

Проект ПРООН/ГЭФ№00077154

Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь»

ОТЧЕТ

**Результаты предпроектных исследований, участия в проектировании и анализе технологических разделов архитектурного проекта теплонасосной установки отопления и горячего водоснабжения пилотного энергоэффективного жилого дома в г.Гродно**

(Задачи 1-5)

Исполнитель,

Эксперт по вопросам внедрения  
тепловых насосов в системах  
теплоснабжения и горячего  
водоснабжения в жилом секторе

И.С.Жидович

Минск  
август 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

1	РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДПРОЕКТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	2
1.1	Градостроительная ситуация .....	2
1.2	Тепловые нагрузки и теплопотребление .....	2
1.3	Выбор источников низкопотенциальной теплоты .....	4
1.4	Обоснование типа и поставщика тепловых насосов .....	5
1.5	Предложение по утилизации теплоты городских сточных вод .....	7
1.6	Расчетные температуры теплоносителей в сети теплопотребления от тепловых насосов .....	11
1.7	Рекомендованная для проектирования структура теплонасосной установки .....	11
2	ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ .....	12
2.1	Система теплового насоса (ТС1) .....	12
2.2	Система сбора теплоты с канализационного коллектора (ТС2) .....	12
2.3	Система сбора теплоты с фундаментных свай (ТС3) .....	14
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	15
	ПРИЛОЖЕНИЕ. МАТЕРИАЛЫ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ НА ЗАКУПКУ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ПИЛОТНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ В Г.ГРОДНО .....	16
	П1. Технические требования к тепловым насосам, планируем к установке для отопления и горячего водоснабжения пилотного жилого дома .....	16
	П2. Сопутствующая документация .....	19

# 1 Результаты предпроектных исследований применения тепловых насосов для отопления и горячего водоснабжения

## 1.1 Градостроительная ситуация

Площадка застройки пилотного энергоэффективного 120 квартирного 10-ти этажного трех подъездного жилого дома расположена на юго-восточном склоне территории завода «Гродноторгмаш».

Инженерно-геологические условия площадки: насыпной грунт мощностью от 1,0 до 2,4 м, ниже залегают супеси, суглинки пылеватые, пески разного гранулированного состава. Максимальная глубина сезонного промерзания грунтов – 134 см, средняя с максимальных – 65 см. Грунтовые воды обнаружены на глубине 2,4...4,4 м. Возможно повышение уровня грунтовых вод на 1,0 м.

В районе строительства проложены городские сети водоснабжения, тепловые сети Гродненской ТЭЦ-2. сети электроснабжения на напряжении 0,4 кВ и 10 кВ.

Через пятно застройки проходят самотечные трубопроводы ливневой канализации d300 мм и хозяйственно-бытовой канализации d150 мм, по которой отводятся дождевые и сточные воды расположенного рядом 69-ти квартирного жилого дома.

В 25...30 м от пятна пилотного жилого дома проходит канализационный коллектор d500. Длина участка между колодцами А и Б, расположенными вблизи дома – 50 м. Глубина прокладки керамической трубы d500 от существующих отметок земли (низа трубы): колодца А – 4,55 м, колодца Б – 4,62 м. По уточненным данным НИПТИС наполняемость коллектора 500 мм от 15% до 100%, температура сточных вод зимой – 12...17<sup>0</sup>С, летом – 17...22<sup>0</sup>С.

В таблице 1.1 приведены данные о значениях наполнения трубы диаметром 500 мм, скорости и площади живого сечения потока от расхода сточных вод.

Таблица 1.1: Значения параметров потока сточных вод в канализационном коллекторе d500

Расход, л/сек	379,5	325,0	260,8	194,1	130,8	76,0	34,0	8,11
Наполнение (h/d), %	80	70	60	50	40	30	20	10
Скорость при уклоне 0,012, м/сек	2,25	2,21	2,12	1,98	1,78	1,53	1,22	0,79
Площадь живого сечения потока, м <sup>2</sup>	0,1684	0,1468	0,123	0,0982	0,0734	0,0496	0,028	0,0102

Более подробно о градостроительной ситуации в районе размещения жилого дома приведено в [ 1 ].

## 1.2 ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ И ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ

Согласно п.8 технических условий Гродненских тепловых сетей от 31.10.2012 г., разрешенный максимум теплопотребления жилого дома принят равным 0,726 Гкал/ч, в т.ч. отопление – 0,302 Гкал/ч, горячее водоснабжение – 0,424 Гкал/ч. Точка присоединения к тепловым сетям Гродненской ТЭЦ-2 – магистральная тепловая сеть по ул. Дзержинского.

По данным НИПТИС расчетная нагрузка отопления энергоэффективного жилого дома составляет 110 кВт, а средняя часовая за сутки нагрузка горячего водоснабжения – 67,8 кВт. Тепловая нагрузка на нагрев приточного воздуха принята равной нулю, т.к. планируется за счет утилизации теплоты вытяжного воздуха. Суммарную тепловую нагрузку жилого дома можно принять равной 177,8 кВт.

Как видно, расчетная тепловая нагрузка пилотного энергоэффективного жилого дома в 4,7 раза меньше, чем было заявлено в 2012 году, в т.ч. отопление – в 3,2 раза.

Основные параметры наружного воздуха, положенные в основу расчета отопительной нагрузки:

- Средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки – минус 22<sup>0</sup>С.
- Средняя температура периода со средней суточной температурой воздуха < 8<sup>0</sup>С – минус 0,5<sup>0</sup>С.
- Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха 8<sup>0</sup>С и ниже – 4656 часов.

Для учета изменения отопительной нагрузки в течение всего отопительного периода, обязательные для выбора мощности оборудования источника теплоснабжения на основе тепловых насосов, необходимы дополнительные сведения о температурах наружного воздуха и продолжительности их стояния:

- Средняя температура воздуха самого холодного месяца (январь) – минус 5,1<sup>0</sup>С;
- Средняя суточная амплитуда температуры воздуха (разность между суточным максимумом и минимумом температуры):
  - в отопительный период (ноябрь-апрель) 4,5...9,4<sup>0</sup>С;
  - в самый холодный месяц (январь) 6,3<sup>0</sup>С.
- Число дней с оттепелью за декабрь-февраль 44 дня.
- Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха:
  - < 8<sup>0</sup>С - 4728 часов,
  - < 0<sup>0</sup>С - 2712 часов,
  - < - 5<sup>0</sup>С - 864 часов,
  - < -10<sup>0</sup>С - 326 часов,
  - < -15<sup>0</sup>С - 88 часов.

