

Опыт проектирования инженерных систем для энергоэффективных жилых зданий второго поколения

Государственное предприятие «Институт жилища - НИПТИС им.Атаева С.С.»

Первый заместитель директора

Данилевский Леонид Николаевич

leonik@tut.by

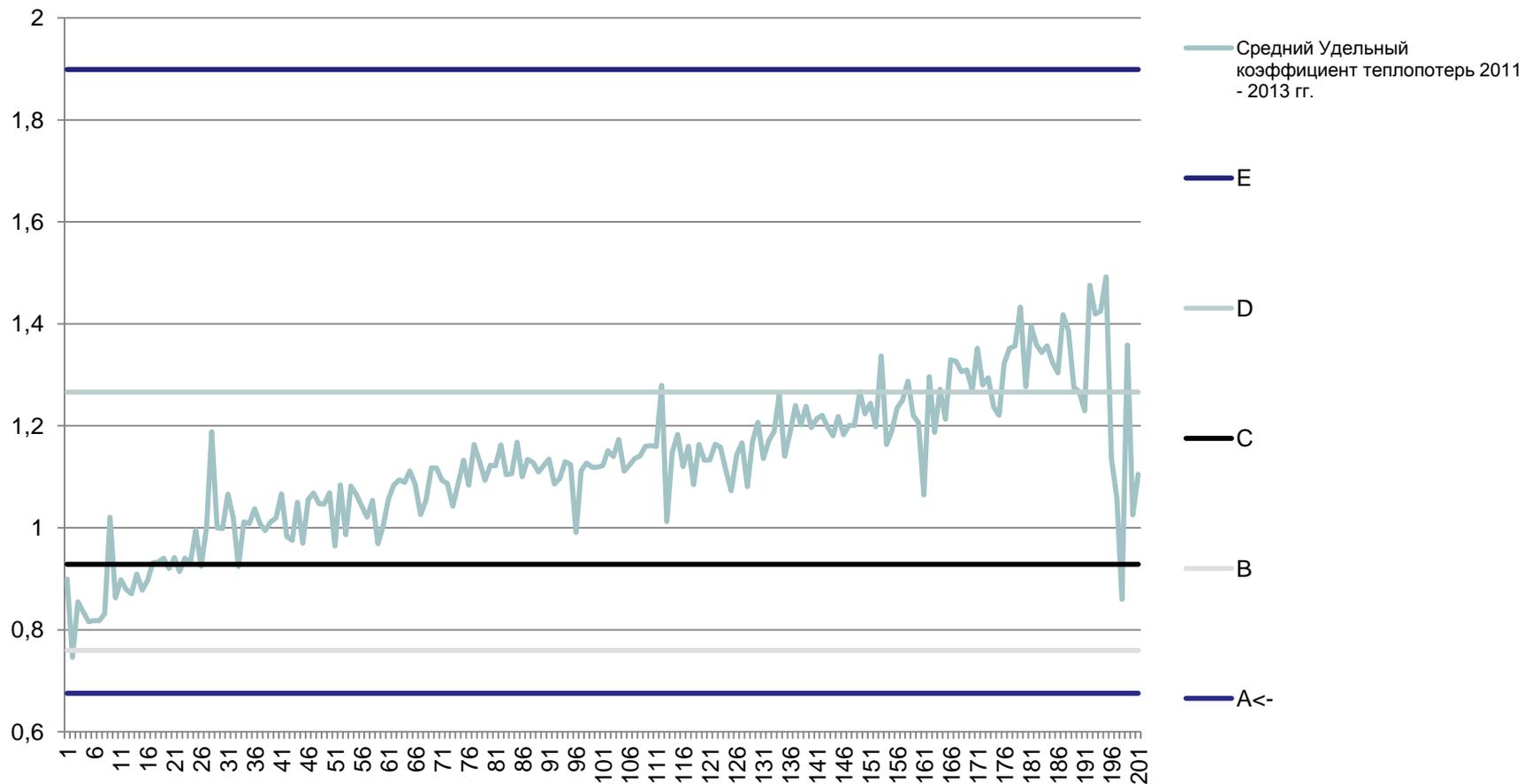
35% тепловой энергии в Республике Беларусь уходит на отопление и горячее водоснабжение зданий

- Годовые затраты ТЭР на обеспечение отопления и горячего водоснабжения существующего жилого фонда Беларуси в 2012 году составят **56755 млн. кВт*час** или **8,13 млн. т условного топлива** или **11,35 млрд. м3 газа** или **11,62 млн. т нефти** или **72,63 млн. нефтяных баррелей**.
- задача существенного сокращения энергетических затрат на содержание жилого фонда путем строительства новых энергоэффективных жилых зданий и тепловой модернизации существующих **приобрела национальный уровень**

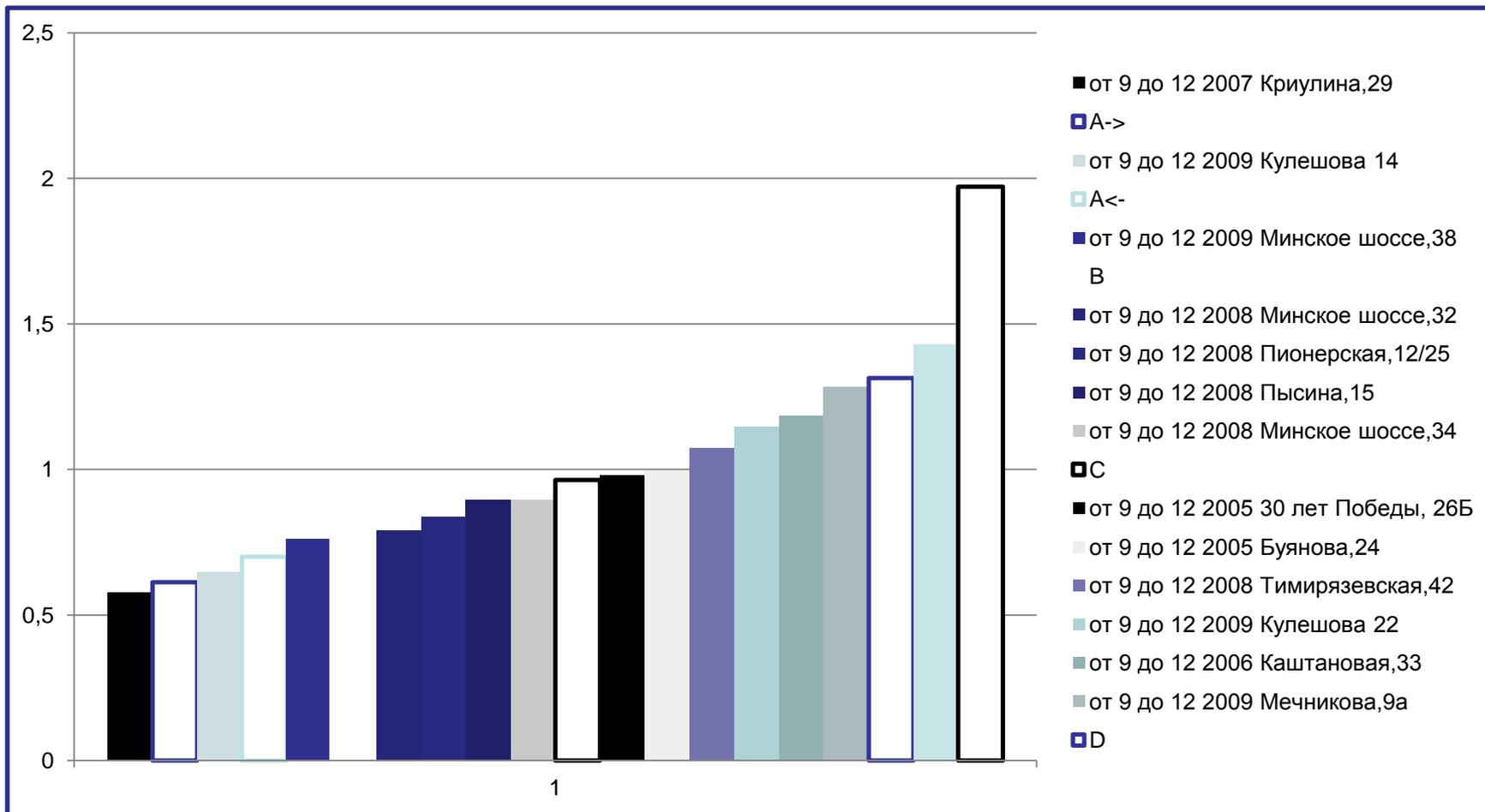
ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА в Республике Беларусь

- **Оснащение зданий групповыми системами учета и регулирования потреблением тепловой энергии (1994 – 2000 гг)**
- **Развитие технологий утепления зданий (1996 -2005 гг)**
- **Определение эксплуатационных затрат тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение зданий (20000 – 2007 гг.)**
- **Определение экономически целесообразного уровня удельных тепловых характеристик здания (постоянно)**
- **Разработка концепции энергоэффективного здания (2005 г)**
- **Разработка необходимых технических и проектных решений (1998 т-2005 г.)**
- **Проектирование и строительство первого экспериментального энергоэффективного здания (2005 – 2007 гг.)**
- **Мультипликация опыта: совместное проектирование и строительство экспериментальных зданий в других городах(2007 – 2009 гг.)**
- **Корректировка нормативной базы энергоэффективности (постоянно)**
- **Принятие комплексной программы проектирования и строительства энергоэффективных зданий в стране и организация их массового строительства (с 2009 г)**

Средний удельный коэффициент теплотерь за 2011 - 2013 гг. зданий г. Минска и области, постройки 2005 – 2010 гг



Средний удельный коэффициент теплотерь за 2011 - 2013 гг. зданий г. Могилёва, постройки 2005 – 2009 гг



**Нормативные значения удельного расхода тепловой энергии
за отопительный период на отопление и вентиляцию жилых
зданий
кВтч/м² (МДж/м²)**

Этажность здания	Витебск		Минск		Гродно		Могилев		Брест		Гомель	
	кВтч/м ²	МДж/м ²										
1..3	108	(388)	96	(346)	88	(315)	101	(364)	79	(283)	92	(329)
4	65	(232)	55	(198)	50	(179)	58	(210)	44	(158)	52	(189)
5	63	(226)	53	(191)	49	(175)	57	(205)	43	(154)	51	(185)
6	62	(220)	51	(184)	47	(168)	55	(198)	42	(150)	50	(178)
7	59	(213)	50	(180)	45	(162)	53	(191)	40	(144)	48	(171)
9	58	(210)	49	(176)	44	(158)	52	(187)	39	(140)	47	(168)
12	57	(206)	48	(173)	43	(155)	51	(183)	38	(137)	46	(165) »

Классы жилых и общественных зданий по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию

Обозначение класса	Наименование класса здания по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию		Отклонение (« + » или « - ») значений удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормативных значений, установленных в таблице 2 , %
A+	<i>Очень высокий*</i>		от - 30 до -100
A			От - 20 до -30 включительно
B	<i>Высокий</i>		От - 10 до -20 включительно
C	<i>Нормальный</i>		От + 10 до - 10 включительно
D	<i>Пониженный</i>	От +10 до + 50 включительно	
E	<i>Низкий</i>	От +50 до + 125 включительно	
G	<i>Очень низкий</i>	Более + 125	

Здание – энергетическая система , находящаяся во взаимодействии с окружающей средой

- Нижняя граница утепления ограждающих конструкций зданий должна обеспечить равенство трансмиссионных тепловых потерь сумме энергии внутренних тепловыделений и солнечной энергии.**
- Дальнейшую борьбу за экономию тепловой энергии для отопления и вентиляции зданий средней и повышенной этажности следует перенести в область совершенствования инженерного оборудования.**

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ
КРУПНОПАНЕЛЬНЫЙ ЖИЛОЙ ДОМ
НА БАЗЕ ТИПОВОЙ СЕРИИ С ЭКОНОМИЕЙ
70% ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ**

**ПОКВАРТИРНАЯ СИСТЕМА
ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ
ВЕНТИЛЯЦИИ С
РЕКУПЕРАЦИЕЙ
90% ТЕПЛА**

**СВЕРХТЕПЛЫЕ
КОМПОЗИТНЫЕ
ОКНА**

**Впервые
в СНГ!**



**ОПТИМАЛЬНОЕ
ПЕРЕМЕННОЕ
ТЕРМИЧЕСКОЕ
СОПРОТИВЛЕНИЕ
ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ**

термическое сопротивление	
крыша	R=6 м2 К/Вт
торец	R=5,2 м2 К/Вт
крайние панели	R=4,2 м2 К/Вт
фасад	R=3,2 м2 К/Вт



