

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

УДК 620.9:662.92; 658.264

Гос. рег. № 01201174544

Инв.№

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе ИГЭУ  
Тютиков В.В.

\_\_\_\_\_ 2012 г.

**ОТЧЁТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

по теме: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счет разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла»  
государственный контракт № 16.516.11.6089 от 8 июля 2011 г.

Шифр «2011-1.6-516-037-030»

**Этап 3. Экспериментальные исследования термогидравлического распределителя, насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном (промежуточный)**

Начальник НИСа

\_\_\_\_\_ Таланов С.Б.  
подпись, дата

Руководитель темы

\_\_\_\_\_ Созинов В.П.  
подпись, дата

Иваново 2012

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы, д.т.н., профессор	_____ В.П. Созинов подпись, дата
Исполнители темы: Ответственный исполнитель, ведущий научн. сотр., к.т.н., доцент	_____ А.А. Генварев подпись, дата
К.т.н., доцент	_____ В.В. Сенников подпись, дата
К.т.н., профессор	_____ В.Д.Таланов подпись, дата
Инженер	_____ А.Е. Костров подпись, дата
Инженер	_____ М.Г. Козлов подпись, дата
Инженер	_____ Н.Н. Пронин подпись, дата
Инженер	_____ В.В. Смирнов подпись, дата
Инженер	_____ К.Б. Афонский подпись, дата
Инженер	_____ В.М. Пушков подпись, дата
Инженер	_____ А.М. Смирнов подпись, дата
Инженер	_____ Н.Г.Астафьев подпись, дата
Инженер	_____ Д.А. Голяков подпись, дата
Ассистент	_____ Н.К. Шарафутдинова подпись, дата
Инженер	_____ Д.Р. Залаев подпись, дата
Аспирант	_____ С.В. Таланов подпись, дата
Ассистент	_____ А. Е. Барочкин подпись, дата

## РЕФЕРАТ

Отчет 205 с., 65 рис., 27 табл., 8 источников, 9 приложений

### СИСТЕМА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ, ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ, НАСОСНЫЙ УЗЕЛ СМЕШЕНИЯ, ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ПРИВОД

Объектами исследования являются технические энергосберегающие устройства - термогидравлический распределитель, насосный узел смешения с частотно-регулируемым приводом (ЧРП) и устройство для предотвращения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

Цель работы на данном этапе - разработка и создание экспериментальных образцов термогидравлического распределителя, насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном и проведение экспериментальных исследований.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования термогидравлического распределителя, насосного узла смешения с ЧРП и устройства для предотвращения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

Результаты работы:

- разработаны и созданы экспериментальные образцы: термогидравлический распределитель, насосный узел смешения с ЧРП и устройство по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном;
- проведены экспериментальные исследования в соответствии с планом исследования, планом эксперимента термогидравлического распределителя;
- проведены экспериментальные исследования в соответствии с планом исследования, планом эксперимента насосного узла смешения с ЧРП;
- проведены экспериментальные исследования в соответствии с планом исследования, планом эксперимента устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном;
- проведены экспериментальные исследования отдельных характеристик, параметров объекта исследования на основе требований, установленных техническим заданием,
- выполнена доработка документации на методические решения, применяемые при исследовании объектов НИР;
- произведена корректировка технической документации экспериментальных образцов;
- разработана методика и компьютерная программа идентификации элеватора насосному узлу смешения;

Разработанные технические устройства могут широко применяться в системах централизованного теплоснабжения.

Эффективность использования ТГР в тепловых пунктах заключается в поддержании стабильности расхода сетевой воды на источнике теплоснабжения независимо от изменений расходов в контурах потребителей тепловой энергии, а также в устранении взаимного влияния тепловых нагрузок горячего водоснабжения и отопления.

Использование устройства для предотвращения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном позволяет экономить топливо на выработку тепловой энергии за счёт снижения температуры подаваемой потребителю воды в осенне-весенний период.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1 РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ: ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ, НАСОСНЫЙ УЗЕЛ СМЕШЕНИЯ С ЧРП И УСТРОЙСТВО УСТРАНЕНИЯ «ПЕРЕТОПА» С ЧРП И РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛАПАНОМ И ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ НА НИХ.....</b>	<b>9</b>
1.1 РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ.....	9
1.2 РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ: НАСОСНЫЙ УЗЕЛ СМЕШЕНИЯ С ЧРП И УСТРОЙСТВО УСТРАНЕНИЯ «ПЕРЕТОПА» С ЧРП И РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛАПАНОМ И ЭСКИЗНОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ НА НИХ .....	21
<b>2 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ПЛАНОМ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОГРАММОЙ И МЕТОДИКАМИ ИСПЫТАНИЙ.....</b>	<b>49</b>
2.1 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ПЛАНОМ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПЛАНОМ ЭКСПЕРИМЕНТА ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ .....	49
2.1.1 <i>Результаты проведения исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.....</i>	<i>49</i>
2.2 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ПЛАНОМ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПЛАНОМ ЭКСПЕРИМЕНТА НАСОСНОГО УЗЛА СМЕШЕНИЯ С ЧРП .....	54
2.2.1 <i>Вычислительный эксперимент «Компьютерная модель насосного узла смешения с ЧРП».....</i>	<i>55</i>
2.2.2 <i>Результаты исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП.....</i>	<i>69</i>
2.3 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ПЛАНОМ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПЛАНОМ ЭКСПЕРИМЕНТА УСТРОЙСТВА ПО УСТРАНЕНИЮ «ПЕРЕТОПА» С ЧРП И РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛАПАНОМ.....	70
2.3.1 <i>Вычислительный эксперимент «Компьютерная модель устройства по устранению «перетопа» с ЧРП регулируемым клапаном» .....</i>	<i>71</i>
2.3.2 <i>Результаты исследовательских испытаний экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.....</i>	<i>84</i>
2.4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ, УСТАНОВЛЕННЫМ ТЕХНИЧЕСКИМ ЗАДАНИЕМ.....	84
2.4.1 <i>Коррекция расходной характеристики регулирующего клапана .....</i>	<i>84</i>
2.4.2 <i>Экспериментальные исследования характеристик сетевого насоса и насосов смешения для обеспечения требуемого изменения подключаемых тепловых нагрузок .....</i>	<i>88</i>
<b>3 ДОРАБОТКА ДОКУМЕНТОВ НА МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ОБЪЕКТОВ НИР, ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>100</b>
3.1 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭЛЕВАТОРА И НАСОСНОГО УЗЛА СМЕШЕНИЯ .....	100
<b>4 КОРРЕКТИРОВКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>108</b>
<b>5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЁТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ .....</b>	<b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b>

<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>110</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>112</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А – Программа расчёта оптимальных параметров термогидравлического распределителя .....</b>	<b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Эскизная конструкторская документация на термогидравлический распределитель, насосный узел смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.....</b>	<b>113</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В – Акт изготовления объектов испытаний экспериментальных образцов термогидравлического распределителя и насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном .....</b>	<b>114</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Акт исследовательских испытаний экспериментальных образцов термогидравлического распределителя и насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном .....</b>	<b>118</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Программа и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя и насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном .....</b>	<b>154</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Программа на Maple условного оптимизационного поиска параметров насосного узла смешения идентичного по расходам и напорам элеватору .....</b>	<b>182</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Теплогидравлический расчет тепловых сетей ИГЭУ с ТГР (ИТП «Гараж») с максимальным ГВС .....</b>	<b>184</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ З – Тепловой конструктивный расчёт термогидравлического распределителя.....</b>	<b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ И – Техническая характеристика пластинчатого теплообменника ЗАО «ТД РИДАН».....</b>	<b>189</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Этап 3 научно-исследовательской работы «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счёт разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла» в соответствии с календарным планом посвящён проведению исследований на экспериментальных образцах технических энергосберегающих устройств.