Из данных п.4 видно, что продолжительность стояния температуры наружного воздуха ниже минус 10<sup>0</sup>С составляет около 7,0 % от продолжительности отопительного периода, а ниже минус 15<sup>0</sup>С – около 1,9 %.

В основу расчета **годового теплопотребления** положены данные о тепловых нагрузках, параметрах наружного воздуха ( $t_{н.ср.от.}$  = минус 0,5<sup>0</sup>С) и продолжительности отопительного периода (197 суток). Годовой объем выработки теплоты принят равным теплопотреблению.

Определено, что годовое теплопотребление пилотного жилого дома составляет 593,6 Гкал, в т.ч. отопление – 218,3 Гкал, горячее водоснабжение – 375,3 Гкал. Расчеты также показывают, что на периоды с температурой выше минус 10<sup>0</sup>С приходится около 96% всего годового теплопотребления на отопление, а с температурой выше минус 15<sup>0</sup>С – около 97%, т.е. характерен резко выраженный пиковый характер отопительной нагрузки. Особенно это важно в обоснованиях мощности и участия тепловых насосов в покрытии тепловых нагрузок.

Подробно о тепловых нагрузках и теплоспотреблении пилотного жилого дома изложено в [1, 2].

### 1.3 ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ

Применительно к условиям расположения энергоэффективного жилого дома в качестве технически возможных к использованию источников низкопотенциальной теплоты (НПИТ) рассматривались грунтовые воды, грунт, наружный воздух и сточные воды.

В результате целевых расчетов ожидаемой энергетической эффективности определено, что для условий г.Гродно альтернативными НПИТ следует рассматривать грунт и сточные воды.

**Грунт.** Определено, что для отбора теплоты грунта целесообразно применение только вертикальных теплообменников (зондов). Эффективность использования теплоты грунта определяется, главным образом, температурным режимом грунта и нижележащих горных пород в годовом цикле и зависит от его состава, влажности, температуры наружного воздуха и др. Пример распределения температуры грунта по глубине скважины приведен на рис. 1.1 .

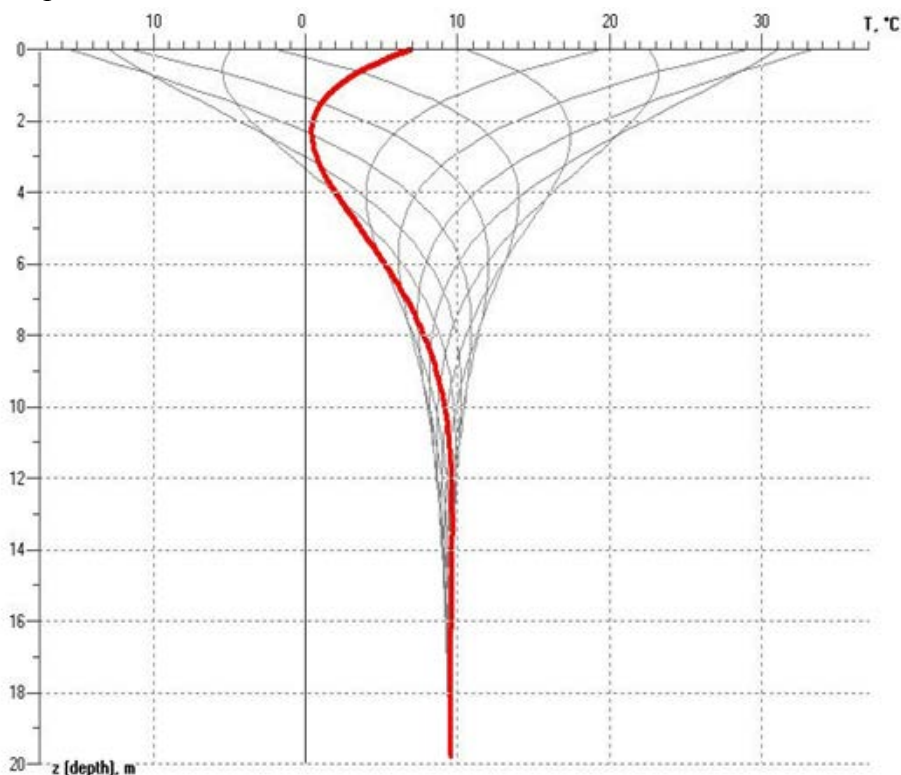


Рис. 1.1. Распределения температуры грунта по глубине скважины

В расчетах принято среднее значение удельного теплового потока на 1 метр длины зонда в скважине равным 45 Вт (влажные и водоносные грунты). Тип зонда – двойные U-образные пластиковые трубки. Глубина скважин под зонды – 50 м. Минимальное расстояние между скважинами – 6 м, от скважин до жилого дома – 10 м.

Для покрытия нагрузки отопления и горячего водоснабжения жилого дома количество скважин глубиной 50 м с двойными U-образными трубками должно быть не менее 40 шт., если только горячего водоснабжения – не менее 15 шт.

При применении зондов конструктивно залитых в сваях фундамента здания для покрытия нагрузки отопления и горячего водоснабжения должно быть не менее 100 теплогенерирующих свай длиной 13 м, только горячего водоснабжения – 58 свай с шагом между ними не менее 5 м.

Представленные данные подлежат уточнению теплотехническими расчетами на стадии проектирования.

**Сточные воды** являются теплоносителем с относительно высокой температурой (от 15<sup>0</sup>С до 30<sup>0</sup>С), зависящей от вида водопотребляющего процесса. Как правило, сточные воды содержат загрязнения органического и минерального происхождения.

Применительно к условиям расположения пилотного жилого дома рассматривались варианты использования сточных вод 3-х разных объемов и состава:

1. Сточные воды пилотного жилого дома, располагаемый тепловой потенциал которых достаточен только для покрытия нагрузки горячего водоснабжения и только при их глубокой утилизации (около 50 кВт).
2. Сточные воды от пилотного и рядом расположенного существующего 69-ти квартирного жилого дома, располагаемый тепловой потенциал которых (около 100 кВт) достаточен для покрытия нагрузки горячего водоснабжения и части отопительной нагрузки.
3. Производственные и бытовые сточные воды, отводимые по районному канализационному коллектору d500, располагаемый тепловой потенциал составляет более 3000 кВт, что значительно превышает потребности пилотного жилого дома.