**СИСТЕМА
АВТОМАТИЗАЦИИ
УПРАВЛЕНИЯ
ТЕПЛОВЫМИ ПУНКТАМИ**

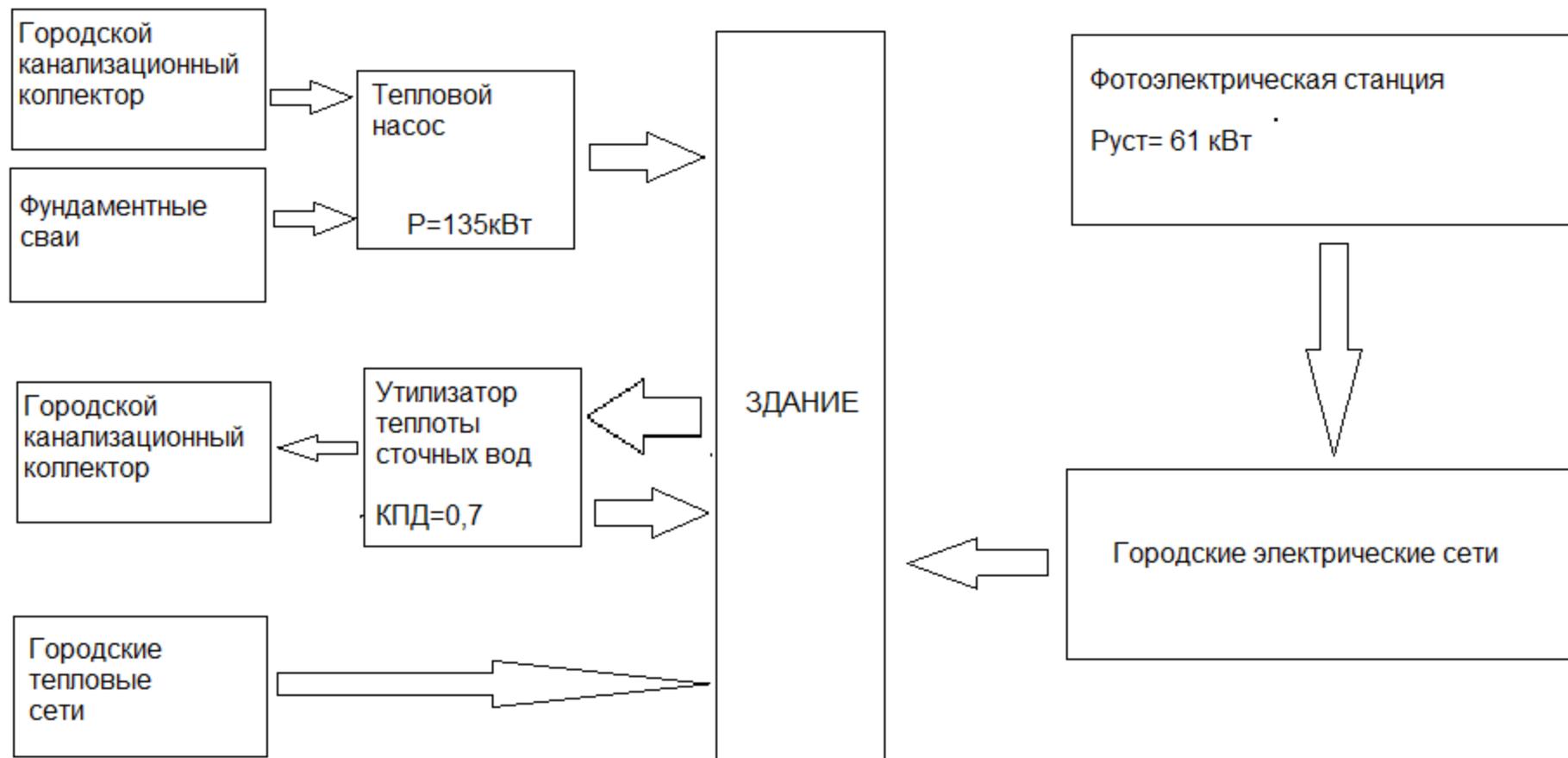


**ПОКВАРТИРНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ
И УЧЕТА ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ. АВТОМАТИЧЕСКИЙ КЛИМАТ-КОНТРОЛЬ**

Энергоснабжение здания

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ



Мощность системы отопления 110кВт ($t_n=-22\text{C}$, бытовые теплопоступления – 3Вт/м²)

Мощность системы отопления 77кВт ($t_n=-22\text{C}$, бытовые теплопоступления – 9Вт/м²)

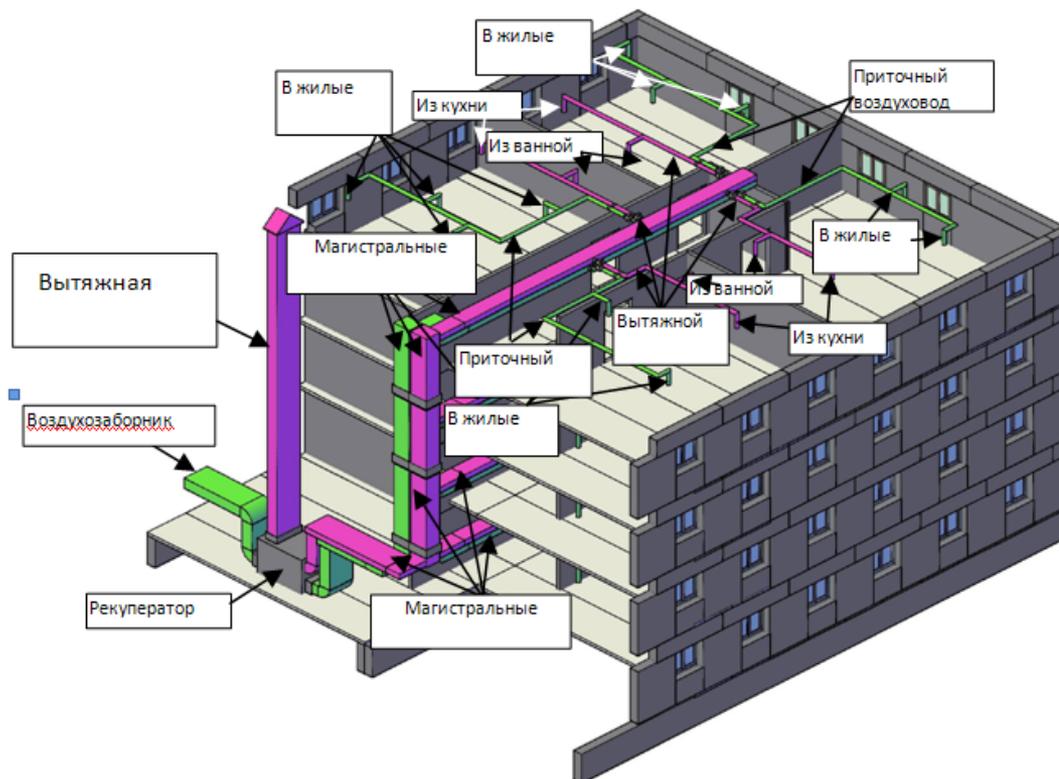
Расход горячей воды по социальному стандарту, литров на человека в сутки – 70 (306чел)

Мощность системы горячего водоснабжения 29.3 кВт (с учетом утилизации теплоты)

