

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Уважаемые читатели! Предлагаемая к рассмотрению методика основана на EN 15316-2-1:2007 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 2-1: Space heating emission systems. Она адаптирована к действующим и разрабатываемым украинским нормам. В ближайшее время предполагается включить ее в строительные нормы. Она является лишь началом гармонизации общей методики, изложенной во всех частях EN 15316, по определению суммарного энергопотребления конечными потребителями (система отопления и горячего водоснабжения), внешними сетями и источниками генерирования энергии (котельной установкой, биоустановкой, солнечными коллекторами, тепловым насосом, когенерационной установкой и пр.). Приведенная европейская норма включена в перечень усовершенствования отечественной нормативно-правовой в соответствии с Отраслевой программой повышения энергоэффективности в строительстве с 2010 по 2014 г.г.

Обращаем внимание, что данная методика является количественным выражением влияющих факторов энергоэффективности систем отопления, изложенных в ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Раздел «Энергоэффективность» в составе проектной документации объектов. Однако данная методика пока не является полной. Она не охватывает дополнительных затрат энергии системы отопления: насосом в различных системах отопления, автоматикой и приборами клапанов, определяемых по EN 15316-2-3:2007 Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 2-3: Space heating distribution systems.

Уравнение (1) методики детализирует влияющие факторы различных систем отопления (водяная, электрическая, воздушная, инфракрасная...)

во всем многообразии их существующего технического оснащения. Однако оно не охватывает пока новейших типов энергоэффективного оборудования и реализуемых им способов регулирования, например, такого как: комбинированные клапаны для двухтрубных систем (клапан компании «Данфосс» АВ-QM), термобалансировочные клапаны для однотрубных систем (клапаны компании «Данфосс» АВ-QT и АВ-QTE), которые на сегодняшний день превосходят показатели энергоэффективности технических решений, включенных в уравнение (1). К сожалению, методика, тем более межгосударственная, разрабатываемая и утверждаемая годами, не поспевает за научно-техническим прогрессом. В то же время, эта методика охватывает большинство применяемых сегодня технических решений при отоплении зданий и является существенным развитием отечественных действующих нормативных методик, изложенных в п. 6 приложения 12 изм. № 1:1996 к СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование, а также в п. 5.2 ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Руководство по разработке и сопоставлению энергетического паспорта зданий.

В методике приведены ссылки на прДСТУ-Н Б В.1.1 – ХХХ:201Х Строительная климатология. Данный стандарт выйдет 2011 году.

В методике есть ссылки на EN 14336:2004 Heating systems in buildings – Installation and commissioning of water based heating systems, которую необходимо использовать при обязательной наладке систем отопления. Требования этой европейской нормы относительно испытания трубопроводов под давлением уже изложены в ДСТУ Б В.2.5-44:2010 Проектирование систем отопления зданий с тепловыми насосами, который модифицирован к EN 15450:2007. С методами гидравлической наладки систем отопления можно ознакомиться в р. 10 книги Пырков В. В. «Гидрав-



Виктор
Пырков

к.т.н., доцент,
зам. ген. директора
по научной работе
«Данфосс ТОВ»



лическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика», 2010 а также в обучающих фильмах, выложенных на сайте: <http://www.danfoss.com/Ukraine/BusinessAreas/Heating/Downloads/Downloads+on+demostand+films.htm>. Требования к EN 14336:2004 запорно-регулирующей арматуре для наладки состоят в следующем:

- перед проектированием системы отопления, проектировщик обязан определиться с методом и приборами для наладки системы и применить запорно-регулирующую (в данном контексте – балансировочную) арматуру, позволяющую реализовать выбранный метод;

- комплектация и монтаж системы должны полностью отвечать проекту.

В конце методики приведен пример сопоставления энергопотребления системой электрического и водяного отопления. Пример является реализацией требований п. 5.24 изм. № 1:2009 к ДБН В.2.2-15-2005 Жилые здания, в соответствии с которыми применение систем электроотопления, за исключением систем электроотопления от возобновляемых источников энергии, требует технического и экономического обоснования. В примере есть ссылки на новую редакцию прДБН В.2.5-24:201Х Электрические кабельные системы отопления, с которой ознакомьтесь в 2011 году.