Системный анализ вариантов, включающий экспертную оценку затрат на отбор низкопотенциальной теплоты, ожидаемую энергетическую эффективность и стратегические соображения, позволяет сделать вывод о целесообразности совместного использования теплоты городских сточных вод и грунта (свайные теплообменники).

Отбор теплоты сточных вод и грунта при применении тепловых насосов и эффективно только с промежуточным теплоносителем – водным раствором этиленгликоля. Варианты технических средств утилизации теплоты сточных вод приведены в разделе 4.

Подробно о параметрах низкопотенциальных источников теплоты изложено в [1,5].

#### **1.4 ОБОСНОВАНИЕ ТИПА И ПОСТАВЩИКА ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

В системах отбора теплоты от сточных вод и грунта применимы тепловые насосы типа «рассол-вода». Применительно для отопления и горячего водоснабжения многоэтажных жилых домов это компактные тепловые насосы, которые не требуют больших помещений для размещения и имеют низкие шумовые характеристики. Как правило, конструктивно они состоят из спиральных компрессоров, пластинчатых паяных теплообменников (испарителей и конденсаторов), циркуляционных насосов и блока управления (микропроцессора). Требования к компактности ограничивает тепловую мощность одного теплового насоса 100 кВт. Минимальная температура на входе в испаритель – минус 5<sup>0</sup>С, максимальная на выходе конденсаторов – 65<sup>0</sup>С. Рабочие агенты R410A, R407C, R134a и R 717 (CO<sub>2</sub>).

Указанным критериям соответствуют апробированные в республике тепловые насосы, производимые фирмами CARRIER (США), GEA и VIESSMANN (Германия),

NIBE (Швеция), OCHSNER (Австрия), TERMOCOLD (Италия). Эти фирмы имеют своих представителей или дилеров, обеспечивающих сервисное обслуживание.

В таблице 1.2 приведены технические характеристики тепловых насосов, которые представлены представителями фирм VIESSMANN (Германия), NIBE (Швеция), OCHSNER (Австрия) по запросу НИПТИС, для использования при разработке архитектурного проекта источника теплоснабжения жилого дома в г.Гродно.

Таблица 1.2: Основные технические характеристики тепловых насосов типа «рассол-вода», предоставленные фирмами-претендентами

Показатели	VIESSMANN (Германия)	OCHSNER (Австрия)	NIBE (Швеция)
Количество тепловых насосов, шт	3	2	2
Расчетные температуры (вход в испаритель/выход из конденсатора), °С	7/55	7/45	10/45
Теплопроизводительность тепловых насосов (при параметрах 0/50°С), кВт	139,5	138,7	145,4
в т.ч. каждого	63 + 45 + 31,5	52,88 + 85,8	72,7+ 72,7
Диапазон регулирования производительности%	...	Интегральное.	Интегральное.
Мощность компрессоров, кВт	...	...	36,8
Коэффициент трансформации теплоты, кВт	...	...	3,95
Тип компрессоров	...	...	Спиральные
Максимальная рабочая температура на выходе конденсаторов, °С	60	...	65
Хладагент	R410 A	...	R410 A
Структура одного теплового насоса:			
- количество компрессоров, шт	2	...	2
- количество испарителей, шт	...	...	2
- количество конденсаторов, шт	...	...	2
- количество циркуляционных насосов в контуре испарителей, шт	...	...	1
- количество циркуляционных насосов в контуре конденсаторов, шт	...	...	2
Габариты (ширина x глубина x высота), м	....	...	0,6x0,62x1,8
Вес, кг	....	...	353
Стоимость поставки, евро	37520,54	55044	36200
в т.ч. НДС	4293,58	...	...
Условия поставки	42 дня с даты оплаты	6—10 недель	20 дней с даты предоплаты
Гарантия, месяц	...	...	24 мес

Кроме приведенных в таблице значений показателей тепловые насосы указанных фирм различаются по значениям рабочих температур теплоносителей, комплектации и габаритным размерам, стоимостью, условиям поставки, гарантиями производителей и др.

В результате детального анализа предложений альтернативных фирм рекомендовано принять для разработки проектных решений тепловые насосы фирмы NIBE (Швеция).

Обоснование выбора поставщика тепловых насосов приведено в [4,5].

В таблице 1.3 приведены технические характеристики тепловых насосов NIBE (Швеция) в объеме, требуемом для разработки проектных решений.

Таблица 1.3: Технические характеристики тепловых насосов NIBE типа «рассол-вода» и «вода-вода»

Показатели	Температура теплоносителей, °С			
	на выходе конденсаторов	на входе в испарители		
		0	5	10
Тепловая мощность, кВт	35	57,82	65,53	74,16
	45	55,83	63,6	71,84
	55	54,01	61,29	69,01
Количество теплоты источника, кВт	35	45,10	52,66	61,12
	45	40,64	48,02	55,99
	55	36,13	42,85	50,12
Мощность спиральных компрессоров, кВт	35	12,72	12,88	13,04
	45	15,18	15,57	15,86
	55	17,88	18,44	18,89
Коэффициент трансформации теплоты, кВт	35	4,55	5,09	5,69
	45	3,68	4,08	4,53
	55	3,02	3,32	3,65
Вид рабочего агента (количество, кг)	R410A (4,8)			
Звуковое давление, dB(A)	43			
Габариты (ширина x глубина x высота), м	0,6 x 0,625 x 1,625			
Вес, кг	350			

## 1.5 ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Исходными данными для разработки структуры и конструктивного исполнения блока утилизации теплоты сточных вод городского коллектора приняты:

- параметры канализационного коллектора [d500, наполнение (h/d) – 10...80%, площадь живого сечения потока – 0,0102...0,8684 м<sup>2</sup>];
- изменение расходов и температуры сточных вод в коллекторе в течение суток (100...1000 м<sup>3</sup>/час и 12...18<sup>0</sup>С);
- планировочные ограничения; требования к компактности, тепловой эффективности и эксплуатационной надежности.

Альтернативными приняты 4-е варианта структуры блока утилизации, технически возможные для реализации с учетом санитарных и экологических ограничений (рис. 1.2).