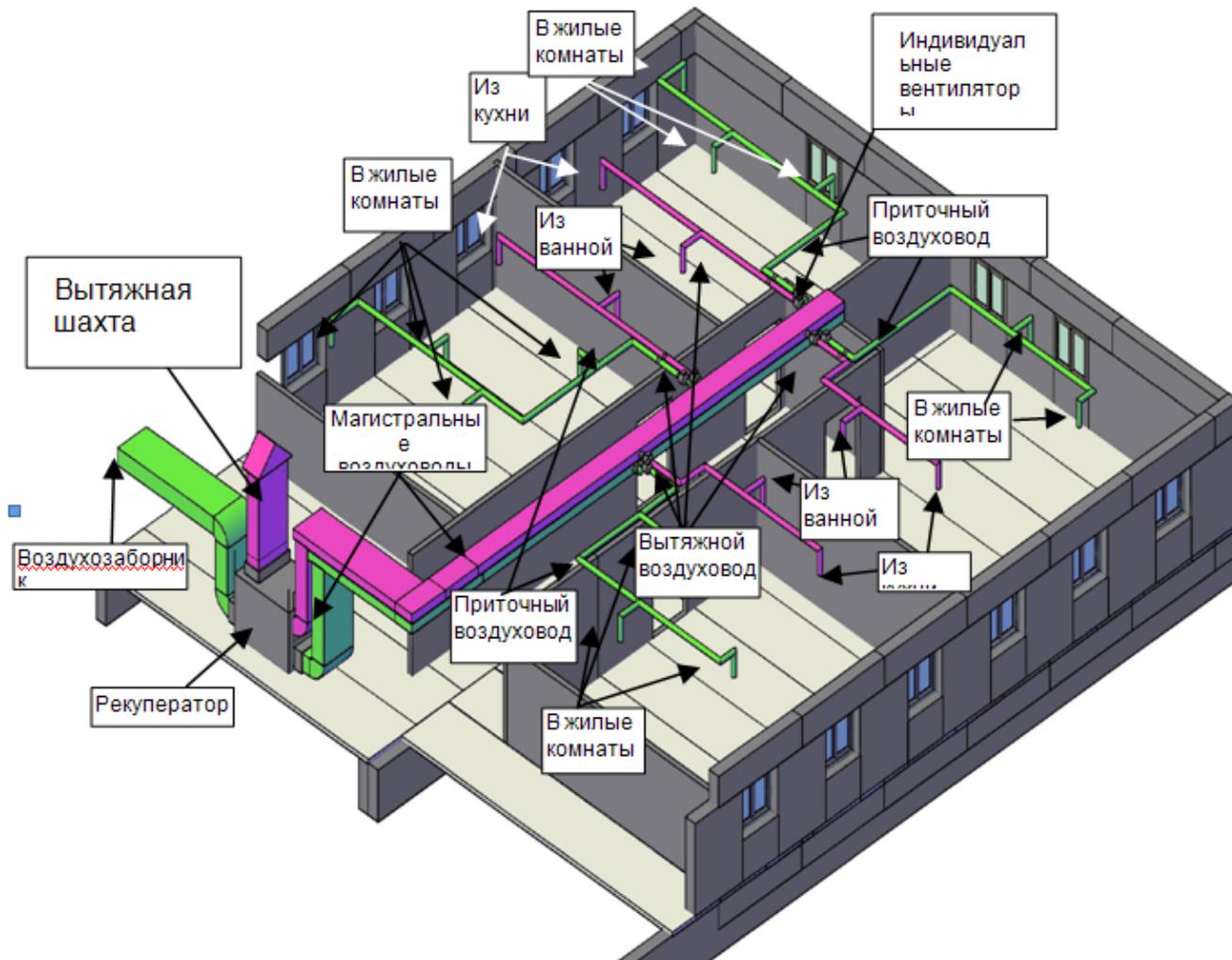
рекуператор



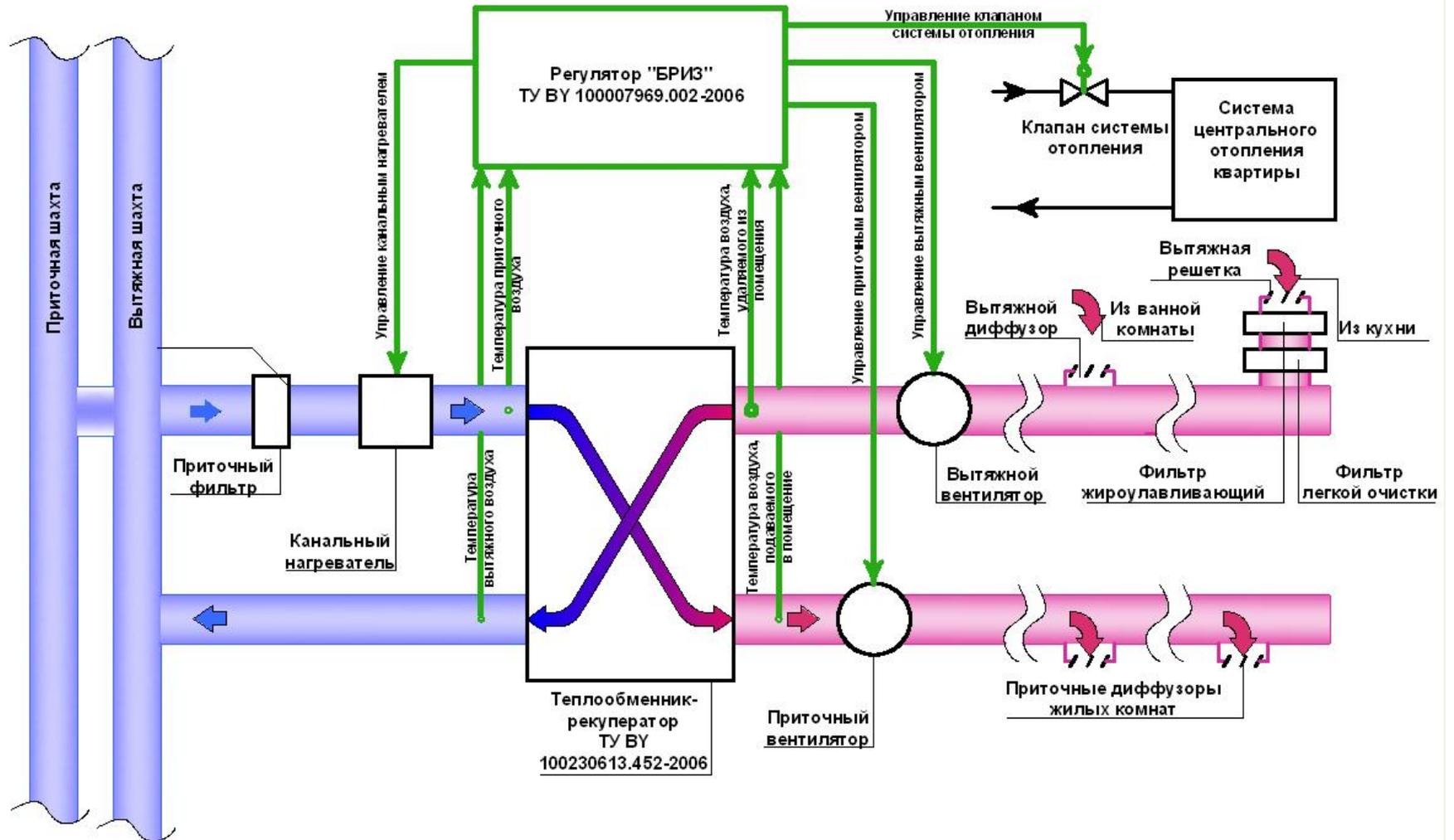
Централизованная схема ВЕНТИЛЯЦИИ



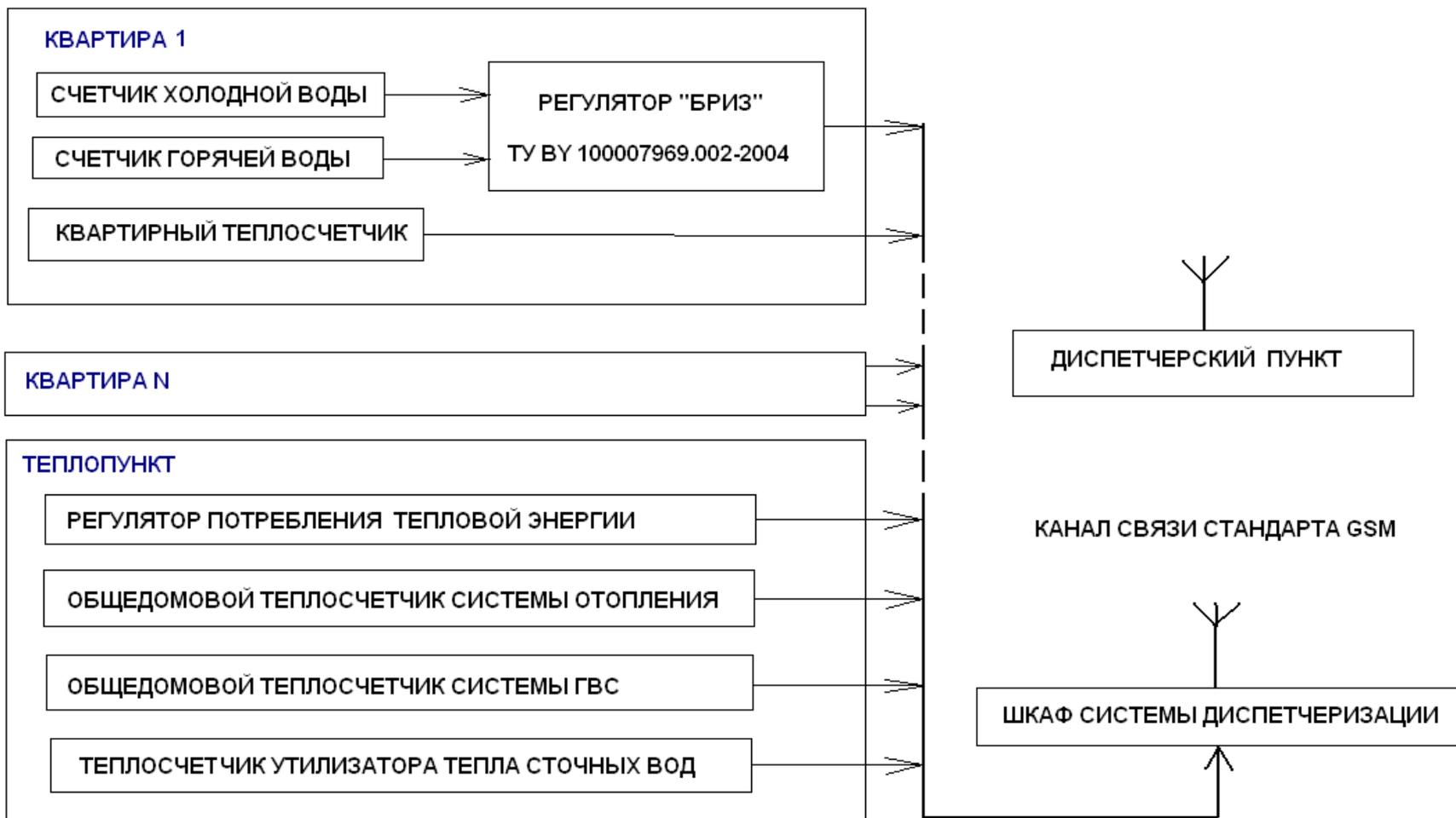
Система вентиляции смешанного типа



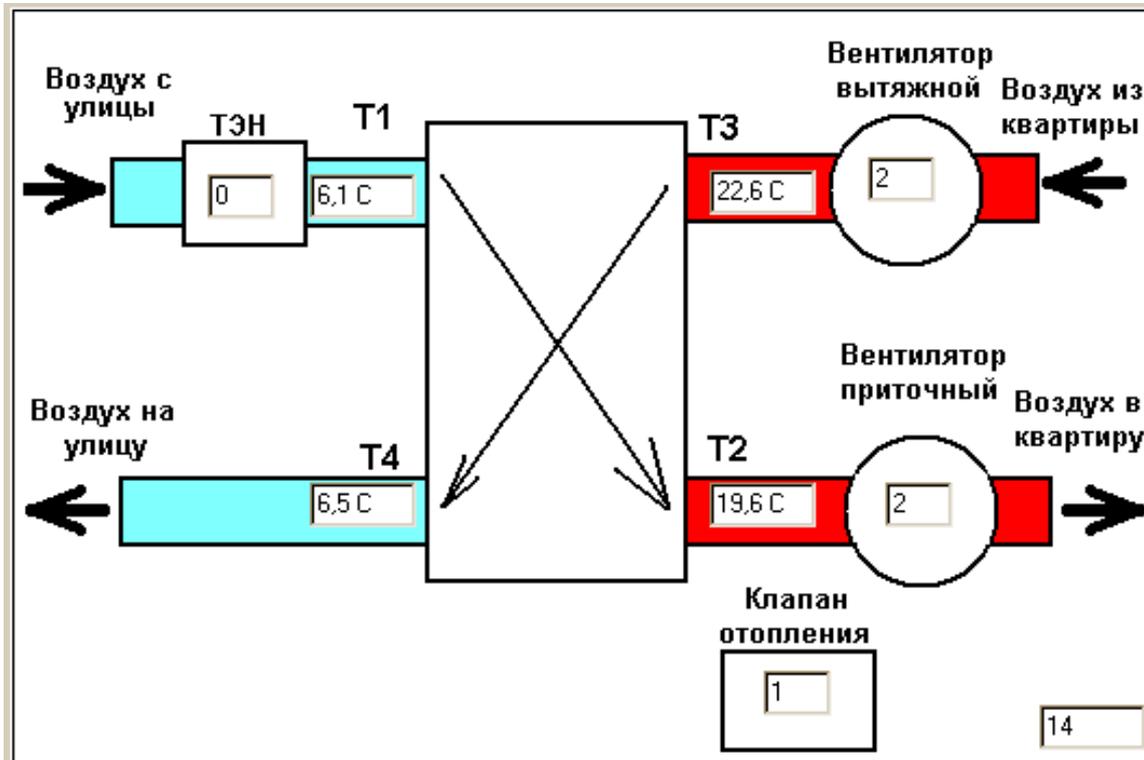
Функциональная схема системы



СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ЗДАНИЯ



РЕЗУЛЬТАТ МОНИТОРИНГА КВАРТИРЫ



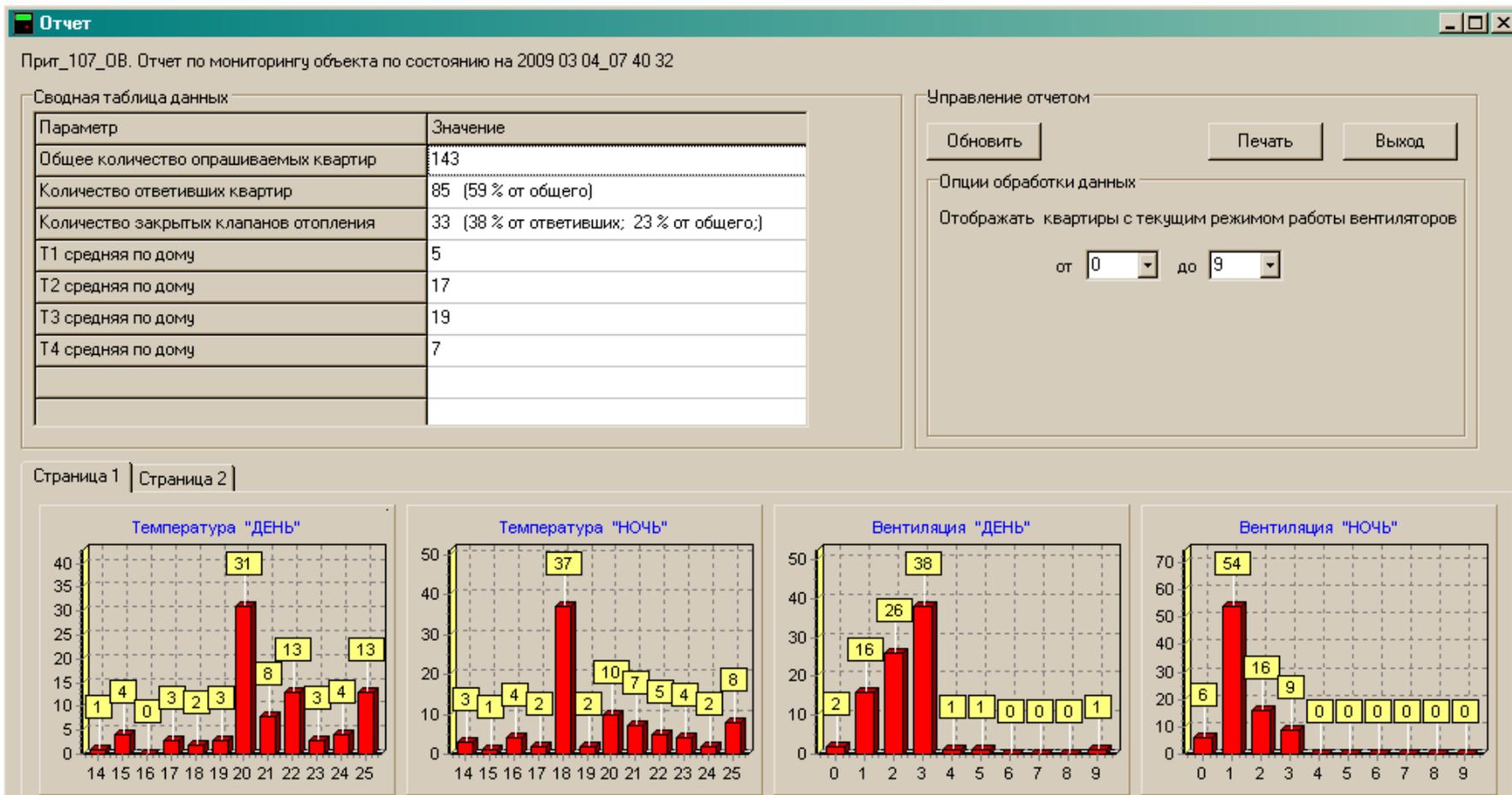
Настройка устройства

Параметр	Значение
Время начала "ДЕНЬ"	6
Время начала "НОЧЬ"	23
Температура "ДЕНЬ"	20
Температура "НОЧЬ"	20
Вентиляция "ДЕНЬ"	2
Вентиляция "НОЧЬ"	2

Дежурный режим

0 - выключен

РЕЗУЛЬТАТ МОНИТОРИНГА ЗДАНИЯ



Динамика заселенности энергоэффективного здания

Годы	2010	2011	2012
Количество жильцов	315,3	358,3	435,4
Заселенность, м ² /чел	31,75	27,9	23,0
q _{вн} кВтч/м ² в год	21	23,6	28,6

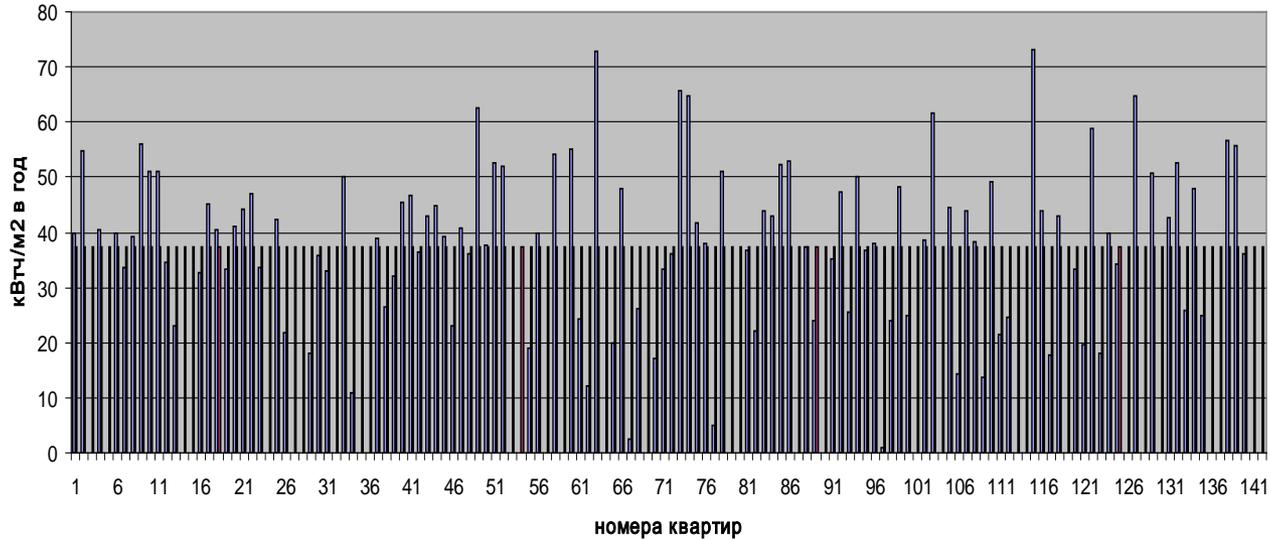
Теплоэнергетические характеристики здания в отопительных сезонах 2010 –12 гг. и 11-12 гг.