Обращаем внимание, что в соответствии с требованиями п. 5.24 и 5.25 изм. № 1:2009 к ДБН В.2.2-15-2005 применение местной котельной и квартирных газовых генераторов также требует технического и экономического обоснования. Эти требования адаптированы к положению статьи 6 Директивы 2010/31/EC on the energy performance of buildings а также проекта Закона Украины «Об энергетической эффективности

зданий», в соответствии с которыми местные котельные и квартирные газовые генераторы не входят в перечень альтернативных источников энергии при теплообеспечении зданий. Для осуществления технического и экономического обоснования указанных технических решений необходимо гармонизировать наши нормы к соответствующим частям EN 15316.

МЕТОДИКА

1 Техническое и экономическое обоснование выбора системы отопления здания осуществляют путем сравнения вариантов проектных решений по расчетному расходу тепловой и электрической энергии.

2 Комплексное определение расчетного расхода энергии, которое учитывает энергоэффективность источника энергии, внешних энергопередающих сетей и систем теплоснабжения здания, рекомендуется осуществлять по методике в EN 15316 (все части).

3 Упрощенное определение расчетного расхода энергии, которое учитывает лишь расход тепловой энергии при ее распределении системой отопления в здании и не учитывает потребление электроэнергии системой водяного отопления (насоса, электроники, электроприводов и пр.), рекомендуется осуществлять по методике в EN 15316-2-1 [1].

3.1 Варианты проектных решений сравнивают по расчетному расходу тепловой энергии за отопительный период, определяемому по сумме ежемесячных расчетных расходов. При этом:

- для проектных решений с разными системами отопления их сравнивают по зонам действия этих систем;
- при различных внутренних температурных условиях помещений сравнение осуществляют по каждой температурной зоне. Разделение на температурные зоны осуществляют при разнице температуры воздуха в помещениях больше чем 3 °С, кроме помещений квартир.

3.2 Расчетный расход тепловой энергии системой отопления здания $Q_{em,ls,zod}$ за отопительный период в зависимости от степени детализации влияющих факторов энергоэффективности системы [2] – применяемого оборудования, схемного решения, средств регулирования, характеристик отапливаемого помещения, – определяют по уравнению (1):

$$Q_{em,ls,zod} = \frac{f_{hydr} f_{im} f_{rad}}{\eta_{em}} \times \sum_{i=1}^n [Q_k - (Q_{gn} + Q_s) v], \quad (1)$$

где:

f_{hydr} – коэффициент, учитывающий выполнение гидравлической балансировки системы;

f_{im} – коэффициент, учитывающий применение периодического теплового режима помещения;

f_{rad} – коэффициент, учитывающий влияние лучистого теплообмена;

η_{em} – обобщающий коэффициент, учитывающий условия теплоотдачи системы и определяемый по формуле:

$$\eta_{em} = 1 / (4 - \eta_{str} - \eta_{ctr} - \eta_{rad}), \quad (2)$$

η_{str} – коэффициент, учитывающий влияние градиента (стратификации) температуры воздуха в помещении; для некоторых систем является среднеарифметическим следующих коэффициентов: η_{str1} – учитывает температуру теплоносителя и η_{str2} – учитывает условия установки отопительного прибора; η_{ctr} – коэффициент, учитывающий применяемый вид регулирования температуры воздуха в помещении;

η_{emb} – коэффициент, учитывающий теплоснабжения в отапливаемое помещение от встроенных нагревательных элементов (для панельно-лучистых систем); для некоторых систем является среднеарифметическим следующих коэффициентов: η_{emb1} – учитывает тип панельно-лучистой системы и η_{emb2} – учитывает теплоизоляцию панельно-лучистой системы к смежным помещениям;

n – количество полных и неполных

i -тых месяцев отопительного периода; Q_k – общие теплотери здания через его ограждающую оболочку в i -том месяце отопительного периода, кВт·ч. Определяют в соответствии с п.5.3 ДСТУ-Н Б А.2.2-5 [3], рассчитывая количество градусо-суток для полных и неполных месяцев отопительного периода в соответствии с п.5.5 прДСТУ-Н Б В.1.1-XXX:201X [4];

