

ПРООН/ГЭФ
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий
в Республике Беларусь»

Отчет

**Методологические рекомендации по организации мониторинга
интегральных энергетических характеристик и расчетов для жилых зданий
в части приложений методов энергетического аудита**

Исполнитель,
Эксперт по вопросам
энергетического аудита в зданиях

А.Ф.Молочко

Минск
ноябрь 2013

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ПРОВЕДЕНИЕ РАСЧЕТОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ КОММУНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В МКД	4
1 СБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ	4
1.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗДАНИИ	4
1.2 СИСТЕМА ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ	5
1.3 СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	5
1.4 ПРИБОРЫ УЧЕТА.....	6
1.5 ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ	6
1.6 КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА	7
2 ПРОВЕДЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	8
2.1 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА.....	8
2.2 ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	8
2.3 ОБСЛЕДОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ	9
2.4 ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	9
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ФАКТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.....	10
3.1 ФАКТИЧЕСКОЕ И РАСЧЕТНОЕ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОТОПЛЕНИЯ.....	10
3.1.1 Фактическое теплопотребление	10
3.1.2 Расчетное теплопотребление.....	10
3.1.3 Определение фактического теплопотребления при нормативных условиях отопительного периода.....	14
3.2 ФАКТИЧЕСКОЕ И РАСЧЕТНОЕ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ГВС.....	15
3.2.1 Фактическое теплопотребление	15
3.2.2 Расчетное теплопотребление.....	15
3.3 ФАКТИЧЕСКОЕ И НОРМАТИВНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.....	16
3.3.1 Фактическое электропотребление.....	16
3.3.2 Расчетное электропотребление	16
4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗДАНИЙ.....	18
5 ОПРОС ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ (ЖИТЕЛЕЙ ДОМА, СЛУЖАЩИХ, РАБОЧИХ).....	20
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ: АНКЕТА	22

Введение

Энергоаудит зданий является комплексным энергетическим обследованием здания, которое включает в себя получение требуемых исходных данных, анализ технической и финансовой информации, составление баланса потребления, распределения энергии, выявление потерь, разработку целенаправленных энергосберегающих мероприятий, рекомендаций.

При проведении энергоаудита зданий выполняется большое количество различных измерений, расчетов, анализа работы систем отопления, водоснабжения, электроснабжения и т.д.

В соответствии с существующей методикой проведения энергоаудита можно выделить следующие основные этапы:

1) **подготовительный этап** включает в себя оценку объема работ, согласование технического задания и сроков исполнения работ, заключение договора;

2) **сбор исходных данных** – заключается в сборе проектной, технической и финансовой документации, проведении инструментальных измерений;

3) **обработка и анализ информации** – должен предусматривать выполнение анализа полученных результатов, составление энергетических балансов, определение интегральных энергетических характеристик здания, оценка потенциала энергосбережения;

4) **разработка рекомендаций по энергосбережению** – основной задачей данного этапа является технико-экономическая оценка эффективности энергосберегающих мероприятий, составление перечня приоритетных направлений энергосбережения;

5) **оформление полученных результатов** – данный этап должен предусматривать составление отчета и энергетического паспорта по результатам проведения энергетического обследования;

6) **мониторинг удельных энергетических характеристик зданий** предусматривает проведение повторного энергетического обследования и анализ хода внедрения энергосберегающих мероприятий предусмотренных программой в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

1 Проведение расчетов потребления коммунальных ресурсов в МКД

1 Сбор исходных данных

Исходные данные собираются с использованием проектной документации на здание, паспортов БТИ, энергетического паспорта здания, сведений эксплуатирующих организаций и непосредственного обследования здания при проведении энергоаудита.

1.1 Общие сведения о здании

На основании собранных данных определяются следующие характеристики здания:

- год постройки здания и год проведения капитального ремонта;
- серия проекта здания;
- этажность здания;
- количество секций;
- количество квартир;
- геометрические размеры здания по наружной поверхности, включающие в себя длину, ширину и высоту (если здание имеет более сложную конфигурацию, то необходимо составить план периметра здания с указанием всех необходимых размеров);
- отапливаемый объем и отапливаемая площадь здания;
- общая площадь жилых помещений;
- наличие отапливаемого подвала, т. е. наличие в подвале помещений с установленными отопительными приборами;
- наличие теплого чердака, представляющего собой чердачное пространство, где собирается удаляемый из квартир воздух;
- площадь ограждающих конструкций здания (площадь стен указывается без оконных проемов, балконных и входных дверей; при наличии отапливаемого подвала указывается площадь пола по грунту, включая площадь стен, контактирующих с грунтом; если в здании имеется неотапливаемое техподполье, то наружным ограждением является перекрытие техподполья);
- количество зарегистрированных жителей в доме;
- конструкция лестнично-лифтового узла (тип Н1 с поэтажными наружными переходами, тип Н2 – внутренняя лестница с окнами);
- информация о встроенных нежилых помещениях.

