

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для курсового проектирования по дисциплине  
«Автоматизированные тепловые пункты» на тему  
**«Индивидуальный тепловой пункт»**

*для студентов специальности*

*7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий  
и сооружений», профилизация «Теплогазоснабжение,  
вентиляция и охрана воздушного бассейна» для всех  
форм обучения, слушателей ИПКиП специальности  
1-70 04 71 «Теплогазоснабжение, вентиляция  
и охрана воздушного бассейна»*

УДК 697.911 (075.8)

Настоящие методические указания для выполнения курсовой работы по проектированию индивидуального теплового пункта составлены в соответствии с программой курса “Автоматизированные тепловые пункты“ для студентов специальности 1-70 04 02 "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна".

В работе использованы действующие нормативные документы, изложены требования по объему работы и последовательности выполнения курсовой работы, приведены примеры расчетов.

Составители: Д. В. Новосельцева, к.т.н., доцент,  
В. Г. Новосельцев, к.т.н., доцент,  
В. В. Лукша, к.т.н., доцент.

Рецензент: Ю. Н. НОВИК, главный эксперт отдела экспертизы инженерного обеспечения управления экспертизы проектно-сметной документации дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области»

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Исходные данные и состав курсовой работы .....	4
2. Основные определения .....	5
3. Проектирование индивидуального теплового пункта .....	6
4. Подбор оборудования индивидуального теплового пункта .....	20
4.1. Выбор блоков .....	21
4.2. Подбор оборудования блока ГВС .....	23
4.3. Подбор оборудования блока отопления .....	31
4.3.1. Вариант 1 – Зависимая схема присоединения .....	31
4.3.2. Вариант 2 – Независимая схема присоединения .....	34
4.4. Подбор оборудования блока ввода и учета .....	38
4.5. Проверка на кавитацию регулятора перепада давления и двухходовых регулирующих клапанов .....	41
Литература .....	43
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	44
Приложение 1 – Характеристики фильтров производства НП ООО «Гран-Система-С» .....	44
Приложение 2 – Характеристики расходомеров теплосчётчика марки «Струмень ТС-07-К7» производства НП ООО «Гран-Система-С» .....	45
Приложение 3 – Потери давления ультразвуковых расходомеров теплосчётчика марки «Струмень ТС-07-К7» производства НП ООО «Гран-Система-С» .....	46
Приложение 4 – Характеристики обратных клапанов латунных пружинных муфтовых производства компании «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия) .....	47
Приложение 5 – Технические характеристики крыльчатого водомера .....	48
Приложение 6 – Технические характеристики расширительных мембранных баков “Flamco” .....	49

## 1. Исходные данные и состав курсовой работы

В курсовой работе требуется разработать индивидуальный тепловой пункт жилого дома.

Исходными данными (указаны в бланке задания к курсовой работе) являются:

1. Источник теплоснабжения - тепловые сети с параметрами воды в подающем и обратном трубопроводах  $T_{п} = \text{___}^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{о} = \text{___}^{\circ}\text{C}$ . Давление в подающем и обратном трубопроводах теплосети на вводе в тепловой пункт  $P_{п} = \text{___}$  МПа,  $P_{о} = \text{___}$  МПа.

2. Присоединение системы отопления здания к тепловым сетям в индивидуальном тепловом пункте, расположенном в подвале здания: по зависимой схеме со смесительно-циркуляционным насосом на подающем трубопроводе, зависимой схеме со смесительным насосом на перемычке или независимой схеме с теплообменником (указано в задании).

3. Присоединение системы горячего водоснабжения здания к тепловым сетям в индивидуальном тепловом пункте, расположенном в подвале здания, по одноступенчатой параллельной схеме, двухступенчатой схеме.

4. Тепловая нагрузка системы отопления – принять из курсовой работы по поквартирному отоплению.

5. Тепловая нагрузка системы горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь в системе ГВС) – принять из курсовой работы по теплоснабжению.

6. Параметры воды в системе отопления  $t_{г} = \text{___}^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{о} = \text{___}^{\circ}\text{C}$ .

7. Суммарные потери давления в системе отопления по результатам гидравлического расчета – принять из курсовой работы по поквартирному отоплению.

8. Циркуляционный расход системы ГВС  $q_{сир} = \text{___}$  л/с – принять из курсовой работы по теплоснабжению.

9. Расход воды через квартирный счетчик – принять из курсовой работы по теплоснабжению.

10. Суммарные потери давления в подающих теплопроводах системы ГВС – принять из курсовой работы по теплоснабжению.

11. Суммарные потери давления в циркуляционных теплопроводах системы ГВС – принять из курсовой работы по теплоснабжению.

12. Геометрическая высота подъёма – принять из курсовой работы по теплоснабжению.

13. Гарантийный напор –  $H_{гар} = \text{___}$  м.

В состав курсовой работы входит:

Пояснительная записка (до 20 страниц), включающая следующие разделы:

Титульный лист, задание с исходными данными, реферат, содержание, введение; описание проектируемого индивидуального теплового пункта; подбор оборудования индивидуального теплового пункта; заключение; список использованной литературы.

Графическая часть (1 чертеж формата А1) содержит схему индивидуального

теплового пункта со спецификацией оборудования.

## 2. Основные определения

**Тепловой пункт** - комплекс трубопроводов, запорной арматуры, оборудования и приборов, обеспечивающий присоединение систем теплоснабжения к тепловым сетям.

**Индивидуальный тепловой пункт (ИТП)** - тепловой пункт для присоединения систем отопления, теплоснабжения установок систем вентиляции, горячего водоснабжения и технологических теплоиспользующих установок одного здания или его части к наружным и внутренним сетям централизованного теплоснабжения.

**Тепловой узел** - комплекс устройств теплового пункта, предназначенный для присоединения тепловой сети к системам теплоснабжения.

**Узел смешения** - элемент теплового узла, предназначенный для смешивания потоков различной температуры с целью регулирования температуры суммарного потока теплоносителя.

**Закрытая водяная система теплоснабжения** - система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, не отбирается из системы потребителями теплоты.

**Открытая водяная система теплоснабжения** - система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, отбирается из системы потребителями теплоты.

**Системы теплоснабжения** - комплекс теплоиспользующих установок с подводными от индивидуальных тепловых пунктов трубопроводами: системы отопления, теплоснабжения установок систем вентиляции и кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения и теплоиспользующих технологических потребителей.

**Зависимая схема присоединения** - схема присоединения теплопотребителя к тепловой сети, при которой теплоноситель из тепловой сети поступает непосредственно в систему теплоснабжения.

**Независимая схема присоединения** - схема присоединения системы отопления или теплоснабжения установок систем вентиляции и кондиционирования воздуха к тепловой сети, при которой теплоноситель из тепловой сети не поступает в систему теплоснабжения, а циркулирует через водоподогреватель (теплообменник), а циркуляция теплоносителя в системе теплопотребителя осуществляется циркуляционным насосом.

**График центрального качественного регулирования отпуска теплоты потребителям** - нормативная зависимость температуры теплоносителя в подающей и обратной магистралях теплосети от температуры наружного воздуха.

**Располагаемый перепад давления на вводе** - разность между гидростатическими давлениями в подающем и обратном трубопроводах теплосети на вводе в тепловой пункт.

**Расчетный расход воды на вводе** - требуемый расход воды из наружной теплосети, определенный по расчетным нагрузкам систем теплоснабжения.

**Грязевик** - элемент теплового узла, предназначенный для очистки теплоносителя от посторонних механических примесей путем осаждения за счет снижения скорости теплоносителя и последующей фильтрации.

**Фильтр** - элемент теплового узла, предназначенный для очистки теплоносителя от посторонних механических (химических) примесей путем фильтрации.

**Насос повысительный** - насос на линии циркуляции, предназначенный для повышения давления перекачиваемого теплоносителя.

**Насос подпиточный** - насос в системе теплоснабжения, присоединяемой по независимой схеме, предназначенный для поддержания статического давления в системе.

**Насос смесительный** - элемент узла смешения, предназначенный для подмешивания теплоносителя из обратной магистрали в подающую магистраль контура системы теплоснабжения. Насос смесительный устанавливается на перемычке, на подающей или обратной магистрали контура системы теплоснабжения.

**Насос циркуляционный** - насос теплового узла при независимой схеме присоединения, предназначенный для циркуляции воды контура системы теплоснабжения.

**Клапан двухходовой регулирующий** - регулирующий орган, устанавливаемый на трубопроводе для изменения расхода рабочей среды и управляемый исполнительным механизмом.

**Клапан трехходовой регулирующий** - регулирующий орган, предназначенный для разделения или смешивания регулируемых потоков теплоносителей и управляемый исполнительным механизмом.

**Исполнительный механизм** - механизм, являющийся функциональным блоком, предназначенным для перемещения затвора регулирующего органа.

**Пропускная способность  $k_v$ , м<sup>3</sup>/ч** - расход жидкости с плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup>, пропускаемой регулирующим органом при перепаде давления на нем 0,098 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>).

**Регулятор температуры** - элемент теплового узла, предназначенный для автоматического поддержания требуемой температуры воды для систем теплоснабжения [1, 2].

### 3. Проектирование индивидуального теплового пункта

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – тепловой пункт для присоединения систем теплоснабжения одного здания или его части к тепловым сетям. В тепловых пунктах осуществляется: преобразование, регулирование расхода и контроль параметров теплоносителя, распределение его по системам потребления теплоты; отключение систем потребления теплоты; защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя; заполнение и подпитка систем потребления теплоты; учет тепла.

Системы теплоснабжения могут подсоединяться к тепловым сетям по за-

висимой (вода из тепловой сети подается непосредственно в систему) и независимой (вода из тепловой сети подается в теплообменник) схемам.

Зависимые схемы бывают с непосредственным подключением и подключением с узлом смешения, который применяется для понижения температуры воды, поступающей из тепловых сетей, до температуры  $t_r$ , допустимой в системе отопления. Узлы смешения бывают со смесительным насосом; с циркуляционным насосом; с гидравлическим разделителем.

Оборудование и запорно-регулирующую арматуру теплового пункта подбирают по каталогам изготовителей.

Проектирование теплового пункта можно выполнять самостоятельно или с помощью ведущих в Республике Беларусь производителей как полностью готовых индивидуальных тепловых пунктов (блочных и раздельных), так и отдельного оборудования для тепловых пунктов, таких как ГРУППА КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА», ООО «ВОГЕЗЭНЕРГО». Для этого заполняется опросный лист и направляется специалистам производителя тепловых пунктов. ГРУППА КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА» на своем сайте [www.teplo-sila.com](http://www.teplo-sila.com) приводит каталоги оборудования, методики подбора регулирующих клапанов и регуляторов перепада давления, размещает макеты блоков тепловых узлов, из которых состоит тепловой пункт (узел ввода и учета, узел отопления, узел горячего водоснабжения, узел теплоснабжения системы вентиляции) и макеты спецификаций на них. Использование этих материалов значительно облегчает проектирование теплового пункта.

Далее в методических указаниях будет рассмотрен пример проектирования ИТП, где следует присоединить систему отопления к наружным тепловым сетям по зависимой схеме присоединения системы отопления со смешением воды при помощи смесительного насоса.

В этой схеме понижение температуры воды перед системой отопления до температуры  $t_r$  происходит в результате смешения высокотемпературной воды с температурой  $T_{п}$  с обратной охлажденной водой системы отопления с температурой  $t_0$ . Поток охлажденной воды возвращается из системы отопления, делится на два: первый направляется в обратный теплопровод тепловой сети, а второй поток перемещается по перемычке к точке смешения в подающей магистральной с водой температурой  $T_{п}$ . При проектировании использованы материалы ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА».

Блоки тепловых узлов ИТП при зависимом присоединении системы водяного отопления к наружным тепловым сетям со смесительным насосом, включенным в перемычку, при независимом присоединении системы водяного отопления, а также присоединением системы горячего водоснабжения по одноступенчатой параллельной схеме показаны на рисунках 1-9. Подбор блоков осуществляется по ходу выполнения расчетов при проектировании ИТП.