Q_{gn} – внутренние теплоснабжения в i -том месяце отопительного периода, кВт·год. Теплоснабжения в жилых и гражданских зданиях определяют в соответствии с п.5.8 ДСТУ-Н Б А.2.2-5, принимая при этом количество градусо-суток полного месяца и неполного месяца в соответствии с табл. 3 прДСТУ-Н Б В.1.1-XXX:201X. Теплоснабжения в других типах зданий определяют по справочным данным для соответствующего оборудования, технологического процесса и пр.;

Q_s – теплоснабжения через окна и другие светопрозрачные ограждающие конструкции здания от суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) при средних условиях облачности в i -том месяце отопительного периода, кВт·ч. Определяют в соответствии с п.5.9 ДСТУ-Н Б А.2.2-5. При этом принимают интенсивность солнечной радиации за целый месяц и определяют ее путем интерполирования за неполный месяц отопительного периода в соответствии с табл. 8 прДСТУ-Н Б В.1.1-XXX:201X. Количество суток неполного месяца определяют в соответствии с табл. 3 прДСТУ-Н Б В.1.1-XXX:201X;

v – коэффициент утилизации теплопритоков, который учитывает способность здания воспринимать теплопритоки:

- для зданий без автоматического обеспечения регулирования температуры воздуха в помещениях $v = 0$;
- для зданий с автоматическим обеспечением регулирования температуры воздуха в помещениях определяют в соответствии с рис. 1 [6] по критерию тепловой инерции D , который рассчитывают по уравнению (4) в ДБН В.2.6-31 [5].

3.2.1 Водяная система отопления

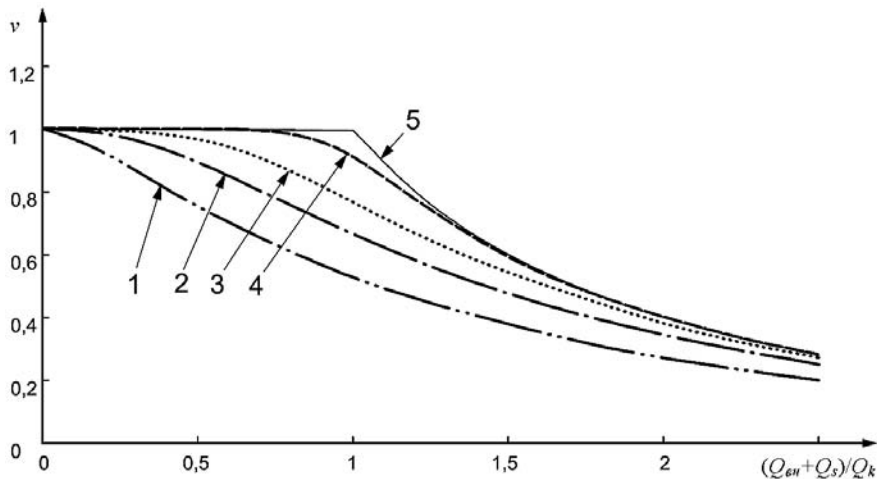


Рис. 1. Коэффициент утилизации теплопритоков [6] для зданий с тепловой инерцией D : 1 – $D \leq 1,5$; 2 – $D = 2,3$; 3 – $D = 3,2$; 4 – $D \geq 4$; 5 – идеальная кривая

Таблица 1. Коэффициенты η_{str} , η_{ctr} и η_{emb}

Влияющий фактор		Коэффициент		
		η_{str}	η_{ctr}	η_{emb}
Регулирование температуры воздуха в помещении	Отсутствует, с центральным качественным регулированием теплоносителя			0,80
	По усредненной (характерной) температуре воздуха в помещениях здания			0,88
	П-регулирование (2 К)			0,93
	П-регулирование (1 К)			0,95
	ПИ-регулирование			0,97
	ПИ-регулирование с оптимизацией (например, наличие диспетчеризации, адаптированного контроля)			0,99
Температурный напор (при температуре воздуха 20 °С)	60 К (например, 90/70 °С) 42,5 К (например, 70/55 °С) 30 К (например, 55/45 °С)	η_{str1}	η_{str2}	
		0,88		
		0,93		
	30 К (например, 55/45 °С)	0,95		
Специфические тепловые потери через внешние ограждения	Отопительный прибор установлен у внутренней стены		0,87	1
	Отопительный прибор установлен у внешней стены:			
	- окно без радиационной защиты;		0,83	1
	- окно с радиационной защитой (при предотвращении не менее 80 % потерь радиационной теплоты);		0,88	1
	- без окна		0,95	1