Удельные теплотери здания кВтч/м2*К, 2010-2011 гг		Удельные затраты тепловой энергии на отопление для расчетных условий кВтч/м2*К	Удельные затраты тепловой энергии на отопление для условий отопительного сезона кВтч/м2*К
для расчетных условий	для условий отопительного сезона	39,20	39,65
76,7	67,25		

Удельные теплотери здания кВтч/м2*К, 2011-2012 гг		Удельные затраты тепловой энергии на отопление для расчетных условий кВтч/м2*К	Удельные затраты тепловой энергии на отопление для условий отопительного сезона кВтч/м2*К
для расчетных условий	для условий отопительног о сезона	30	34
61,4	60,02		

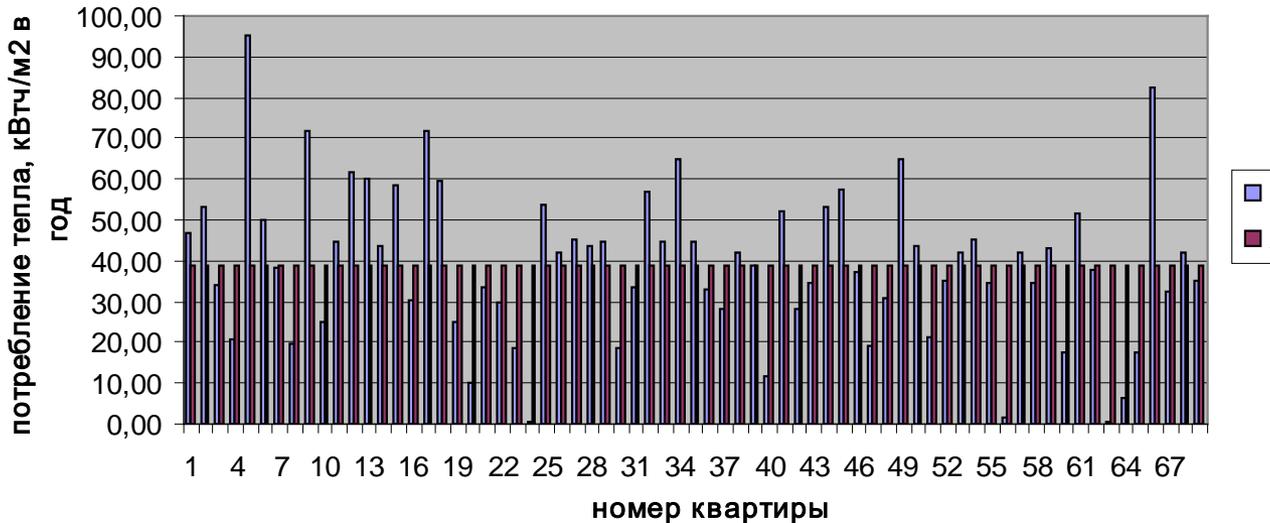
Удельное потребление тепла в квартирах, кВтч/м² в год

Удельное потребление тепла в квартирах и средний уровень в сезоне 2009-2010 гг.



**Минск,
Притыцкого, 107
2009 -2010 гг.**

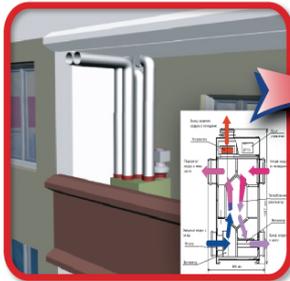
**1 - квартиры;
2 - среднее значение**



**г. Гродно.
2010-2011 гг**

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ЗДАНИЕ 2-ГО ПОКОЛЕНИЯ г. ГРОДНО

ПОКВАРТИРНАЯ СИСТЕМА
ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ
ВЕНТИЛЯЦИИ
С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛОТЫ
(> 80%)



СВЕРХТЕПЛЫЕ
ОКНА



ОПТИМАЛЬНОЕ
ПЕРЕМЕННОЕ
ТЕРМИЧЕСКОЕ
СОПРОТИВЛЕНИЕ
ОГРАЖДАЮЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ
(> 4 $\frac{m^2 K}{Вт}$)



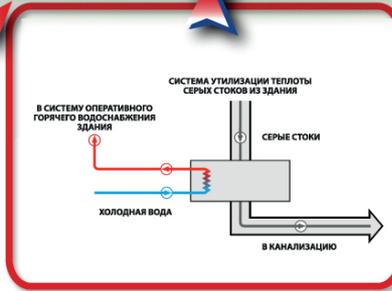
СИСТЕМА
АВТОМАТИЗАЦИИ
УПРАВЛЕНИЯ
ТЕПЛОВЫМИ
ПУНКТАМИ



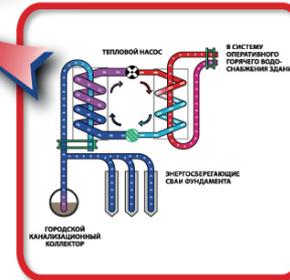
ПОКВАРТИРНАЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ
СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ
И УЧЕТА ТЕПЛОЙ
ЭНЕРГИИ.
АВТОМАТИЧЕСКИЙ КЛИ-
МАТ-КОНТРОЛЬ



СИСТЕМА УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ
СЕРЫХ СТОКОВ ИЗ ЗДАНИЯ



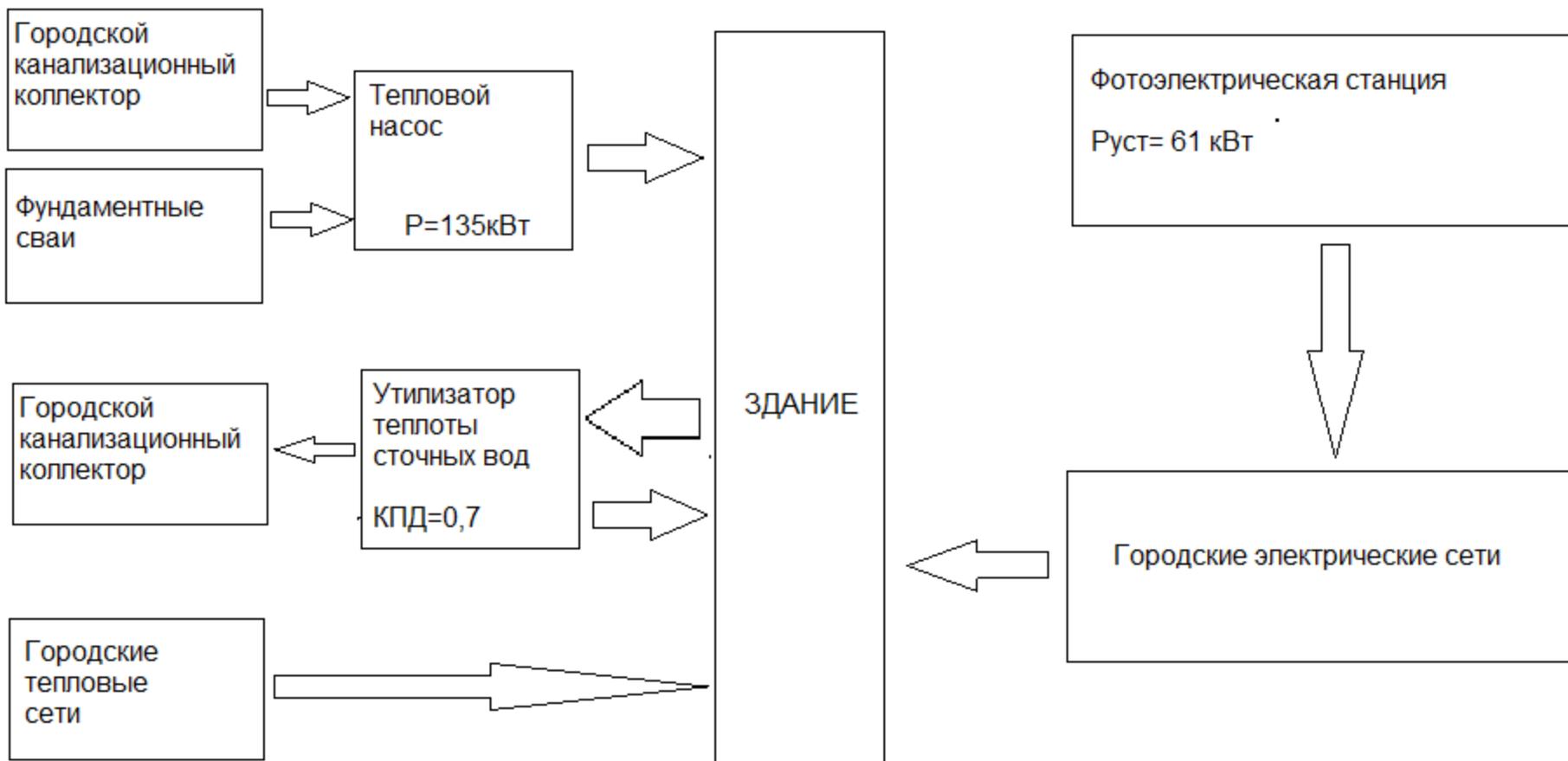
СИСТЕМА
УТИЛИЗАЦИИ
ТЕПЛОТЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕПЛОВОГО НАСОСА



Энергоснабжение здания

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ



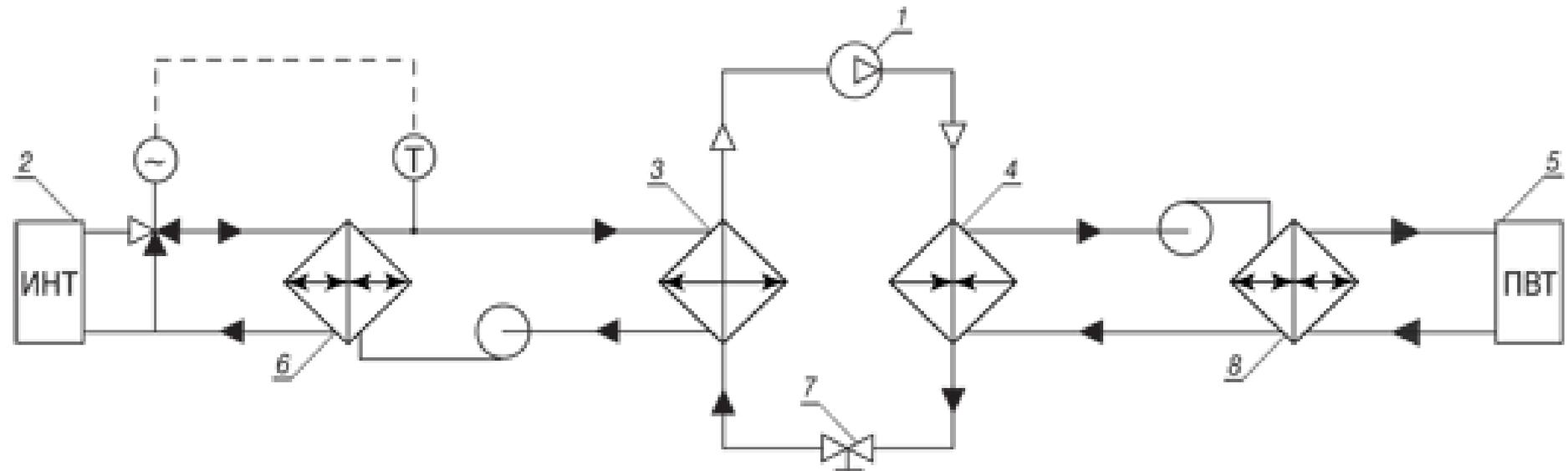
Мощность системы отопления 110кВт ($t_n=-22\text{C}$, бытовые теплопоступления – 3Вт/м²)

Мощность системы отопления 77кВт ($t_n=-22\text{C}$, бытовые теплопоступления – 9Вт/м²)

Расход горячей воды по социальному стандарту, литров на человека в сутки – 70 (306чел)

Мощность системы горячего водоснабжения 29.3 кВт (с учетом утилизации теплоты)

Гидравлическая схема теплового насоса

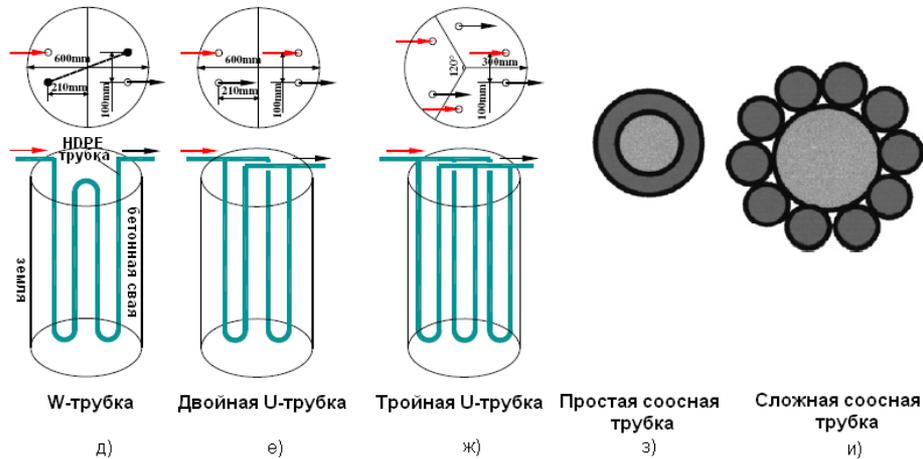
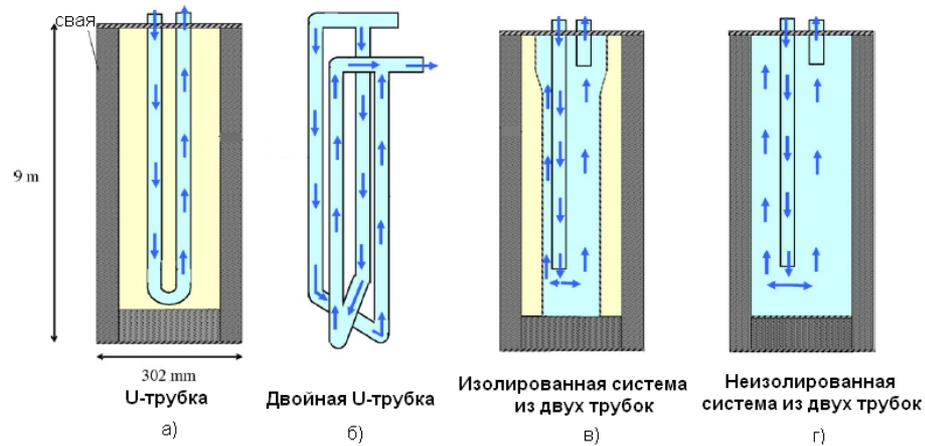