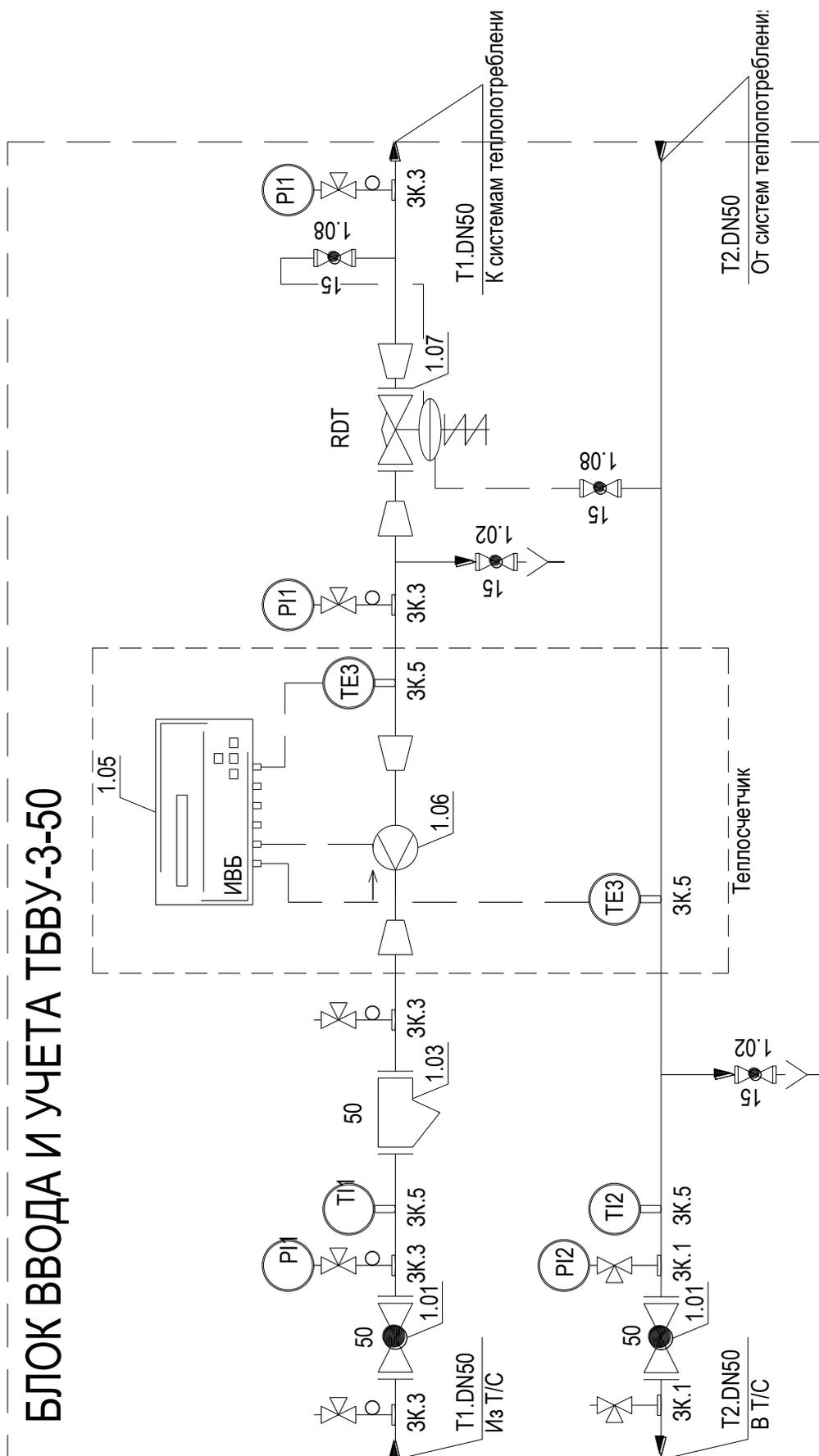


Рисунок 1 – Блок узла ввода и учета

Марка, позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
	Поставщик ГК "Теплосила"	Блок ввода и учета	1		
	г. Минск	ТБВУ-3-50			
		в составе:			
1.01	Класс герметичности "А"	Кран шаровой фланцевый	2		
		PN=2.5МПа, DN50			
1.02		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN15			
1.03		Фильтр сетчатый фланцевый	1		
		PN=1.6МПа, DN50			
		Теплосчетчик в составе:	1		
1.05	НП ООО "Гран-Система-С"	Тепловычислитель	1		
1.06	НП ООО "Гран-Система-С"	Первичный преобразователь	1		
		расхода "Струмень TG07-K7"			
		DN 25			
ТЕЗ		Термопреобразователь	2		
		сопротивления ТСП			
1.07	ГК "Теплосила" г. Минск	Регулятор перепада давления	1		
		фланцевый			
		RDT -1,2-25-6,3			
		DN25, Kvs= 6,3м3/ч, PN16			
		диапазон			
		настройки 0,24...3,0 бар			
1.08		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN15			
		<u>Средства измерения и управления</u>			
PI1		Манометр показывающий	3		0-1,6МПа
PI2		Манометр показывающий	1		0-1,0МПа
ЗК.3		Отборное устройство с 3-хход.	5		
		краном и сифонной трубкой			
		для манометра			
ЗК.1		Отборное устройство с 3-хход.	2		
		краном для манометра			
TI1		Термометр биметаллический	1		0-160 С
TI2		Термометр биметаллический	1		0-120 С
ЗК.5		Бобышка к термометру и ТСП	4		

*Рисунок 2 – Спецификация к блоку узла ввода и учета*



Марка, позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
	Поставщик ГК "Теплосила"	Блок системы отопления	1		
	г. Минск	ТБО-6-32/50-W в составе:			
К.02	"Wilo"	Насос циркуляционный системы отопления	1		
		Stratos MAXO-D32/0.5-8 PN6/10-R7			
		G= 3.1м3/час, H= 3.11м.в.ст.			
		P= 0.07кВт, U= 230В			
2.01	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Клапан проходной седельный регулирующийся фланцевый	1		
		TRV-20-2.5-101R			
		DN=20, Kvs= 2.5м3/час			
		с электроприводом			
		TSL-1600-25-1R-230-IP67			
2.02		Кран шаровой муфтовый	4		
		PN=1.6МПа, DN32			
2.03		Кран шаровой фланцевый	2		
		PN=1.6МПа, DN50			
2.04		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN15			
2.05		Клапан обратный межфланцевый	1		
		PN=1.6МПа, DN32			
2.06		Фильтр сетчатый фланцевый	1		
		PN=1.6МПа, DN50			
2.07		Антивибрационный компенсатор фланцевый	2		
		PN=1.6МПа, DN50			

**Рисунок 4 – Спецификация к блоку узла отопления (часть 1)**

Марка, позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
	<u>Средства измерения и управления</u>				
PI1		Манометр показывающий	2		0-1,6МПа
PI2		Манометр показывающий	5		0-1,0МПа
ЗК.1		Отборное устройство с 3-хход.	10		
		краном для манометра			
ЗК.3		Отборное устройство с 3-хход.	2		
		краном и сифонной трубкой			
		для манометра			
PE1	ДР-Д	Реле давления (защита	1		
		от сухого хода)			
PSD	ДР-ДД	Реле перепада давления	1		
TI1		Термометр биметаллический	1		0-160 С
TI2		Термометр биметаллический	1		0-120 С
ЗК.5		Бобышка к термометру и ТСП	4		
TE1	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Датчик температуры	2		
	ТДТА-100	теплоносителя аналоговый			
TE2	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Датчик наружного воздуха	1		
	ТДВА-60	аналоговый			
2.08	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Шкаф управления	1		

***Рисунок 4 – Спецификация к блоку узла отопления (часть 2)***

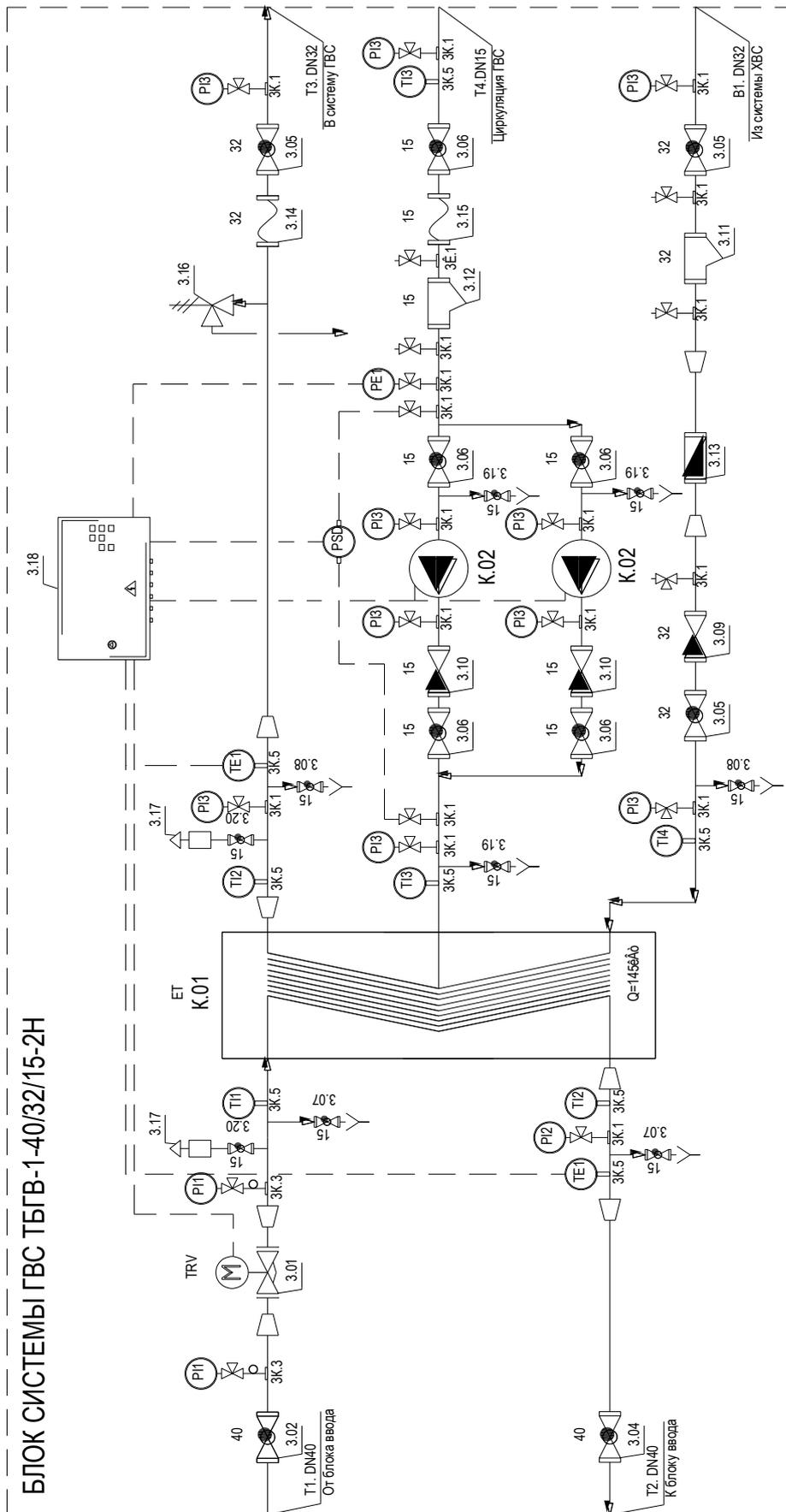


Марка, позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
	Поставщик ГК "Теплосила"	Блок системы отопления	1		
	г. Минск	ТБО-1-32/50-2Н			
		в составе:			
К.01	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Теплообменник пластинчатый разборный системы отопления	1		
		ET-010-26-DN32-304-0.5-C			
К.02	"Wilo"	Насос циркуляционный системы отопления	2		
		Stratos MAXO - 50/0.5-10 PN6/10			
		G=5,16 м3/час, H= 4,49м.в.ст.			
		P= 0,11кВт, U=230 В			
К.03	"Flamco"	Расширительный мембранный бак "Flexcon R 80" Рисх=1,5бар	1		
2.01	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Клапан проходной седельный регулирующийся фланцевый	1		
		TRV-20-6,3-101			
		DN=20, Kvs= 6,3м3/час			
		с электроприводом			
		TSL-1600-25-1-230-IP67			
2.02		Двухходовой электромагнитный клапан с сервоприводом, нормально закрытый муфтовый	1		
		DN15, Kvs=4 м3/час			
		EV220B 15B			
2.03		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN32			
2.04		Кран шаровой фланцевый	6		
		PN=1.6МПа, DN50			

**Рисунок 6 – Спецификация к блоку узла отопления (часть 1)**

Марка, позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
2.05		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN20			
2.06		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN20			
2.07		Кран шаровой муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN20			
2.08		Кран шаровой муфтовый	4		
		PN=1.6МПа, DN15			
2.09		Кран шаровой муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN15			
2.10		Клапан обратный муфтовый	1		
		PN=1.0МПа, DN20			
2.11		Клапан обратный	2		
		межфланцевый			
		PN=1.6МПа, DN50			
2.12		Фильтр сетчатый фланцевый	1		
		PN=1.6МПа, DN50			
2.13		Фильтр сетчатый муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN20			
2.14		Счетчик горячей воды	1		Gn=1,6 м <sup>3</sup> /ч
		PN=1.0МПа, DN15			
2.15		Антивибрационный компен-	2		
		сатор фланцевый			
		PN=1.6МПа, DN50			
2.15*		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN15			

***Рисунок 6 – Спецификация к блоку узла отопления (часть 2)***



**Рисунок 7 – Блок узла горячего водоснабжения**

Марка, позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
	Поставщик ГК "Теплосила"	Блок системы ГВС	1		
	г. Минск	ТБГВ-1-40/32/25-2Н			
		в составе:			
К.01	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Теплообменник пластинчатый разборный системы ГВС	1		
		ЕТ-006-1037630			
К.02	"Wilo"	Насос циркуляционный системы ГВС	2		
		Yonos PICO - Z 25/0.5-6 130			
		G= 0,45м3/час, H= 3,47м.в.ст.			
		P= 0,0166кВт, U= 230В			
3.01	ГК "ТЕПЛОСИЛА"	Клапан проходной седельный регулирующий фланцевый	1		
		TRV-25-10-101			
		DN25, Kvs=10м3/час			
		с электроприводом			
		TSL-1600-25-1-230-IP67			
3.02		Кран шаровой муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN40			
3.04		Кран шаровой муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN40			
3.05		Кран шаровой муфтовый	3		
		PN=1.6МПа, DN32			
3.06		Кран шаровой муфтовый	5		
		PN=1.6МПа, DN15			
3.07		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN15			

**Рисунок 8 – Спецификация к блоку узла горячего водоснабжения (часть 1)**

Марка, позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед. кг	Примечание
3.08		Кран шаровой муфтовый	2		
		PN=1.6МПа, DN15			
3.09		Клапан обратный муфтовый	1		
		PN=1.0МПа, DN32			
3.10		Клапан обратный муфтовый	2		
		PN=1.0МПа, DN15			
3.11		Фильтр сетчатый муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN32			
3.12		Фильтр сетчатый муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN15			
3.13	НП ООО "Гран-Система-С"	Счетчик холодной воды	1		Gn=2,5 мз/ч
		PN=1.0МПа, DN20			
3.14		Антивибрационный компенсатор муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN32			
3.15		Антивибрационный компенсатор муфтовый	1		
		PN=1.6МПа, DN15			
3.16		Клапан предохранительный, пружинный, регулируемый (1-12 bar)	1		
		P=0.6МПа, DN15			
3.17		Воздухоотводчик	2		
3.19		Кран шаровой муфтовый	3		
		PN=1.6МПа, DN15			