Таблица 2. Коэффициент f_{hydr} , учитывающий влияние гидравлической наладки системы

Влияющий фактор		f_{hydr}
Гидравлическая наладка системы	Отсутствуют балансировочные клапаны на стояках вертикальной (на ветках горизонтальной) системы. Система неналаджена	1,03
	Установлены ручные балансировочные клапаны на стояках (горизонтальных ветках). Либо установлены автоматические балансировочные клапаны на стояках (горизонтальных ветках) с количеством отопительных приборов на стояках (ветках) более восьми. Система настроена в соответствии с EN 14336 [7]	1,01
	Установлены автоматические балансировочные клапаны на стояках (горизонтальных ветках) с количеством отопительных приборов на стояках (ветках) не более восьми. Система настроена в соответствии с EN 14336 [7]	1,00

с отопительными приборами (радиатор, конвектор и пр.) в помещениях высотой не более 4 м.

Коэффициенты к формулам (1) и

(2) в зависимости от влияющих факторов энергоэффективности:

- коэффициент, учитывающий применение периодического теплового

режима помещений, принимают $f_{im} = 0,97$;

- коэффициент, учитывающий влияние лучистого теплообмена, принимают $f_{rad} = 1,0$;

- остальные коэффициенты представлены в таблицах 1 и 2.

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. В соответствии с EN 14336:2004 [7]:

- перед проектированием системы необходимо определиться с методом и приборами для наладки системы и применить запорно-регулирующую (балансировочную) арматуру, которая позволяет применить данный метод;

- комплектация и монтаж системы должны полностью отвечать проекту;

- после монтажа системы обеспечить наладкой проектные расходы и температуру теплоносителя.

2. Наладку системы отопления осуществляют по методике [7; 8].

3.2.2 Панельно-лучистая водяная или электрическая системы отопления с интегрированными в строительные конструкции нагревательными панелями в помещениях высотой не более 4 м.

Коэффициенты к формулам (1) и (2) в зависимости от влияющих факторов энергоэффективности:

- коэффициент, учитывающий применение периодического теплового режима помещений, принимают $f_{im} = 0,98$;

- коэффициент, учитывающий влияние лучистого теплообмена, принимают $f_{rad} = 1,0$;

- остальные коэффициенты представлены в таблицах 3 и 4.

ПРИМЕЧАНИЯ:

1. В соответствии с EN 14336:2004 [7]:

- перед проектированием системы необходимо определиться с методом и приборами для наладки системы и применить запорно-регулирующую (балансировочную) арматуру, которая позволяет применить данный метод;

- комплектация и монтаж системы должны полностью отвечать проекту;

- после монтажа системы обеспечить наладкой проектные расходы и температуру теплоносителя.

2. Наладку системы отопления осуществляют по методике [7; 8].

3.2.3 Электрическая система отопления в помещениях высотой не более 4 м.

Таблица 3. Коэффициенты η_{str} , η_{ctr} и η_{emb}

Влияющий фактор		Коэффициент		
		η_{str}	η_{ctr}	η_{emb}
Регулирование температуры воздуха в помещении	Водяная система отопления:			
	- отсутствует;		0,75	
	- отсутствует, с центральным качественным регулированием теплоносителя;		0,78	
	- отсутствует, с поддержанием среднего значения разницы температур;		0,83	
	- по усредненной (характерной) температуре помещений здания;		0,88	
	- двухпозиционное или П-регулирование;		0,93	
	- ПИ-регулирование.		0,95	
Электрическая система отопления:				
- двухпозиционное;		0,91		
- ПИ-регулирование		0,93		
Тип системы	Напольное отопление:			η_{emb1}
		- с влажным полом;	1	0,93
		- с сухим полом;	1	0,96
	- с сухим полом и незначительным покрытием	1	0,98	
	Стеновое отопление	0,96	0,93	
Потолочное отопление	0,93	0,93		
Специфические теплопотери через прилегающие к нагревательным панелям поверхности	Нагревательная панель без обеспечения минимальных требований к строительным конструкциям в соответствии с 5.2.2 прДБН В.2.5-24 [9]			0,86
	Нагревательная панель с обеспечением минимальных требований к строительным конструкциям в соответствии с 5.2.2 прДБН В.2.5-24 [9]			0,95
	Нагревательная панель с превышением минимальных требований к строительным конструкциям в соответствии с 5.2.2 прДБН В.2.5-24 [9]			0,99