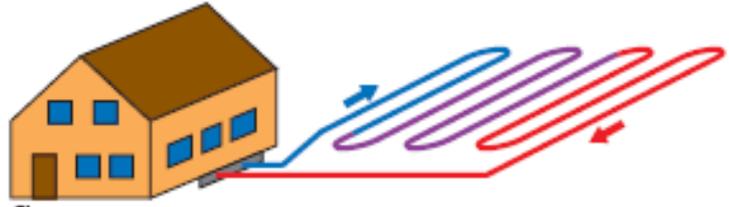
- 1 – компрессор; 2 – источник теплоты низкого уровня (ИНТ); 3 – испаритель теплового насоса; 4 – конденсатор теплового насоса; 5 – потребитель теплоты высокого уровня (ПВТ); 6 – низкотемпературный теплообменник; 7 – регулятор потока хладагента; 8 – высокотемпературный теплообменник**

Примеры систем использования низкопотенциальной тепловой энергии Земли

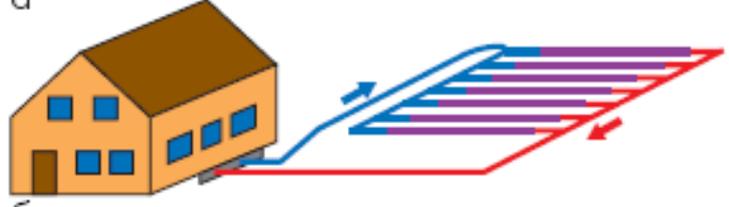


Конфигурации трубок для вертикальных грунтовых теплообменников

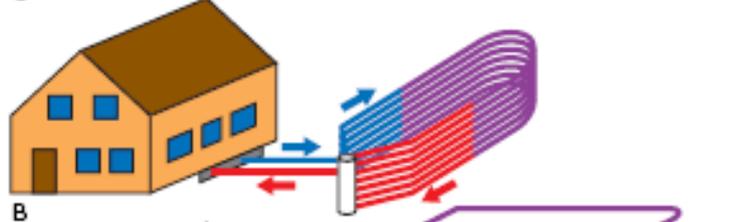




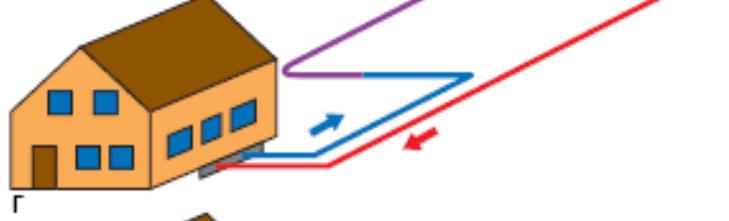
а



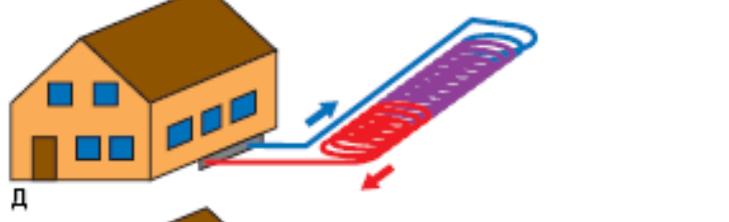
б



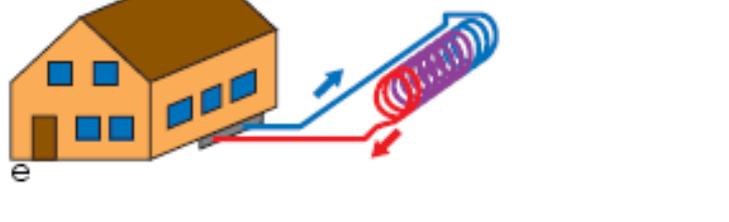
в



г

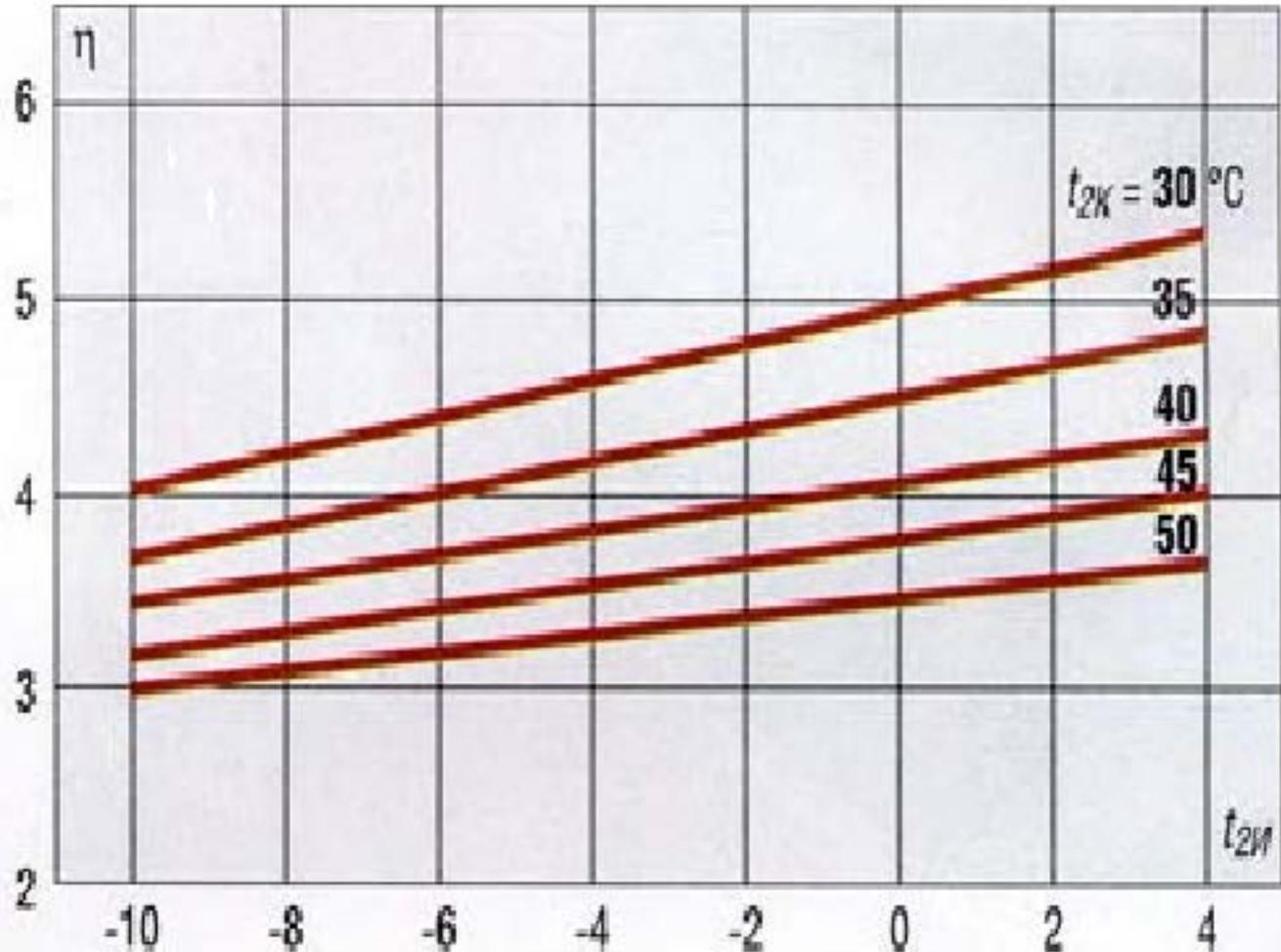


д



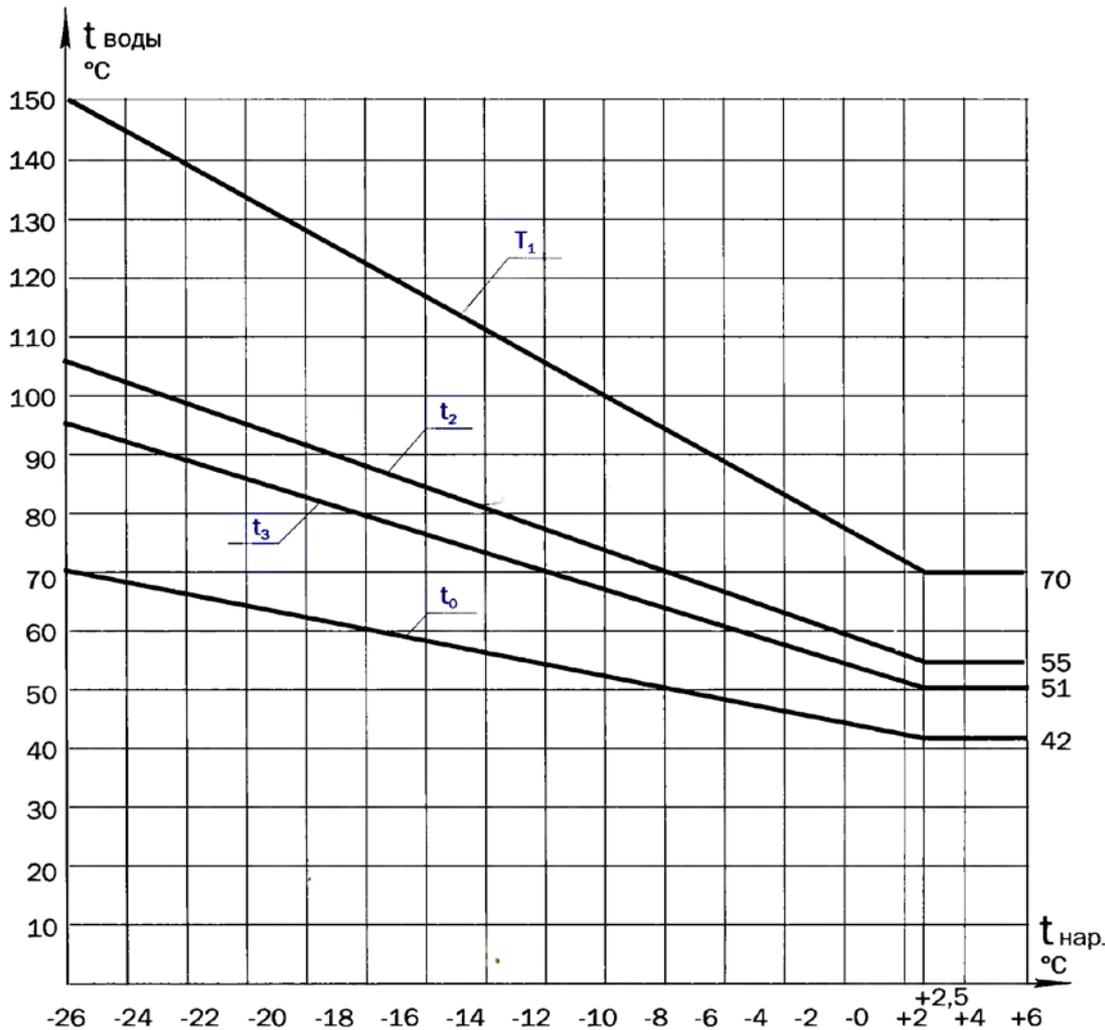
е

Зависимость значения COP ТН типа грунт/жидкость от температуры теплоносителя

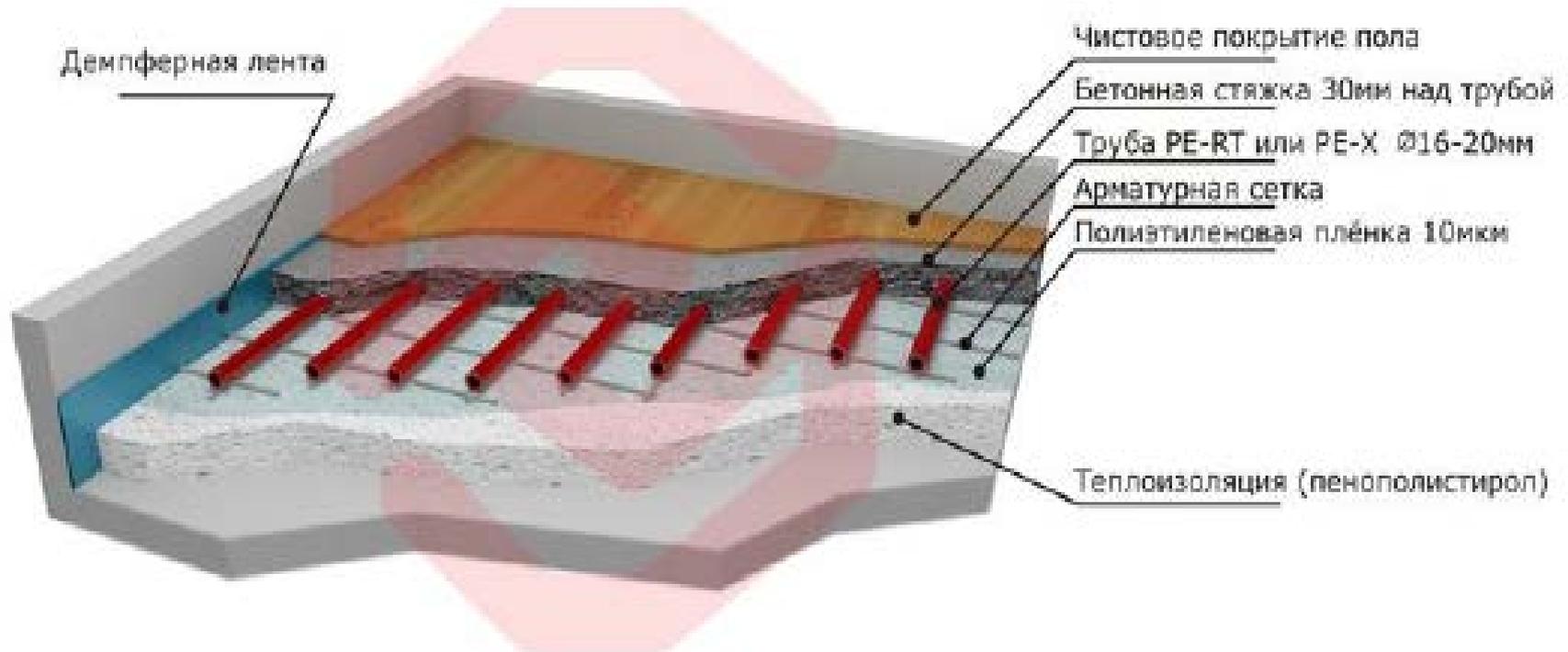


Температурный график T1 - температура

подаваемой воды в теплосети; t_2 - температура подаваемой воды в местной системе отопления (при 105 - 70 °С); t_3 - температура подаваемой воды в местной системе отопления (при 95 - 70 °С), t_0 - температура обратной воды в местной системе отопления