**Рисунок 8 – Спецификация к блоку узла горячего водоснабжения (часть 2)**

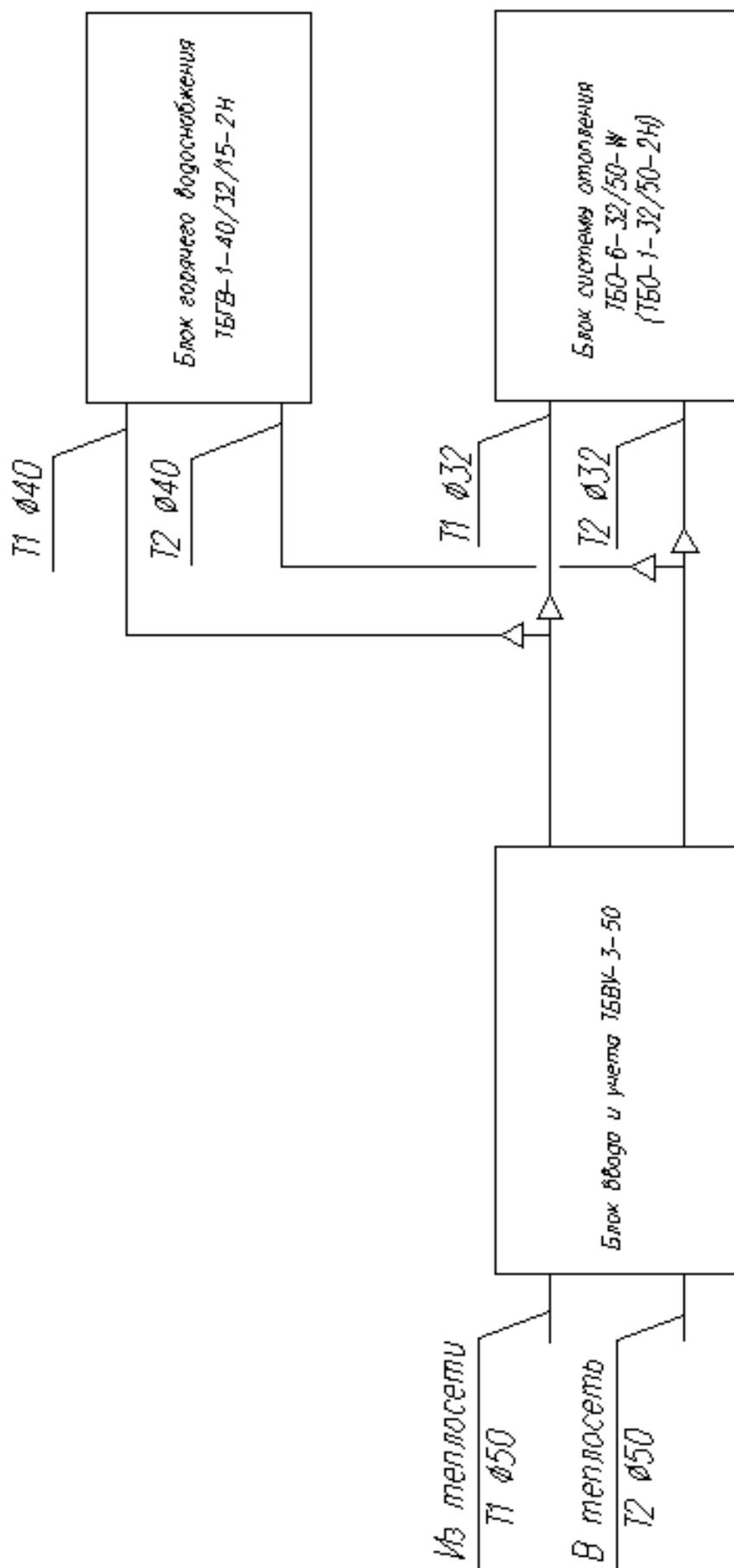


Рисунок 9 – Схема совмещения блоков узлов ввода и учета, отопления и горячего водоснабжения

#### 4. Подбор оборудования индивидуального теплового пункта

Запроектировать ИТП

Вариант 1 - при зависимом присоединении системы водяного отопления к наружным тепловым сетям со смесительным насосом, включенным в переключку.

Вариант 2 - при независимом присоединении системы водяного отопления к наружным тепловым сетям.

Исходные данные:

1. Источник теплоснабжения - тепловые сети от ТЭЦ с параметрами воды в подающем и обратном трубопроводах  $T_{п}=120^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{о}=70^{\circ}\text{C}$ . Давление в подающем и обратном трубопроводах теплосети на вводе в тепловой пункт  $P_{п}=0,6$  мПа,  $P_{о}=0,35$  мПа.

2. Тепловая нагрузка системы отопления – 120 кВт.

3. Тепловая нагрузка системы горячего водоснабжения (с учетом потерь теплоты в системе) – 145 кВт.

4. Схема присоединения системы горячего водоснабжения к тепловым сетям – одноступенчатая параллельная ( $Q_{ГВС}/Q_{ОТ}=145/120=1,2>1$ )

5. Параметры воды в системе отопления  $t_{г} = 90^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{о} = 70^{\circ}\text{C}$ .

6. Суммарные потери давления в системе отопления по результатам гидравлического расчета – 30 кПа.

7. Циркуляционный расход системы ГВС – 0,124 л/с.

8. Расход воды через квартирный счетчик – 0,237 л/с.

9. Суммарные потери давления в подающих теплопроводах системы ГВС – 6,13 м.

10. Суммарные потери давления в циркуляционных теплопроводах системы ГВС – 2,79 м.

11. Геометрическая высота подъема – 16 м.

12. Гарантийный напор – 22 м.

Для проектирования ИТП воспользуемся материалами ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА» на сайте [3] (каталоги оборудования с методикой подбора регулирующих клапанов и регуляторов перепада давления, макеты блоков тепловых узлов (узел ввода и учета, узел отопления, узел горячего водоснабжения) и макеты спецификаций на них).

## 4.1. Выбор блоков

### Блок отопления.

Определим расход воды из теплосети по формуле:

$$G_{om}^{TC} = 0,86 \cdot Q \left( \frac{1}{T_{II} - T_O} \right), \text{м}^3/\text{ч},$$

где  $Q$  – тепловая мощность системы отопления, кВт;

$T_{II}$ ,  $T_O$  – температура воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, °С.

$$G_{om}^{TC} = 0,86 \cdot 120 \cdot \left( \frac{1}{120 - 70} \right) = 2,06 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По таблицам для гидравлического расчета стальных трубопроводов при скорости в пределах 0,6 - 0,9 м/с определим диаметр трубопровода в блоке отопления до узла смешения (вариант 1), либо до теплообменника (вариант 2) –  $d_y=32$ мм.

Определим расход воды, циркулирующей в системе отопления по формуле:

$$G_{om} = 0,86 \cdot Q \left( \frac{1}{t_r - t_o} \right), \text{м}^3/\text{ч},$$

где  $Q$  – тепловая мощность системы отопления, кВт;

$t_r$ ,  $t_o$  – температура воды в подающем и обратном трубопроводах системы отопления, °С.

$$G_{om} = 0,86 \cdot 120 \cdot \left( \frac{1}{90 - 70} \right) = 5,16 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По таблицам для гидравлического расчета стальных трубопроводов при скорости в пределах 0,6 - 0,9 м/с определим диаметр трубопровода в блоке отопления до узла смешения (вариант 1), либо до теплообменника (вариант 2) –  $d_y=50$ мм.

Принимаем к проектированию (сайт [www.teplo-sila.com](http://www.teplo-sila.com), вкладка проектировщикам, типовые схемы БТП) блок узла отопления:

Вариант 1 – ТБО-6-32/50W, представленный на рисунках 3, 4.

Вариант 2 – ТБО-1-32/50-2Н, представленный на рисунках 5, 6.

### Блок горячего водоснабжения.

Определим расход сетевой воды, циркулирующей через теплообменник системы горячего водоснабжения в летний период, по формуле:

$$G_{звс}^{ТСлетн} = 0,86 \cdot Q \left( \frac{1}{t_{II} - t_o} \right), \text{м}^3/\text{ч},$$

где  $Q$  – тепловая мощность системы горячего водоснабжения, кВт;

$t_{II}$  – температура в точке излома температурного графика (принимаем 60 °С), °С.

$t_o$  – температура обратной воды в летний период (рекомендуется 30 °С).

$$G_{звс}^{ТСлетн} = 0,86 \cdot 145 \cdot \left( \frac{1}{60 - 30} \right) = 4,16 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Определим расход сетевой воды, циркулирующей через теплообменник системы горячего водоснабжения в зимний период, по формуле:

$$G_{звс}^{ТСзим} = 0,86 \cdot Q \left( \frac{1}{T_{п} - T_{о}} \right), \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $Q$  – тепловая мощность системы горячего водоснабжения, кВт;

$T_{п}$ ,  $T_{о}$  – температура воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети.

$$G_{звс}^{ТСзим} = 0,86 \cdot 145 \cdot \left( \frac{1}{120 - 70} \right) = 2,49 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Определим расход нагреваемой воды (расход воды в Т3):

$$G_{звс}^{нагр} = 0,86 \cdot 145 \cdot \left( \frac{1}{55 - 5} \right) = 2,49 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Циркуляционный расход в системе ГВС (расход воды в Т4), согласно исходным данным  $G_{циркул} = 0,124 \text{ л/с} = 0,447 \text{ м}^3 / \text{ч}$

По большему расходу сетевой воды (4,16 м<sup>3</sup>/ч), расходу нагреваемой воды и циркуляционному расходу по таблицам для гидравлического расчета стальных трубопроводов при скорости в пределах 0,6 - 0,9 м/с определим диаметр трубопроводов блока ГВС до теплообменника  $d_y = 40 \text{ мм}$ , Т3 -  $d_y = 32 \text{ мм}$  и Т4 -  $d_y = 15 \text{ мм}$  соответственно.

Принимаем к проектированию блок узла горячего водоснабжения – ТБГВ-1-40/32/15-2Н, представленный на рисунках 7, 8.

#### Блок ввода и учета.

Определим расход сетевой воды, циркулирующей через блок ввода и учета, по формуле:

в зимний период:

$$G_{общ} = G_{звс}^{ТСзим} + G_{от}^{ТС} = 2,49 + 2,06 = 4,55 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

в летний период

$$G_{общ} = G_{звс}^{ТСлетн} = 4,16 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По большему расходу (4,55 м<sup>3</sup>/ч) по таблицам для гидравлического расчета стальных трубопроводов при скорости в пределах 0,6 - 0,9 м/с определим диаметр трубопроводов блока ввода и учета  $d_y = 50 \text{ мм}$

Принимаем к проектированию блок узла ввода и учета – ТБВУ-3-50, представленный на рисунках 1, 2.

## 4.2. Подбор оборудования блока ГВС

1. Выполним подбор теплообменника блока ГВС. К проектированию принимаем пластинчатый теплообменник ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА». Подбор осуществим в онлайн-программе на сайте [4], задаваясь потерями на теплообменнике до 20кПа.

После подбора теплообменника необходимо выполнить поверочный расчет для зимних условий.

Необходимо отметить, что программой для подбора теплообменника можно воспользоваться лишь в том случае, если имеется логин и пароль, выданный администратором ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА». Студенты дневной формы обучения подбирают теплообменник с преподавателем на компьютерах кафедры ТГВ. Студенты заочной формы обучения подбирают теплообменник с преподавателем на компьютерах кафедры ТГВ во время установочной сессии, либо подобрать теплообменник другого производителя.

Результаты подбора теплообменника приведены на рисунке 11. Поверочный расчет и результаты поверочного расчета приведены на рисунке 10.

**ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ**

НАЗНАЧЕНИЕ: ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Модель	ET-006	Число ходов	/2
Диаметр присоединений	муфта DN32 (внешняя резьба)		
Кол-во каналов в одном ходу по нагреваемой стороне	13		

---

Q	145	кВт
Среда	греющая: вода	нагреваемая: вода
t <sub>вх</sub> =	120	5 °C
t <sub>вых</sub> =	70	55 °C
Расчетное давление	16	атм
Толщина пластины	0.5	мм

**Расчет**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА**

Тип теплообменника:	ET-006		
S =	2,7	м <sup>2</sup>	481,19 % запас
G	2,476		2,491 т/ч
K <sub>тп</sub> =	826,2		4801,8 Вт/(м <sup>2</sup> ·K)
Δt <sub>ср</sub> =	65	°C	
ΔP =	0,53		0,61 м. вод. ст.
V <sub>п</sub> =	0,889		0,866 м/с
V <sub>к</sub> =	0,357		0,321 м/с

Рисунок 10 – Поверочный расчет теплообменника на зимние условия

Заказчик	БрГТУ	Дата	26.09.2023
Объект	курсовая работа	№ расчета	1037630

Назначение	ГВС		
Тип теплообменника	ЕТ-006-1037630	Количество	1
Рассчитал	БрГТУ. Пользователь 1		

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

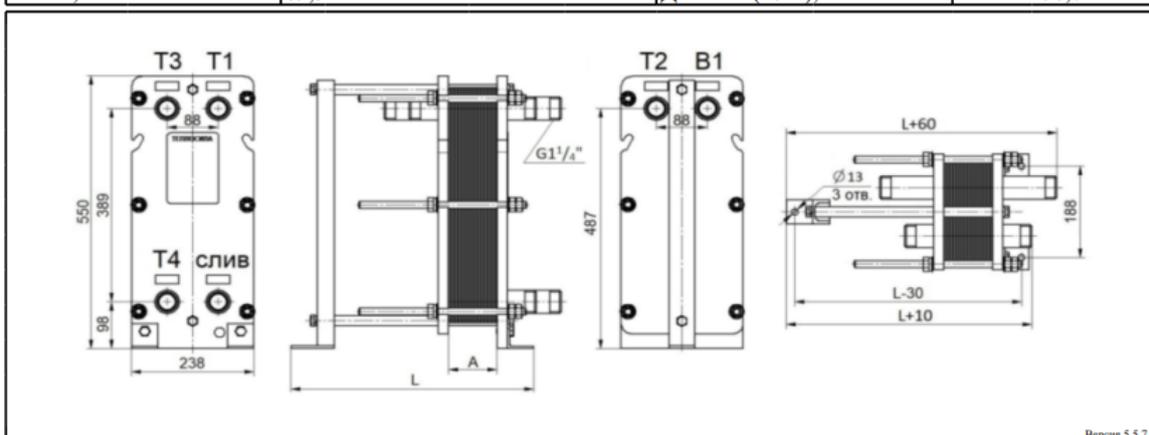
Мощность	кВт	145	
Среда		греющая	нагреваемая
		вода	вода
Расход	т/ч	4,155	2,491
Температура вход	°С	60	5
Температура выход	°С	30	55

**РАСЧЕТ**

Поверхность ТО	м <sup>2</sup>	2,7	
Запас поверхности	%	13,31	
Число пластин	шт	52	
Потери давления	кПа	12,67	6,02
Компоновка каналов		12/13	13/13
Скорость в порту/канале	м/с	1,451 / 0,582	0,866 / 0,321
Пред. фактор загрязнения	(м <sup>2</sup> ·К)/МВт	28	
Коэф. теплопередачи (треб./расчетн.)	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	4330,9 / 4907,3	
Объем жидкости	л	2,45	2,66
Соединения	C-32	Наружная резьба G1¼", сталь 3 (t до 150 °С)	Наружная резьба G1¼", сталь 3 (t до 150 °С)

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ**

Материал пластин	AISI 304 - 0,5 мм	Макс температура, °С	150
Материал прокладок	EPDM	Макс давление, атм	16
Диаметр присоединений	DN32	Длина L, мм	630,0
Масса, кг	89,3	Длина A (±5%), мм	156,0



T1 - вход греющей среды      T3 - выход нагреваемой среды      T4 - циркуляция ГВС  
 T2 - выход греющей среды      B1 - вход нагреваемой среды

**Рисунок 11 – Результаты подбора теплообменника**

2. Подбираем **двухходовой клапан регулятора температуры** для системы горячего водоснабжения по методике ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА», приведенной в каталоге оборудования [5], расположенном на сайте [4].