**Вариант 1.** Утилизация теплоты сточных вод непосредственно в трубе d500 действующего коллектора.

Конструкция теплообменника-утилизатора – плетть из 5-ти труб d50 из нержавеющей стали, проложенной на дно трубы d500 на участке между колодцами А и Б.

Рядом с колодцами размещаются приемки с гребенками, к которым присоединены трубки теплообменника и сборные трубопроводы с теплоносителем контура испарителей тепловых насосов.

**Вариант 2.** Утилизация теплоты сточных вод теплообменником из нержавеющей стали (5-ть труб d50), который предлагается разместить на дно новой канализационной трубы d250, прокладываемой параллельно действующему коллектору.

Сточная вода из коллектора в резервуар поступает через решетку с шириной прозоров не более 50 мм. Решетка монтируется в дно канализационного колодца.

Труба d250 прокладывается с уклоном 0,01, обеспечивающим наполнение 0,6 при расходе не менее 45 м<sup>3</sup>/час и скорости потока сточных вод около 1,0 м/сек.

Насос подачи сточной воды в трубу d250 рассчитывается на непрерывную работу с максимальным размером частиц в сточных водах 80 мм.

Рядом с новыми резервуарами размещаются приемки с гребенками, к которым присоединены трубки теплообменника и сборные трубопроводы с теплоносителем контура испарителей тепловых насосов.

**Вариант 3.** Утилизация теплоты сточных вод погружным теплообменником специальной конструкции из нержавеющей стали (около 120...150 м трубы d50), который предлагается разместить в проточном резервуаре сточных вод.

В резервуар сточная вода поступает через решетку по трубопроводу, на котором устанавливается задвижка специальной конструкции, через которую осуществляется периодическая чистка решетки.

Насос самовсасывающий устанавливается в приемке с гребенками, к которым присоединяются трубы теплообменника и сборный трубопровод подачи теплоты, утилизируемой теплообменником, в испарители тепловых насосов.

**Вариант 4.** Утилизация теплоты сточных вод теплообменником шкафного типа, который предлагается разместить в помещении теплонасосной установки.

В теплообменник сточные воды подаются погружным насосом, который забирает сточные воды из резервуара, располагаемого вблизи канализационного колодца А.

Сточная вода в теплообменник поступает по трубопроводу, на котором устанавливается промывная задвижка специальной конструкции серийного изготовления, через которую осуществляется периодическая чистка заборной решетки.

Возвращение охлажденных сточных вод в коллектор под остаточным напором по самотечному трубопроводу системы утилизации или по сети отведения сточных вод жилого дома.

В таблице 1.3 приведены основные преимущества и недостатки рассмотренных вариантов.

Таблица 1.3: Основные преимущества и недостатки альтернативных вариантов

№ вар-та	Преимущества технического решения	Недостатки технического решения
1	1. Нет необходимости в устройстве резервуаров и насосов подъема сточных вод. 2. Малые капитальные вложения.	1. Снижение пропускной способности коллектора (на 8%).
2	1. Минимум влияния на работу канализационного коллектора. 2. Надежность работы теплообменника-утилизатора. 3. Низкие расходы на обслуживание.	1. Большие капитальные вложения. 2. Большой объем земляных работ. 3. Расходы электроэнергии на подъем сточных вод из резервуара.
3	1. Минимум влияния на работу канализационного коллектора. 2. Надежность работы .	1. Большие капитальные вложения. 2. Большой объем земляных работ. 3. Большие затраты на эксплуатацию.
4	1. Минимум влияния на работу коллектора. 2. Компактность и надежность работы теплообменника. 3. Малые расходы на обслуживание.	1. Большие капитальные вложения. 2. Расход электроэнергии на подачу сточных вод в теплообменник.

Рекомендовано НИПТИС рассмотреть для проектирования технические решения блока утилизации теплоты сточных вод по вариантам 1, 2 и 4.