Таблица 4. Коэффициент f_{hydr} , учитывающий влияние гидравлической наладки системы

	Влияющий фактор	f_{hydr}
	Гидравлическая наладка системы	Отсутствуют балансировочные клапаны. Система неналажена
Установлены ручные балансировочные клапаны. Либо установлены автоматические балансировочные клапаны количеством отопительных контуров более восьми. Система настроена в соответствии с EN 14336 [7]		1,01
Установлены автоматические балансировочные клапаны с количеством отопительных приборов не более восьми. Система настроена в соответствии с EN 14336 [7]		1,00

Коэффициенты к формуле (1) в зависимости от влияющих факторов энергоэффективности:

- коэффициент, учитывающий применение периодического теплового режима помещений, принимают $f_{im} = 0,97$ (применяют в системах с интегрированной обратной связью);
- коэффициент, учитывающий влияние лучистого теплообмена, принимают $f_{rad} = 1,0$;
- обобщающий коэффициент η_{em} , учитывающий условия теплоотдачи системы, представлен в таблице 5.

3.2.4 Воздушное отопление нежилых зданий с помещениями высотой не более 4 м.

Обобщающий коэффициент η_{em} к формуле (1), учитывающий условия теплоотдачи системы в зависимости от влияющих факторов энергоэффективности, представлен в таблице 6.

3.2.5 Системы отопления в помещениях высотой от 4 до 10 м (здания со значительным внутренним пространством).

Коэффициенты к формулам (1) и (2) в зависимости от влияющих факторов энергоэффективности:

- коэффициент, учитывающий влияние лучистого теплообмена, принимают $f_{rad} = 0,85$ для водяных панелей, излучателей, напольных панелей. Данный коэффициент яв-

ляется усредненным для разных систем в помещениях со значительным внутренним пространством;

- обобщающий коэффициент η_{em} , учитывающий условия теплоотдачи системы в зависимости от влияющих факторов энергоэффективности, представлен в таблице 7;

- коэффициенты системы воздушного отопления при промежуточной высоте помещения определяют как арифметическое среднее для систем с горизонтальными или вертикальными струями;

- для панельно-лучистой системы водяного отопления при высоте размещения не более 4 м принимают параметр η_{em} для высоты помещения 4 м; при этом $\eta_{rad} = 1$.

3.3 Пример.

3.3.1 Условие: в здании с помещениями высотой до 4 м сравнить электрическую кабельную систему отопления прямого действия (ЕКС ОПД) с радиаторной системой центрального водяного отопления.

3.3.2 Исходные данные: теплопотери здания за отопительный период, определенные как сумма ежемесячных теплопотерь, составляют 150 кВт·ч/год. Помещения с автоматическим регулированием температуры воздуха.

Коэффициенты ЕКС ОПД в соответствии с 3.2.2:

- двухпозиционное регулирование $\eta_{ctr} = 0,91$;
- помещения с сухими полами $\eta_{str} = 1$, $\eta_{emb1} = 0,96$;
- нагревающие панели с минимальной теплоизоляцией в соответствии с 5.2.2 прДБН В.2.5-24 [9] $\eta_{emb2} = 0,95$;
- применение периодического теплового режима помещений $f_{im} = 0,98$;
- влияние лучистого теплообмена $f_{rad} = 1,0$;
- гидравлическая наладка системы f_{hydr} не учитывается.