двухходового клапана по формуле:

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{летн}}}{V}}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $V$  – скорость воды в выходном сечении регулирующей арматуры, м/с (3 м/с для ИТП многоквартирных домов)

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{4,16}{3}} = 22,1 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр двухходового клапана 25мм.

Рассчитаем максимальную пропускную способность  $K_{vs}$ .

$$K_{vs} = k_{\text{зан}} \cdot \left( \frac{G_{\text{летн}}}{\sqrt{\Delta P_m}} \right), \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $\Delta P_m$  – потери давления в теплообменнике блока ГВС по греющей части (рисунок 10), бар;

$k_{\text{зан}}$  – коэффициент запаса (по рекомендациям «ТЕПЛОСИЛА» для двухходовых клапанов равен 1).

$$K_{vs} = 1 \cdot \left( \frac{4,16}{\sqrt{0,1267}} \right) = 11,7 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

По каталогу «ТЕПЛОСИЛА» подбираем двухходовой клапан по ближайшему меньшему значению  $K_{vs}$  для диаметра 25мм – 10м<sup>3</sup>/ч.

Рассчитаем фактические потери давления на полностью открытом клапане:

$$\Delta P_{\phi} = \left( \frac{G_{\text{летн}}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{4,16}{10} \right)^2 = 0,173 \text{ бар}$$

Составляем марку клапана (см. каталог «ТЕПЛОСИЛА») – TRV-25-10-101.

3. Подберем счетчик воды, установленный на трубопроводе холодной воды до теплообменника. Диаметр условного прохода счетчика воды следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды за сутки, который не должен превышать эксплуатационный или номинальный расход, принимаемый по паспортным данным изготовителей. Потери напора в счетчиках при максимальном часовом расходе горячей воды следует определять по паспортным данным или графикам изготовителя.

При расходе воды 2,49м<sup>3</sup>/ч принимаем ультразвуковой счетчик «Струмень ТС-07-К7» диаметром 20мм номинальным расходом 2,5м<sup>3</sup>/ч, потери по графику изготовителя составляют 150мбар=1,5м

#### 4. Подбор повысительного насоса системы горячего водоснабжения

Определим требуемый напор, м, для внутреннего горячего водопровода по формуле:

$$H_{TP} = H_{Г} + h_m + h_{сч}^{общ} + \Delta P_{\text{фильтр}} + \Delta P_{\text{обр.кл}} + h_{сч}^{кв} + \sum h + H_{св} \quad (9.1)$$

где  $H_{Г}$  – геометрическая высота подъема воды, определяемая как разность отметок высшей точки, на которую поднимается вода в подающем стояке при водоразборе и ввода холодного водопровода, м;

$H_{св}$  – свободный напор у диктующего водоразборного устройства, м, определяемый по приложению А [3]:  $H_{св}=3\text{м}$  – для смесителей ванн,  $H_{св}=2\text{м}$  – для смесителей моек и умывальников;

$h_m$  – потери напора в теплообменнике по нагреваемой части, м;

$h_{сч}^{общ}$  и  $h_{сч}^{кв}$  – потери напора в счетчике воды общедомовом и квартирном соответственно, м;

$\sum h$  – потери напора в трубопроводах системы ГВС, м;

$\Delta P_{\text{фильтр}}$  – потери напора в фильтре, м;

$\Delta P_{\text{обр.кл}}$  – потери напора в обратном клапане, м.

Полученную величину требуемого напора необходимо сравнить с величиной гарантийного напора  $H_{\text{гар}}$ .

При  $H_{\text{тр}} < H_{\text{гар}}$  требуется только циркуляционный насос.

При  $H_{\text{тр}} > H_{\text{гар}}$  требуется повысительный и циркуляционный насос.

Принимаем фильтр Гран-Система и обратный клапан Герц диаметром 32мм (по диаметру условного прохода трубопровода В1 в тепловом пункте).

Потери напора в фильтре и обратном клапане:

$$\Delta P_{\text{фильтр}} = \left( \frac{2,49}{26,2} \right)^2 = 0,009\text{бар} = 0,09\text{м}$$

$$\Delta P_{\text{обр.кл}} = \left( \frac{2,49}{47,5} \right)^2 = 0,003\text{бар} = 0,03\text{м}$$

При расходе воды через квартирный водомер 0,237л/с=0,85м<sup>3</sup>/ч принимаем крыльчатый счетчик «js 90-1.5» диаметром 15мм номинальным расходом 1,5м<sup>3</sup>/ч, потери по графику изготовителя (приложение 5) составляют 8кПа=0,8м.

Требуемый напор для внутреннего горячего водопровода:

$$H_{TP} = 16 + 0,6 + 1,5 + 0,09 + 0,03 + 0,8 + 6,13 + 3 = 28,15\text{м}$$

Полученную величину требуемого напора необходимо сравнить с величиной гарантийного напора  $H_{гар}$ . В нашем случае  $H_{тр} > H_{гар}$  т.е.  $28,15 м > 22 м$ . Результаты расчета не удовлетворительные – требуется повысительный насос.

Для подбора повысительного и циркуляционного насосов воспользуемся онлайн-программой [7] Wilo-Select <https://www.wilo-select.com/Region.aspx> (указать страну – Belarus во вкладке, после загрузки программы выбрать вкладку гидравлический выбор).

Подбор повысительного насоса осуществляем по расчетной подаче, равной расходу воды в системе  $2,49 м^3 / ч$ , и напору  $28,15 - 22 = 6,15 м$ . Пример ввода данных для подбора повысительного насоса системы водоснабжения представлен на рисунке 12.

The screenshot shows the Wilo-Select web application interface. At the top, there is a navigation bar with the Wilo logo, a button to start a new selection, and dropdown menus for language and settings. Below the navigation bar, the main content area is divided into several sections:

- Области применения (Application Areas):** A tree view showing categories like Heating, Hot Water Supply, Cooling, etc. The 'Water supply and pressure increase' category is selected.
- Серии (Series):** A list of pump series with checkboxes. Selected series include Comfort-Vario COR-1 MHE...-GE, Comfort-Vario COR-1 MVIE...-GE, Comfort-Vario COR/T-1 Helix VE...-GE, SiBoost Smart 1 Helix VE, and SiBoost Smart 1 MVISE.
- Вводимые данные (Input Data):** A form for entering system parameters. The 'Calculation point' is set to 'A1'. The flow rate is 2.49 m³/h and the head is 6.15 m. The liquid is set to 'Water' with a temperature of 10 °C.
- Фильтр (Filter):** A section for filtering results by drive type (50 Hz) and number of poles (Any).

**Рисунок 12 – Ввод данных для подбора повысительного насоса**

Подбираем повысительный насос марки SiBoost Smart 1 Helix VE 602. Лист данных с характеристиками насоса представлен на рисунке 13.

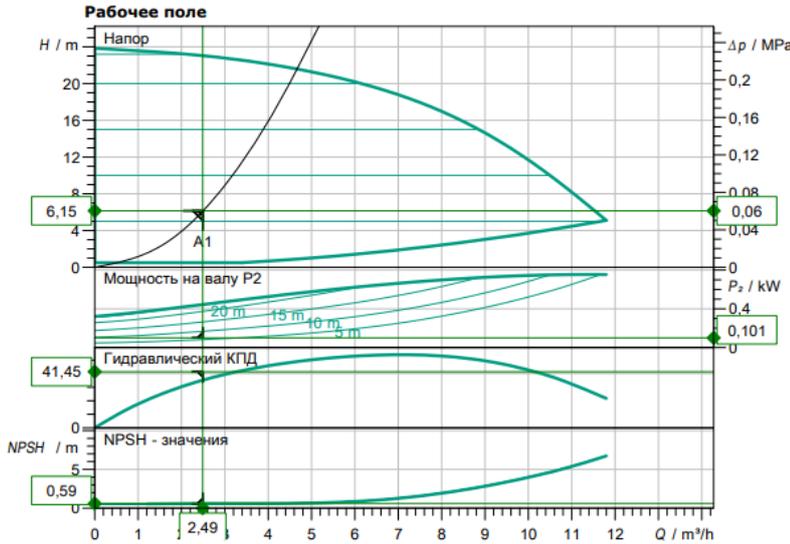
## Технические данные

### Однонасосная установка SiBoost Smart 1 Helix VE 602

Имя проекта Проект без имени 2023-09-26 16:06:55.178

Номер проекта  
Место установки  
Номер позиции клиента

Дата 26.09.23



#### Задать рабочие параметры

Производительность 2,49 m<sup>3</sup>/h  
Напор 6,15 m  
Перекачиваемая жидкость Вода 100 %  
Т перекач. жидкости 10,00 °C  
Плотность 999,60 kg/m<sup>3</sup>  
Кинематич. вязкость 1,30 mm<sup>2</sup>/s

#### Гидравлические данные (Рабочая точка)

Производительность 2,49 m<sup>3</sup>/h  
Напор 6,15 m  
Мощность на валу P2 0,10 kW

#### Данные продукта

Однонасосная установка  
SiBoost Smart 1 Helix VE 602  
Управление с ЧП  
Число насосов 1  
Мак. рабочее давление 1,6 MPa  
Входное давление макс. 6 bar  
Т перекач. жидкости 3 °C ... + 70 °C  
Макс. температура окр. Среды 50 °C  
Класс защиты электродвигателя IP55  
Класс защиты прибора упр. IP55  
Мембранный напорный бак yes  
Защита от сухого хода yes

#### Данные мотора

Класс эффективности мотора IE4  
Подключение к сети 3~ 400 V / 50 Hz  
Допустимый перепад напряж. макс. частотой вращения; 400/50: +/-10%, 380/60 3500 1/min  
Ном. Мощность P2 0,75 kW  
Номинальный ток 1,80 A

#### КПД

50% / 75% / 100% 82,5/82,5/82,5%

Класс нагревостойкости изоляции F

Защита электродвигателя yes

#### Присоединительные размеры

Патрубок на стороне всас. Rp 1¼, PN 10

Патрубок на напорн. стороне DNd R 1¼, PN 16

#### Материалы

Корпус насоса 1.4301

Рабочее колесо 1.4307

Вал 1.4301

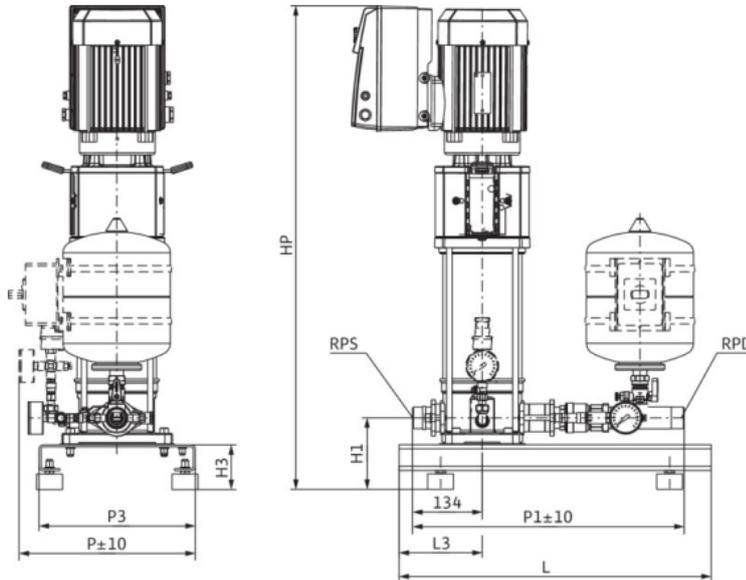
Уплотнение вала Q1BE3GG

Материал уплотнения EPDM

Материал системы трубопроводов 1.4307

#### Данные для заказа

Вес, прим. 52 kg  
Номер позиции 2450178



Размеры		mm			
H	730	L3	160	DNs	Rp 1¼, PN 10
H1	140	P	340	DNd	R 1¼, PN 16
HP	730	P1	470		
H3	90	P3	300		
L	600	P4	0		

Рисунок 13 – Лист данных с характеристиками насоса

5. Подбор циркуляционного насоса осуществляется по расчетной подаче, равной циркуляционному расходу воды в системе  $0,124 \text{ л/с} = 0,45 \text{ м}^3/\text{ч}$ , и напору, м, определяемому по формуле:

$$H = h_m + h^{cir} + \Delta P_{\text{фильтр}} + \Delta P_{\text{обр.кл.}}$$

Выполним подбор фильтра, расположенного в узле отопления. Подбираем фильтр НП ООО «Гран-Система-С» (приложение 1) фланцевый по диаметру трубопровода  $D_f=15 \text{ мм}$  с  $K_{vs}=5,76 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Найдем перепад давления на фильтре по формуле:

$$\Delta P_{\text{фильтр}} = \left( \frac{G_{\text{циркул}}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{0,45}{5,76} \right)^2 = 0,006 \text{ бар} = 0,06 \text{ м}.$$

Подбираем обратный клапан латунный пружинный муфтовый производства компании «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия) диаметром 15мм (по диаметру трубопровода переемычки) и пропускной способностью  $K_{vs}=10,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  (приложение 4).