Теплоснабжение крупных городов Российской Федерации осуществляется в основном по централизованным системам. На эффективность централизованного теплоснабжения влияют тепловые потери при транспорте, а также технологические, какими являются потери на «перетоп». Это потери вызываемые необходимостью поддерживать в подающей линии температуру сетевой воды достаточную для подогрева горячей воды и превышающую температуру для систем отопления.

Применение до настоящего времени элеваторных узлов смешения, ввиду их низкого коэффициента полезного действия, вызывает значительные затраты электроэнергии на привод сетевых насосов, которые в итоге затрачиваются на дросселирование.

Термогидравлические режимы эксплуатации, а это в том числе обуславливает и экономичность работы источников теплоснабжения, зависят от присоединённых тепловых нагрузок. При практически постоянном расходе сетевой воды на нужды отопления, расход сетевой воды на горячее водоснабжение и вентиляцию носит переменный характер.

Стабилизация расхода сетевой воды для источника теплоснабжения и магистральных участков тепловой сети может быть обеспечена с помощью термогидравлического распределителя.

Проведение исследований на работающем термогидравлическом распределителе, установленном в ИТП «Гараж» ИГЭУ, показало хорошее совпадение расчётных и фактических параметров.

Экспериментальные исследования насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном выполнены в два этапа:

- 1) исследование на компьютерных моделях;
- 2) физическое исследование на экспериментальном образце.

В настоящее время фактически отсутствует методика расчёта теплогидравлических режимов тепловых сетей с элеваторным присоединением потребителей, и кроме того, с непосредственным водоразбором. Ввиду того, что элеватор является трёхполюсником, а все имеющиеся компьютерные программы по теплогидравлическим расчётам ориентированы на тепловые сети, составленные из двухполюсников, необходимо выполнить идентификацию трёхполюсника схемой, со-

стоящей из двухполюсников. В отчёте приведены разработанные математический аппарат и компьютерная программа для выполнения инженерных расчётов по идентификации.

Применение традиционного термогидравлического распределителя в сетях централизованного теплоснабжения ограничено диаметром трубопровода распределителя. При больших тепловых нагрузках более 1-2 Гкал/ч более эффективно применять разработанный нами универсальный ТГР. Его отличие от традиционного в том, что для создания независимости контуров и расходов сетевой воды вместо трубы очень большого диаметра применяется установка низконапорных насосов, компенсирующих потери напора в трубе ТГР.

Поскольку в контурах горячего водоснабжения и вентиляции применяется количественное регулирование, то для поддержания стабильности применяется частотный привод насосов ТГР по регламентам, разрабатываемым на основе математического аппарата оптимальных параметров при наличии ограничений.

В 3 этапе НИР проведены экспериментальные исследования технических энергосберегающих устройств: термогидравлического распределителя, насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

# **1 Разработка и создание экспериментальных образцов: термогидравлический распределитель, насосный узел смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном и эскизной конструкторской документацией на них**

## **1.1 Разработка и создание экспериментального образца термогидравлического распределителя**

Проведённые авторами на этапах 1 и 2 настоящей работы исследования тепловых и гидравлических характеристик технических устройств по устранению тепловой и гидравлической разбалансированности систем теплоснабжения способствовали разработке технических решений и экспериментальных образцов термогидравлического распределителя (ТГР), насосного узла смешения с ЧРП и устройством по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

Для устранения негативного влияния изменения нагрузки горячего водоснабжения на расход и количество подаваемой тепловой энергии на отопление жилых и производственных зданий по просьбе руководства отдела главного механика (ОГМ) Ивановского государственного энергетического университета (ИГЭУ) в начале отопительного сезона 2011-12 г.г. был реконструирован индивидуальный тепловой пункт (ИТП) «Гараж» ИГЭУ с установкой в тепловой схеме ИТП ТГР вертикального типа (акт изготовления экспериментального образца ТГР представлен в приложении В).

Разработана конструкторская документация (КД) на экспериментальный образец ТГР, предназначенная для изготовления и испытания экспериментального образца ТГР, без присвоения литеры, в её составе:

- гидравлическая схема функциональная экспериментального образца с ТГР;
- гидравлическая схема соединений и подключений экспериментального образца с ТГР;
- термогидравлический распределитель. Чертеж общего вида;
- электрическая схема внешних соединений экспериментального образца с ТГР;
- спецификация С1.

Конструкторская документация на экспериментальный образец представлена в приложении Б

На фотографиях (рисунок 1.1, рисунок 1.2) представлен внешний вид ИТП «Гараж» ИГЭУ с установкой ТГР.



Рисунок 1.1 - Внешний вид теплового пункта абонента «Гараж»



Рисунок 1.2 - Внешний вид теплового пункта абонента «Гараж»

Экспериментальные исследования на ИТП «Гараж» производилось в период отопительного сезона. Схема теплоснабжения микрорайона ИГЭУ представлена на рисунке 1.3. Система теплоснабжения – двухтрубная; с зависимым непосредственным подключением системы отопления по температурному графику 95/70 °С и с закрытой системой горячего водоснабжения с установкой разборных пластинчатых теплообменников типа М фирмы «Альфа Лаваль Поток», г. Королёв Московской области.

