{h,ce,mth} = \left(\frac{f_{\text{Radiant}} f_{\text{int}} f_{\text{hydr}}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,mth}$$

$$Q_{h,ce,mth} = \left(\frac{0,85 * 1 * 1}{0,92} - 1 \right) Q_{h,mth}$$

$$Q_{h,ce,mth} = -0,076 * Q_{h,mth}$$

Воздушное отопление

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B)}$$

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{4 - (0,78 + 0,97 + 1)} = 0,80$$

$$Q_{h,ce,mth} = \left(\frac{f_{\text{Radiant}} f_{\text{int}} f_{\text{hydr}}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,mth}$$

$$Q_{h,ce,mth} = \left(\frac{1 * 1 * 1}{0,80} - 1 \right) Q_{h,mth}$$

$$Q_{h,ce,mth} = 0,250 * Q_{h,mth}$$

Это означает, что согласно нормам DIN V 18599 потребление энергии системой воздушного отопления примерно на 35% выше, чем потребление энергии системой водяных потолочных ИК панелей.

Дополнительное потребление электроэнергии вентиляторами (при воздушном отоплении) в данном расчёте не учитывается!

Все сокращения и параметры, лежащие в основе данного расчёта, приведены в приложении.

6 Вычисление значений параметров

6.1 Передача тепла

В настоящем разделе задаются значения параметров, необходимых для определения расхода при передаче тепла в помещении. Данный расход тепла принимается во внимание при определении выделения теплоты теплогенератором в 1-й части DIN V 18599.

$$Q_{h,ce,mth} = \left(\frac{f_{Radiant} f_{int} f_{hydr}}{\eta_{h,ce}} - 1 \right) Q_{h,mth} \quad \text{Gl. 6 - 1}$$

где:

$Q_{h,ce,mth}$	- дополнительные ежемесячные расходы на передачу тепла, кВт/месяц
$Q_{h,mth}$	- ежемесячные потребности в полезном тепле, кВт/месяц
f_{hydr}	- коэффициент гидравлической компенсации
f_{int}	- коэффициент повторно-кратковременного режима работы
$f_{Radiant}$	- коэффициент воздействия излучения
$\eta_{h,ce}$	- общий КПД теплопередачи в помещении

Общий КПД передачи тепла в помещении рассчитывается по формуле 6 -2

$$\eta_{h,ce} = \frac{1}{4 - (\eta_L + \eta_C + \eta_B)} \quad \text{Gl. 6 - 2}$$

где:

η_L	
η_C	- частичный КПД для регулирования температуры в помещении
η_B	- частичный КПД для удельных теплотерь через внешние ограждения

В отдельных случаях такой детализацией можно пренебречь. Тогда годовой расход энергии на теплопередачу в помещении рассчитывается по формуле 6 – 3.

$$Q_{h,ce} = \sum Q_{h,ce,mth} \quad \text{Gl. 6 - 3}$$

где:

$Q_{h,ce}$	- годовой расход на передачу тепла, кВт/год
$Q_{h,ce,mth}$	- ежемесячный расход на передачу тепла, кВт/месяц (по 6 - 1)

В следующих таблицах приведены частичные и общие коэффициенты полезного действия для следующих условий:

- помещение стандартной высоты ≤ 4 м (исключение составляют здания высотой > 4 м)
- жилые и нежилые помещения
- различная степень теплоизоляции
- безостановочный режим работы (повторно-кратковременный режим работы согласно данным из 2-й части DIN V 18599) учитывается с помощью коэффициента f_{int}
- рассматривается одно помещение

В настоящем разделе не учитываются следующие технические решения:

- некоторые заключения взяты из раздела 6.4 «Генераторы энергии» (в котором речь идёт в основном о таких источниках тепла, для которых разделение понятий производство тепла и передача тепла не имеет смысла)
- данные интерполируются и согласуются надлежащим образом

6.1.1. Коэффициенты полезного действия для свободно расположенных отопительных поверхностей (радиаторов)