Потери давления на клапане составляют:

$$\Delta P_{\text{обр.кл.}} = \left( \frac{G_{\text{циркул}}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{0,45}{10,5} \right)^2 = 0,002 \text{ бар} = 0,02 \text{ м}.$$

$$H = 0,6 + 2,79 + 0,06 + 0,02 = 3,47 \text{ м}$$

wilo

> Запустить новый выбор | Выбрать язык | Настройки | Памятка (0)

Выбор насоса с собственными заданными параметрами: область применения и перекачиваемая среда

Рисунок 14 – Ввод данных для подбора циркуляционного насоса системы ГВС

Подбираем циркуляционный насос Yonos PICO –Z 25/0.5-6 130. Лист данных с характеристиками насоса представлен на рисунке 15.

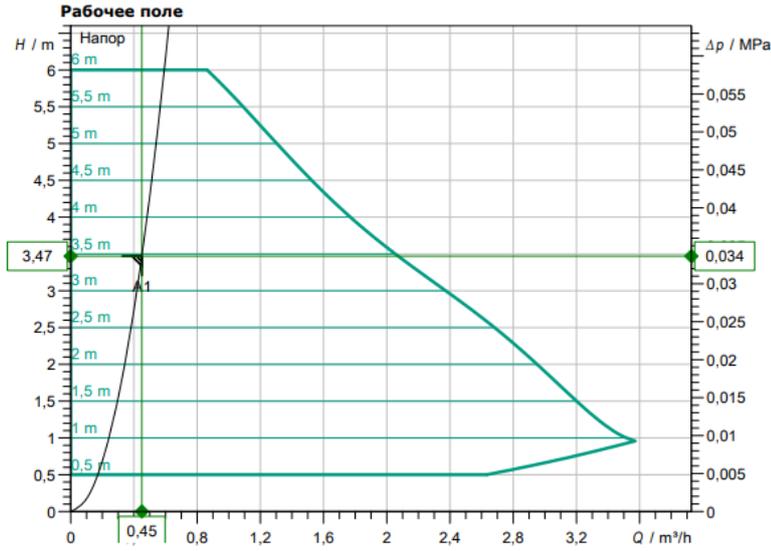
## Технические данные

### Насос с мокрым ротором высокоэффективный станц Yonos PICO-Z 25/0,5-6 130

Имя проекта Проект без имени 2023-09-26 16:06:55.178

Номер проекта  
Место установки  
Номер позиции клиента

Дата 26.09.23



#### Задать рабочие параметры

Производительность	0,45 m <sup>3</sup> /h
Напор	3,47 m
Перекачиваемая жидкость	Вода 100 %
T перекач. жидкости	50,00 °C
Плотность	988,10 kg/m <sup>3</sup>
Кинематич. вязкость	0,55 mm <sup>2</sup> /s

#### Гидравлические данные (Рабочая точка)

Производительность	0,45 m <sup>3</sup> /h
Напор	3,47 m
Потребл. мощность P1	0,02 kW

#### Данные продукта

Насос с мокрым ротором высокоэффективный стандартный	
Yonos PICO-Z 25/0,5-6 130	
Режим работы	др-с
Мак. рабочее давление	1 MPa
T перекач. жидкости	2 °C ... + 95 °C
Макс. Температура окр. Среды	40 °C
Минимальный подпор при	50 / 95 / 110 °C
	/ /

#### Данные мотора

Тип электродвигателя	ECM
Индекс энергоэффкт. (EEI)	
Подключение к сети	1~ 230 V / 50 Hz
Допустимый перепад напряж. макс. частотой вращения;	+ -10 %
Потребл. мощность P1	0,04 kW
Потребление тока	0,44 A
Степень защиты	IPX4D
Класс нагревостойкости изоляции	F
Защита электродвигателя	интегрировано
Электромагн. совместимость	EN 61800-3
Emitted interference	EN 61000-6-3
Interference resistance	EN 61000-6-2
Резьбовой ввод для кабеля	

#### Присоединительные размеры

Патрубок на стороне всас.	G 1½, PN 10
Патрубок на напорн. стороне DNd	G 1½, PN 10
Габаритная длина	130 mm

#### Материалы

Корпус насоса	1.4409
Рабочее колесо	PPO-GF30
Вал	Оксидная керамика
Материал подшипника	угольный графит

#### Данные для заказа

Вес, прим.	1,5 kg
Номер позиции	4255416

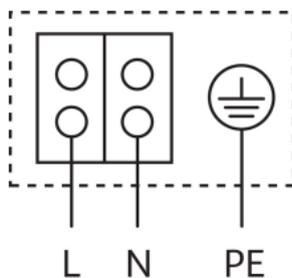
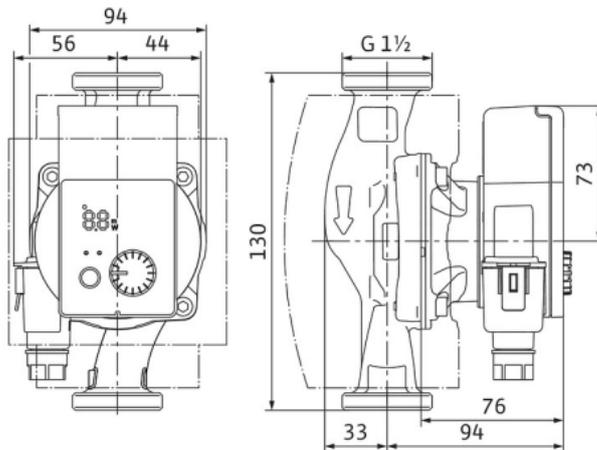


Рисунок 15 – Лист данных с характеристиками насоса

### 4.3. Подбор оборудования блока отопления

#### 4.3.1. Вариант 1 – Зависимая схема присоединения

1. Подбираем **двухходовой клапан регулятора температуры** (погодозависимой автоматики) для системы отопления.

Определим диаметр условного прохода двухходового клапана по формуле:

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{G_{om}^{TC}}{V}}, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $V$  – скорость воды в выходном сечении регулирующей арматуры, м/с (3 м/с для ИТП многоквартирных домов)

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{2,06}{3}} = 15,6 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр двухходового клапана (ближайший больший) 20мм.

Рассчитаем максимальную пропускную способность  $K_{vs}$ .

$$K_{vs} = k_{зан} \cdot \left( \frac{G_{om}}{\sqrt{\Delta P_{cво}}} \right), \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $\Delta P_{cво}$  – потери давления в системе отопления, бар;

$k_{зан}$  – коэффициент запаса (по рекомендациям «ТЕПЛОСИЛА» для двухходовых клапанов равен 1).

$$K_{vs} = 1 \cdot \left( \frac{2,06}{\sqrt{0,3}} \right) = 3,76 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По каталогу «ТЕПЛОСИЛА» подбираем двухходовой клапан по ближайшему меньшему значению  $K_{vs}$  для диаметра 20мм – 2,5м<sup>3</sup>/ч.

Рассчитаем фактические потери давления на полностью открытом клапане:

$$\Delta P_{\phi} = \left( \frac{G_{om}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{2,06}{2,5} \right)^2 = 0,68 \text{ бар}.$$

Составляем марку клапана (см. каталог «ТЕПЛОСИЛА») – TRV-20-2.5-101R.

2. Подбираем **смесительный насос**. Методика подбора смесительного насоса на переемычке приведена в п.3.4.1[6]. Насос подбирается по расходу и давлению.

Расчетный расход насоса:  $G_n = G_{om} - G_{om}^{TC} = 5,16 - 2,06 = 3,1 \text{ м}^3 / \text{ч}$ . По таблицам для гидравлического расчета стальных трубопроводов определим диаметр трубопровода на переемычке –  $d_y = 32 \text{ мм}$ .

Расчетное давление насоса определяем по формуле:

$$P_n = \Delta P_{cво} + \Delta P_{обр.кл.} + \Delta P_{фильтр}, \text{ бар},$$

где  $\Delta P_{обр.кл.}$  – потери давления в обратном клапане, установленном перед насосом, бар

$\Delta P_{фильтр}$  -потери давления на фильтре, расположенном в узле отопления, бар.

Выполним подбор фильтра, расположенного в узле отопления. Подбираем фильтр НП ООО «Гран-Система-С» (приложение 1) фланцевый по диаметру трубопровода  $D_y=50$  мм с  $K_{vs}=64$  м<sup>3</sup>/ч.

Найдем перепад давления на фильтре по формуле:

$$\Delta P_{фильтр} = \left( \frac{G_{om}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{5,16}{64} \right)^2 = 0,007 бар .$$

Подбираем обратный клапан латунный пружинный муфтовый производства компании «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия) диаметром 32мм (по диаметру трубопровода перемычки) и пропускной способностью  $K_{vs}=47,5$  м<sup>3</sup>/ч (приложение 4).

Потери давления на клапане составляют:

$$\Delta P_{обр.кл.} = \left( \frac{G_n}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{3,1}{47,5} \right)^2 = 0,004 бар .$$

Расчетное давление насоса:

$$P_n = 0,3 + 0,007 + 0,004 = 0,311 бар = 3,11 м$$

Подберем насос немецкого концерна WILLO. Ввод данных показан на рисунке 16.

Рисунок 16 – Ввод данных для подбора циркуляционного насоса

Подбираем насос Stratos MAXO-D 32/0,5-8 PN6/10-R7. Лист данных с характеристиками насоса представлен на рисунке 17.

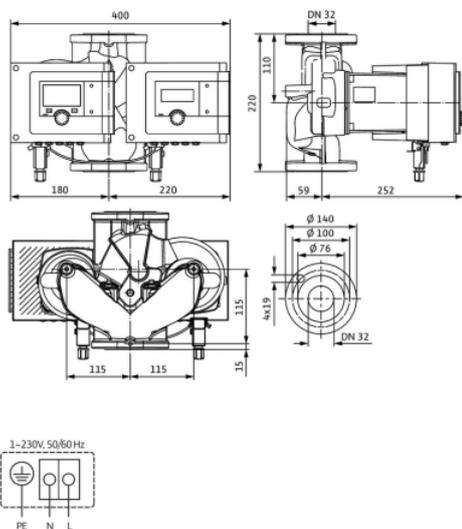
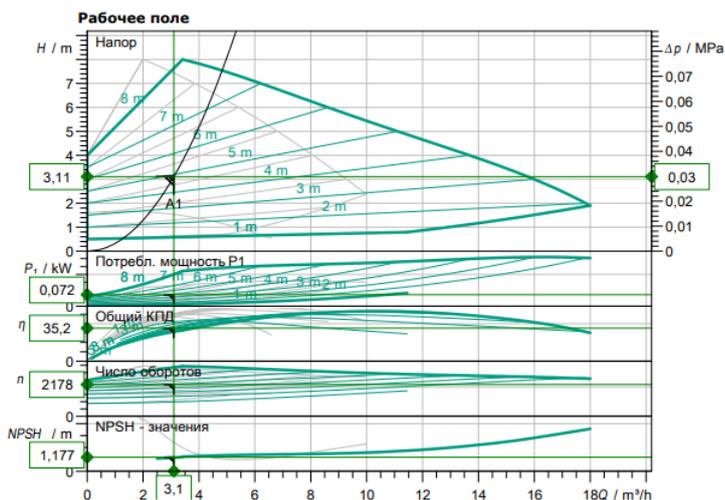
## Технические данные

Умный насос с мокрым ротором сдвоенный класса I  
Stratos MAXO-D 32/0,5-8 PN6/10

Имя проекта Проект без имени 2023-09-25 08:47:28.523

Номер проекта  
Место установки  
Номер позиции клиента

Дата 25.09.23



### Задать рабочие параметры

Производительность	3,10 m³/h
Напор	3,11 m
Перекачиваемая жидкость	Вода 100 %
T перекач. жидкости	70,00 °C
Плотность	977,70 kg/m³
Кинематич. вязкость	0,41 mm²/s

### Гидравлические данные (Рабочая точка)

Производительность	3,10 m³/h
Напор	3,11 m
Потребл. мощность P1	0,07 kW

### Данные продукта

Умный насос с мокрым ротором сдвоенный класса премиум  
Stratos MAXO-D 32/0,5-8 PN6/10-R7

Режим работы	dp-v ADD
Мак. рабочее давление	1 MPa
T перекач. жидкости	-10 °C ... +90 °C
Макс. Температура окр. Среды	40 °C
Минимальный подпор при	50 / 95 / 110°C
	3 / 10 / 16

### Данные мотора

Тип электродвигателя	ECM
Индекс энергоэффект. (EEI)	
Подключение к сети	1~ 230 V / 50 Hz
Допустимый перепад напряж.	+ -10 %
макс. частотой вращения;	
Потребл. мощность P1	0,16 kW
Потребление тока	1,1 A
Степень защиты	IPX4D
Класс нагревостойкости изоляции	F
Защита электродвигателя	Внутренняя защита от п
Электромагн. совместимость	
Emitted interference	EN 61800-3;2004+A1;2I
Interference resistance	EN 61800-3;2004+A1;2I
Резьбовой ввод для кабеля	

### Присоединительные размеры

Патрубок на стороне всас.	DN 32, PN 6/10
Патрубок на напорн. стороне DNd	DN 32, PN 6/10
Габаритная длина	220 mm

### Материалы

Корпус насоса	5.1301/EN-GJL-250
Рабочее колесо	PPS-GF40
Вал	Нержавеющая сталь
Материал подшипников	Угольный графит

### Данные для заказа

Вес, прим.	20,4 kg
Номер позиции	2217973

Рисунок 17 – Лист данных с характеристиками насоса

В случае применения смесительно-циркуляционного насоса подбор осуществляется на аналогичные расчетные параметры давления и расход равный расходу теплоносителя в системе отопления.