Значения параметров водяной системы отопления в соответствии с 3.3.1:

- П-регулирование (2 К) терморегуляторами на отопительных приборах $\eta_{ctr} = 0,93$;
- температурный напор 60 К (при 90/70 °С) $\eta_{str1} = 0,93$;

Таблица 5. Обобщающий коэффициент η_{em} , учитывающий условия теплоотдачи системы

Влияющий фактор		Параметр
		η_{em}
Размещение отопительных приборов у внешних стен	Прямое электроотопление с П-регулированием (1 К)	0,91
	Прямое электроотопление с ПИ-регулированием и оптимизацией	0,94
	Аккумуляционное нерегулируемое без зависимой от внешней температуры воздуха зарядки и статической/динамической разрядки	0,78
	Аккумуляционное с П-регулированием (1 К) и зависимой от внешней температуры воздуха зарядки и статической/динамической разрядки	0,88
	Аккумуляционное с ПИД-регулированием и оптимизацией, а также зависимой от внешней температуры воздуха зарядки и статической и продолжительной динамической разрядкой	0,91
Размещение отопительных приборов у внутренних стен	Прямое электроотопление с П-регулированием (1 К)	0,88
	Прямое электроотопление с ПИ-регулированием и оптимизацией	0,91
	Аккумуляционное нерегулируемое без зависимой от внешней температуры воздуха зарядки и статической/динамической разрядки	0,75
	Аккумуляционное с П-регулированием (1 К) и зависимой от внешней температуры воздуха зарядки и статической/динамической разрядкой	0,85
	Аккумуляционное с ПИД-регулированием и оптимизацией, а также зависимой от внешней температуры воздуха зарядки и статической и продолжительной динамической разрядкой	0,88

Таблица 6. Обобщающий коэффициент η_{em}

Влияющий фактор		Коэффициент η_{em} при уровне регулирования	
		Высокий	Низкий
Догрев приточного воздуха (доводчиками)	Регулирование температуры воздуха в помещении	0,82	0,87
	Регулирование температуры воздуха в помещении (многоуровневое регулирование температуры приточного воздуха)	0,88	0,90
	Регулирование температуры удаляемого воздуха	0,81	0,85
Догрев циркуляционного воздуха (в распределителях, вентиляторах-конвекторах)	Регулирование температуры воздуха в помещении	0,89	0,93

Таблица 7. Коэффициенты η_{str} , η_{ctr} и η_{emb}

Влияющий фактор		Коэффициенты						
		η_{str} при высоте помещения				η_{ctr}	η_{emb}	
		4 м	6 м	8 м	10 м			
Регулирование температуры воздуха в помещении	Отсутствует					0,80		
	Двухпозиционное					0,93		
	П-регулирование (2 К)					0,93		
	П-регулирование (1 К)					0,95		
	ПИ-регулирование					0,97		
	ПИ-регулирование с оптимизацией					0,99		
Тип отопления	Радиаторами	0,98	0,94	0,88	0,83		1	
	Воздушными струями без вертикальной рециркуляции:						1	
		- горизонтально	0,98	0,94	0,88	0,83		
		- вертикально	0,99	0,96	0,91	0,87		
	Воздушными струями с вертикальной рециркуляцией:						1	
		- горизонтально	0,99	0,97	0,94	0,91		
		- вертикально	0,99	0,98	0,96	0,93		
	Водяными панелями	1,00	0,99	0,97	0,96		1	
	Излучателями трубчатыми	1,00	0,99	0,97	0,96		1	
	Излучателями светлыми	1,00	0,99	0,97	0,96		1	
Напольными панелями с минимальным уровнем обеспечения требований к строительным конструкциям в соответствии с п.5.2.2 прДБН В.2.5-24 [9]:		1,00	0,99	0,97	0,96			
	- нагревательные элементы, встроенные в пол;						0,95	
	- нагревательные элементы, термически несвязанные с полом						0,95	

- отопительные приборы установлены у внешних стен с окнами без радиационной защиты $\eta_{str2} = 0,83$, $\eta_{emb} = 1$;

- применение периодического теплового режима $f_{im} = 0,98$;

- влияние лучистого теплообмена $f_{rad} = 1,0$.

- гидравлическая наладка системы автоматическими балансировочными клапанами для каждой квартиры (количество радиаторов в квартирах не превышает восьми) $f_{hydr} = 1,0$.