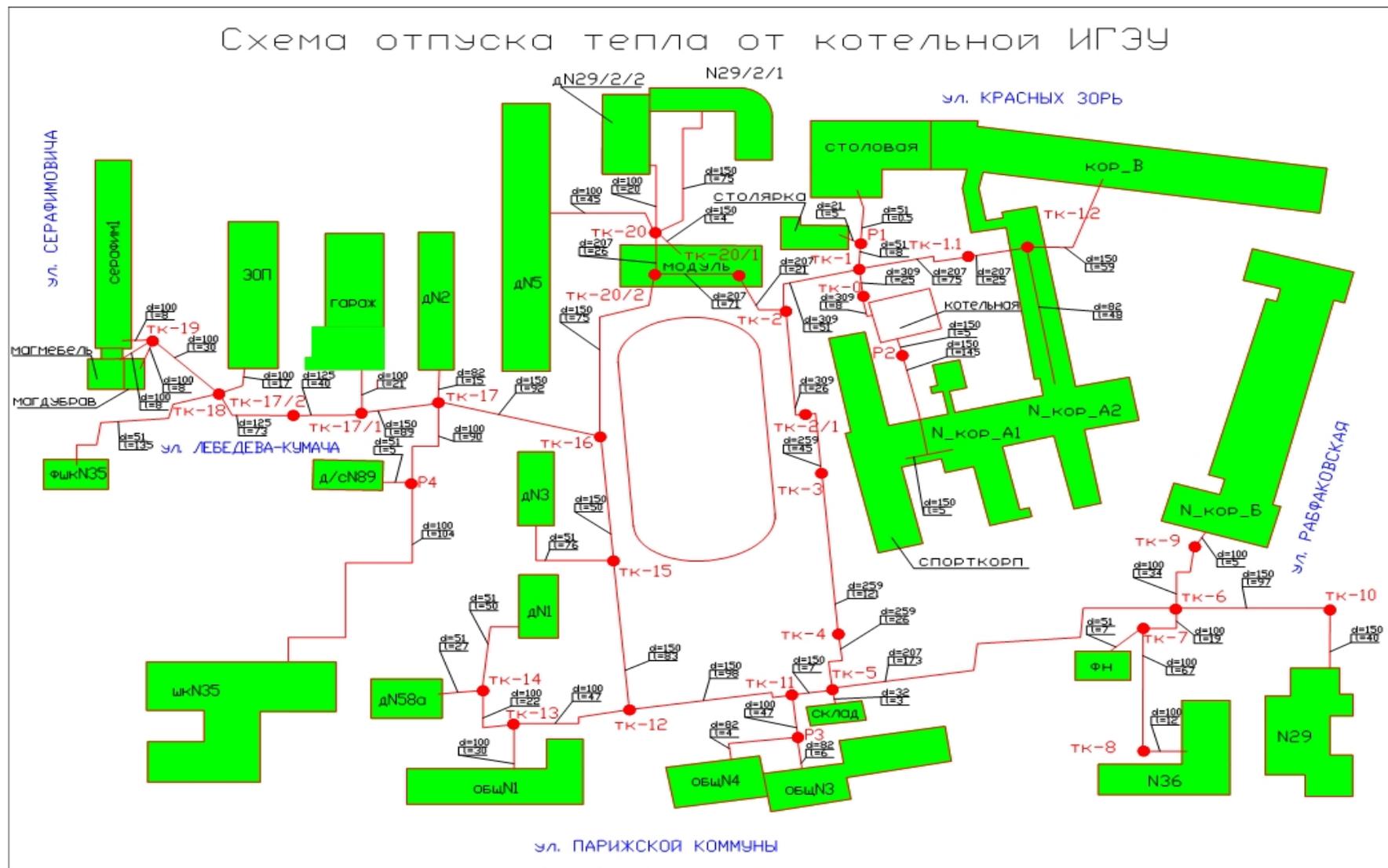


Рисунок 1.3 - Схема теплоснабжения микрорайона ИГЭУ

Как было отмечено авторами ранее, для надёжной работы ТГР в составе ИТП «Гараж» необходимо было выполнить новый наладочный гидравлический расчёт схемы теплоснабжения ИГЭУ для обеспечения суммарного подвода теплоты на отопление и горячее водоснабжение объектов, подключённых к ИТП «Гараж», в количестве 110% от требуемого (для исключения негативного влияния подмешивания обратной воды в ТГР надо обеспечить опуск воды в количестве не менее 10% от номинального расхода). Номинальный расход воды на ИТП с установленным ТГР определяется суммой максимального расхода воды на отопление и максимального расхода воды на ГВС, умноженной на коэффициент 1,1.

Результаты наладочного гидравлического расчёта тепловых сетей ИГЭУ представлены в приложении Ж. Определён диаметр шайбы, необходимой для установки в ИТП «Гараж», диаметр шайбы составляет 17,25 мм.

Конструктивный расчёт был выполнен по программе, предоставленной фирмой «De Dietrich», Франция. Результаты расчёта представлены в приложении З.

ИТП «Гараж» ИГЭУ оборудован узлами учёта тепловой энергии и теплоносителя:

1. для измерения температуры, расхода воды тепловой энергии на отопление:
  - преобразователем расхода электромагнитного типа ПРЭМ-32 – 2 шт.;
  - комплектом контактных термометров сопротивления КТСР-100 – 2 комплекта;
  - вычислителем количества теплоты ВКТ-4М.
2. для измерения температуры, расхода воды на горячее водоснабжение, температуры и расхода циркуляционной воды, а также температуры и расхода подпиточной воды:
  - преобразователем расхода электромагнитного типа ПРЭМ-32 – 2 шт.;
  - комплектом контактных термометров сопротивления КТСР-100 – 2 комплекта;
  - вычислителем количества теплоты СТД.

Во время проведения экспериментов использованы переносные приборы энергоаудита центра коллективного пользования ИГЭУ:

- ультразвуковой расходомер «PORTOFLOW-300» с датчиками Б;
- ультразвуковой толщиномер DX-1;
- инфракрасный пирометр Fluke- 556;
- тепловизор NEC TH-7700.

ИТП оборудован циркуляционными насосами системы отопления UPS-32-55 и системы горячего водоснабжения тип UPS-32-100. Характеристики насосов приведены на рисунках 1.4, 1.5. На рисунках 1.6 - 1.11 представлено оборудование ИТП «Гараж».