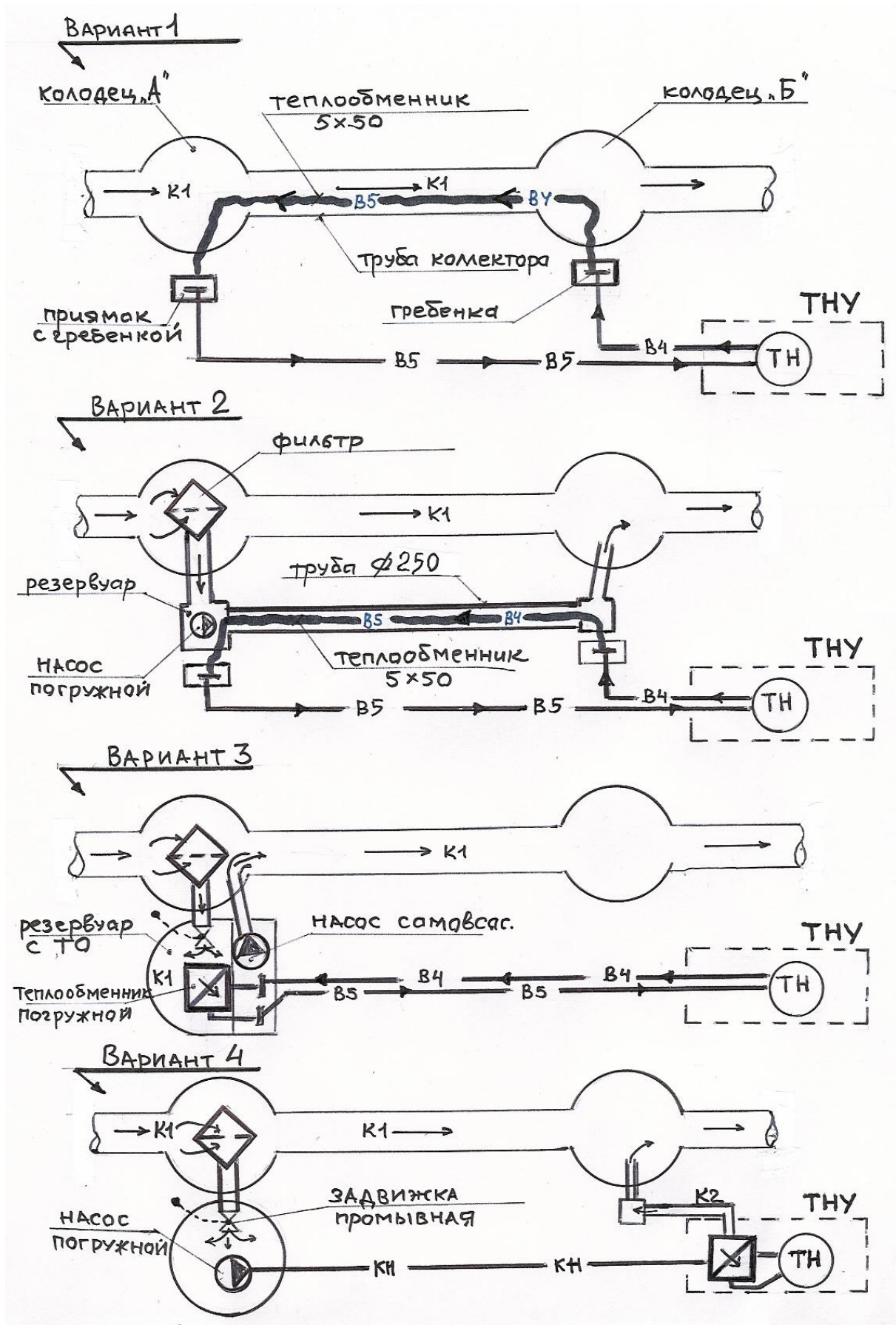


Рис.1.2. Структурные схемы альтернативных вариантов блока утилизации теплоты сточных вод

## 1.6 РАСЧЕТНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В СЕТИ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ОТ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Значения расчетных температур теплоносителей в контурах тепловых насосов определены по критерию получения максимального энергетического эффекта с учетом неравномерности суточных температур сточных вод и зависимости затрат на устройство системы отопления от ее температурного графика [1, 3].

Рассчитано, что приведенным требованиям соответствуют температура сточных вод  $12^{\circ}\text{C}$ , температура теплоносителя на выходе конденсатора  $47^{\circ}\text{C}$ , а температурный график системы отопления –  $50/40^{\circ}\text{C}$ .

## 1.7 РЕКОМЕНДОВАННАЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРА ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

На рис. 1.3 показана структура источника отопления и горячего водоснабжения на основе тепловых насосов, использующих теплоту сточных вод и грунта – теплонасосная установка (ТНУ).

Основные элементы ТНУ: тепловые насосы, теплообменники, циркуляционные насосы, трехходовые переключающие клапаны, гидравлический разделитель (гидравлическая стрелка), буферные емкости, аккумулятор горячей воды, трубопроводы и арматура.

Обоснование выбора структуры ТНУ и описание планируемых режимов работы в характерные периоды года приведено в [1, 3].

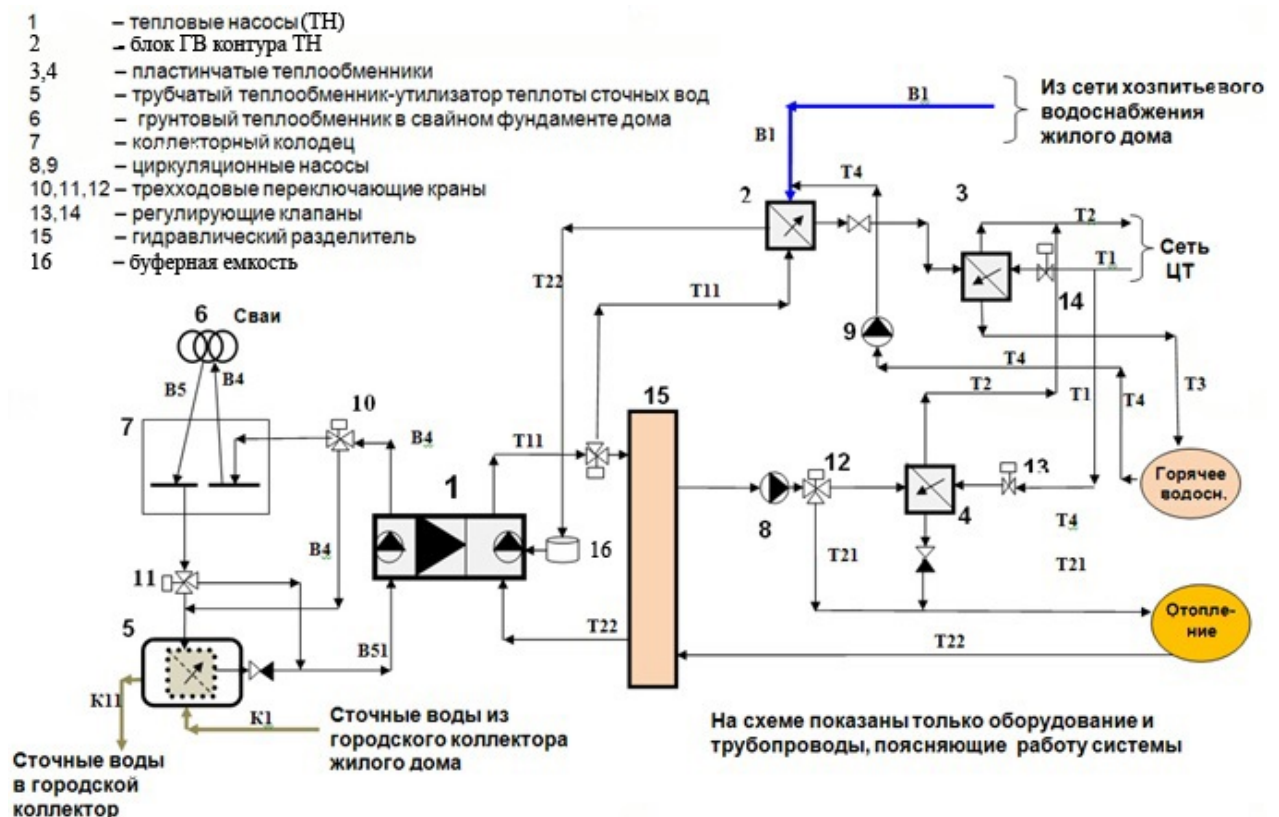


Рис. 1.3. Функциональная схема теплонасосной установки – источника отопления и горячего водоснабжения жилого дома

## **2 Предложение по совершенствованию технологической части проектного решения теплонасосной установки**

### **2.1 СИСТЕМА ТЕПЛООВОГО НАСОСА (ТС1)**

В архитектурном проекте приняты за основу рекомендации по структуре источника теплоснабжения на основе теплового насоса, изложенные в [ 1, 3, 4, 5].