3.3.3 Расчетный расход тепловой энергии за отопительный период ЕКС ОПД в соответствии с уравнениями (1) и (2):

$$Q_{em,ls,zod} = \frac{f_{hydr} f_{im} f_{rad}}{\eta_{em}} 150 =$$

$$\begin{aligned} f_{hydr} f_{im} f_{rad} &= (4 - \eta_{str} - \eta_{ctr} - \eta_{emb}) 150 = \\ &= f_{hydr} f_{im} f_{rad} \times \\ &\times \left(4 - \eta_{str} - \eta_{ctr} - \frac{\eta_{emb1} + \eta_{emb2}}{2} \right) 150 = \\ &= 0,98 \cdot 1,0 \times \\ &\times \left(4 - 1,0 - 0,91 - \frac{0,96 + 0,95}{2} \right) 150 = \\ &= 166,85 \text{ кВт/год.} \end{aligned}$$

Расчетный расход тепловой энергии за отопительный период водяной системой отопления в соответствии с уравнениями (1) и (2) без учета дополнительного расхода энергии на работу электрооборудования (насоса, электроники, электроприводов клапанов и пр.), а также без учета потерь энергии в источнике энергии и теплосетях:

$$Q_{em,ls,zod} = \frac{f_{hydr} f_{im} f_{rad}}{\eta_{em}} 150 =$$

$$\begin{aligned} f_{hydr} f_{im} f_{rad} &= (4 - \eta_{str} - \eta_{ctr} - \eta_{emb}) 150 = \\ &= f_{hydr} f_{im} f_{rad} \times \\ &\times \left(4 - \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2} - \eta_{ctr} - \eta_{emb} \right) 150 = \\ &= 1,00 \cdot 0,98 \cdot 1,0 \times \\ &\times \left(4 - \frac{0,93 + 0,83}{2} - 0,93 - 1,0 \right) 150 = \\ &= 174,95 \text{ кВт/год.} \end{aligned}$$

Таблица 8. Коэффициенты η_{str} , η_{ctr} и η_{emb}

Влияющий фактор		Коэффициенты				
		η_{str} при высоте помещения			η_{ctr}	η_{emb}
		10 м	15 м	20 м		
Регулирование температуры воздуха в помещении	Отсутствует				0,80	
	Двухпозиционное				0,93	
	П-регулирование (2 К)				0,93	
	П-регулирование (1 К)				0,95	
	ПИ-регулирование				0,97	
	ПИ-регулирование с оптимизацией				0,99	
	Воздушными струями без вертикальной рециркуляции:					1
	- горизонтально	0,78	0,72	0,63		
	- вертикально	0,84	0,78	0,71		
	Воздушными струями с вертикальной рециркуляцией:					1
	- горизонтально	0,88	0,84	0,77		
	- вертикально	0,91	0,88	0,83		
	Водяными панелями	0,94	0,92	0,89		1
	Излучателями трубчатыми	0,94	0,92	0,89		1
	Излучателями светлыми	0,94	0,92	0,89		1
	Напольными панелями с минимальным уровнем обеспечения требований к строительным конструкциям в соответствии с п.5.2.2 прДБН В.2.5-24 [9]:	0,94	0,92	0,89		0,95
- нагревательные элементы, встроенные в пол					1	
- нагревательные элементы, термически несвязанные с полом					1	

3.3.4 Расчетный расход тепловой энергии за отопительный период ЕКС ОПД в сравнении с водяной системой центрального отопления меньше на

$$100(174,95 - 166,85)/166,85 = 5 \%,$$

что составляет

$$174,95 - 166,85 = 8,1 \text{ кВт.}$$

4 Библиография

1. EN 15316-2-1:2007 Heating systems in buildings – Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies – Part 2-1: Space heating emission systems.
2. ДСТУ Б А.2.2-8:2010 Розділ Енергоефективність у складі проектної документації об'єктів.
3. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будівель.
4. прДСТУ-Н Б В.1.1 – ХХХ:201Х Будівельна кліматологія.
5. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель.
6. EN ISO 13790:2008 Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling.
7. EN 14336:2004 Heating systems in buildings – Installation and commissioning of water based heating systems.
8. Пырков В.В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика.– К.: ДП «Такі справи», 2010.– 304 с.
9. прДБН В.2.5-24:201Х Електрична кабельна система опалення.