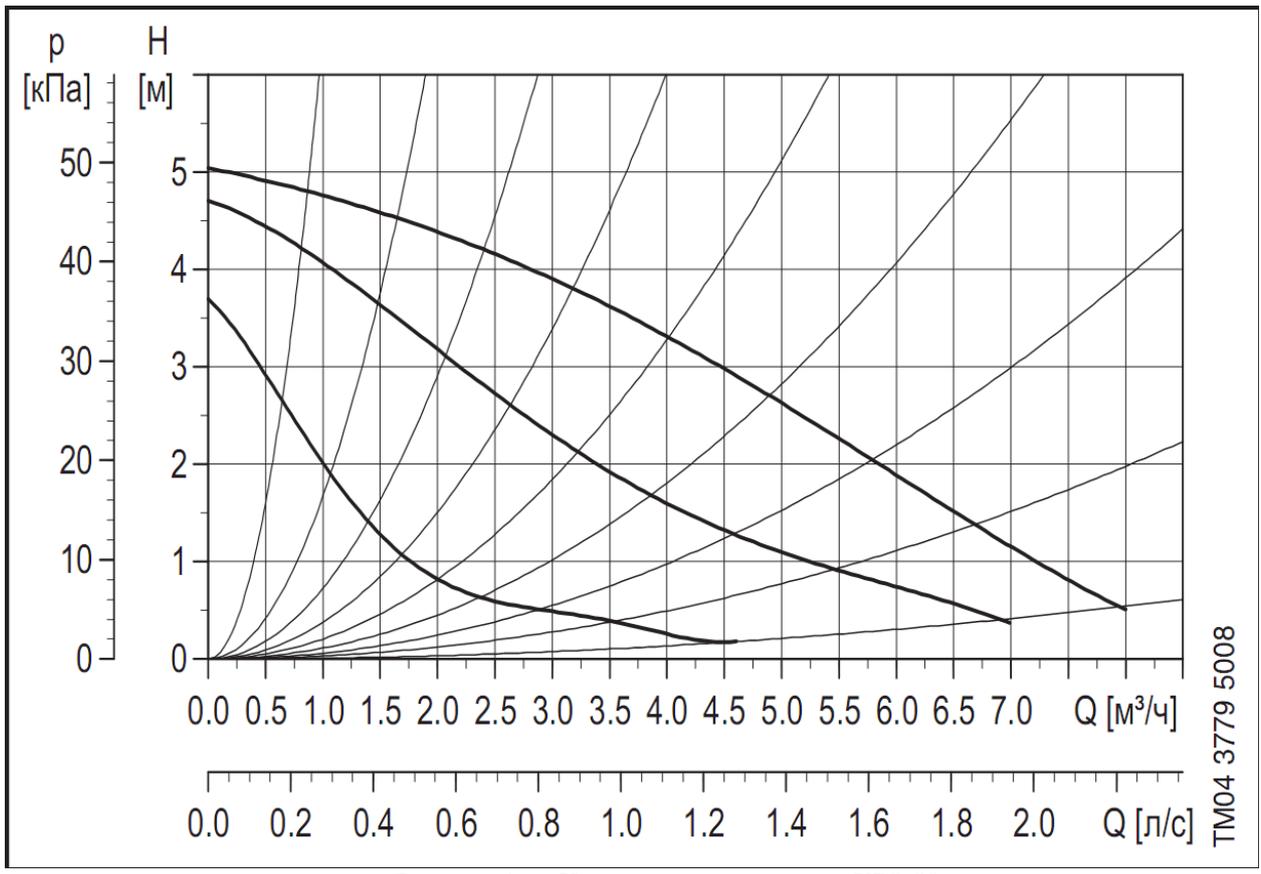


Рисунок 1.4 - Характеристика насоса UPS-32-55

TM04 3779 5008

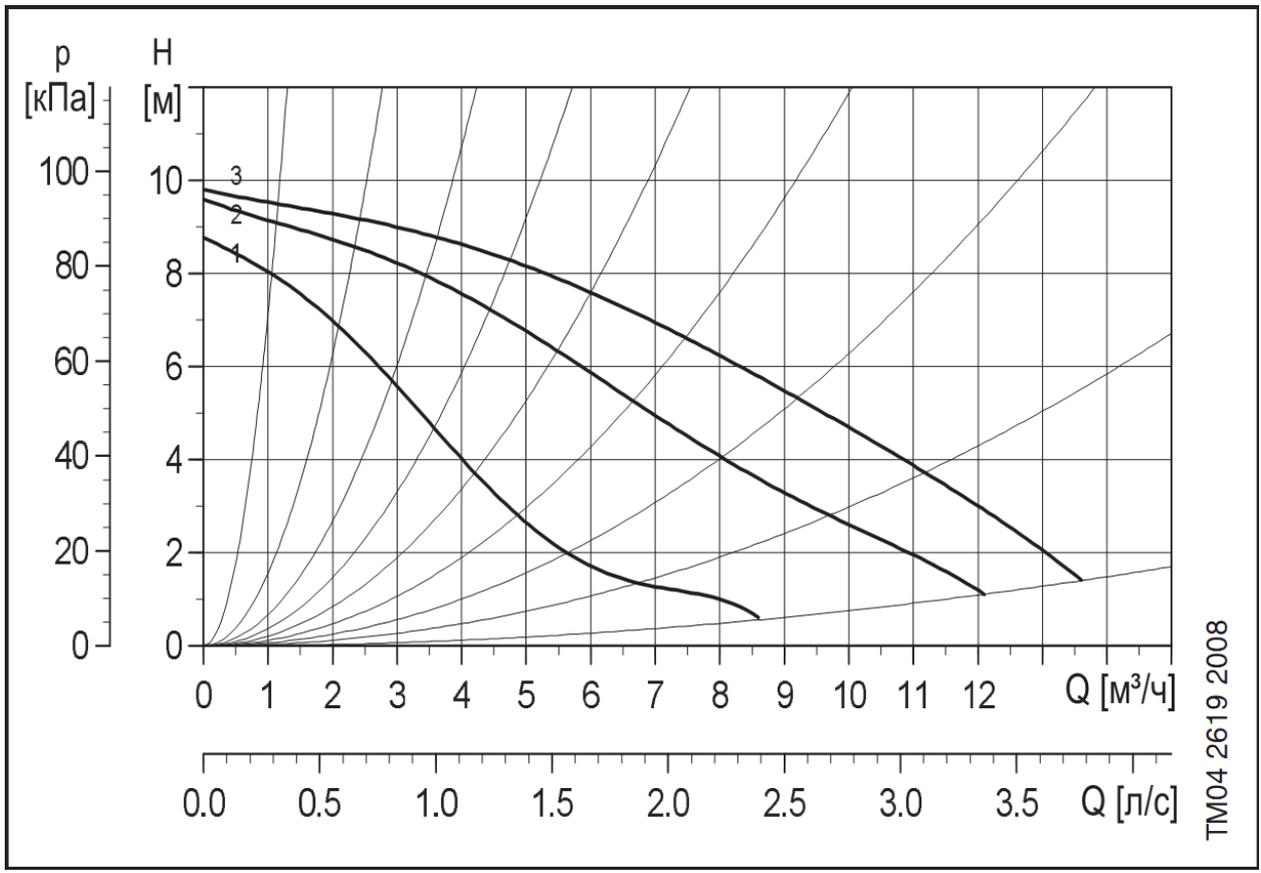


Рисунок 1.5 - Характеристика насоса UPS-32-100

TM04 2619 2008



Рисунок 1.6 – Тепловычислители узла учёта типа ВКТ-4 и СТД



Рисунок 1.7 - Насос контура отопления UPS-32-55



Рисунок 1.8 - Насос контура горячего водоснабжения UPS-32-100



Рисунок 1.9 – Преобразователь расхода электромагнитный



Рисунок 1.10 – Щит управления насосами



**Рисунок 1.11 – Преобразователь расхода электромагнитный системы отопления**

## 1.2 Разработка и создание экспериментальных образцов: насосный узел смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном и эскизной конструкторской документацией на них

Экспериментальный стенд насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном состоит из теплогидравлической модели тепловой сети и пульта системы автоматического контроля и регулирования.

Функциональная схема, представленная на рисунке 1.12, реализует обе экспериментальные модели – насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

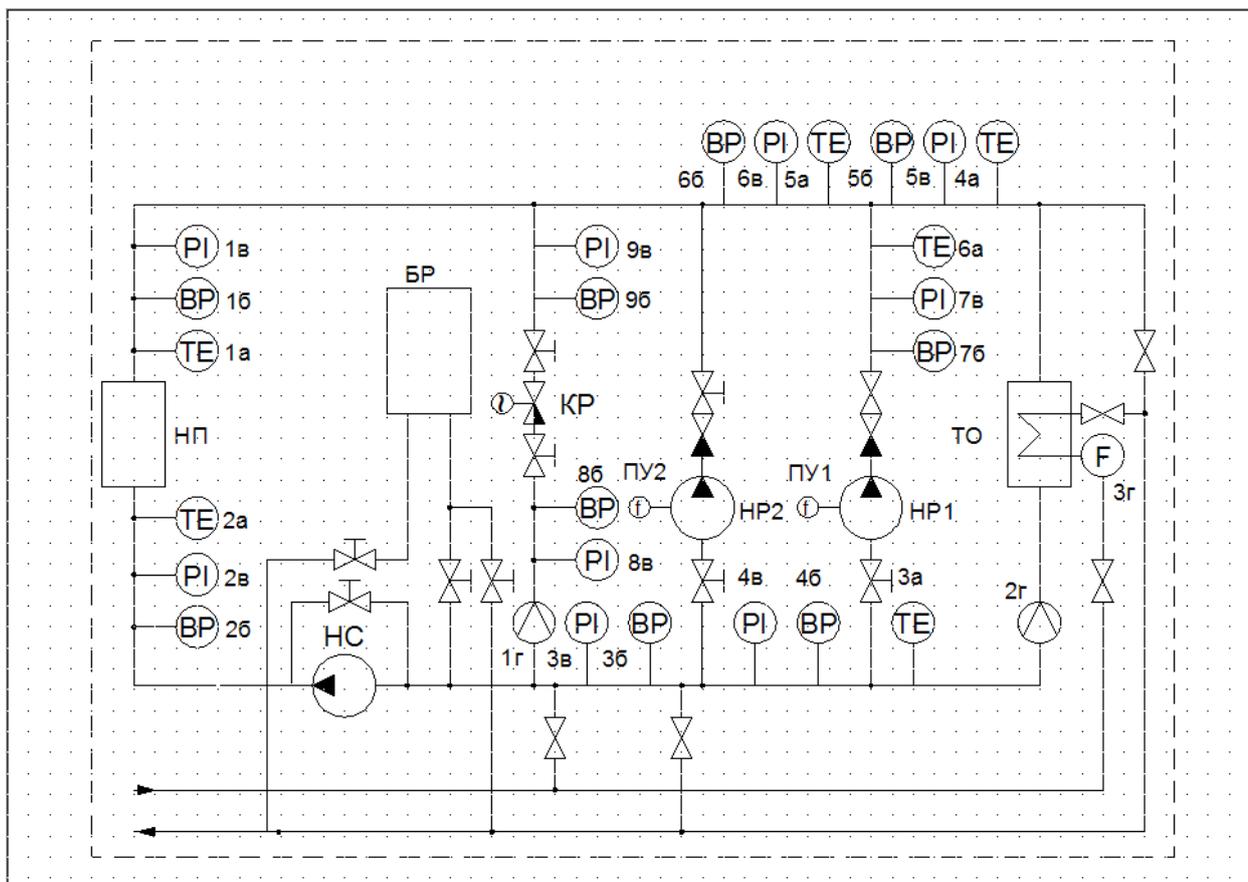


Рисунок 1.12 - Функциональная схема стенда насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном

В состав теплогидравлической модели тепловой сети входят:

- Насосы (сетевой и рециркуляционные) НС и НР1,2
- Клапан регулирующий (КР)
- Нагреватель проточной (НР)
- Теплообменник (ТО)
- Бак расширительный (БР)

На стенде установлены насосы серии СЕА – СА, которые предназначены для перекачивания чистой холодной и горячей воды или схожих неагрессивных невзрывоопасных жидкостей.