1.2 Система теплоснабжения

Исходные данные о системе теплоснабжения здания включают в себя следующую информацию:

- источника (ЦТП или тепловая станция) в систему отопления;
- температурный график системы отопления здания;
- схема системы отопления одно- или двухтрубная;
- схема подключения системы отопления к тепловой сети: независимая с теплообменником в ИТП, зависимая с непосредственным подключением, через элеваторный узел или с насосом смешения;
- тип отопительных приборов;
- характеристика систем вентиляции и кондиционирования (при их наличии);
- тип системы горячего водоснабжения (ГВС): с изолированными стояками без полотенцесушителей; то же с полотенцесушителями; с неизолированными стояками и полотенцесушителями;
- проектные нагрузки здания (эти данные собираются отдельно для жилой части и для встроенных нежилых помещений; при отсутствии такого разделения нагрузки приводятся для всего здания).

1.3 Система электроснабжения

В систему электроснабжения и электропотребления жилых зданий входят вводно-распределительные устройства (ВРУ), питающие, групповые и распределительные сети и электропотребляющее оборудование. Электропотребляющее оборудование можно разделить на 3 группы:

- электроприемники в жилых помещениях (освещение в квартирах и бытовые электроприборы);
- наружное освещение и освещение мест общего пользования;
- силовое оборудование (лифтовое оборудование, насосы и др.).

Последние 2 группы относятся к общедомовому электропотребляющему оборудованию.

При обследовании системы электроснабжения жилого здания необходимо проверить наличие однолинейной схемы электроснабжения и получить следующую информацию:

- границы раздела балансовой принадлежности;
- основные характеристики общедомового электропотребляющего оборудования (лифты, насосы, освещение и т. д.);
- данные фактического электропотребления по видам электропотребляющего оборудования согласно показаниям счетчиков коммерческого учета, а также счетчиков технического учета (при их наличии).

1.4 Приборы учета

Исходные данные о приборах учета должны дать полное представление о системе измерения потребления энергоресурсов и воды в здании.

Для систем тепло- и водопотребления необходимо иметь следующие сведения:

- тип (марка) и номер установленного оборудования;
- наличие технических возможностей для использования измерительного оборудования в автоматизированных системах учета, контроля и регулирования тепловой энергии;
- места установки приборов учета.

Дополнительно собирается информация о водосчетчиках, установленных в квартирах.

Для системы электроснабжения собираются следующие сведения о приборах учета:

- тип, марка, класс точности установленного оборудования;
- место установки счетчиков коммерческого учета на общедомовую электрическую нагрузку и общедомовых счетчиков электрической энергии, потребляемой жильцами (при их наличии);
- данные об измерительных трансформаторах тока и напряжения с указанием их типов и коэффициентов трансформации;
- наличие возможности подключения существующих счетчиков к автоматизированным системам учета электропотребления (АСУЭ).

1.5 Потребление энергоресурсов

Данные о потреблении энергоресурсов собираются за период, равный одному году (или за более длительный период, если есть такая возможность). Этот период не обязательно должен точно соответствовать календарному году: он может начинаться в одном году, а заканчиваться в следующем.

Если нет возможности собрать информацию за 12 месяцев, то необходимо собрать данные за 3 месяца отопительного периода (период наличия фактических данных).

Оптимальный набор данных содержит информацию о потреблении тепловой энергии отдельно в системе отопления и в системе ГВС, а также информацию о потреблении горячей и холодной воды. Если теплосчетчик измеряет только суммарное теплоснабжение, то необходимо иметь данные о расходе горячей воды.

Вся информация о фактическом потреблении тепловой энергии и воды заносится в таблицу 1.

Таблица 1 – Фактическое потребление энергоресурсов

Месяц	Потребление тепловой энергии, кВт·ч			Потребление воды, м ³			Потребление электрической энергии, кВт·ч		
	система отопление	система ГВС	общее	горячая вода	холодная вода	общее	система освещения	силовое оборудование	сумма
январь									
февраль									
март									
апрель									
май									
июнь									
июль									
август									
сентябрь									
октябрь									
ноябрь									
декабрь									

Для анализа фактического состояния системы теплоснабжения дополнительно запрашиваются протоколы показаний теплосчетчиков за весь отопительный период или за три месяца отопительного периода, в которых содержатся суточные значения показателей потребления тепловой энергии и расхода теплоносителя, а также среднесуточные показатели температуры воды в подающем и обратном трубопроводах.