Основное отличие в обвязке аккумулирующих емкостей К2 в контуре горячего водоснабжения и К3 – в контуре отопления, а также отсутствие клапана подмешивания в контуре отопления.

При некотором структурном усложнении реализация проектной схемы позволяет изменять параметры и режимы работы тепловых насосов в составе источника отопления и горячего водоснабжения жилого дома и, таким образом, повысить экономичность и надежность теплоснабжения.

В частности:

- Задействовать аккумулирующие емкости как гидравлические разделители или как буферные баки.
- Повысить участие тепловых насосов в покрытии отопительной нагрузки при повышении температуры в обратном трубопроводе сети отопления выше 45<sup>o</sup>C повышением температуры теплоносителя на выходе конденсаторов тепловых насосов и, таким образом, исследовать возможность теплоснабжения жилого дома без участия тепловой сети от ТЭЦ.
- Обеспечить одновременную работу всех тепловых насосов на покрытие пиков нагрузки горячего водоснабжения, что достигается переключением трехходовых клапанов К6 и К14.

### **2.2 СИСТЕМА СБОРА ТЕПЛОТЫ С КАНАЛИЗАЦИОННОГО КОЛЛЕКТОРА (ТС2)**

Рекомендуемые для проектирования варианты отбора теплоты сточных вод городского коллектора d500 приведены в работе [2, 4]. Определен объем работ, необходимых для реализации рассмотренных технических решений. Указаны основные преимущества и недостатков каждого.

Для проектирования принято решение, являющееся комбинацией двух вариантов, не лучших с точки зрения эксплуатационной надежности. Проектное решение при указанных уклонах действующего и проектируемого участка канализационного коллектора d500 при его реализации не гарантирует эффективную работу погружного теплообменника-утилизатора теплоты самотечного потока сточных вод.

Предлагается повторно рассмотреть альтернативные варианты 2 и 4, изложенные в разделе 1.5 и приведенные ранее в [2, 4, 6].

**Вариант 2.** Утилизация теплоты сточных вод теплообменником из нержавеющей стали (5-ть труб d50), который предлагается разместить на дно новой канализационной трубы d250, прокладываемой параллельно действующему коллектору.

Предлагаемое решение отличается:

- размещением в одном из проектируемых колодцев погружного насоса производительностью около 40 м<sup>3</sup>/час;

- меньшим диаметром самотечного трубопровода сточных вод (d250 вместо d500);
- практически одинаковыми единовременными капитальными вложениями на сооружение системы утилизации и ежегодными эксплуатационными затратами;
- более высокой эксплуатационной надежностью.

Особенности сооружения и работы системы отбора теплоты сточных вод погружным теплообменником описаны в разделе 1.5 и приведены в [2, 4].

**Вариант 4.** Утилизация теплоты сточных вод в проточном теплообменнике шкафного типа.

Предлагаемое решение отличается:

- исключается строительство одного канализационного колодца и колодца для размещения распределительной гребенки;
- исключается строительство канализационного коллектора d500;
- требуется размещение в одном из проектируемых колодцев погружного насоса производительностью около 40 м<sup>3</sup>/час;
- утилизация теплоты сточных вод в проточном теплообменнике шкафного типа;
- размещение теплообменника-утилизатора в подвале жилого дома в одном помещении с тепловыми насосами;
- доступностью чистки теплообменной поверхности;
- практически одинаковыми единовременными капитальными вложениями на сооружение системы утилизации и ежегодными эксплуатационными затратами;
- более высокой эксплуатационной надежностью.

С учетом изложенного считаю, что более технологичным и тиражируемым может быть система утилизации теплоты сточных вод по варианту 4.

Возможная для применения конструкция пластинчатого теплообменника-утилизатора приведена на фото 2.1.

а) общий вид



б) вид со снятыми дверцами



Фото 2.1. . Общий вид пластинчатого теплообменника-утилизатора.

Основные технические характеристики теплообменника-утилизатора:

- расход сточных вод (греющая среда) – 40 м<sup>3</sup>/час;
- температура сточных вод (вход/выход) – 15/12,6<sup>0</sup>С;



- расход теплоносителя контура тепловых насосов (нагреваемая среда) – 20 м<sup>3</sup>/час;
- температура теплоносителя (вход/выход) – 3,0/8,6°С;
- тепловая мощность – 110 кВт;
- площадь теплообменной поверхности – 8 м<sup>2</sup>;
- габариты – длина -1950мм, ширина – 1120 мм, высота – 1900 мм;
- вес – 547 кг.

Надо отметить, что работы по утилизации теплоты сточных вод самотечных канализационных коллекторов более эффективны при их планировании уже на стадии проектирования канализационной сети, когда исключаются проблемы с размещением теплообменников и есть возможность применять самые прогрессивные технические решения, в т.ч. и размещением теплообменников непосредственно в конструкциях трубопроводов (энергосберегающие канализационные трубы).

### 2.3 СИСТЕМА СБОРА ТЕПЛОТЫ С ФУНДАМЕНТНЫХ СВАЙ (ТСЗ)

Для обеспечения гидравлической устойчивости работы и стабилизации температурных режимов предлагается изменить систему обвязки теплообменников.

Предлагаемая схема обвязки приведена на рис. 2.1.