Основные технические характеристики насосов:

- Максимальная температура перекачиваемой жидкости 85 °С.
- Максимально допустимое давление в корпусе 8 бар.
- Тип рабочего колеса закрытое.
- Диаметр выходного патрубка от 1” до 1 1/4”.
- Диаметр входного патрубка от 1” до 1 1/2”.
- Материал рабочего колеса нерж. сталь.

На стенде установлен электромагнитный клапан типа EV260B (DANFOSS A/S Nordborg, Дания).

Пропорциональный нормально закрытый электромагнитный клапан типа EV260B с электромагнитной катушкой предназначен для бесступенчатого регулирования расходов сред в промышленности.

Технические характеристики нормально закрытого клапана типа EV260B:

- Диапазон давления, бар 0,5 – 10
- Макс испытательное давление, бар 15
- Регулирующая способность более чем 1:20 (5 – 100%)
- Макс. температура окружающей среды от -25 до 50 °С
- Рабочая температура, °С от -10 до + 80 °С
- Расходная характеристика в регулировочном диапазоне линейная
- Напряжение питания 24 В постоянного тока
- Управляющий сигнал катушка BL 4 – 20 мА
- Мощность 20 Вт

Пропорциональное бесступенчатое регулирование расхода среды в клапане EV 260B достигается посредством плавного изменения тока обмоток катушки, которое обеспечивает регулирование втягивающей силы электромагнитной системы.

Когда ток обмоток увеличивается, втягивающая сила электромагнитной системы становится больше прижимающей силы закрывающей пружины и якорь поднимается, открывая регулирующее отверстие в диафрагме, которое благодаря сервоэффекту будет перемещаться вместе с якорем. Клапан будет полностью открытым, когда ток достигнет максимальной величины.

Зависимость между величиной управляющего тока и степенью открытия клапана строго линейная.

В состав пульта управления входят:

- Датчики температуры, давления и расхода

- Контроллер

В качестве датчиков температуры (поз.1а-6а) применяются термометры сопротивления ТС-Б-Р. Термометры соответствуют требованиям ГОСТ Р 8.625-2006.

Основные технические данные:

- Модификация – ТС-Б-Р
- Диапазон измерений – от 0 °С до +180 °С
- Номинальная статическая характеристика (НСХ) преобразования по ГОСТ Р 8.625-2006 – Pt 100
- Температурный коэффициент:  $\alpha=0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры:  $\pm (0,15+0,002 \cdot |t|)$
- Время термической реакции  $\tau_{0,9}/\tau_{0,9}$  не более 8/25 с
- Условное рабочее давление не более 0,6 МПа.

В качестве датчиков давления (поз.1б-9б) применяются преобразователи давления ПДТВХ-1-02, которые предназначены для измерения давления жидких и газообразных сред, его преобразования в электрический унифицированный аналоговый выходной сигнал постоянного тока с нижним и верхним предельными значениями (4...20), (0...20), (0...5) мА соответственно т выходной сигнал постоянного напряжения 0-5, 0-10 В соответственно, передаваемый по линии электрической связи для дистанционной передачи.

Основные технические характеристики:

- |                      |               |
|----------------------|---------------|
| – Диапазон измерений | 0-0,4 МПа.    |
| – Выход              | 4-20 мА.      |
| – Питание            | 9-36 В.       |
| – Погрешность        | $\pm 0,5\%$ . |
| – Класс защиты       | IP65.         |

В качестве датчиков расхода (поз.1г, 2г) применяются ультразвуковые расходомеры РУС.

Прибор предназначен для измерения расхода и объема горячей и холодной воды с кинематической вязкостью от 0,2 до 3 мм<sup>2</sup>/с, содержанием твердых и газообразных веществ не более 3 % от объема, максимальной скоростью потока не более 12 м/с, числом Рейнольдса не ниже Re 10000, давлением не более 2,4 МПа и температурой от 0 до 150 °С, протекающей по двум металлическим напорным трубопроводам – прямому и обратному (возможно использование прибора на одном или двух независимых трубопроводах) диаметром от 15 до 1800 мм в системах водо- и теплоснабжения.

Основные технические характеристики:

- Максимальный расход – 3,5 м<sup>3</sup>/ч.

- Минимальный расход – 0,05 м<sup>3</sup>/ч.
- Коэффициент передачи сигнала – 0,006.
- Длительность запускающего импульса, обеспечивающая максимальную передачу сигнала – 0,4±0,05 мкс.
- Температура измеряемой среды – от -40°С до +150°С.
- Условное давление измеряемой среды не более 6,3 МПа.

В качестве контроллера применяется программируемый логический контроллер, который предназначен для автоматизации инженерных систем зданий и технологических процессов в промышленности. Для расширения возможностей ввода-вывода используется модуль «МС».

Основные технические характеристики модуля расширения МС:

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| – Степень защиты                     | IP20                                      |
| – Питание                            | Внешнее, подается с контроллера           |
| – Максимальная потребляемая мощность | 5Вт                                       |
| – Количество цифровых выходов        | 5 электромагнитных реле                   |
| – Все выходы гальванически развязаны |   |
| – Количество цифровых входов         | 7 + 2 входа с функцией подсчета импульсов |

и измерения частоты

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| – Количество аналоговых выходов         | 2                        |
| – Разрядность АЦП                       | 24 бита                  |
| – Типы подключаемых аналоговых датчиков | ТС-100; 0-10 В; 4-20 мА. |

Для программирования контроллера SMH2Gi используется программа SMLogix.

Свободно программируемый контроллер «SMH2Gi», помимо ОС Linux, содержит в своем составе программу исполнительного ядра «logix» для поддержки работы со средой программирования «SMLogix».

Контроллер поставляется с предустановленной операционной системой Linux и корневой файловой системой с базовым набором необходимых для работы библиотек.