Для системы электропотребления данные собираются отдельно для силового оборудования и отдельно для систем освещения мест общего пользования и наружного освещения, если в обследуемом жилом доме установлены счетчики коммерческого учета отдельно по этим направлениям.

При наличии общего счетчика коммерческого учета на силовое оборудование, освещение мест общего пользования и наружное освещение собираются данные о суммарном потреблении электроэнергии.

1.6 Климатические параметры отопительного периода

Для приведения данных о потреблении тепловой энергии в системе отопления к сопоставимым условиям необходимо иметь информацию о средних температурах наружного воздуха и количестве суток за каждый месяц периода наличия фактических данных. Сведения берутся на основании данных метеослужб. Нормативные параметры определяются в соответствии СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология».

2 Проведение инструментальных измерений

2.1 Измерение параметров микроклимата.

Выполняются инструментальные измерения

Измерение параметров воздушного и теплового микроклимата в жилых и общедомовых помещениях проводится с целью проверки их соответствия гигиеническим и технологическим нормативам

Измеряется температура, влажность и скорость движения воздуха.

2.2 Обследование строительных конструкций

Визуальный осмотр проводится с целью определения технического состояния наружных ограждающих конструкций. Определяют наличие дефектных участков, трещин, отклонений от вертикали, разрушение фактурного и защитного слоев, коррозию арматуры, состояние стыков, обрамлений оконных и дверных проемов.

Обмерные работы проводятся для выявления действительных геометрических размеров здания и соответствия их проектным данным.

Определяются теплотехнические свойства ограждающих конструкций:

– температурные поля на внутренних поверхностях ограждающих конструкций, на участках теплопроводных включений, узлов примыканий внутренних и наружных стен, стыковых соединений с целью выявления зон с пониженной температурой, где возможно образование конденсата на поверхности конструкций;

– характер изменения температурного поля и коэффициент теплотехнической однородности конструкций;

– термическое сопротивление конструкций R_k , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, коэффициент теплоотдачи внутренней $\alpha_{в}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, и наружной $\alpha_{н}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, поверхностей;

– измерение тепловых потоков для определения теплозащитных свойств ограждающих конструкций;

– влажностное состояние ограждающих конструкций;

– воздухопроницаемость ограждающих конструкций;

– инструментальный контроль температурно-влажностных режимов и расхода воздуха системами приточно-вытяжной вентиляции.

Выбор количества и мест измерений должен определяться поставленной задачей и позволять с необходимой точностью определить теплоэнергетический баланс.

Как правило, предпочтение следует отдавать измерениям значений показателей микроклимата в помещениях, зонах, участках, где имеются жалобы пользователей.

2.3 Обследование инженерных систем

Проводится визуальный осмотр и проверка работоспособности инженерных систем.

Проводятся следующие измерения:

- температуры воды (теплоносителя) в прямом (подающем) трубопроводе;
- температуры воды (теплоносителя) в обратном трубопроводе;
- расхода воды (теплоносителя) в прямом (подающем) трубопроводе;
- расхода воды (теплоносителя) в обратном трубопроводе;
- давления воды (теплоносителя) в прямом (подающем) трубопроводе;
- давления воды (теплоносителя) в обратном трубопроводе.

Проводится тепловизионная съемка отопительных приборов и стояков с целью выявления равномерности прогрева отопительных приборов, отсутствия завоздушенности.

2.4 Обследование системы электроснабжения

Проводится анализ качества электрической энергии.

Для выявления участков повышенной температуры электрооборудования в помещении электрощитовой и электрических щитов здания проводится тепловизионная съемка.

Проводится инструментальный контроль уровня освещенности при естественном и искусственном освещении;

3 Определение расчетных и фактических нагрузок

3.1 Фактическое и расчетное теплотребление в системе отопления

3.1.1 Фактическое теплотребление

Фактическое потребление тепловой энергии определяется за отопительный период или за период наличия данных на основании показаний приборов учета, коммунальных платежей или расчетным способом.

3.1.2 Расчетное теплотребление

Расчетное теплотребление в системе отопления представляет собой расход тепловой энергии, требуемый для отопления и вентиляции жилого здания за отопительный период.