### 4.3.2. Вариант 2 – Независимая схема присоединения

1. Выполним подбор теплообменника блока отопления. К проектированию принимаем пластинчатый теплообменник ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА». Подбор осуществим в онлайн-программе на сайте [4], задаваясь потерями на теплообменнике до 20кПа.



ООО "Завод Теплосила"  
Республика Беларусь, 220090,  
г. Минск, Логойский тракт, 22А, корп.2, офис 702  
Тел./факс: +375 17 396 89 16 (18)  
А1: +375 29 187 25 27  
МТС: +375 33 697 25 27  
teplo@teplo-sila.by | www.teplo-sila.com

Заказчик	БрГТУ	Дата	25.09.2023
Объект	курсовая работа	№ расчета	1037596
Назначение	ОТОПЛЕНИЕ		
Тип теплообменника	ЕТ-010-1037596	Количество	1
Рассчитал	БрГТУ. Пользователь 1		

#### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

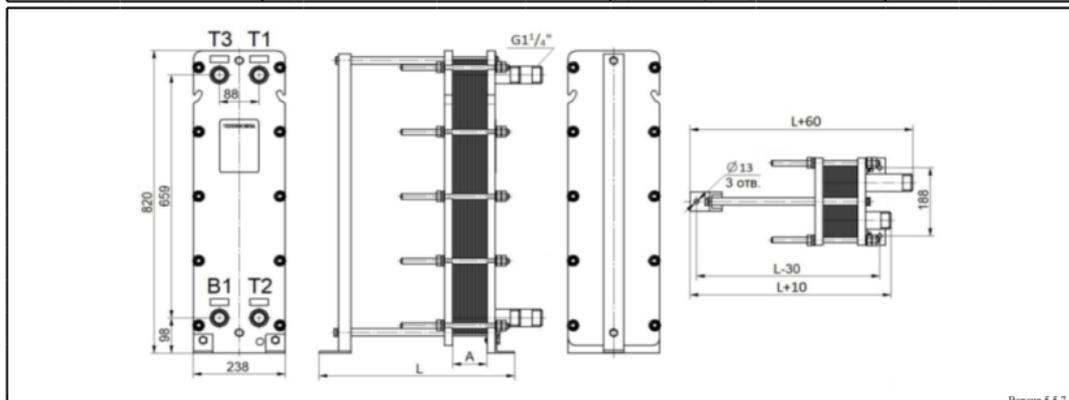
Мощность	кВт	120	
Среда		греющая	нагреваемая
		вода	вода
Расход	т/ч	2,049	4,891
Температура вход	°С	120	69
Температура выход	°С	70	90

#### РАСЧЕТ

Поверхность ТО	м <sup>2</sup>	2,42	
Запас поверхности	%	13,62	
Число пластин	шт	26	
Потери давления	кПа	2,56	14,07
Компоновка каналов		12	13
Скорость в порту/канале	м/с	0,736 / 0,295	1,738 / 0,644
Пред. фактор загрязнения	(м <sup>2</sup> ·К)/МВт	20,8	
Коэф. теплопередачи (треб./расчетн.)	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	5833,7 / 6628,2	
Объем жидкости	л	2,25	2,44
Соединения	C-32	Наружная резьба G1½", сталь 3 (t до 150 °С)	Наружная резьба G1½", сталь 3 (t до 150 °С)

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Материал пластин	AISI 304 - 0,5 мм	Макс температура, °С	150
Материал прокладок	EPDM	Макс давление, атм	16
Диаметр присоединений	DN32	Длина L, мм	380,0
Масса, кг	84,0	Длина A (±5%), мм	79,3



T1 - вход греющей среды      T3 - выход нагреваемой среды  
T2 - выход греющей среды      B1 - вход нагреваемой среды

**Рисунок 18 – Результаты подбора теплообменника**

2. Подбираем **двухходовой клапан регулятора температуры** (погодозависимой автоматики) для системы отопления.

Определим диаметр условного прохода двухходового клапана по формуле:

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{G_{от}^{TC}}{V}}, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $V$  – скорость воды в выходном сечении регулирующей арматуры, м/с (3 м/с для ИТП многоквартирных домов)

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{2,06}{3}} = 15,6 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр двухходового клапана (ближайший больший) 20мм.

Рассчитаем максимальную пропускную способность  $K_{vs}$ .

$$K_{vs} = k_{зан} \cdot \left( \frac{G_{от}}{\sqrt{\Delta P_{теплообм}}} \right), \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $\Delta P_{теплообм}$  – потери давления в теплообменнике по греющей части, бар;

$k_{зан}$  – коэффициент запаса (по рекомендациям «ТЕПЛОСИЛА» для двухходовых клапанов равен 1).

$$K_{vs} = 1 \cdot \left( \frac{2,06}{\sqrt{0,0256}} \right) = 12,9 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По каталогу «ТЕПЛОСИЛА» подбираем двухходовой клапан по ближайшему меньшему значению  $K_{vs}$  для диаметра 20мм – 6,3м<sup>3</sup>/ч.

Рассчитаем фактические потери давления на полностью открытом клапане:

$$\Delta P_{\phi} = \left( \frac{G_{от}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{2,06}{6,3} \right)^2 = 0,11 \text{ бар}.$$

Составляем марку клапана (см. каталог «ТЕПЛОСИЛА») – TRV-20-6.3-101.

### 3. Подбор расширительного бака.

Требуемый объем расширительного бака определяется по формуле:

$$V_{бака} = \frac{V_{СВО} \cdot \eta_{расшир} \cdot 1,25}{1 - \frac{P_{г}}{P_{пр.кл}}}, \text{ л}$$

где  $V_{СВО}$  – объем теплоносителя в системе отопления, л (определяется из расчета 10 л на 1кВт тепловой мощности системы отопления);

$\eta_{расшир}$  – коэффициент температурного расширения;

Повышение температуры, °С	10-45	10-50	10-55	10-60	10-70	10-80	10-90	10-100
Коэффициент температурного расширения	0,0096	0,0118	0,0142	0,0168	0,0225	0,0289	0,0358	0,0434

$P_{пр.кл}$  – значение давления срабатывания предохранительного клапана, бар (для зданий этажностью до 15 этажей  $P_{пр.кл} = 6 \text{ бар}$ );

$P_r$  – расчетная величина гидростатического давления в точке подключения расширительного бака, бар.

$$V_{бака} = \frac{1200 \cdot 0,0358 \cdot 1,25}{1 - \frac{1,5}{6}} = 72 \text{ л}$$

Подбираем расширительный бак фирмы “Flamco” Flexcon R 80 (приложение 6)

#### 4. Подбираем циркуляционный насос.

Насос подбирается по расходу и давлению.

Расчетный расход насоса:  $G_n = G_{от} = 5,16 \text{ м}^3/\text{ч}$

Расчетное давление насоса определяем по формуле:

$$P_n = \Delta P_{СВО} + \Delta P_{теплообм} + \Delta P_{обр.кл.} + \Delta P_{фильтр}, \text{ бар},$$

где  $\Delta P_{теплообм}$  – потери давления в теплообменнике по нагреваемой части, бар;

$\Delta P_{обр.кл.}$  – потери давления в обратном клапане, установленном перед насосом, бар;

$\Delta P_{фильтр}$  – потери давления на фильтре, расположенном в узле отопления, бар.

Выполним подбор фильтра, расположенного в узле отопления. Подбираем фильтр НП ООО «Гран-Система-С» (приложение 1) фланцевый по диаметру трубопровода  $D_y = 50 \text{ мм}$  с  $K_{vs} = 64 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Найдем перепад давления на фильтре по формуле:

$$\Delta P_{фильтр} = \left( \frac{G_{от}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{5,16}{64} \right)^2 = 0,007 \text{ бар}.$$

Подбираем обратный клапан латунный пружинный муфтовый производства компании «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия) диаметром 50мм (по диаметру трубопровода) и пропускной способностью  $K_{vs} = 117 \text{ м}^3/\text{ч}$  (приложение 4).

Потери давления на клапане составляют:

$$\Delta P_{обр.кл.} = \left( \frac{G_{от}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{5,16}{117} \right)^2 = 0,002 \text{ бар}.$$

Расчетное давление насоса:

$$P_n = 0,3 + 0,14 + 0,007 + 0,002 = 0,449 \text{ бар}$$

Подберем насос немецкого концерна WILLO. Ввод данных аналогичен вводу данных для зависимой схемы присоединения системы водяного отопления (рисунок  $0,449 \text{ бар} = 4,49 \text{ м}$

Подбираем насос Stratos MAXO- 50/0,5-10 PN6/10. Лист данных с характеристиками насоса представлен на рисунке 19.

**wilo**

Ответственный  
E-Mail  
Телефон

**Клиент**

Ответственный  
E-Mail  
Телефон

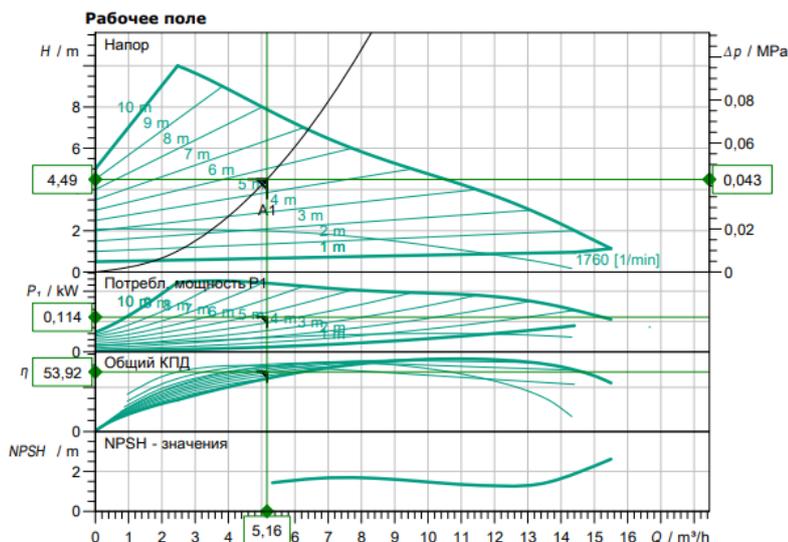
**Технические данные**

Умный насос с мокрым ротором класса премиум  
Stratos MAXO 50/0,5-10 PN6/10

Имя проекта Проект без имени 2023-09-25 08:47:28.523

Номер проекта  
Место установки  
Номер позиции клиента

Дата 25.09.23



**Задать рабочие параметры**

Производительность 5,16 m<sup>3</sup>/h  
Напор 4,49 m  
Перекачиваемая жидкость Вода 100 %  
Т перекач. жидкости 70,00 °C  
Плотность 977,70 kg/m<sup>3</sup>  
Кинематич. вязкость 0,41 mm<sup>2</sup>/s

**Гидравлические данные (Рабочая точка)**

Производительность 5,16 m<sup>3</sup>/h  
Напор 4,49 m  
Потребл. мощность P1 0,11 kW

**Данные продукта**

Умный насос с мокрым ротором класса премиум  
Stratos MAXO 50/0,5-10 PN6/10  
Режим работы dp-v  
Мак. рабочее давление 1 MPa  
Т перекач. жидкости -10 °C ... +110 °C  
Макс. Температура окр. Среды 40 °C

**Данные мотора**

Тип электродвигателя ECM  
Индекс энергоэффект. (EEI) ≤ 0.18  
Подключение к сети 1~ 230 V / 50 Hz  
Допустимый перепад напряж. + -10 %  
макс. частотой вращения; 3950  
Потребляемая мощность P1(max) 0,24 kW  
Потребление тока 1,05 A  
Степень защиты IPX4D  
Класс нагревостойкости изоляции F  
Emitted interference EN 61800-3;2004+A1;20  
Interference resistance EN 61800-3;2004+A1;20  
Резьбовой ввод для кабеля

**Присоединительные размеры**

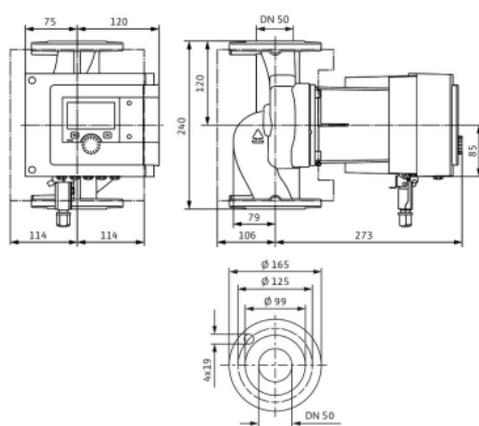
Патрубок на стороне всас. DN 50, PN 6/10  
Патрубок на напорн. стороне DNd DN 50, PN 6/10  
Габаритная длина 240 mm

**Материалы**

Корпус насоса 5.1301/EN-GJL-250  
Рабочее колесо PPS-GF40  
Вал 1.4122, с покрытием DLC  
Материал подшипников графит, пропитанный сурьмой

**Данные для заказа**

Вес, прим. 13,8 kg  
Номер позиции 2222242



**Рисунок 19 – Лист данных с характеристиками насоса**

При подборе подпиточного насоса в независимой схеме отопления, расчетный расход определяется из условия заполнения 20% объема воды в системе отопления за час, а расчетное давление определяется из условия поддержания статического давления в системе отопления не ниже 0,05 МПа с учетом давления в обратной магистрали тепловой сети. [1]

#### 4.4. Подбор оборудования блока ввода и учета

1. Выполним подбор фильтра, расположенного в узле ввода. Подбираем фильтр производства НП ООО «Гран-Система-С» фланцевый по диаметру трубопровода  $D_y=50$  мм с  $K_{vs}=64$  м<sup>3</sup>/ч.