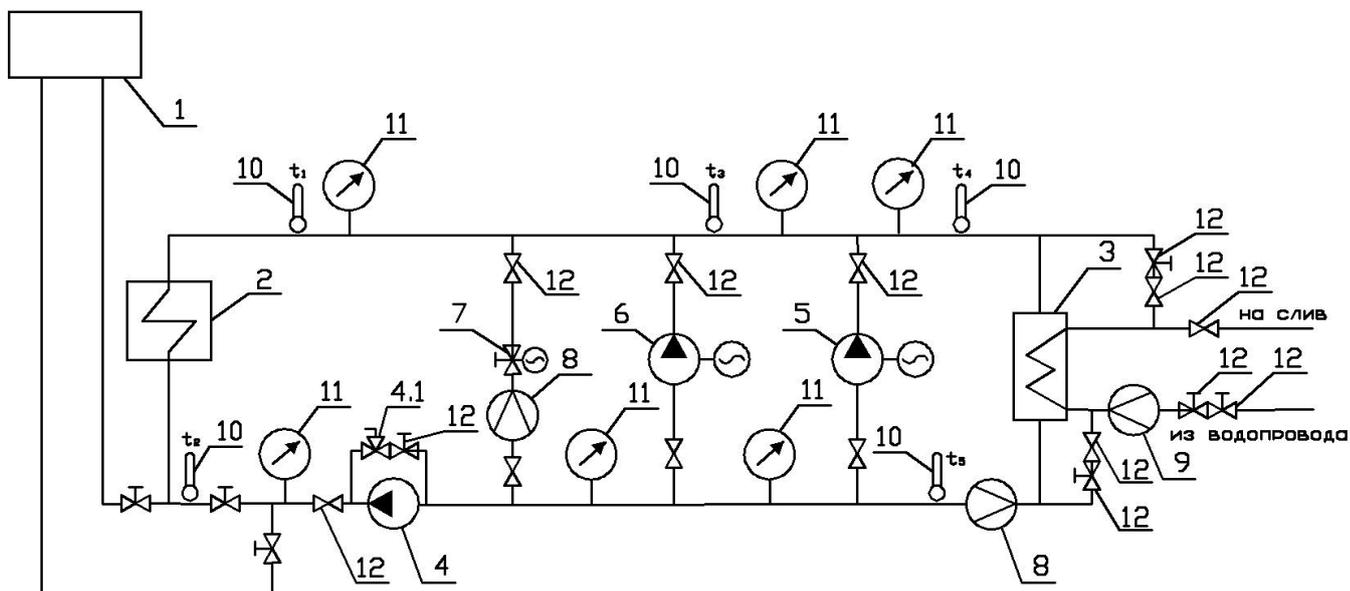
Контроллер «SMH2Gi» позволяет работать в сетях:

- Ethernet по протоколу TCP/IP (Встроенный)
- RS-485 по протоколу Modbus RTU в качестве ведущего (Master) или ведомого (Slave) устройства сети.
- RS-232 по протоколу Modbus RTU. в качестве ведущего или ведомого устройства.

Контроллер имеет встроенный коммуникационный порт Ethernet и возможность для подключения сетевого модуля LonWorks. Настроить сетевые параметры можно, используя программу «SMLogix» или через меню сервисного режима.

В состав системы автоматического регулирования входит исполнительный механизм и регулирующий орган (РО), который характеризуется рабочей расходной характеристикой - зависимостью расхода среды в рабочих условиях от перемещения затвора РО. От формы расходной характеристики в значительной степени зависит качество процесса регулирования. Для нормальной работы системы автоматического регулирования необходимо, чтобы расходная характеристика РО была возможно ближе к линейной.

Схема экспериментального стенда, установленного в учебно-исследовательском центре «АСУ в теплоэнергетике» ИГЭУ, В-346, для исследования функционирования насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном (рисунок 1.13).



**Рисунок 1.13 - Схема экспериментальной установки для исследования функционирования насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном**

1 - ёмкостной подогреватель; 2 – скоростной подогреватель; 3 – пластинчатый теплообменник; 4 – сетевой циркуляционный насос; 4.1 – воздухоотделитель; 5 – насос смешения с ЧРП; 6 – рециркуляционный насос с ЧРП; 7 – регулируемый клапан; 8 – ультразвуковые расходомеры горячей и холодной воды; 9 – счётчик водопроводной воды; 10 – термометр; 11 – манометр; 12 – шаровой кран.

Внешний вид модернизированного экспериментального стенда представлен на фотографии – рисунок 1.14.



Рисунок 1.14 - Внешний вид модернизированного экспериментального стенда

Гидравлическая схема установки состоит из двух контуров: горячего теплоснабжения и холодного. Передача тепловой энергии от горячего теплоносителя к холодному осуществляется в пластинчатом теплообменнике 3. Нагрев воды горячего контура осуществляется последовательно в емкостном 1 и скоростном 2 водонагревателях. Для принудительной циркуляции воды в греющем контуре служит сетевой циркуляционный насос 4, оснащенный ЧРП. Устройство насосного узла смешения включает в себя насос смешения 5 с ЧРП. Узел устройства для устранения «перетопа» состоит из рециркуляционного насоса 6 с ЧРП и регулируемого клапана 7. Расходы горячей и холодной воды измеряются с помощью ультразвукового расходомера 8; расход водопроводной, охлаждающей воды – с помощью водосчетчика крыльчатого типа. Стенд оснащен датчиками давления и температуры 10.

Изменение режимов работы установки можно производить:

- путем изменения электрической нагрузки водонагревателей, что соответствует изменению режима работы источника теплоснабжения;
- путем изменения расхода охлаждающей воды из водопровода с помощью положения вентиля 14, что соответствует различной нагрузке потребителей тепловой энергии.

Автоматизированный узел управления экспериментальной установкой состоит из трех частей:

- сетевая часть узла включает в себя клапан регулятора расхода теплоносителя, клапан регулятора перепада давления с пружинным регулирующим элементом и фильтром;
- циркуляционная часть состоит из циркуляционного насоса, насоса смешения и рециркуляционных насосов с обратными клапанами (их характеристики представлены на рисунке 1.15);
- электронная часть включает регулятор температур (погодный компенсатор), обеспечивающий поддержание температуры греющей воды согласно температурному графику системы отопления, датчик температуры наружного воздуха, датчики температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах и редукторный электропривод клапана регулирования расхода теплоносителя.

Выдерживание температурного графика наряду с устойчивой циркуляцией теплоносителя в гидравлическом контуре установки, осуществляется путем подмеса необходимого количества холодного теплоносителя из обратного трубопровода в подающий с помощью клапана, с одновременным контролем температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах циркуляционного контура.