Расход тепловой энергии определяется при нормативных условиях отопительного периода.

Расчет проводится по укрупненным показателям в соответствии с СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» или по методике, приведенной в ТКП 45-2.04-195-2010 (02250) «Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения». В этом случае расчетный расход тепловой энергии определяется с учетом фактических (проектных) значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, нормативного воздухообмена, расчетных бытовых тепловыделений и солнечных теплопоступлений.

Таблица 2 – Расчетный расход тепловой энергии

Характеристики здания и помещений и расчет потребления тепловой энергии здания					
Параметр	Обозначение	Ед.изм.	Значение		
			нормативное	проектное	фактическое
Этажность	-	-			
Год постройки	2010				
Общая площадь ограждающих конструкций	$A_{общ}$	m^2			
Общая площадь отапливаемых помещений	$A_{общ,отопл}$	m^2			
Система отопления	тип				
	отопительные приборы				
	состояние				
Отапливаемый объем здания	V_o	m^3			

Характеристики здания и помещений и расчет потребления тепловой энергии здания					
Параметр	Обозначение	Ед.изм.	Значение		
			нормативное	проектное	фактическое
Фактическая продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут			
Расчетная температура наружного воздуха		$^{\circ}\text{C}$			
Площадь остекления (светопроемов) по фасадам,	юго-восток	$A_{ост}$	м^2		
	северо-запад				
	юго-запад				
	северо-восток				
Кровля	тип				
	коэффициент теплопередачи	K	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$		
	сопротивление теплопередаче	R	$\text{м}^2\text{C}/\text{Вт}$		
	площадь	$A_{кр}$	м^2		
	состояние				
Стены	тип				
	коэффициент теплопередачи	K	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$		
	сопротивление теплопередаче	R	$\text{м}^2\text{C}/\text{Вт}$		
	площадь	$A_{ст}$	м^2		
	состояние				
Окна	тип				
	коэффициент теплопередачи	K	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$		
	сопротивление теплопередаче	R	$\text{м}^2\text{C}/\text{Вт}$		
	площадь	$A_{ост}$	м^2		
	состояние				
Входные двери и ворота	тип				
	коэффициент теплопередачи	K	$\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$		
	сопротивление теплопередаче	R	$\text{м}^2\text{C}/\text{Вт}$		
	площадь	$A_{нэ}$	м^2		
	состояние				

Характеристики здания и помещений и расчет потребления тепловой энергии здания					
Параметр	Обозначение	Ед.изм.	Значение		
			нормативное	проектное	фактическое
Подвальные перекрытия	тип				
	коэффициент теплопередачи	K	Вт/(м ² °С)		
	сопротивление теплопередаче	R	м ² °С/Вт		
	площадь	$A_{нэ}$	м ²		
	состояние				
Расчет потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий					
1. Потребление тепловой энергии на отопление здания в течении отопительного периода	$Q_{от} = [Q_h - (Q_{быт} + Q_p) \nu \zeta] \beta_h$				
		кВт ч			
		Гкал			
<i>коэффициент, учитывающий теплоаккумуляционную способность здания</i>	ν	-			
<i>коэффициент эффективности систем автоматического регулирования подачи теплоты на отопление</i>	ζ	-			
<i>коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления</i>	β_h	-			
<i>расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания</i>	q_h^{des}	кДж/(м ³ ×°С×сут)			
		Вт/(м ³ ×°С×сут)			
<i>класс энергетической эффективности</i>					С
2. Общие тепловые потери здания через наружные ограждающие конструкции	$Q_h = 0,024 K_m D_d A_{об}$				
	Q_h	кВт ч			
<i>общий коэффициент теплопередачи здания</i>	K	Вт/(м ² °С)			
<i>количество градусосуток отопительного периода</i>	D_d	°Ссут			
2.1 Тепловые потери здания через наружные ограждающие конструкции	$Q_h^{tr} = 0,024 K_m^{mp} D_d A_{об}$				
	Q_h^{tr}	кВт ч			
<i>приведенный коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания</i>	$K^{tr} = (F_w K + F_f K + F_c K + F_j K) / F_{общ}$				
	K^{tr}	Вт/(м ² °С)			