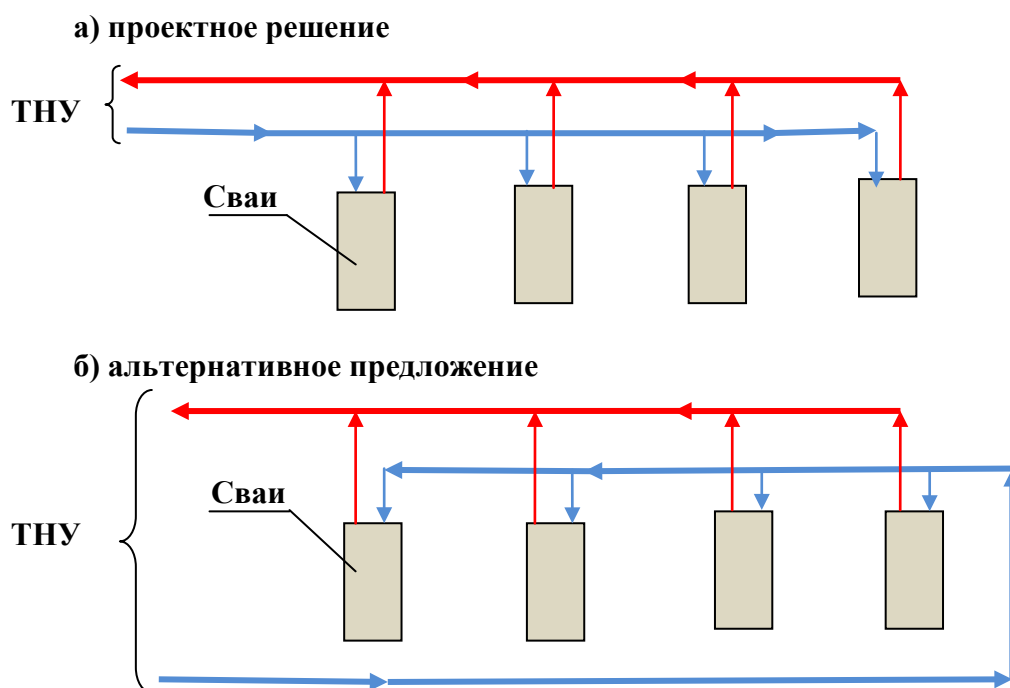


Рис. 2.1. Схема обвязки скважинных теплообменников

## **Список использованных источников**

1. Подготовка проектных предложений, технических условий, технических заданий на проектирование, выбор параметров и номенклатуры тепловых насосов, а также подготовка информации о потенциальных производителях такого оборудования с обеспечением контактов между проектной организацией и данными производителями (отчет по этапу 2/2013).

2. Техническое обоснование принципиальных решений по утилизации теплоты сточных вод для отопления и горячего водоснабжения проектируемого 10-ти этажного 120 квартирного жилого дома в г. Гродно (в дополнение к отчету по этапу 2/ 2013).

3. Разработка и технико-экономическая оценка эффективности полуавтономного источника теплоснабжения и горячего водоснабжения пилотного 120 квартирного 10-ти этажного жилого дома в г. Гродно (отчет по этапу 3/2013-2014).

4. Выбор тепловых насосов и устройств отбора низкопотенциальной теплоты (приложение 3 к отчету 3/2013-2014).

5. Подготовка запроса на поставку и монтаж тепловых насосов, анализ представленных материалов и рекомендации по выбору поставщика. Техническое обоснование структуры и конструктивного исполнения блока утилизации теплоты сточных вод городского коллектора для теплоснабжения пилотного жилого дома в г. Гродно (отчет для НИПТИС).

6. Предпроектная разработка источника теплоснабжения на основе тепловых насосов для отопления и горячего водоснабжения пилотного энергоэффективного жилого дома в г. Гродно (обосновывающие решения /2013-2014).



## Приложение. Материалы к техническому заданию на закупку тепловых насосов для пилотного жилого здания в г.Гродно

### П1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ТЕПЛОВЫМ НАСОСАМ, ПЛАНИРУЕМЫМ К УСТАНОВКЕ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПИЛОТНОГО ЖИЛОГО ДОМА

В архитектурном проекте, разработанном НПИС, определены тепловые нагрузки пилотного жилого дома, структура и технологическая схема его источника теплоснабжения на основе парокомпрессионных тепловых насосов. Приняты тепловые насосы «рассол-вода», тип которых обусловлен видом используемых источников низкопотенциальной теплоты: городские сточные воды и грунт. Расчетная тепловая нагрузка жилого дома, принятая к покрытию тепловыми насосами, составляет 135 кВт.

Предусматривается установка двух тепловых насосов суммарной теплопроизводительностью около 135 кВт при температурах теплоносителей на входе в испарители (рассол) – 7<sup>0</sup>С и на выходе конденсаторов – 47<sup>0</sup>С. Планируются агрегатированные тепловые насосы, которые конструктивно приемлемы для размещения в стесненных условиях подвала жилого дома и для тиражирования в схемных решениях источников теплоснабжения других энергоэффективных пилотных жилых домов.

На основании предварительного анализа были отобраны потенциальные поставщики тепловых насосов. На направленные запросы ответы получены от 7-ми фирм:

- двух фирм-производителей тепловых насосов в Республике Беларусь – ЧП «Геотерматекс» и УП «Промбурвод»;
- пяти фирм, представляющих интересы иностранных производителей – ООО «ЭНСО Инжиниринг» (тепловые насосы производителя в Литве), ООО «Вистар инжиниринг» (Vissmann, Германия), ЧТПУП «ЭкоЭнергоТехника» (Ochsner, Австрия), ЧП «Энергео» (Nibe, Швеция), Энергопро (Clivet, Италия).

Для сравнения технических характеристик и экономических показателей тепловых насосов разных фирм, переданных в виде таблиц, пояснительных записок и схем, а также отношение фирм к полноте ответов применен метод, практикуемый при проведении тендера на поставку тепловых насосов – оценка по значимым техническим параметрам, эксплуатационной надежности, стоимости, резюме поставщика.

Комплексная оценка показала, что лучшие показатели имеют тепловые насосы фирм-изготовителей Nibe (Швеция), Ochsner (Австрия), Vissmann (Германия), Clivet (Италия). Наименование и координаты организаций, представляющих их интересы в Республике Беларусь, приведены в таблице П1.1.

Таблица П1.1: Наименование и координаты потенциальных поставщиков тепловых насосов для отопления и горячего водоснабжения жилого дома в г.Гродно

Наименование организаций	Директор	Контактные данные
ЧП «Энергео» (Nibe, Швеция)	Криворот Николай Николаевич	<a href="mailto:energeo@inbox.ru">energeo@inbox.ru</a> тел. +375 291273517
ЧТПУП «ЭкоЭнергоТехника» (Ochsner, Австрия)	Саковец Игорь Николаевич	<a href="mailto:info@ecoteplo.by">info@ecoteplo.by</a> тел. +375 296285306
ООО «Вистар инжиниринг» (Vissmann, Германия)	Сребняк Владислав Владимирович	<a href="mailto:SreV@viessmann.by">SreV@viessmann.by</a> тел. + 375 291071054
Энергопро (Clivet, Италия)	Шалугин Дмитрий Михайлович	<a href="mailto:d.shalugin@energopro.by">d.shalugin@energopro.by</a> +375-296-62-00-24

В таблице П1.2 приведены технические параметры тепловых насосов, которые рекомендуется привести в Техническом задании на закупку.