Факторы		Коэффициенты полезного действия		
		η_L	η_C	η_B
Система регулирования температуры в помещении	Температура не регулируется, централизованная регулировка температуры теплоносителя в подающей магистрали		0,80	
	Регулирование по одному заданному помещению		0,88	
	Пропорциональный регулятор (2 К)		0,93	
	Пропорциональный регулятор (1 К)		0,95	
	Пропорционально-интегральный регулятор		0,97	
	Пропорционально-интегральный регулятор (с функцией оптимизации, например, адаптивный регулятор)		0,99	
Температурный напор (при температуре в помещении 20°С)	60 К (например, 90/70)	0,88		
	42,5 К (например, 70/55)	0,93		
	30 К (55/45)	0,95		
Удельные теплотери через внешние ограждения	Радиатор расположен на внутренней стене	0,87		1
	Радиатор расположен на внешней стене:			
	- остеклённая поверхность без защиты от проникновения теплового излучения	0,83		1
	- остеклённая поверхность с защитой от проникновения теплового излучения	0,88		1
	- нормальная внешняя стена	0,95		1

Вычисление общего КПД $\eta_{h,ce}$ осуществляется по формуле 6-2.

За значение η_L принимается среднее значение для параметров «Температурный напор» и «Удельные теплотери».

Пример:

Радиатор расположен на внешней стене; температурный напор 42,5 К; пропорциональный регулятор (2 К)

$$\eta_L = (\eta_{L1} + \eta_{L2})/2 = (0,93 + 0,95)/2 = 0,94$$

$$\eta_C = 0,93$$

$$\eta_B = 1$$

$$\eta_{h,ce} = 1/(4 - (0,94 + 0,93 + 1)) = 0,88$$

Коэффициент повторно-кратковременного режима работы:

$$f_{int} = 0,97$$

Коэффициент воздействия излучения:

$$f_{int} = 1,0$$

6.1.2. Коэффициенты полезного действия для отопительных поверхностей, сопряжённых со строительными конструкциями (систем нагрева поверхностей)

Факторы		Коэффициенты полезного действия		
		η_L	η_C	η_B
Система регулирования температуры в помещении	Теплоноситель вода - температура не регулируется, - температура не регулируется, централизованная регулировка температуры теплоносителя в подающей магистрали - температура не регулируется, задаётся значение средней температуры теплоносителя (температура подающей магистрали – температура обратной магистрали) - регулирование по одному заданному помещению - двухпозиционный регулятор / пропорциональный регулятор - пропорционально-интегральный регулятор Электрический нагрев - двухпозиционный регулятор - пропорционально-интегральный регулятор		0,75 0,78 0,83 0,88 0,93 0,95	
Отопительная система	Система «тёплый пол» - применение мокрых стяжек - «сухой» монтаж - «сухой» монтаж с минимальным покрытием Стеновые отопительные системы Потолочные отопительные системы	1 1 1 0,96 0,93		
Удельные теплотери через внешние ограждения	<u>Плохо</u> изолированная отопительная поверхность <u>Хорошо</u> изолированная отопительная поверхность			0,86 0,95

Вычисление общего КПД $\eta_{h,ce}$ осуществляется по формуле 6 -2.

За значение η_B принимается среднее значение для параметров «Система отопления» и «Удельные теплотери».

Пример:

Система «тёплый пол» с применением мокрой стяжки (теплоноситель вода); двухпозиционный регулятор; система хорошо изолирована термически

$$\eta_L = 1,0$$

$$\eta_C = 0,93$$

$$\eta_B = (0,93 + 0,95)/2 = 0,94$$

$$\eta_{h,ce} = 1/(4 - (1,0 + 0,93 + 0,94)) = 0,88$$

Коэффициент повторно-кратковременного режима работы:

$$f_{int} = 0,98$$

Коэффициент воздействия излучения:

$$f_{int} = 1,0$$

6.1.3. Коэффициенты полезного действия для электрических систем отопления

Факторы		Общий КПД
		$\eta_{h,ce}$
Зона наружных стен	Прямой электрический нагрев, пропорциональный регулятор (1 К)	0,91
	Прямой электрический нагрев, пропорционально-интегральный регулятор (с функц. оптимир.)	0,94
	Нагрев с аккумуляцией тепла, без регулировки, без погодозависимого терморегулирования и статической / динамической балансировки	0,78
	Нагрев с аккумуляцией тепла, пропорциональный регулятор (1 К), с погодозависимым терморегулированием и статической / динамической балансировкой	0,88
	Нагрев с аккумуляцией тепла, пропорционально-интегральный регулятор с функцией оптимирования, с погодозависимым терморегулированием и со статической и непрерывной динамической балансировкой	0,91
Зона внутренних стен	Прямой электрический нагрев, пропорциональный регулятор (1 К)	0,88
	Прямой электрический нагрев, пропорционально-интегральный регулятор (с функц. оптимир.)	0,91
	Нагрев с аккумуляцией тепла, без регулировки, без погодозависимого терморегулирования и статической / динамической балансировки	0,75
	Нагрев с аккумуляцией тепла, пропорциональный регулятор (1 К), с погодозависимым терморегулированием и статической / динамической балансировкой	0,85
	Нагрев с аккумуляцией тепла, пропорционально-интегральный регулятор с функцией оптимирования, с погодозависимым терморегулированием и со статической и непрерывной динамической балансировкой	0,88

Коэффициент повторно-кратковременного режима работы:

$f_{int} = 0,97$ (использовать для электрического отопления с интегрированным обратным регулированием)

Коэффициент воздействия излучения:

$f_{int} = 1,0$

6.1.4. Коэффициенты полезного действия для систем воздушного отопления / систем вентиляции для жилых помещений

Определение: устройства для вентиляции жилых помещений представляют из себя приточно-вытяжные установки, снабжающие жилые здания свежим воздухом, при этом возможны опции рекуперации тепла и подготовки воздуха.

Коэффициенты полезного действия $\eta_{h,ce}$ для систем воздушного отопления и систем вентиляции для жилых помещений описаны в 6-й части DIN V 18599.

6.1.5. Коэффициенты полезного действия для систем воздушного отопления / систем вентиляции для жилых помещений

Конфигурация устройства	Регулируемый параметр	$\eta_{h,ce}$	
		Низкое качество регулирования	Высокое качество регулирования
Догрев приточного воздуха (с использованием подогревателя)	Температура воздуха в помещении	0,82	0,87
	Температура воздуха в помещении (каскадное (ступенчатое) регулирование температуры приточного воздуха	0,88	0,90
	Температура вытяжного воздуха	0,81	0,85
Воздушное отопление с рециркуляцией воздуха	Температура воздуха в помещении	0,89	0,93

Примечание: расходы вспомогательной энергии на воздушное отопление с рециркуляцией воздуха указаны в таблице 6.1.2.
В качестве значений для систем воздушного отопления с функцией частичного подогрева можно использовать данные для систем вентиляции для жилых помещений из 6-й части DIN 18599.

6.1.6. Коэффициенты полезного действия для помещений высотой ≥ 4 м (зданий павильонного типа)

Помещения высотой h от 4 до 10 м

Факторы			Частичные коэффициенты полезного действия					
			η_L				η_c	η_v
			4 м	6 м	8 м	10 м		
Система регулирования температуры в помещении	Температура не регулируется						0,80	
	Двухпозиционный регулятор						0,93	
	Пропорциональный регулятор (2 К)						0,93	
	Пропорциональный регулятор (1 К)						0,95	
	Пропорционально-интегральный регулятор						0,97	
	Пропорционально-интегральный регулятор с функцией оптимизации						0,99	
Система отопления	Воздушное отопление Распределение воздуха с нормальным индукционным эффектом	Подача воздуха сбоку	0,98	0,94	0,88	0,83		1
		Подача воздуха сверху	0,99	0,96	0,91	0,87		1
	Воздушное отопление Распределение воздуха с дополнительной регулируемой вертикальной рециркуляцией	Подача воздуха сбоку	0,99	0,97	0,94	0,91		1
		Подача воздуха сверху	0,99	0,98	0,96	0,93		1
	Водяные ИК потолочные панели		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	«Тёмные» излучатели		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	«Светлые» излучатели		1,00	0,99	0,97	0,96		1
	Система «тёплый пол» (с хорошей теплоизоляцией)	Система «тёплый пол», интегрированная в строительные конструкции	1,00	0,99	0,97	0,96		0,95
		Система «тёплый пол», термически разъединённая со строительными конструкциями						1

Оценка отопления помещений павильонного типа с помощью радиаторов (в ситуации, когда радиаторы уже установлены в данном помещении):

В данном случае необходимо использовать значения для систем воздушного отопления с распределением воздуха с нормальным индукционным эффектом и подачей воздуха сбоку.