Характеристики здания и помещений и расчет потребления тепловой энергии здания					
Параметр	Обозначение	Ед.изм.	Значение		
			нормативное	проектное	фактическое
2.2 Тепловые потери здания на вентиляцию помещений	$Q_h^{inf}=0,024K_m^{mp}D_dA_{об}$				
	Q_h^{inf}	кВт ч			
условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплотери за счет инфильтрации и вентиляции	$K^{inf}=0,28c n_a V_h \rho_a^{ht} k / A_{общ}$				
	K^{inf}	Вт/(м ² ·°С)			
удельная теплоемкость воздуха	c	кДж/(кг·°С)			
коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций	β_v	-			
средняя плотность приточного воздуха за отопительный период	ρ_a^{ht}	кг/м ³			
средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период	n_a	ч ⁻¹			
количество приточного воздуха в здании при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции	L_v	м ³ /ч			
число часов работы механической вентиляции в течение недели	n_v	ч			
количество воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей	G_{inf}	кг/ч			
коэффициент учета влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях	k	-			
число часов учета инфильтрации в течение недели	n_{inf}	ч			
3. Бытовые тепlopоступления в течении отопительного периода	$Q_{быт}=Q_l+Q_{об}$				
		кВт ч			
3.1. Количество явной теплоты, выделяемой людьми	$Q_l=q_l n z_{om} T 10^{-3}$				
		кВт ч			
удельные тепловыделения от одного человека	q_l	Вт/чел			
количество персонала	n	чел			
время пребывания людей в здании	T	час/сут			
3.2 Тепловыделения от электропотребляющего оборудования	$Q_{об}=0,024q_l n z_{om}$				
		кВт ч			

Характеристики здания и помещений и расчет потребления тепловой энергии здания					
Параметр	Обозначение	Ед.изм.	Значение		
			нормативное	проектное	фактическое
удельная величина бытовых теплопоступлений на 1 м ² расчетной площади здания	q _{int}	Вт/м ²			
расчетная площадь	A _г	м ²			
4. Теплопоступления от солнечной радиации в течении отопительного периода, кВт ч	$Q_p = t_F k_F (F_{F1} I_1 + F_{F2} I_2 + F_{F3} I_3 + F_{F4} I_4)$				
		кВт ч			
коэффициент затенения светового проема	t _F	-			
коэффициент относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон, принимаемые согласно СнИП II-3	k _F	-			
Средняя за отопительный период интенсивность солнечной радиации на вертикальные поверхности	юго-восток	I ₁	кВт ч/м ²		
	северо-запад	I ₂			
	юго-запад	I ₃			
	северо-восток	I ₄			

3.1.3 Определение фактического теплотребления при нормативных условиях отопительного периода

Для сравнения фактического теплотребления в системах отопления и вентиляции здания с расчетным и нормативным значениями фактический расход тепловой энергии пересчитывается на нормативные условия отопительного периода в соответствии с данными СНБ 2.04.02-2000.

Пересчет фактического теплотребления в системах отопления и вентиляции здания на нормативные условия производится по формуле:

$$Q_{h\phi}^y = Q_{\phi} \cdot \frac{Dd}{Dd_{\phi}},$$

где Dd и Dd_{ϕ} – нормативное и фактическое значения градусо-суток, °С·сут:

$$Dd = (t_{int} - t_{ext}) \cdot z,$$

где t_{int} – средняя за отопительный период температура внутреннего воздуха в здании, t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С, z – продолжительность отопительного периода, сут.

3.2 Фактическое и расчетное теплотребление в системе ГВС

3.2.1 Фактическое теплотребление

Фактическое теплотребление в системе ГВС определяется за год на основании данных теплосчетчика при наличии измерений теплотребления отдельно в системе ГВС.

3.2.2 Расчетное теплотребление

Расчетный расход тепловой энергии в системе ГВС определяется с использованием значения нормативного потребления горячей воды в соответствии с СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети» и СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

Среднедневная тепловая нагрузка горячего водоснабжения жилого здания $Q_{hw}^{cp,n}$ определяется по формуле:

$$Q_{hw}^{cp,n} = \frac{1,2 \cdot a \cdot m \cdot c \cdot (55 - t_x)}{24 \cdot 3,6}, \text{ Вт},$$

где a – норма расхода горячей воды с температурой $t_r = 55$ °С на одного жителя в средние сутки, принимаемая в зависимости от степени комфортности здания, л; m – число жителей в здании, чел, c – удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·К); t_x – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период, принимаемая равной 5 °С.

Средняя за сутки максимального водопотребления тепловая нагрузка горячего водоснабжения жилого здания $Q_{hw}^{cp,c}$ определяется по формуле:

$$Q_{hw}^{cp,c} = \chi_n \cdot Q_z^{cp,n}, \text{ Вт},$$

где χ_n – коэффициент недельной неравномерности расхода теплоты, для жилых зданий $\chi_n = 1,14$.