Таблица П1.2: Технические характеристики тепловых насосов

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Значение технических данных
1	Количество тепловых насосов	шт	2
2	Вид теплоносителя в контуре испарителей		20% водный раствор гликоля
3	Расчетная температура теплоносителя на входе в испарители	<sup>0</sup> С	7
4	Вид теплоносителя в контуре конденсаторов	-	вода
5	Расчетная температура теплоносителя на выходе конденсаторов	<sup>0</sup> С	47
6	Максимальная рабочая температура теплоносителя на выходе конденсаторов	<sup>0</sup> С	65
7	Тип испарителей и конденсаторов	-	пластинчатые
8	Тип компрессоров	-	спиральные
9	Количество компрессоров в составе одного теплового насоса	шт	один и более
10	Тип хладагента	-	R410A
11	Теплопроизводительность теплового насоса при параметрах теплоносителей п.3 и п.5	кВт	не менее 65
12	Потребляемая мощность компрессора(ов) теплового насоса при параметрах теплоносителей п.3 и п.5	кВт	не более 17,0
13	Потребляемая мощность циркуляционных насосов (если включены в конструкцию теплового насоса)	кВт	.....
14	Коэффициент трансформации (COP) при параметрах теплоносителей п.3 и п.5	-	не менее 4,0
15	Расход теплоносителя через испаритель (в расчетных условиях п.3 и п.5)		
16	Расход теплоносителя через конденсатор (в расчетных условиях п.3 и п.5)		
17	Расход теплоносителя через испаритель	м <sup>3</sup> /час	около 10,0
18	Расход теплоносителя через конденсатор	м <sup>3</sup> /час	около 5,0
19	Потери напора теплоносителя в испарителе	кПа	не более 45,0
20	Потери напора теплоносителя в конденсаторе	кПа	не более 7,0
21	Звуковое давление (выходная мощность шумов) по стандарту EN 12102	дБ(А)	не более 50,0
22	Требования к автоматизации	поддержание энергоэффективных режимов работы, возможность дистанционного контроля и управления	
23	Габариты: ширина и глубина	м	не более 0,7
24	Вес	кг	не более 400
25	Комплект поставки	Реле протока в контурах испарителей и конденсаторов; антивибрационные опоры; антивибрационные вставки	
26	Срок и условия поставки	не более 30 дней с даты предоплаты (.....% стоимости поставки)	
27	Гарантия на тепловой насос	не менее двух лет с даты пуска в эксплуатацию	
28	Послегарантийные обязательства	договор на сервисное обслуживание	

Кроме того, с целью большей обоснованности принятия решения по закупке для обеспечения энергетически и экономически эффективной работы тепловых насосов на энергоэффективном жилом доме, считаю целесообразным дополнить Техническое задание приложением (таблица П1.3).

Таблица ПП.3: Технические характеристики тепловых насосов

№ п/п	Показатель	Ед. изм.	Значение при параметрах 7/45 <sup>0</sup> С
1	Наименование модели	-	
2	Компоновка теплового насоса: количество компрессоров, испарителей, конденсаторов, количество и расположение циркуляционных насосов (внутренняя/наружная установка)	-	
3	Показатели теплового насоса без учета работы циркуляционных насосов контуров испарителя и конденсатора: • тепловая мощность • потребляемая электрическая мощность	кВт	
		“ – “	
4	Показатели теплового насоса с учетом работы циркуляционных насосов контуров испарителя и конденсатора: • тепловая мощность • потребляемая электрическая мощность	кВт	
		“ – “	
5	Максимальная температура теплоносителя на выходе из конденсатора	°С	
6	Максимальная температура теплоносителя на входе в конденсатор (в обратном трубопроводе)	“ – “	
7	Тип и количество циркуляционных насосов для контура испарителя, их класс энергопотребления	-	
8	Тип и количество циркуляционных насосов для контура конденсатора, их класс энергопотребления	-	
9	Наличие штатной каскадной автоматики	-	
10	Описание возможности дистанционного контроля и управления (возможности автоматики стандартной комплектации и дополнительно устанавливаемого оборудования)	-	
11	Алгоритм работы системы автоматики по поддержанию требуемой температуры теплоносителя в контуре отопления (описание процесса включения/выключения мощности по температуре и времени)	-	
12	Язык меню автоматики управления	-	
13	Наличие системы плавного пуска компрессоров.	-	
14	Описание технических решений, способствующих снижению уровня шума и вибрации, монтируемых вне корпуса теплового насоса	-	
15	Размеры зоны обслуживания	мм	
16	Минимальные размеры проема для доставки оборудования к месту монтажа	м	
17	Вес укомплектованного теплового насоса	кг	
18	Источник данных, представленных в п.1-п.18	-	
19	Наличие действующих сертификатов (европейских, российских или белорусских) на предлагаемое оборудование.	-	
20	Перечень предоставляемой технической документации на русском языке	-	
21	Количество тепловых насосов аналогичного типа, установленных в Республике Беларусь (указать назначение, источник низкопотенциальной теплоты и способ отбора, год установки)	-	
22	Стоимость монтажа и пусконаладочных работ в процентах от стоимости тепловых насосов	%	

## **П2. СОПУТСТВУЮЩАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

### **Перечень документов, необходимых для таможенного оформления**

1. Паспорт теплового насоса (описание структуры, вид и количество рабочего агента).

### **Рекомендуемый состав технической документации для проектирования источников теплоснабжения на основе тепловых насосов**

1. Паспорт теплового насоса (описание структуры, вид и количество рабочего агента).
2. Инструкция по монтажу тепловых насосов.
3. Таблицы с данными о типах и параметрах тепловых насосов при различных температурах источников низкопотенциальной теплоты и теплоносителя на выходе конденсаторов.
4. Декларация о соответствии таможенного союза.

### **Рекомендуемый состав технической документации для эксплуатации и техническому обслуживанию тепловых насосов**

1. Технологическая схема источника теплоснабжения на основе тепловых насосов (с перечнем оборудования, указанием вида и направления энергетических потоков).
2. Инструкция по эксплуатации источника теплоснабжения с тепловыми насосами.
3. Инструкция по монтажу тепловых насосов (документация поставщика тепловых насосов).
4. Отчет о пуско-наладочных работах.
5. Комплект исполнительной документации или комплект проектной документации (ПЗ и чертежи) с внесенными изменениями