Конструктивное решение системы напольного отопления



Изменение температурных параметров теплоносителя и коэффициента смешения в системе напольного отопления

1, 2 – температура сетевой воды; 3 – температура подачи в системе отопления; 4 – температура обратной воды в системе

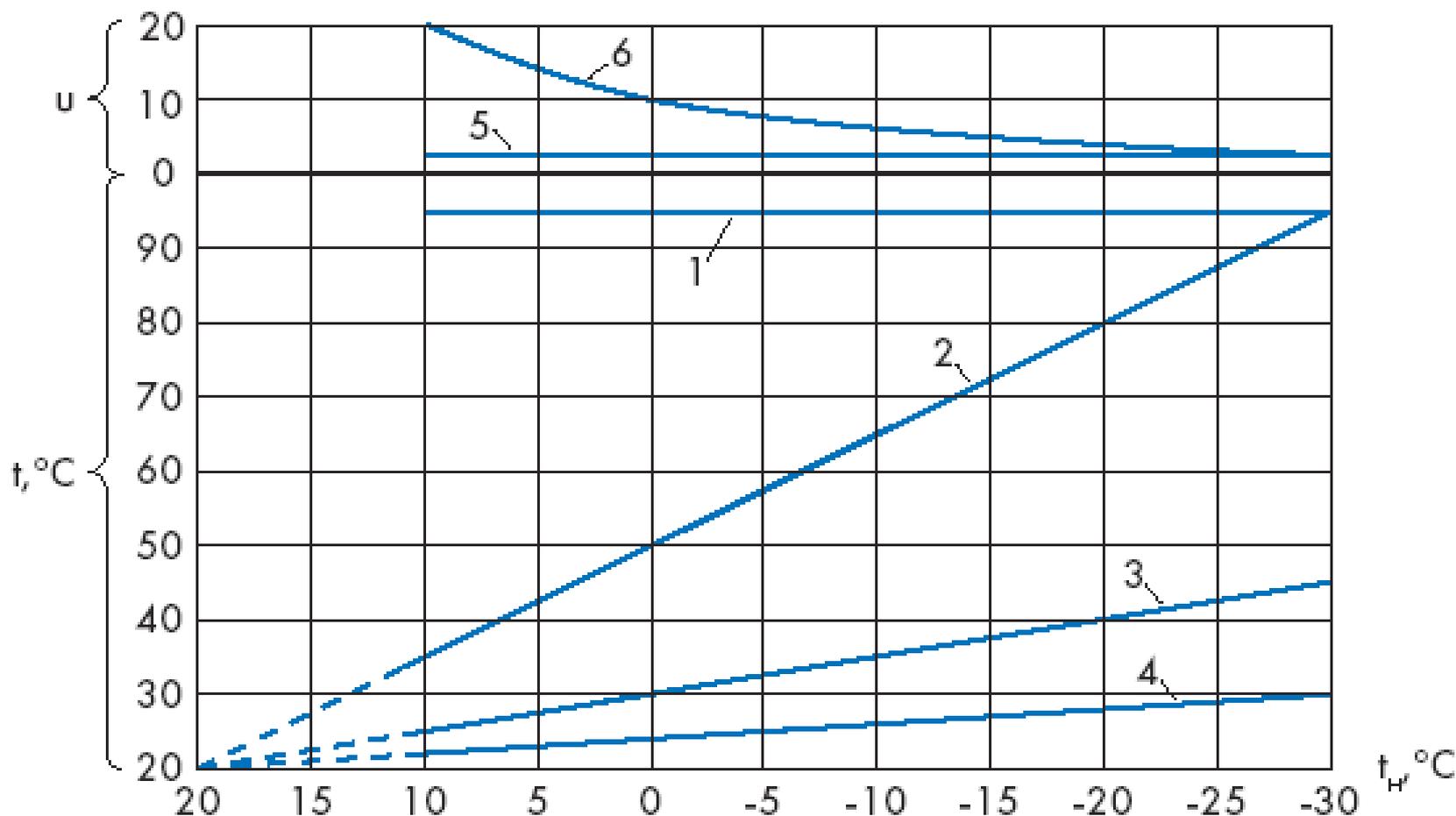
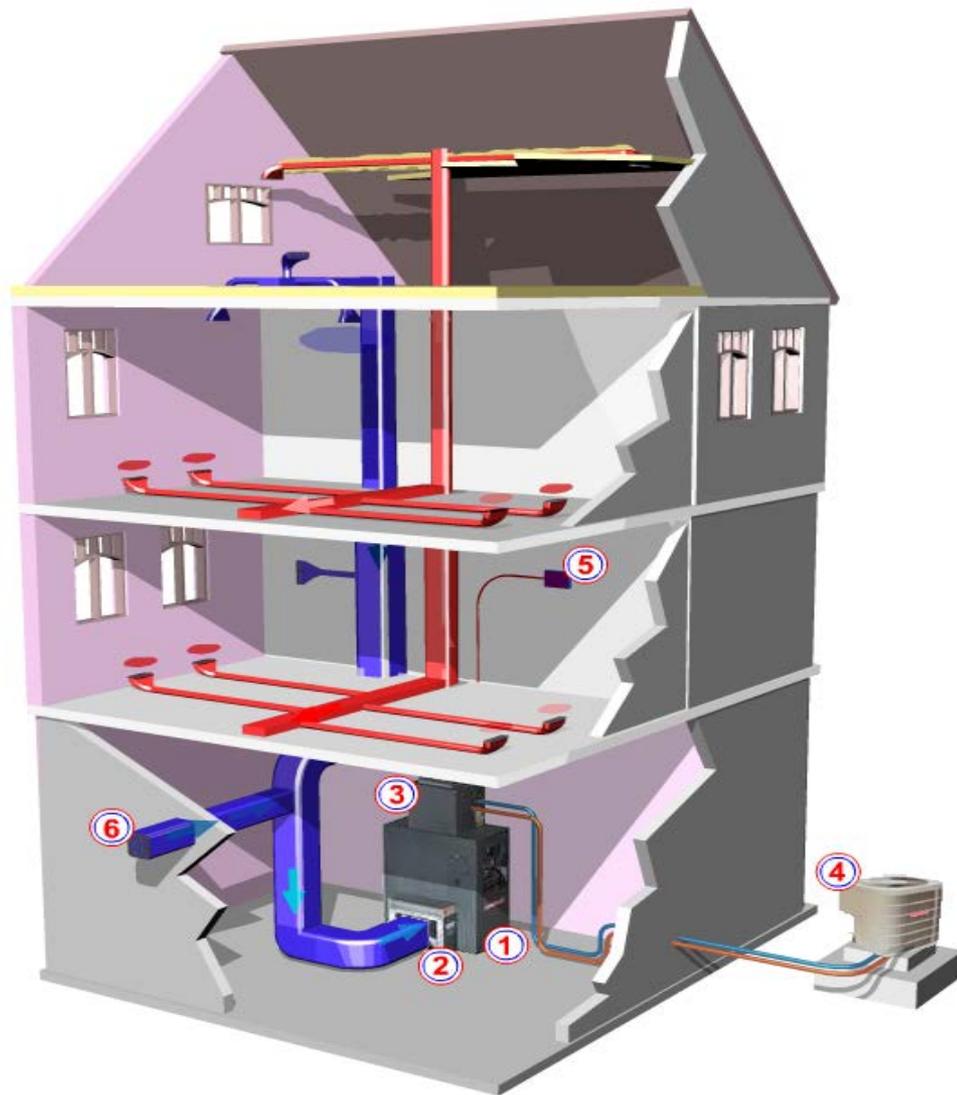
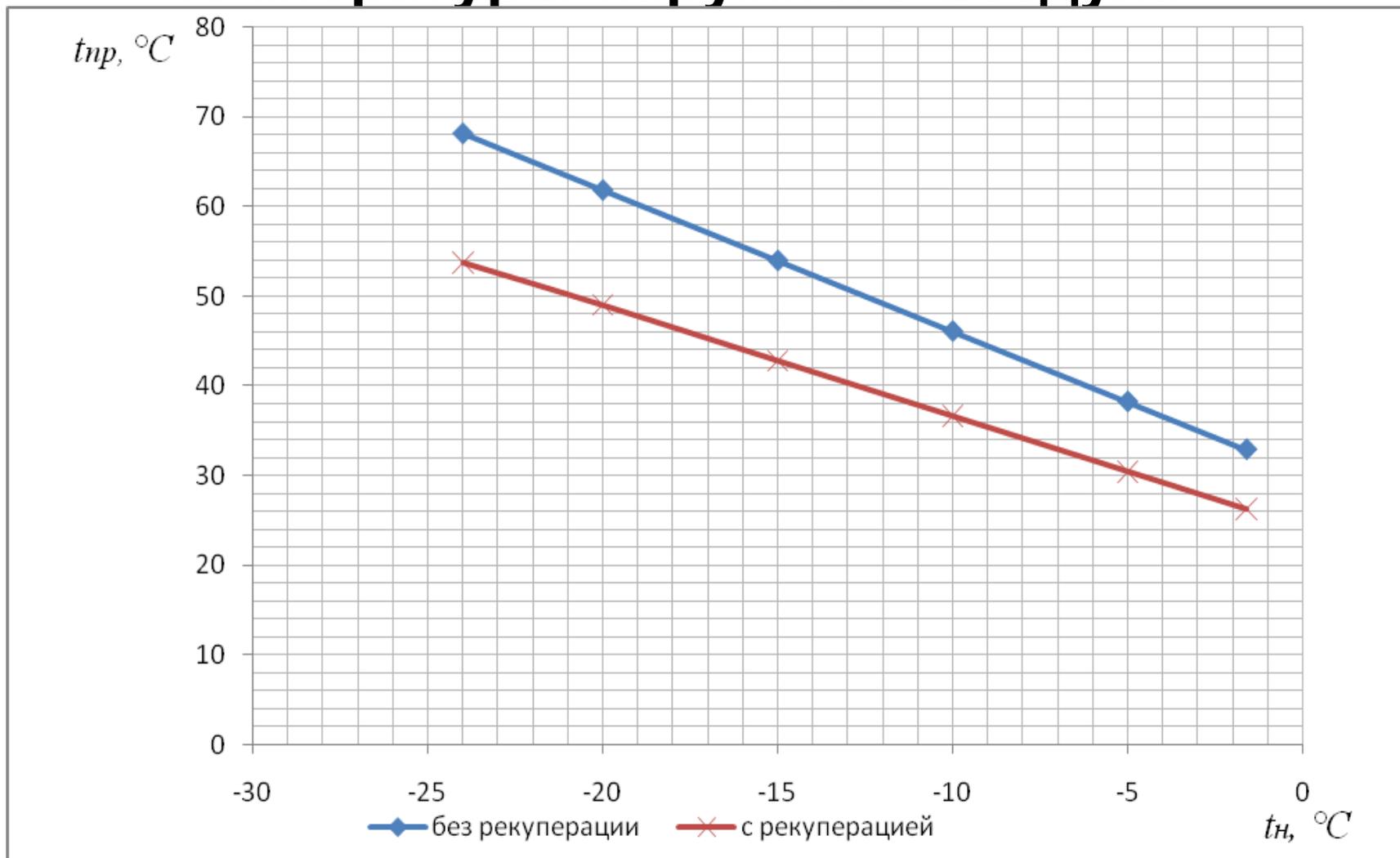


Схема системы воздушного отопления



Зависимость температуры приточного воздуха в системе воздушного отопления от температуры наружного воздуха