Расчетная (максимально-часовая) тепловая нагрузка горячего водоснабжения жилого здания Q_r^p определяется по формуле:

$$Q_{hw}^p = \chi_n \cdot \chi_c \cdot Q_z^{cp,n}, \text{ Вт},$$

где χ_c – коэффициент суточной неравномерности расхода теплоты за сутки максимального водопотребления, для жилых зданий $\chi_c = 2,00$.

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение $Q_r^{\text{год}}$ определяется по формуле:

$$Q_{hw}^{\text{год}} = 0,024 \cdot Q_z^{cp,n} \cdot \left(z_{om} + \beta \cdot \frac{55 - t_{x,l}}{55 - t_x} (z_z - z_{om}) \right), \text{ кВт} \cdot \text{ч},$$

где z_z, z_{om} – продолжительность работы системы горячего водоснабжения и длительность отопительного периода соответственно, сут; β – коэффициент снижения расхода воды на горячее водоснабжение в летний период, $\beta = 0,8$;

$t_{x.l}$ – температура холодной (водопроводной) воды в летний период, принимаемая равной 15°С.

3.3 Фактическое и нормативное потребление электрической энергии

3.3.1 Фактическое электропотребление

При наличии в обследуемом жилом доме отдельного коммерческого или технического учета на силовое оборудование и систему освещения фактическое потребление определяется на основании показаний приборов учета.

Оценку фактического потребления электроэнергии по направлениям использования \mathcal{E}_i , кВт·ч, можно произвести по формуле:

$$\mathcal{E}_i = P_{yi} \cdot K_{ci} \cdot T_i ,$$

где P_{yi} – установленная мощность электрооборудования, кВт;

K_{ci} – степень использования установленной мощности;

T_i – фактическое время работы данного оборудования в течение рассматриваемого периода, час.

3.3.2 Расчетное электропотребление

Расчетное потребление электроприемниками квартир (коттеджей) определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{кв}} = P_y \cdot n_{\text{кв}} \cdot K_c \cdot K_o \cdot T_i ,$$

где P_y – установленная (заявленная) мощность электроприемников одной квартиры, кВт;

$n_{\text{кв}}$ — количество квартир, шт.;

K_c — коэффициент спроса для одной квартиры (коттеджа), принимаемый по ТКП45-4.04-149-2009;

K_o — коэффициент одновременности, принимаемый по ТКП45-4.04-149-2009.

Расчетную нагрузку групповых сетей освещения общедомовых помещений жилых зданий (лестничных клеток, вестибюлей, технических этажей и подполий, подвалов, чердаков, колясочных), а также жилых помещений общежитий следует определять по светотехническому расчету с коэффициентом спроса, равным единице.

Нормативное электропотребления на освещение мест общего пользования $\mathcal{E}_{\text{осв}}$, кВт·ч, (позэтажные внеквартирные коридоры, лестницы, вестибюли жилых зданий) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{осв}} = p_y \cdot S \cdot T_i ,$$

где p_y – максимально допустимая удельная установленная мощность, Вт/м², для рассматриваемых помещений;

S – площадь мест общего пользования, м²;

T_i – расчетное время работы осветительных установок за рассматриваемый период, час.

Потребление электрической энергии двигателем насоса, $\mathcal{E}_{\text{дв}}$, кВт·ч, определяется по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = \frac{P_n}{\eta_{\text{дв}}} \cdot T,$$

где $P_n (\cos \varphi)$ – номинальная мощность насоса, кВт;

T – время работы за рассматриваемый период, ч;

$\eta_{\text{дв}}$ – КПД двигателя.

Нормативное потребление электроэнергии лифтовым хозяйством не определяется в связи с отсутствием расчетных значений времени работы лифтов.

4 Определение интегральных энергетических характеристик зданий

Удельные интегральные энергетические характеристики здания характеризуют энергоэффективность здания и могут быть использованы для сравнения с аналогичными показателями других зданий.

Фактический удельный расход тепловой энергии в системе отопления здания за отопительный период $q_{h,\phi}^y$, кВт·ч/м², определялся по фактическому теплотреблению, пересчитанному на нормативные условия:

$$q_{h,\phi}^y = \frac{Q_{h,\phi n}^y}{A_h^{sum}},$$

где $Q_{h,\phi n}^y$ – фактическое теплотребление в системе отопления при нормативных условиях отопительного периода, кВт·ч;

A_h^{sum} – суммарная площадь квартир и полезная площадь нежилых помещений, м².