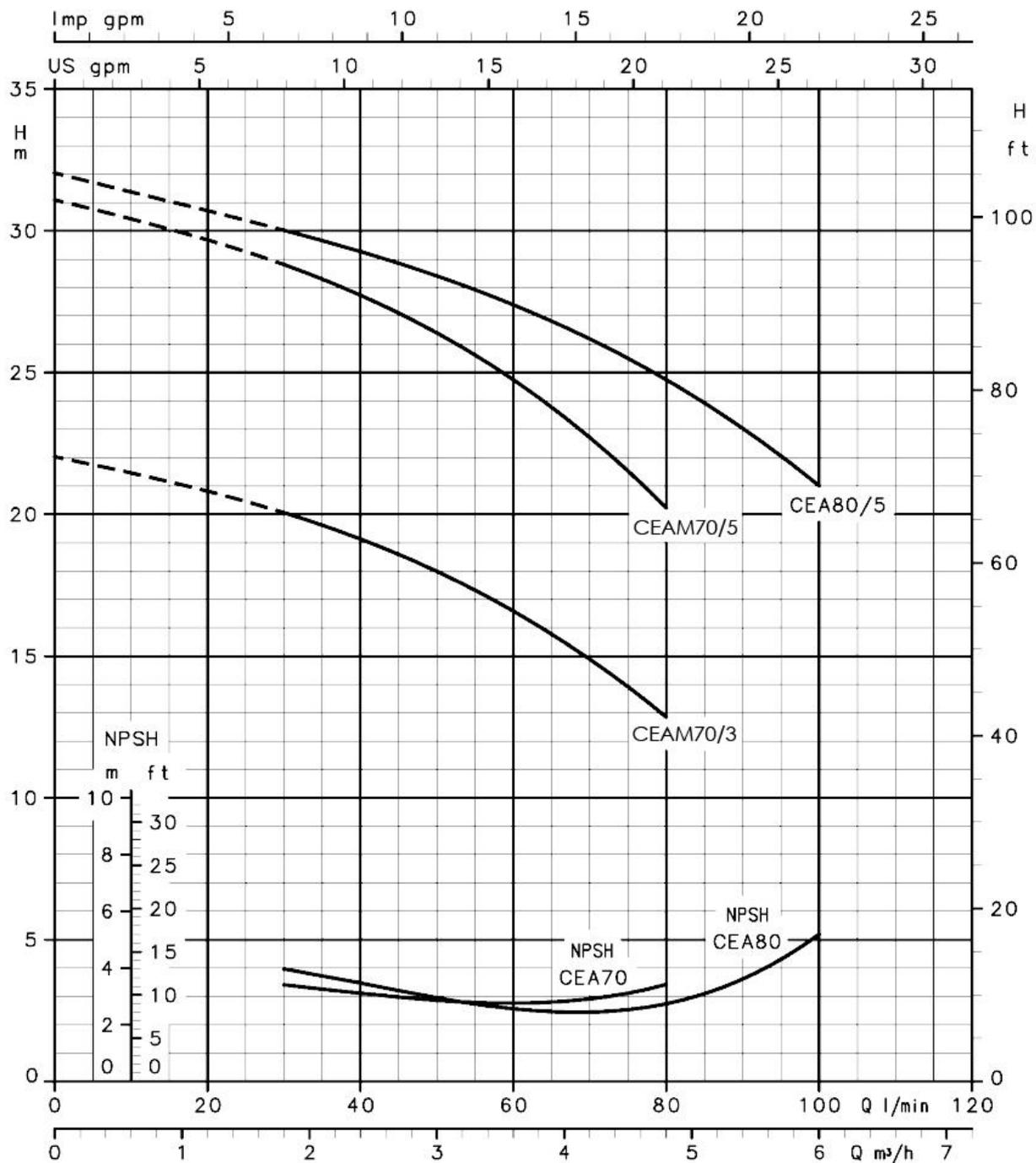


Рисунок 1.15 - Характеристика насосов CEAM 70/3 и CEAM 70/5

Узел управления экспериментальной установкой изображен на рисунке 1.17



**Рисунок 1.16 - Внешний вид узла управления**



Рисунок 1.17 - Узел управления экспериментальной установкой

В состав его входят:

- управляющая ЭВМ;
- многоканальный регистратор;
- вторичные приборы ультразвукового расходомера (для прямого и обратного трубопроводов);
- ЧРП для плавного изменения расхода теплоносителей;
- Контроллер SMH2Gi с пультом управления.

На пульте управления расположены контроллер, три системы управления насосами и система управления регулирующим клапаном.



**Рисунок 1.18 - Пульт управления**

Спецификация на оборудование экспериментального стенда представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Спецификация на оборудование экспериментального стенда

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса, единицы, кг.	Примечания
1.	Электрический водонагреватель наполнительного типа	EWH-80	-	Haustechnik GMBH-AEG Германия	шт.	1		
2.	Проточный электрический водонагреватель	ЭПВН-9,45	-	NIBE	шт.	1		
3.	Пластинчатый теплообменник	SL23TL-10BR25	-	ЗАО «ГД Ридан» г. Н. Новгород				
4.	Насос центробежный	CEAM 70/3	-	Lowara, Италия	шт.	1		
5.	Насос центробежный	CEAM 70/3	-	Lowara, Италия	шт.	1		
6.	Насос центробежный	CEAM 70/5	-	Lowara, Италия	шт.	1		
7.	Клапан регулирующий электромагнитный	EV260B	-	Danfoss, A/S Nordborg Дания	шт.	1		
7а.	Катушка для клапана EV260B	BL21-30D	-	Danfoss, A/S Nordborg Дания	шт.	1		
8.	Расходомер-счетчик ультразвуковой	РЧС-1-015	-	ООО НПО «Наука» г. Чебоксары	шт.	2		
9.	Счетчик горячей воды	СГВ-15Д	-	ООО ПКФ «Бетар» г. Чистополь	шт.	1		
10.	Термометр сопротивления	ТС-Б-Р	-	ООО «Поинт» г. Витебск	шт.	10		
11.	Манометр технический	-	-	«Watts industries» Германия, г. Гамбург	шт.	5		
12.	Клапан регулирующий	25ч943нж	-	ЗИМ «Ф. Козовски» г. Кнежа - Болгария	шт.	1		
14.	Преобразователь избыточного давления	ПДГВХ-1-02	-	ООО НПК «Приборист»	шт.	10		

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудования, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса, единицы, кг.	Примечания
				г. Протвино				
15.	Многофункциональный контроллер	Segnetics SMH2Gi	Freescale iMX27	ООО «СМ-Сигнал», Санкт-Петербург	шт.	1		
16.	Персональный компьютер	-	-	-	шт.	1		

Для предоставления данных в наглядном виде и возможности их использования в системах регулирования используются следующие средства измерения и автоматизации: многофункциональный контроллер SMH2Gi, датчики температуры, давления и расхода, персональный компьютер с установленным программным обеспечением.

Основным элементом данной архитектуры является многофункциональный контроллер SMH2Gi. На него заведены унифицированные сигналы с датчиков давления, расхода и температуры. Полученная информация передается по сети Ethernet на персональный компьютер для дальнейшей обработки.

Задачи, решаемые контроллером:

- сбор информации с датчиков различных типов и ее первичная обработка;
- выдача управляющих воздействий на исполнительные органы;
- контроль технологических параметров и аварийная защита многофункционального оборудования;
- регулирование параметров технологического процесса;
- программно-логическое управление технологическими агрегатами, автоматическое включение и выключение оборудования;
- математическая обработка информации по различным алгоритмам;
- регистрация и архивирование параметров технологических процессов;
- обмен данными;
- передача значений параметров и различных сообщений на панель оператора.

Контроллер имеет 16 аналоговых входов, 8 из которых (0-7) - каналы измерения сигналов термометров сопротивления, остальные – сигналов тока.

Значения аналогового канала представлены в виде знакового целого. Минимальному значению измеряемого сигнала соответствует код 0000h (в десятичном виде - 0), максимальному – код 3FFFh (в десятичном виде – 16383). Таким образом:

0..5 мА	0..20 мА	4..20 мА
0..16383	0..16383	0..16383

Протокол TCP/IP используется для обмена данными с контроллером SMH2GI.

Многофункциональный контроллер SMH2GI предназначен для построения управляющих и информационных систем автоматизации технологических процессов малого и среднего уровня сложности и широким динамическим диапазоном изменения технологических параметров, а также построения отдельных подсистем сложных АСУ ТП. Контроллер используется для сбора, обра-

ботки информации и управления объектами в схемах автономного управления или в составе распределенной системы управления на основе локальных сетей уровней LAN и Fieldbus.

Конструкция контроллера позволяет встраивать его в стандартные монтажные шкафы или другое монтажное оборудование, которое защищает от воздействий внешней среды, обеспечивает подвод сигнальных проводов и ограничивает доступ к контроллеру. Контроллер может работать в автономном режиме, в режиме удаленного терминала связи и в смешанном режиме.

Основные области применения контроллера:

- системы управления центральными тепловыми пунктами (ЦТП) и другими объектами теплоэнергетики;
- АСУ ТП малой и средней сложности предприятий с непрерывными или дискретными технологическими процессами различных отраслей (энергетические, химические, нефте- и газодобывающие, машиностроительные, сельскохозяйственные, пищевые производства, производство стройматериалов, предприятия коммунального хозяйства т.п.);
- управление механизмами, агрегатами, линиями и т.п. как автономно, так и в составе распределенных АСУ ТП.
- контроллер предназначен для работы:
  - как автономное устройство управления небольшими объектами (автономный режим);
  - как удаленный терминал связи с объектом в составе распределенных систем управления (режим удаленного терминала связи);
  - одновременно как локальное устройство управления и как удаленный терминал связи с объектом в составе сложных распределенных систем управления (смешанный режим).