Системы воздушного отопления с повышенным индукционным эффектом распределение воздуха: значения рассчитываются как среднее арифметическое значений для систем с подачей воздуха сбоку и систем с подачей воздуха сверху.

При установке водяных потолочных панелей отопления в помещениях высотой < 4 м используется общий КПД $\eta_{h, ce}$ для высоты 4 м. При этом коэффициент $f_{Radiant} = 1$.

Вычисление общего КПД $\eta_{h, ce}$ осуществляется по формуле 6 - 2.

Пример:

Высота помещения 8 м, система воздушного отопления с подачей воздуха сверху, пропорциональный регулятор (1 К)

$$\eta_L = 0,91$$

$$\eta_C = 0,95$$

$$\eta_B = 1$$

$$\eta_{ges} = 1 / (4 - (0,91 + 0,95 + 1)) = 0,88$$

Коэффициент воздействия излучения:

$f_{Radiant} = 0,85$ для водяных потолочных панелей отопления, «светлых излучателей», «тёмных» излучателей и систем «тёплый пол». (Примечание: в зависимости от качества изоляции строительных конструкций, условий использования помещений большой высоты и исполнения самих отопительных систем в некоторых обоснованных случаях возможны отклонения в значениях $f_{Radiant}$).

Помещения высотой $h > 10$ м

Факторы			Частичные коэффициенты полезного действия				
			η_L			η_c	η_B
			12 м	15 м	20 м		
Система регулирования температуры	Температура не регулируется					0,80	
	Двухпозиционный регулятор					0,93	
	Пропорциональный регулятор (2 К)					0,93	
	Пропорциональный регулятор (1 К)					0,95	
	Пропорционально-интегральный регулятор					0,97	
	Пропорционально-интегральный регулятор с функцией оптимизации					0,99	
Система отопления	Воздушное отопление Распределение воздуха с нормальным индукционным эффектом	Подача воздуха сбоку	0,78	0,72	0,63		1
		Подача воздуха сверху	0,84	0,78	0,71		1
	Воздушное отопление Распределение воздуха с дополнительной регулируемой вертикальной рециркуляцией	Подача воздуха сбоку	0,88	0,84	0,77		1
		Подача воздуха сверху	0,91	0,88	0,83		1
	Водяные ИК потолочные панели		0,94	0,92	0,89		1
	«Тёмные» излучатели		0,94	0,92	0,89		1
	«Светлые» излучатели		0,94	0,92	0,89		1
	Система «тёплый пол» (с хорошей теплоизоляцией)	Система «тёплый пол», интегрированная в строительные конструкции	0,94	0,92	0,89		0,95
		Система «тёплый пол», термически разъединённая со строительными конструкциями					1

Системы воздушного отопления с повышенным индукционным эффектом распределение воздуха: значения рассчитываются как среднее арифметическое значений для систем с подачей воздуха сбоку и систем с подачей воздуха сверху.

Вычисление общего КПД $\eta_{h,ce}$ осуществляется по формуле 6 - 2.

Пример:

Помещение высотой 12 м, отопление с помощью «тёмных» излучателей, пропорциональный регулятор (2 К)

$$\eta_L = 0,94$$

$$\eta_C = 0,93$$

$$\eta_B = 1$$

$$\eta_{ges} = 1/(4 - (0,94 + 0,93 + 1)) = 0,88$$

Коэффициент воздействия излучения:

$f_{Radiant} = 0,85$ для водяных потолочных панелей отопления, «светлых излучателей», «тёмных» излучателей и систем «тёплый пол». (Примечание: в зависимости от качества изоляции строительных конструкций, условий использования помещений большой высоты и исполнения самих отопительных систем в некоторых обоснованных случаях возможны отклонения в значениях $f_{Radiant}$).