Расчетный удельный расход тепловой энергии в системе отопления здания за отопительный период q_h^y , кВт·ч/м², определялся по формуле:

$$q_h^y = \frac{Q_h^y}{A_h^{sum}},$$

где Q_h^y – расчетное теплотребление в системе отопления, кВт·ч.

Аналогично определяются удельные показатели теплотребления для системы ГВС:

$$q_{hw,\phi}^y = \frac{Q_{hw,\phi}^y}{A_h^{sum}}, \quad q_{hw}^y = \frac{Q_{hw}^y}{A_h^{sum}}$$

где $Q_{hw,\phi}^y$ – фактическое теплотребление в системе горячего водоснабжения, кВт·ч;

где Q_{hw}^y – расчетное теплотребление в системе горячего водоснабжения, кВт·ч;

Определяются удельные показатели потребления электрической энергии зданием:

$$\varepsilon_{\phi}^y = \frac{\mathcal{E}_{\phi}}{A_h^{sum}}, \quad \varepsilon_p^y = \frac{\mathcal{E}_p}{A_h^{sum}}$$

где \mathcal{E}_{ϕ} – фактическое потребление электрической энергии общедомовым оборудованием, кВт·ч;

где \mathcal{E}_p – расчетное потребление электрической энергии общедомовым оборудованием, кВт·ч.

Определяются удельные показатели потребления электрической энергии общедомовым оборудованием:

$$\varepsilon_{\phi.o.}^y = \frac{\varepsilon_{\phi.o.}}{A_h^{sum}}, \quad \varepsilon_{p.o.}^y = \frac{\varepsilon_{p.o.}}{A_h^{sum}}$$

где $\varepsilon_{\phi.o.}$ – фактическое потребление электрической энергии общедомовым оборудованием, кВт·ч;

где $\varepsilon_{p.o.}$ – расчетное потребление электрической энергии общедомовым оборудованием, кВт·ч.

Для системы отопления и вентиляции дополнительно определяется фактический $q_{h\phi}^{yn}$ и расчетный q_h^{yn} удельный расход тепловой энергии в системе отопления и вентиляции здания за отопительный период, приведенный к градусо-суткам отопительного периода Dd , Вт·ч/м²·°С·сут.:

$$q_{h\phi}^{yn} = 1000 \cdot \frac{q_{h\phi}^y}{Dd}, \quad q_h^{yn} = 1000 \cdot \frac{q_h^y}{Dd}$$

Удельные показатели теплотребления, приведенные к градусо-суткам отопительного периода, не зависят от региона, характеризуют энергоэффективность здания и могут быть использованы для сравнения с базовым уровнем нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

5 Опрос пользователей (жителей дома, служащих, рабочих).

Опрос целесообразно сочетать с проведением измерений показателей микроклимата. Пользователи – ценный источник информации по комфорту и качеству внутреннего воздуха. При этом достаточно опросить 10-20% пользователей. Из опроса пользователей, как правило, следует выяснить:

- имеются ли холодные участки стен;
- имеются ли промерзания и сквозняки;
- удовлетворительны ли качество воздуха, его температура и влажность;
- имеются ли перерывы в работе отопления и водоснабжения;
- имеются ли течи в водоразборных кранах.

Другие важные сведения необходимо собрать на основе анкетирования (см. Приложение).

Список использованных источников

- [1] Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.07.2006 № 964 «Об энергетическом обследовании организаций»
- [2] ТКП 45- 2.04-195-2010 (02250) «Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения»
- [3] СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
- [4] СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология.
- [5] СНиП 2.04.07-86 Тепловые сети
- [6] СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».
- [7] ТКП 45-4.04-149-2009 (02250). Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования
- [8] МДС 13-20.2004. Комплексная методика по обследованию и энергоаудиту реконструируемых зданий. Пособие по проектированию.

ПРИЛОЖЕНИЕ: Анкета

Уважаемые жильцы!

Администрацией планируется улучшить работу системы электроснабжения, отопления и горячего водоснабжения.

Просим Вас оказать содействие в проведении обследования Вашего дома и заполнить настоящую анкету

Номер квартиры указывать не требуется, анкета является анонимной.

Ваши ответы помогут улучшить теплоснабжение и электроснабжение в вашем доме уже в будущем году, а впоследствии постепенно решить эту проблему и для других домов.