Найдем перепад давления на фильтре по формуле:

$$\Delta P_{\text{фильтр}} = \left( \frac{G_{\text{общ}}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{4,55}{64} \right)^2 = 0,005 \text{ бар}$$

2. Выполним подбор теплосчетчика, расположенного в узле ввода. Принимаем к проектированию теплосчётчик ультразвуковой производства НП ООО «Гран-Система-С» марки «Струмень ТС-07-К7». По расходу теплоносителя  $G_{\text{общ}} = 4,55$  м<sup>3</sup>/ч принимаем по данным производителя (приложение 2) диаметр расходомера теплосчётчика равным 25 мм, номинальный расход расходомера  $q_p=3,5$  м<sup>3</sup>/ч, максимальный расход расходомера  $q_s=7$  м<sup>3</sup>/ч. Перепад давления при  $G_{\text{общ}} = 4,55$  м<sup>3</sup>/ч по данным производителя (приложение 3) составляет  $\Delta P_{\text{сч}} = 100$  мбар = 0,1 бар.

3. Подбираем регулятор перепада давления узла ввода и учета.

Определим расчетные потери давления:

$$\Delta P_{\text{РПД}} = \Delta P_p - \Delta P_{\text{пу}} - \Delta P_{\text{дон}}, \text{ бар},$$

где  $\Delta P_p$  – располагаемый перепад давления на вводе (разность давлений в подающем и обратном трубопроводах теплосети на вводе в тепловой пункт – 0,6-0,35 МПа = 0,25 МПа = 2,5 бар), бар;

$\Delta P_{\text{пу}}$  – перепад давления, поддерживаемый двухходовым клапаном на регулируемом участке, бар.

Регулирование теплоносителя через клапан зависит как от его пропускной способности, так и от участка системы, на котором клапан вызывает изменение давления теплоносителя. Этот участок называют регулируемым. Он включает трубопроводы с установленными приборами и оборудованием. Например, в системе отопления таким участком является либо вся система, либо ее часть, в которой автоматически поддерживается постоянный перепад давления.

Перепад давления, поддерживаемый двухходовым клапаном на регулируемом участке  $\Delta P_{\text{пу}}$ , определяется по формуле:

$$\Delta P_{\text{пу}} = \frac{\Delta P_{\phi}}{k_{\text{зан}2}} + \Delta P_{\text{пу}1}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $\Delta P_{\text{пу}1}$  – потери давления в арматуре и оборудовании на регулируемом участке, бар;

$k_{зан2}$  – коэффициент запаса (по рекомендациям «ТЕПЛОСИЛА» равен 0,7);

$\Delta P_{дон}$  – потери давления в арматуре и оборудовании вне регулируемого участка (в данном примере это потери на фильтре и теплосчетчике, расположенных в узле ввода), бар.

Перепад давления, поддерживаемый двухходовым клапаном блока отопления на регулируемом участке  $\Delta P_{py}^{om}$

вариант 1- зависимая схема присоединения системы отопления:

$$\Delta P_{py}^{om} = \frac{\Delta P_{\phi}}{k_{зан2}} + \Delta P_{py1} = \frac{\Delta P_{\phi}}{k_{зан2}} + \Delta P_{\text{фильтр}} + \Delta P_{\text{сво}} = \frac{0,68}{0,7} + 0,007 + 0,3 = 1,28 \text{ бар}$$

вариант 2- независимая схема присоединения системы отопления:

$$\Delta P_{py}^{om} = \frac{\Delta P_{\phi}}{k_{зан2}} + \Delta P_{py1} = \frac{\Delta P_{\phi}}{k_{зан2}} + \Delta P_{\text{теплообм}} = \frac{0,11}{0,7} + 0,0256 = 0,183 \text{ бар}$$

Перепад давления, поддерживаемый двухходовым клапаном блока горячего водоснабжения на регулируемом участке  $\Delta P_{py}^{zbc}$ :

$$\Delta P_{py}^{zbc} = \frac{\Delta P_{\phi}}{k_{зан2}} + \Delta P_{py1} = \frac{\Delta P_{\phi}}{k_{зан2}} + \Delta P_{\text{теплообм}} = \frac{0,173}{0,7} + 0,1267 = 0,374 \text{ бар}$$

Подбор регулятора перепада давления ведем, учитывая сопротивления:

вариант 1- зависимая схема присоединения системы отопления – блока отопления, так как  $1,28 > 0,374$  бар.

вариант 2- независимая схема присоединения системы отопления – блока ГВС, так как  $0,183 < 0,374$  бар.

*Для того, чтобы правильно увязать контуры систем теплопотребления между собой, необходимо, чтобы перепады давлений этих контуров были равны между собой  $\Delta P_{py}^{om} = \Delta P_{py}^{zbc}$ . Для этой цели увязку часто выполняют установкой ручного балансировочного клапана на контур системы теплопотребления с меньшим перепадом давления (в данном случае на контур горячего водоснабжения). Это решение по ряду причин является не рекомендуемым. Лучшим вариантом для чёткого поддержания требуемых параметров регулирования в каждом контуре является установка двух регуляторов перепада давления – по одному на каждый контур. Учитывая, что в стандартных схемах ГК «Теплосила», установлен один регулятор перепада давления, в рамках курсовой работы возможно проектирование индивидуального теплового пункта также с одним регулятором перепада давления.*

Определим расчетные потери давления для подбора регулятора перепада давления

вариант 1- зависимая схема присоединения системы отопления:

$$\Delta P_{РПД} = \Delta P_p - \Delta P_{py}^{om} - \Delta P_{\text{фильтр}} - \Delta P_{\text{теплосч}} = 2,5 - 1,28 - 0,005 - 0,1 = 1,115 \text{ бар}.$$

вариант 2 - независимая схема присоединения системы отопления:

$$\Delta P_{РПД} = \Delta P_p - \Delta P_{py}^{ГВС} - \Delta P_{\text{фильтр}} - \Delta P_{\text{теплосч}} = 2,5 - 0,374 - 0,005 - 0,1 = 2,021 \text{ бар}.$$

Определим диаметр условного прохода регулятора перепада давления по формуле:

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{общ}}}{V}}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $V$  – скорость воды в выходном сечении регулирующей арматуры, м/с

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{4,55}{3}} = 23,2 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр регулятора перепада давления 25мм.

Рассчитаем максимальную пропускную способность  $K_{vs}$ .

$$K_{vs} = k_{\text{зан}} \cdot \left( \frac{G_{\text{общ}}}{\sqrt{\Delta P_{РПД}}} \right), \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $k_{\text{зан}}$  – коэффициент запаса (по рекомендациям «ТЕПЛОСИЛА» регуляторов перепада давления равен 1,2).

вариант 1- зависимая схема присоединения системы отопления:

$$K_{vs} = 1,2 \cdot \left( \frac{4,55}{\sqrt{1,115}} \right) = 5,2 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

По каталогу «ТЕПЛОСИЛА» подбираем регулятор перепада давления по ближайшему большему значению  $K_{vs}$  для диаметра 25мм – 6,3м<sup>3</sup>/ч.

Рассчитаем фактические потери давления на полностью открытом РПД:

$$\Delta P_{\phi} = \left( \frac{G_{\text{общ}}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{4,55}{6,3} \right)^2 = 0,52 \text{ бар}.$$

Составляем марку регулятора перепада давления (см. каталог «ТЕПЛОСИЛА») – RDT-1.2-25-6,3.

вариант 2- независимая схема присоединения системы отопления:

$$K_{vs} = 1,2 \cdot \left( \frac{4,55}{\sqrt{2,021}} \right) = 3,84 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

По каталогу «ТЕПЛОСИЛА» подбираем регулятор перепада давления по ближайшему большему значению  $K_{vs}$  для диаметра 25мм – 4м<sup>3</sup>/ч.

Рассчитаем фактические потери давления на полностью открытом РПД:

$$\Delta P_{\phi} = \left( \frac{G_{\text{общ}}}{K_{vs}} \right)^2 = \left( \frac{4,55}{4} \right)^2 = 1,29 \text{ бар}.$$

Составляем марку регулятора перепада давления (см. каталог «ТЕПЛОСИЛА») – RDT-0.1-25-4.

#### 4.5. Проверка на кавитацию регулятора перепада давления и двухходовых регулирующих клапанов

Допустимый перепад давлений  $\Delta P_{пред}$ , на полностью открытом регуляторе определяется по формуле:

$$\Delta P_{пред} = Z \cdot (P_{ex} - P_{нас}), \text{бар}$$

где,  $Z$  – коэффициент начала кавитации (определяется по [5] для каждого регулятора);

$P_{вх}$  – давление теплоносителя перед регулятором, бар;

$P_{нас}$  – давление насыщенных паров воды, принимаемое в зависимости от температуры воды перед регулятором, бар.

Температура воды, °С	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
$P_{нас}$ , бар	-0,69	-0,61	-0,53	-0,42	-0,3	0,15	0,01	0,21	0,43	0,69	0,99	1,34	1,7

Регуляторы давления не должны работать при  $\Delta P_{ф} > \Delta P_{пред}$  из-за опасности возникновения кавитации в них, что приведет к быстрому износу регулирующего органа [5]. Если в результате расчета получили  $\Delta P_{ф} > \Delta P_{пред}$ , то следует рассмотреть возможность установки регулятора давления «до себя» на обратном трубопроводе для увеличения давления в системе или установки регулирующей арматуры на обратном трубопроводе в область более низких температур.

1. Выполняем проверку регулятора перепада давления по заданию ( $P_{нас}=0,99$  бар при  $T_{п}=120^{\circ}\text{C}$ ).

$$P_{ex} = P_p - \Delta P_{фильтр} - \Delta P_{теплосч} = 6 - 0,005 - 0,1 = 5,895 \text{ бар}$$

$$\Delta P_{пред} = Z \cdot (P_{ex} - P_{нас}) = 0,6 \cdot (5,895 - 0,99) = 2,943 \text{ бар}$$

Производим сравнение  $\Delta P_{ф}^{РПД}$  (взято из п.4.3) и  $\Delta P_{пред}$ :

вариант 1 – 0,52 бар < 2,943бар, следовательно регулятор перепада давления будет работать без кавитации;

вариант 2 – 1,29 бар < 2,943бар, следовательно регулятор перепада давления будет работать без кавитации.

2. Выполняем проверку двухходового клапана блока отопления:

вариант 1 -  $\Delta P_{ex} = P_{п} - \Delta P_{ф}^{РПД} - \Delta P_{фильтр} - \Delta P_{теплосч} = 6 - 0,52 - 0,005 - 0,1 = 5,375 \text{ бар}$ .

$$\Delta P_{пред} = Z \cdot (P_{ex} - P_{нас}) = 0,6 \cdot (5,375 - 0,99) = 2,631 \text{ бар}$$

Производим сравнение  $\Delta P_{ф}$  (взято из п.4.2.1) и  $\Delta P_{пред}$ : 0,68 < 2,631, следовательно двухходовой клапан блока отопления будет работать без кавитации.

вариант 2 -  $\Delta P_{\text{ex}} = P_{\Pi} - \Delta P_{\text{ф}}^{P_{\text{ПД}}} - \Delta P_{\text{фильтр}} - \Delta P_{\text{теплосч}} = 6 - 1,293 - 0,005 - 0,1 = 4,602 \text{ бар}$ .

$$\Delta P_{\text{пред}} = Z \cdot (P_{\text{ex}} - P_{\text{нас}}) = 0,6 \cdot (4,602 - 0,99) = 2,167 \text{ бар}$$

Производим сравнение  $\Delta P_{\text{ф}}$  (взято из п.4.2.2) и  $\Delta P_{\text{пред}}$ :  $0,11 < 2,167$ , следовательно двухходовой клапан блока отопления будет работать без кавитации.

3. Выполняем проверку двухходового клапана блока горячего водоснабжения

$$\Delta P_{\text{ex}} = P_{\Pi} - \Delta P_{\text{ф}}^{P_{\text{ПД}}} - \Delta P_{\text{фильтр}} - \Delta P_{\text{теплосч}} = 6 - 1,293 - 0,005 - 0,1 = 4,602 \text{ бар}$$

$$\Delta P_{\text{пред}} = Z \cdot (P_{\text{ex}} - P_{\text{нас}}) = 0,6 \cdot (4,602 - 0,99) = 2,167 \text{ бар}$$

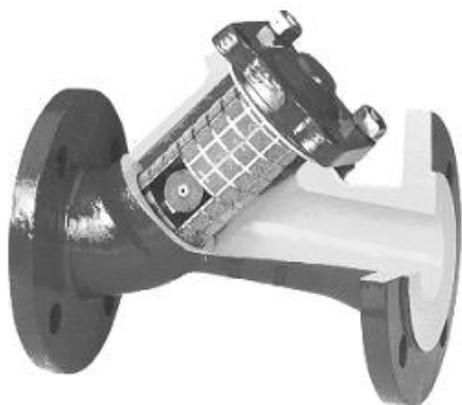
Производим сравнение  $\Delta P_{\text{ф}}$  (взято из п.4.1) и  $\Delta P_{\text{пред}}$ :  $0,173 \text{ бар} < 2,167 \text{ бар}$ , следовательно двухходовой клапан блока горячего водоснабжения будет работать без кавитации.