Графики зависимости COP(T_k) от температуры наружного воздуха

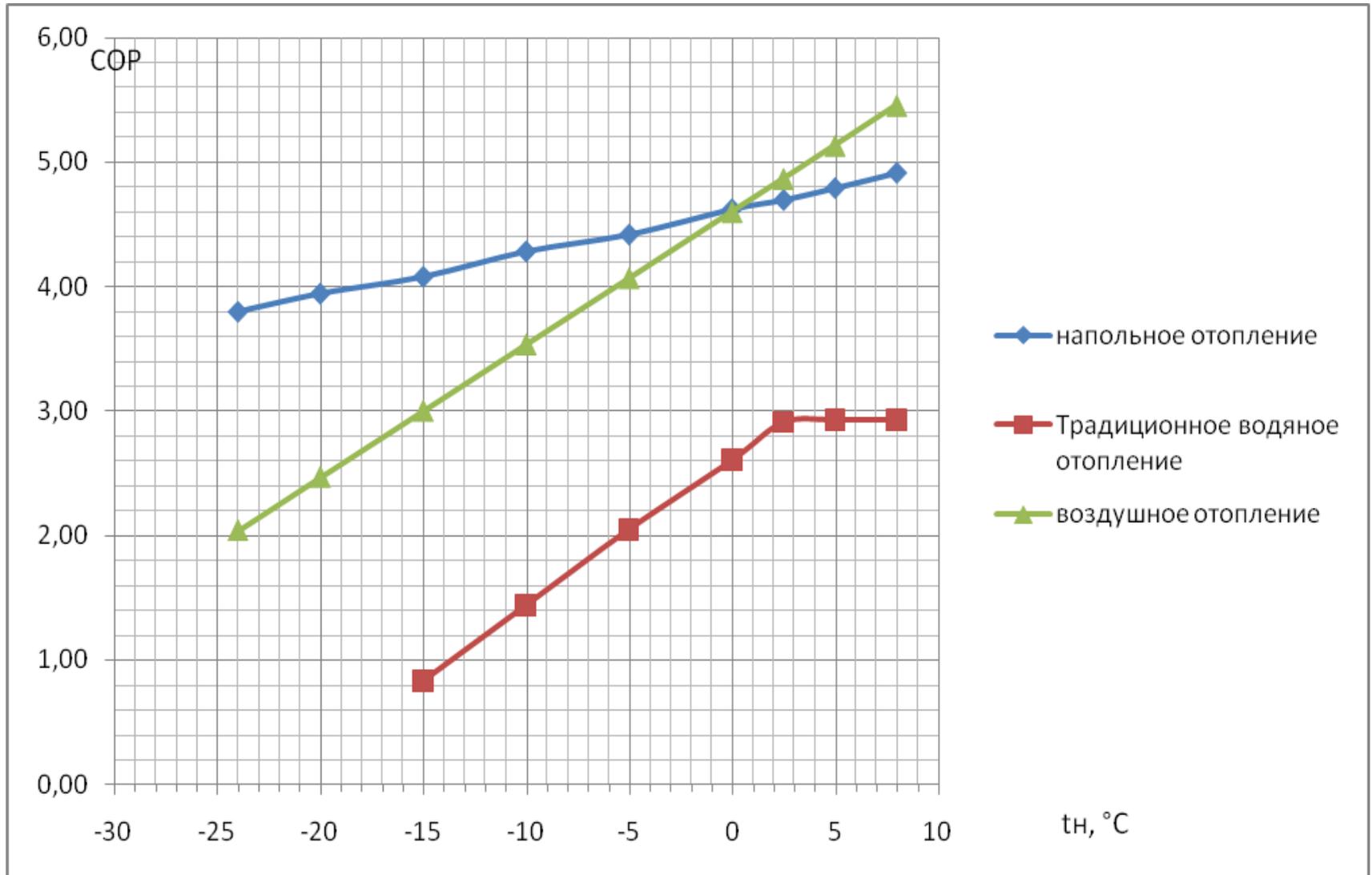


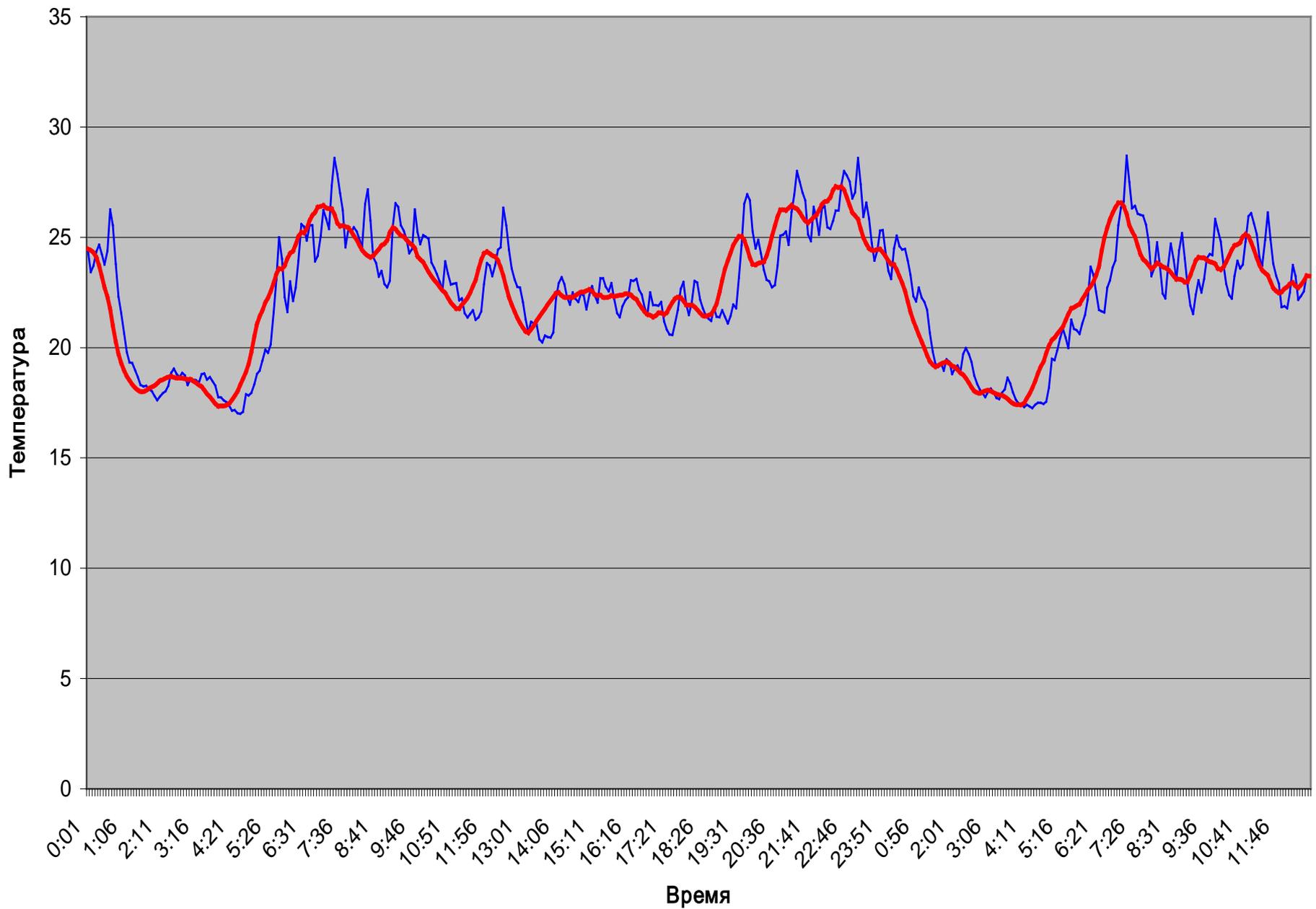
Таблица 1- Экономический эффект при использовании ТН в системах теплоснабжения зданий

Вид системы отопления	Затраты электроэнергии, т.у.т.	Полученная тепловая энергия, т.у.т.	Годовая экономия т.у.т	Стоимость сэкономленной энергии, тыс. руб. (доллары США)	Капитальные затраты, доллары США)	Простой срок окупаемости, год	Срок окупаемости в условиях инфляции, год
Электричество из общей сети							
Напольное	46,49	74,4	27,81	49640,85 (6054)	72500	12	8,8
Воздушное	47,85		26,45	47213,25 (5757)	72500	12,6	9,0
Водяное	85,31		-10,71	-	-	-	-
	Затраты первичного топлива, т.у.т.	С когенерационной установкой					
Напольное	34,13	74,29	40,27	(8766)	88500	10,1	8,1
Воздушное	34,9	75,97	39,47	(8592)	98600	10,5	8,6
Водяное	49,9	108,63	24,5	(5333)	99000	18,6	10,6

Таблица 2 - Экономический эффект при использовании ТН в системах теплоснабжения зданий

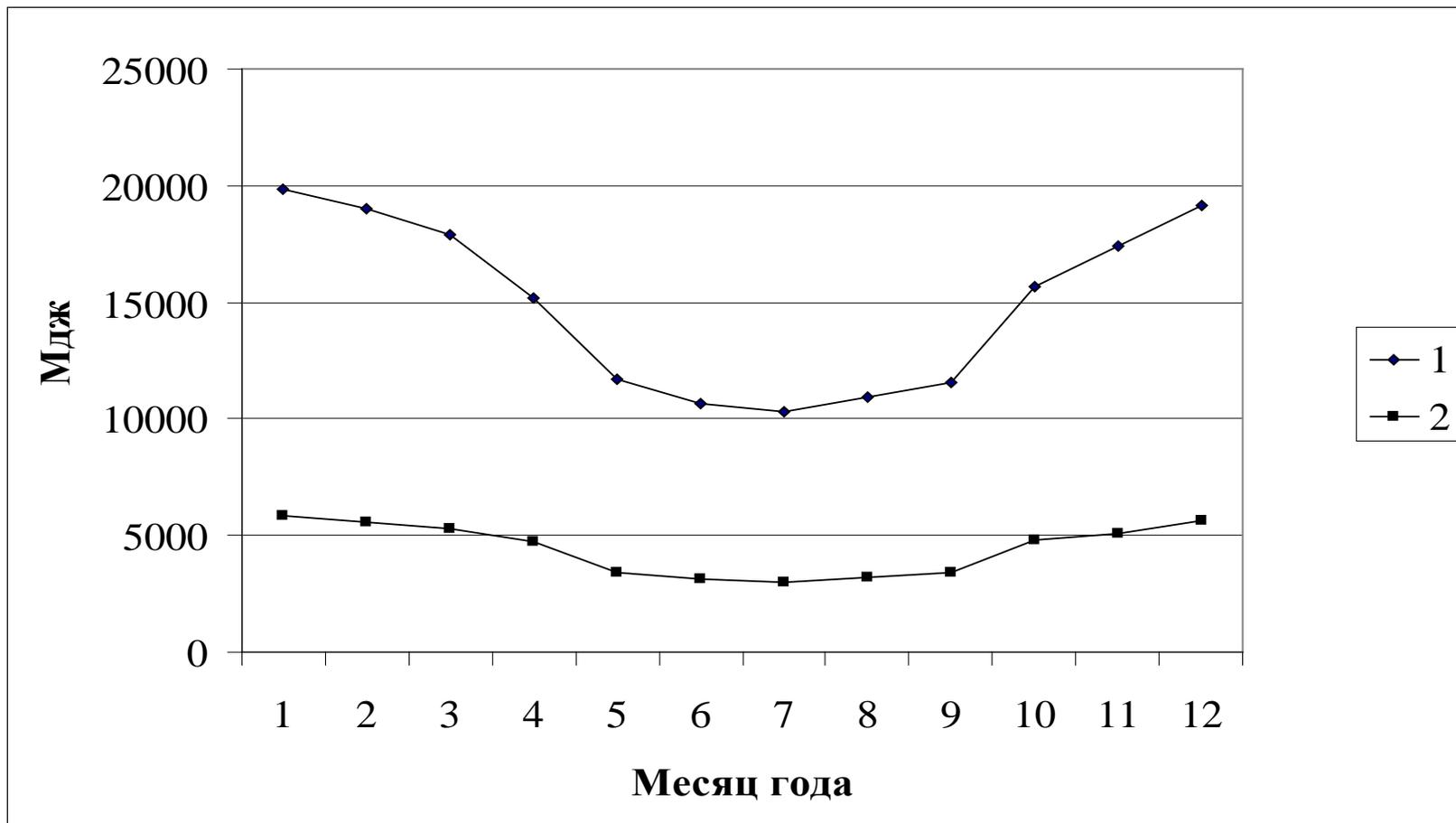
Вид системы отопления	Затраты электроэнергии, т.у.т.	Полученная тепловая энергия, т.у.т.	Годовая экономия т.у.т	Стоимость сэкономленной энергии, тыс. руб. (долларов США)	Капитальные затраты, долларов США	Простой срок окупаемости, год	Срок окупаемости в условиях инфляции, год
Электричество из общей сети							
Напольное	31	49,6	18,54	33500 (4036)	61250	15,1	9,8
Воздушное	31,9		17,64	31874 (3840)	61250	15,9	10,0
Водяное	56,9		-7,14	-	-	-	-
	Затраты первичного топлива, т.у.т.	С когенерационной установкой					
Напольное	22,75	49,6	26,85	5845	55375	9,5	7,8
Воздушное	23,3	49,6	26,3	5725,5	55500	9,7	7,9
Водяное	31,3	49,6	18,3	3984	55375	14	9,4

ул. Лещинского 31 к. 3, будни, 26-27.05.2008 г.