Анкету просьба опустить в ящик для сбора опросных листов

Количество комнат в вашей квартире		
Этаж		
Количество постоянно проживающих		чел
Фактическая температура воздуха в квартире зимой		°С
Желаемая температура воздуха в квартире зимой		°С

Используете ли вы дополнительные меры для повышения температуры воздуха зимой:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> заклейка притворов окон | <input type="checkbox"/> увеличение числа секций отопительных батарей |
| <input type="checkbox"/> включение электроотопительных приборов | <input type="checkbox"/> обогрев газовой плитой |
| | <input type="checkbox"/> другое |

Хорошо ли работает система вытяжной вентиляции

- | | | |
|---------|--|--|
| Кухни | <input type="checkbox"/> удовлетворительно | <input type="checkbox"/> неудовлетворительно |
| Ванной | <input type="checkbox"/> удовлетворительно | <input type="checkbox"/> неудовлетворительно |
| Санузла | <input type="checkbox"/> удовлетворительно | <input type="checkbox"/> неудовлетворительно |

Как часто вы пользуетесь форточками зимой для проветривания квартиры:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> постоянно | <input type="checkbox"/> очень редко |
| <input type="checkbox"/> преимущественно ночью во время сна | <input type="checkbox"/> никогда |
| <input type="checkbox"/> для проветривания после приготовления пищи, курения | |

Бывают ли случаи, когда вашу квартиру перетапливают:

- | | |
|--|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> иногда осенью | <input type="checkbox"/> никогда |
| <input type="checkbox"/> иногда весной | <input type="checkbox"/> другое |

Пользуетесь ли вы кранами на отопительных приборах для регулирования отопления:

- | | |
|---------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> часто | <input type="checkbox"/> никогда |
| <input type="checkbox"/> иногда | <input type="checkbox"/> это невозможно |

Были ли за последние 2 года перерывы зимой

- в отоплении
- в горячей воде

Сколько раз за последний год болели Вы и члены вашей семьи заболеваниями, которые вы связываете с низкой температурой воздуха в квартире зимой:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> не болели | <input type="checkbox"/> болели (сколько?) раз |
| <input type="checkbox"/> болели 1-2 раза | |

Отключают ли у вас горячую воду:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> весной | <input type="checkbox"/> осенью |
| <input type="checkbox"/> летом | |

Если ДА, то на какой срок:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> неделя | <input type="checkbox"/> месяц |
| <input type="checkbox"/> 2 недели | <input type="checkbox"/> более месяца |

Устраивает ли вас работа системы горячего водоснабжения

- | | | |
|-------------|--|--|
| температура | <input type="checkbox"/> удовлетворительно | <input type="checkbox"/> неудовлетворительно |
| напор | <input type="checkbox"/> удовлетворительно | <input type="checkbox"/> неудовлетворительно |

Напор горячей воды колеблется в течение суток:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> утро | <input type="checkbox"/> вечер |
| <input type="checkbox"/> день | |

Как вы поддерживаете освещенность в своей квартире?

- Всегда при помощи искусственного освещения
- Всегда при помощи естественного освещения в дневное время
- Комбинированно

Вы и члены вашей семьи обращались с просьбами или жалобами по вопросам:

- отопления
- горячего водоснабжения
- электроснабжения

Пожалуйста, охарактеризуйте следующие системы в Вашем доме:

Освещение

Тип ламп (напр., люминесцентные, накаливания, и др.)	Расположение (напр., спальня, ванная, кухня и др.)	Количество	Единичная мощность [Вт]	Количество месяцев [во вкл. состоянии]	Число часов работы в день							Энергосберегающие лампы (да/нет)	Автоматический контроль (да/нет)
					Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс		
Тип 1:													
Тип 2:													
Тип 3:													
Тип 4													
Тип 5													

Электроотопление, кондиционирование

Тип	Расположение (напр., спальня, ванная, кухня и др.)	Количество	Единичная мощность [Вт]	Количество месяцев [во вкл. состоянии]	Число часов работы в день							Автоматический контроль (да/нет)	
					Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс		
Кондиционер:													
Электрообогреватель Система «Теплый пол»													

Прочие электроприборы

Тип	Количество	Единичная мощность	Количество месяцев	Число часов работы в день						
		[Вт]	[во вкл. состоянии]	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
Стиральная машина										
Посудомоечная машина										
Холодильник										
Электрическая варочная панель										
Электрический духовой шкаф										
Микроволновая печь										
Электрочайник										
Кухонный комбайн										
фен										
Утюг										
Пылесос										
Телевизор										
Компьютер										
Музыкальный центр										