## Литература

1. Тепловые пункты: СП 4.02-03-2022. – Минск, 2022.
2. Тепловые сети: СН 4.02-01-2019 – Минск, 2020.
3. Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий: СН 4.01.03-2019 – Минск, 2020.
4. Сайт ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.teplo-sila.com](http://www.teplo-sila.com).
5. Технический каталог продукции компаний ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА», 2019
6. Покотилов, В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения. – Вена, 2017. – 228 с.
7. Программа Wilo-Select Online [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wilo-select.com>

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1 – Характеристики фильтров производства НП ООО «Гран-Система-С»

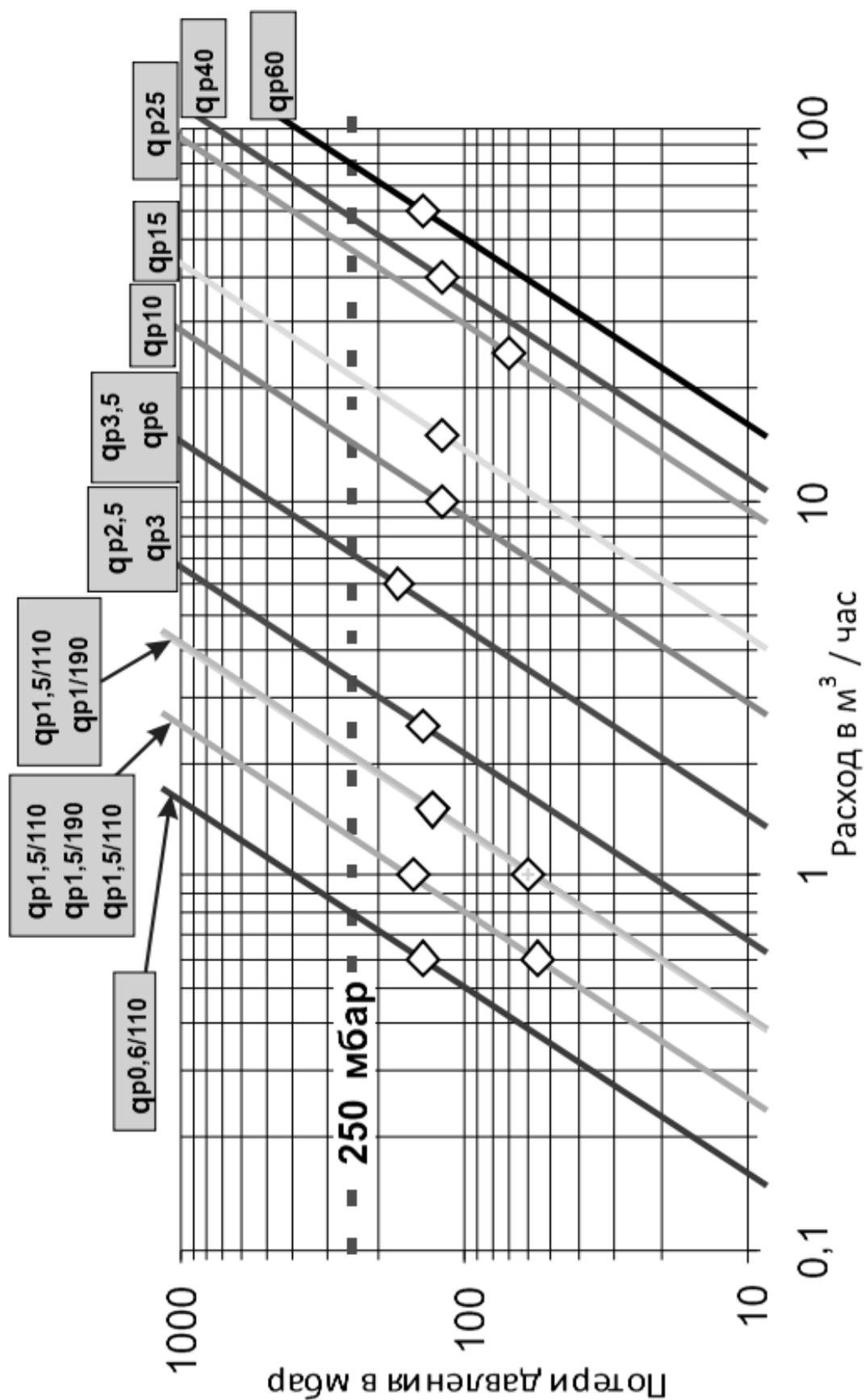


<b>DN</b> мм	<b>D</b> мм	<b>D1</b> мм	<b>L</b> мм	<b>H</b> мм	<b>n отв.</b> шт.	<b>d</b> мм	<b>Диаметр</b> <b>ячейки</b> <b>сетки</b> мм	<b>Kvs</b> м <sup>3</sup> /час	<b>Масса</b> кг
15	95	65	130	85	4	14	1	5,76	2,0
20	105	75	150	85	4	14	1	10,4	2,5
25	115	85	160	102	4	14	1	16	2,6
32	140	100	180	125	4	14	1	26,2	3,6
40	150	110	200	147	4	18	1,5	40,9	8,5
50	165	125	230	158	4	18	1,5	64	10,4
65	185	145	290	178	4	18	1,5	108,2	14,2
80	200	160	310	213	8	18	1,5	161,6	23,0
100	220	180	350	241	8	18	1,5	252,5	25,0
125	250	210	400	223	8	18	1,5	394,5	35,5
150	285	240	400	295	8	22	1,5	573,1	58,5
200	340	295	600	368	12	22	2	1018	97,0
250	405	355	730	480	12	26	2	1617	191,0
300	460	410	850	515	12	26	2	1820	232,0

**Приложение 2 – Характеристики расходомеров теплосчётчика марки  
«Струмень ТС-07-К7» производства НП ООО «Гран-Система-С»**

Ду	Типсоединения		Максимальный расход $q_s$	Постоянный (номинальный) расход $q_p$	Минимальный расход $q_i$
	муфта	фланец			
мм			м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч
15	+		1,2	0,6	0,012
	+		3	1,5	0,03
20	+	+	5	2,5	0,05
25	+	+	7	3,5	0,07
	+	+	12	6	0,12
40	+	+	20	10	0,2
50		+	30	15	0,3
65		+	50	25	0,5
80		+	80	40	0,8
100		+	120	60	1,2

Приложение 3 – Потери давления ультразвуковых расходомеров  
теплосчётчика марки «Струмень ТС-07-К7»  
производства НП ООО «Гран-Система-С»



## Приложение 4 – Характеристики обратных клапанов латунных пружинных муфтовых производства компании «ГЕРЦ Арматурен» (Австрия)

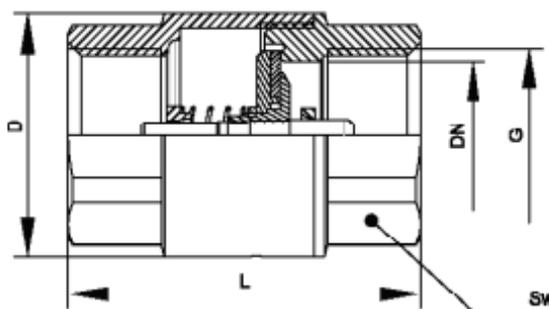
ГЕРЦ - Обратный клапан



### ГЕРЦ - Пружинный обратный клапан

Нормаль 1 2622 1X, Издание 1115

#### Размеры



Номер заказа	PN [бар]	DN	G [мм]	L [мм]	D [мм]	Sw [мм]	Kvs [м <sup>3</sup> /ч]	Weight [кг]
1 2622 11	25	15	1/2"	49	31	25	10,5	0,132
1 2622 12	25	20	3/4"	53	37	31	18	0,187
1 2622 13	25	25	1"	58	46	39	29	0,270
1 2622 14	16	32	1 1/4"	65	56	48	47,5	0,455
1 2622 15	16	40	1 1/2"	69	68	55	75	0,670
1 2622 16	16	50	2"	77	85	68	117	1,075

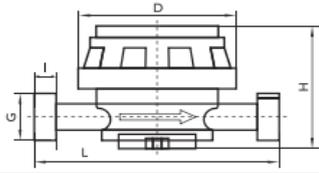
## Приложение 5 – Технические характеристики крыльчатого водомера



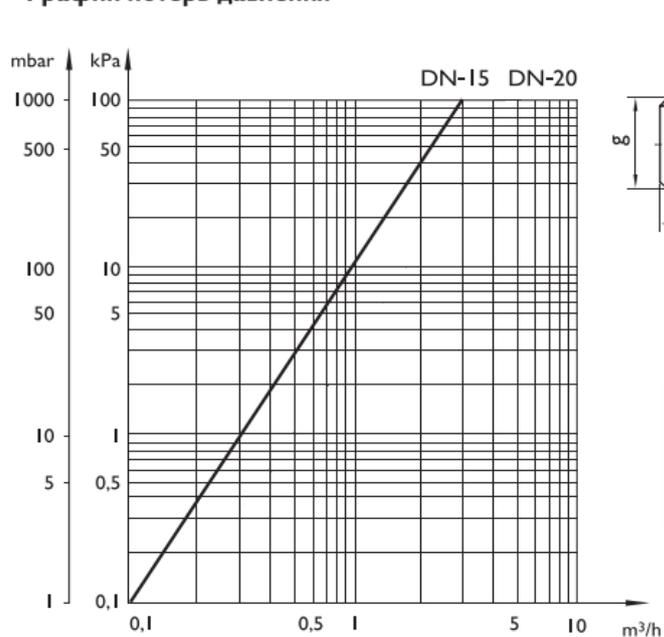
### Счётчики воды крыльчатые

Тип JS-I,5, JS 90-I,5

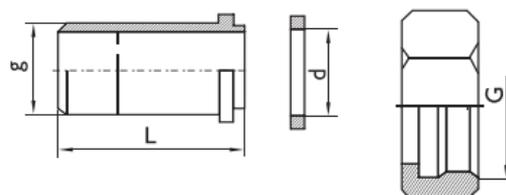
#### Технические характеристики

Тип			JS-I,5 JS 90-I,5 JS-I,5-NK JS 90-I,5-NK JS 90-I,5-NC
Номинальный диаметр	DN	мм	15
Номинальный расход	Q <sub>n</sub>	м <sup>3</sup> /ч	1,5
Максимальный расход	Q <sub>max</sub>	м <sup>3</sup> /ч	3,0
Переходный расход	Q <sub>t</sub>	м <sup>3</sup> /ч	0,15
Минимальный расход	Q <sub>min</sub>	м <sup>3</sup> /ч	0,06
Порог чувствительности	Q <sub>s</sub>	м <sup>3</sup> /ч	0,008
Емкость счетного механизма		м <sup>3</sup>	99 999
Потеря давления при Q <sub>max</sub> , не более		МПа	0,1
Пределы допускаемой относительной погрешности от Q <sub>t</sub> до Q <sub>max</sub>		%	± 2 – для холодной воды ± 3 – для горячей воды
от Q <sub>min</sub> до Q <sub>t</sub>		%	± 5
Цена импульса		литр/импульс	1
	G		G 3/4
	L	мм	110
	H	мм	73
	D	мм	80
	I	мм	12
Масса, не более		кг	0,45

#### График потерь давления



Переходник    Прокладка    Гайка



DN	G	g	d	L
15	G 3/4	G 1/2	17	40
20	G 1	G 3/4	23	50

## Приложение 6 – Технические характеристики расширительных мембранных баков “Flamco”



### Flexcon R

#### Расширительные мембранные баки 8 – 25 л, 6 бар

Тип	Емкость [л]	Исходное давление [бар]	Рраб, бар	Размеры [мм]		Сист. соед. (Наруж.)	Вес [кг]	Артикул
				Ø	Н			
Flexcon R 8	8	1,5	6	235	261	¾"	2,1	FL 16010RU
Flexcon R 12	12	1,5	6	235	351	¾"	2,3	FL 16014RU
Flexcon R 18	18	1,5	6	290	357	¾"	3,2	FL 16020RU
Flexcon R 25	25	1,5	6	290	463	¾"	4	FL 16027RU

Для быстрого и надежного настенного монтажа бака рекомендуется применять дополнительное оборудование Flamco:

Монтажную консоль Flexconsole R, 3/4" или Flexconsole R Plus, 3/4" в комплекте с предохранительным клапаном Prescor (с преднастроенным давлением срабатывания), манометром с отсечным клапаном, воздухоотводчиком с отсечным клапаном. (Стр. 24)



### Flexcon R

#### Расширительные мембранные баки 35 – 80 л, 6 бар

Тип	Емкость [л]	Исходное давление [бар]	Рраб, бар	Размеры [мм]		Сист. соед. (Наруж.)	Вес [кг]	Артикул
				Ø	Н			
Flexcon R 35	35	1,5	6	390	496	¾"	6,1	FL 16037RU
Flexcon R 50	50	1,5	6	390	620	¾"	9,8	FL 16053RU
Flexcon R 80	80	1,5	6	390	864	¾"	13,8	FL 16083RU



### Flexcon R

#### Расширительные мембранные баки 110 – 1000 л, 6 бар

Тип	Емкость [л]	Исходное давление [бар]	Рраб, бар	Размеры [мм]		Сист. соед. (Наруж.)	Вес [кг]	Артикул
				Ø	Н			
Flexcon R 110	110	1,5	6	484	780	1"	23,8	FL 16117RU
Flexcon R 140	140	1,5	6	484	950	1"	25,3	FL 16147RU
Flexcon R 200	200	1,5	6	484	1296	1"	38,1	FL 16207RU
Flexcon R 300	300	1,5	6	600	1330	1"	56,9	FL 16303RU
Flexcon R 425	425	1,5	6	790	1176	1"	79,4	FL 16423RU
Flexcon R 600	600	1,5	6	790	1540	1"	92,9	FL 16603RU
Flexcon R 800	800	1,5	6	790	1890	1"	126,9	FL 16803RU
Flexcon R 1000	1000	1,5	6	790	2270	1"	145,9	FL 16903RU

Учебное издание

**Составители:**

*Новосельцева Дина Владимировна  
Новосельцев Владимир Геннадьевич  
Лукиша Владимир Валентинович*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для курсового проектирования по дисциплине  
«Автоматизированные тепловые пункты» на тему  
**«Индивидуальный тепловой пункт»**

*для студентов специальности  
7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий  
и сооружений», профилизация «Теплогазоснабжение,  
вентиляция и охрана воздушного бассейна» для всех  
форм обучения, слушателей ИПКиП специальности  
1-70 04 71 «Теплогазоснабжение, вентиляция  
и охрана воздушного бассейна»*

*Текст печатается в авторской редакции,  
орфографии и пунктуации*

Ответственный за выпуск: Новосельцев В. Г.  
Редактор: Митлошук М. А.  
Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.

---

Подписано в печать 22.11.2023 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 3,02. Уч. изд. л. 3,25. Заказ № 1276. Тираж 20 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.