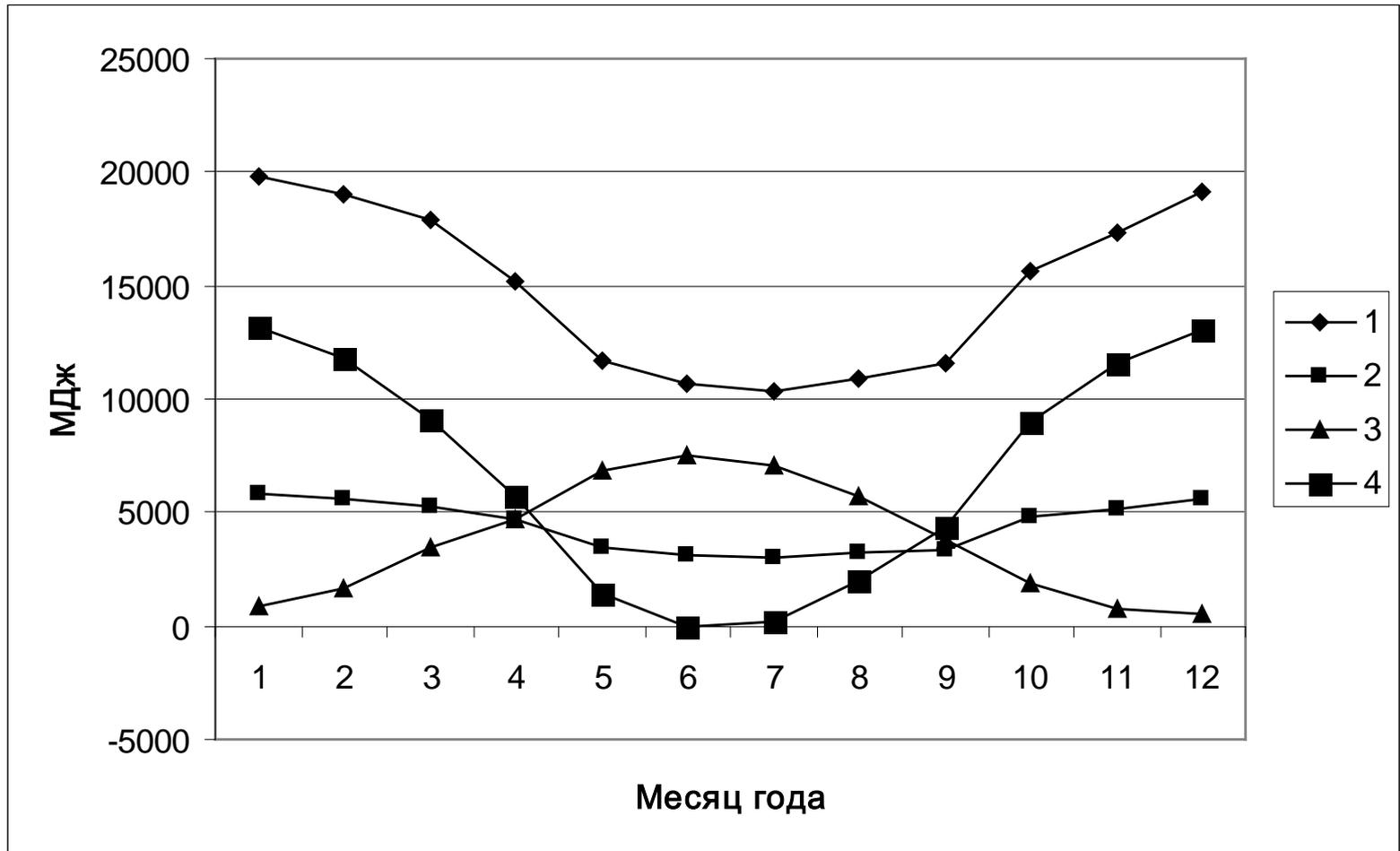


Графики тепловых характеристик по месяцам

- 1 -среднемесячная потребность тепла на горячее водоснабжение по месяцам;
- 2 Среднемесячное утилизированное тепло утилизатором сточных вод.



Солнечный коллектор+ утилизатор ТЕПЛОТЫ СТОЧНЫХ ВОД

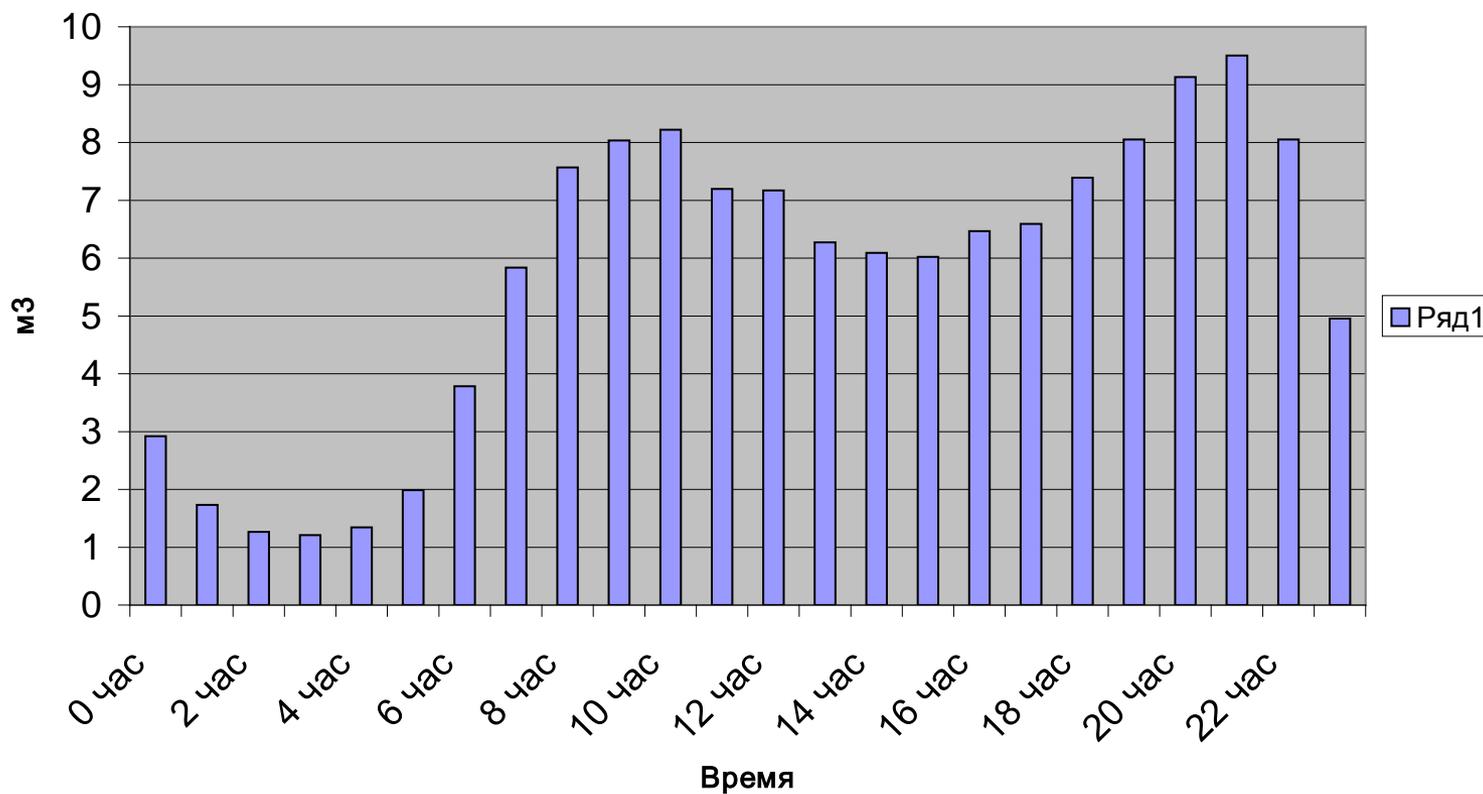


Израиль Солнечные коллекторы



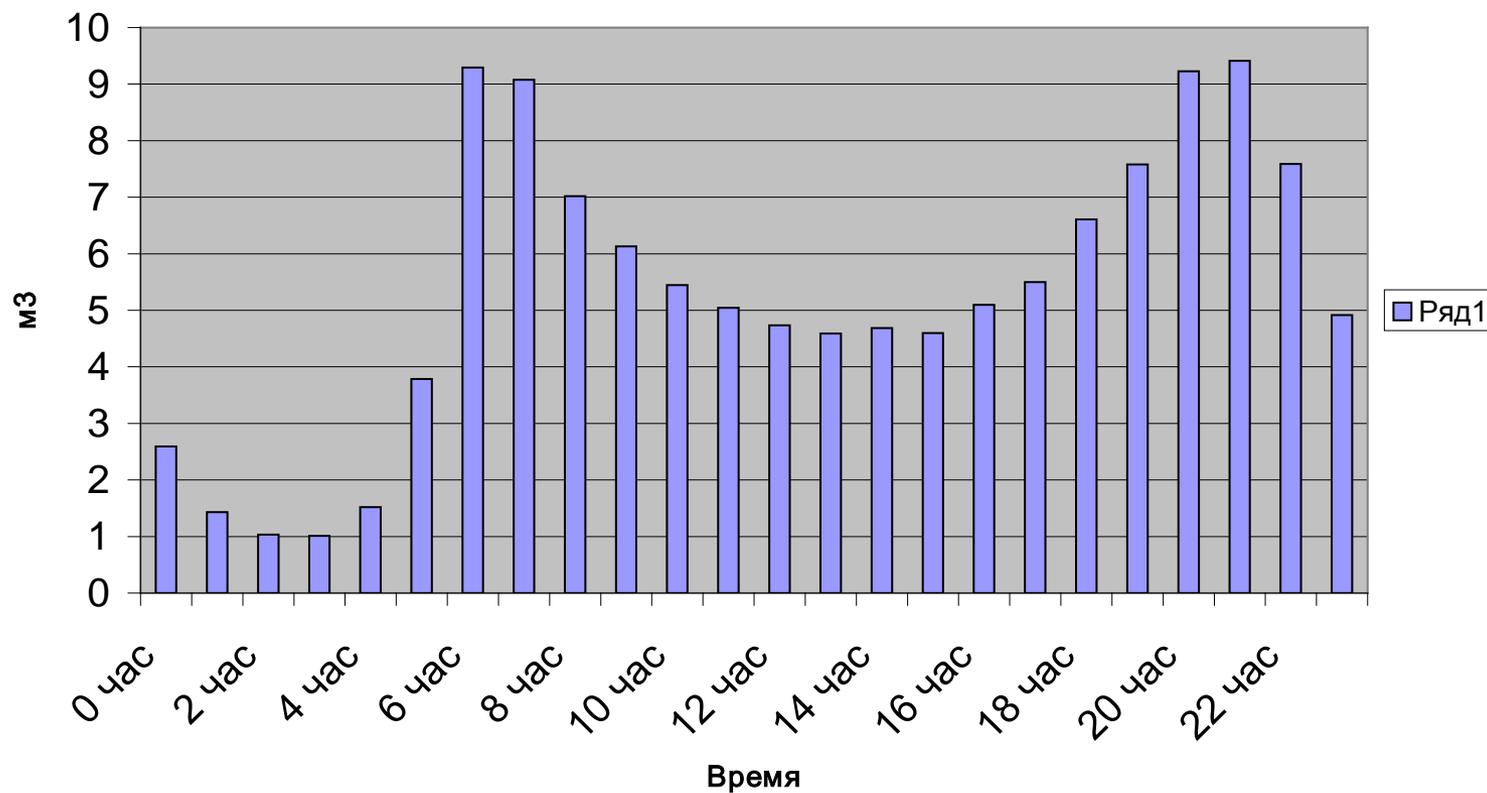
Расход горячей воды, выходной день

Пр-т Правды, 8, почасовой расход горячей воды в выходной день



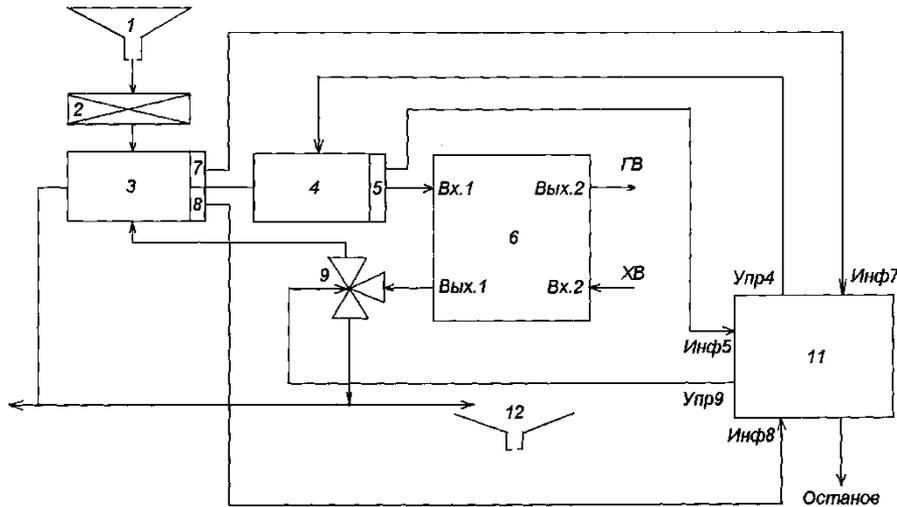
Расход горячей воды, будний день

Пр-т Правды, 8, почасовой расход горячей воды в будний день



Принципиальная схема системы утилизации тепла сточных вод

Фотография системы утилизации тепла сточных вод на объекте



1 – источник сточных вод; 2 – фильтр; 3 – накопительная емкость; 4 – циркуляционный насос; 5 – счетчик расхода; 6 – тепловой насос; 7 – датчик верхнего уровня; 8 – датчик нижнего уровня; 9 – трехходовой клапан; 11 – блок обработки информации и управления; 12 – вход сточной канализации

Полож реш по заявке № а20100736 Респ. Беларусь

Энергетические характеристики энергоэффективного здания в г. Гродно

10 – этажное 120 квартирное жилое здание с отапливаемой площадью 10335 м²

Удельное потребление тепловой энергии на отопление, q_0 кВтч / (м ² год)		Общее потребление тепловой энергии на отопление Q_1 , мВтч/год		Общее годовое потребление тепловой энергии на ГВС, Q_2 мВтч/год		Общее годовое потребление тепловой энергии Q_0 мВтч/год		Необход. колич. электр. энергии E , мВтч	Площадь S м ² Фотовольтаика	Электр. энергия фотоэл. Батарей $E_{фв}$ мВтч	Электроэнергия из внешней сети, мВтч $E_{вн}$	Отношение $Q_0 / E_{вн}$
Обычное	Энергоэф	Обычное	Энергоэф	Обычное	Энергоэф	Обычное	Энергоэф	энергоэф	Энергоэф	энергоэф	Энергоэф	
42	15,5	434	160	397	278	831	438	125	428	67,3	57,7	7,6

Тарифы и стоимость услуг

Тариф на электрич. энергию рубл/кВтч (полное возмещение)	Тариф на тепловую энергию, рубл/кВтч (полное Возмещение)	Отношение тарифов (полное Возмещение)	Годовая стоимость тепловой энергии, млн. руб (В расчете на одну квартиру)		Годовая Стоимость Электроэнергии и из внешней сети, млн. руб (в расчете на квартиру)
			Обычное	Энергоэф	
622	70,5	8,8	59	31	35,9
(917)	(351)	(2,6)	(0,49)	(0,26)	(0,299)
Стоимость энергии при полном возмещении, млн. руб			292	154	52,9
			(2,43)	(1,28)	(0,44)

**Благодарим за
внимание!**