Задачи, решаемые контроллером:

- сбор информации с датчиков различных типов и ее первичная обработка (фильтрация сигналов, линеаризация характеристик датчиков, сигналов и т.п.);
- выдача управляющих воздействий на исполнительные органы различных типов;
- контроль технологических параметров и аварийная защита многофункционального оборудования;
- регулирование параметров по различным законам;
- логическое, программно-логическое управление технологическими агрегатами, автоматическое включение и выключение многофункционального оборудования;
- математическая обработка информации по различным алгоритмам;
- регистрация и архивирование параметров технологических процессов;

- обмен данными в распределенных системах, обмен данными с другими контроллерами, работа с интеллектуальными датчиками;
- обслуживание оператора-технолога, прием и исполнение команд, аварийная, предупредительная и рабочая сигнализация, индикация значений прямых и косвенных параметров, передача значений параметров и различных сообщений на панель оператора и в SCADA-систему верхнего уровня;

В автономном режиме контроллер решает задачи информационной емкости до 80 каналов. При этом управление объектом производится прикладной программой, которая хранится в энергонезависимой памяти контроллера. Программирование контроллера осуществляется с помощью системы программирования ISaGRAF PRO компании ICS Triplex. Загрузка подготовленных прикладных программ в память контроллера для отладки производится по сети Ethernet. Для отображения информации и управления может применяться графическая панель оператора V04M. Программирование панели оператора выполняется на персональном компьютере с помощью программы VisiBuilder разработки НПКФ «Дейтамикро»

Все компоненты, за исключением эмулятора контроллера, объединены в рамках интегрированной среды разработки.

Управляющая программа в этом режиме исполняется на вычислительном устройстве верхнего уровня иерархии (например, на промышленном компьютере), соединенном с контроллером по последовательному интерфейсу RS-232/RS-485 или по сети Ethernet (TCP/IP). В этом случае контроллер обеспечивает сбор информации с объекта и выдачу управляющих воздействий на объект. Следует отметить, что данный вариант является неоптимальным, так как не использует полностью интеллектуальные возможности контроллера в распределенной системе управления.

В этом режиме управление объектом производится прикладной программой, хранящейся в энергонезависимой памяти контроллера. При этом контроллер подключен к сети Ethernet, что позволяет вычислительному устройству верхнего уровня иерархии иметь доступ к значениям входных и выходных сигналов контроллера и значениям рабочих переменных прикладной программы, а также воздействовать на эти значения. В контроллере могут быть использованы все свободные интерфейсы, а также его индикатор. Данный вариант в наибольшей степени использует ресурсы контроллера SMH2GI и позволяет создавать с его помощью гибкие и надежные распределенные АСУ ТП любой информационной мощности (до десятков тысяч каналов). При этом обеспечивается живучесть отдельных подсистем.

Контроллер SMH2GI может применяться в качестве устройства телеметрии, работающего в системах мониторинга и осуществляющего контроль за функционированием необслуживаемых промышленных объектов и объектов ЖКХ: тепловых пунктов, котельных, насосных станций, газораспределительных пунктов и трансформаторных подстанций. Контроллер архивирует контро-

лируемые параметры, передает текущие и архивные данные, а также предупредительные и аварийные сообщения, в систему верхнего уровня (уровень оперативного диспетчерского управления). В качестве канала связи для передачи сообщений функционировании контролируемого объекта во многих случаях предпочтительно использовать сотовые сети стандарта GSM (хотя возможно использование связи по коммутируемым и выделенным телефонным линиям или по радиоканалу).

Наиболее простым и дешевым решением передачи данных в сотовых сетях является передача данных в режиме GPRS. Телеметрические данные также можно передавать и получать в режиме соединения двух GSM-модемов.

Контроллер SMH2GI рекомендуется применять совместно с GSM/GPRS модемом TELECON 100. Применение GSM/GPRS модема TELECON 100 позволяет оптимально реализовать передачу данных с приборов учета (тепловычислителей, расходомеров, электросчетчиков), а также текущих и архивных данных о ходе технологического процесса из энергонезависимой памяти контроллера. Модем TELECON 100 поддерживается системным программным обеспечением контроллера. Для передачи данных контроллер использует режим GPRS или модемное соединение. Для обмена данными с контроллером SMH2GI используется протокол на базе TCP/IP.

Для организации обмена создаются два логических канала связи:

- основной, по которому запросы контроллеру посылает верхний уровень, запросы могут быть следующих типов:
  - запрос на чтение текущих значений переменных контроллера;
  - запрос на запись значений переменных контроллера;
  - запрос на чтение статистических данных по номеру блока данных (к статистическим данным относятся как статистика самого контроллера, так и подключенных к нему приборов учета);
  - запрос на чтение статистических данных по дате и времени;
- аварийный, по которому контроллер отправляет инициативные сообщения, содержащие текущие значения переменных контроллера, система верхнего уровня, получив сообщение от контроллера, отправляет подтверждение о получении. По одному запросу можно читать группу переменных контроллера, конфигурация группы переменных должна быть задана верхним уровнем на этапе настройки обмена, заданная конфигурация запросов сохраняется в энергонезависимой памяти контроллера. Ответы на запросы верхнего уровня и хранение конфигурации обеспечивает СПО контроллера.

Конфигурация инициативных сообщений (задание кода сообщения и определение группы переменных, передаваемых в этом сообщении) производится при помощи конфигуратора контроллера. Система верхнего уровня может изменить набор переменных, передаваемых в сообще-

ние с определенным кодом. Для отправки сообщения пользователь должен предварительно сконфигурировать инициативное сообщение (конфигурация сохранится в энергонезависимой памяти контроллера), а непосредственно для инициации отправки пользовательская задача должна записать код сообщения в переменную контроллера alarm, по факту этой записи СПО контроллера сформирует на основе заданной конфигурации сообщение и отправит его по аварийному каналу. Инициативные сообщения с кодом меньше 65536 являются *авариями (или аварийными сообщениями)*, для них предусмотрена дополнительная обработка. После записи кода аварии в переменную alarm СПО сохраняет аварию в архиве аварийных сообщений. Архив аварийных сообщений представляет собой кольцевой буфер размером 2000 сообщений. Помещается архив в энергонезависимую память контроллера.

После записи в архив аварийных сообщений СПО отправляет информацию об аварии системе верхнего уровня, если предусмотрен канал связи с верхним уровнем. Если в системе присутствует аварийный канал, то авария должна быть отправлена по нему. Авария отправляется по инициативе контроллера.

Внешний вид контроллера SMH2Gi приведен на рисунке 1.19.



Рисунок 1.19 - Внешний вид контроллера

Технические характеристики контроллера SMH2Gi:

- Номинальное входное питающее напряжение 18...36В
- Потребляемая мощность не более 10Вт.
- Контроллер - Freescale iMX27 с ядром ARM926EJ-S, 32bit
- Рабочая частота микроконтроллера 400МГц
- Операционная система Linux 2.6.29
- Размер и тип оперативной памяти 64 Mbyte DDR

– Размер и тип флэш-памяти	128MByte NAND Flash
– Клавиатура	23 кнопки
– Графический дисплей	Тип – STN, монохромный 192 x 64 точки , диагональ - 4,1"

Основные технические характеристики модуля расширения МС:

– Степень защиты	IP20
– Питание	Внешнее, подается с контроллера
– Максимальная потребляемая мощность	5Вт
– Количество цифровых выходов	5 электромагнитных реле
– Все выходы гальванически развязаны	
– Количество цифровых входов	7 + 2 входа с функцией подсчета импульсов и измерения частоты
– Количество аналоговых выходов	2
– Разрядность АЦП	24 бита
– Типы подключаемых аналоговых датчиков	ТС-100; 0-10 В; 4-20 мА.

Для программирования контроллера SMH2Gi используется программа SMLogix.

Свободно программируемый контроллер «SMH2Gi», помимо ОС Linux, содержит в своем составе программу исполнительного ядра «logix» для поддержки работы со средой программирования «SMLogix».

Контроллер поставляется с предустановленной операционной системой Linux и корневой файловой системой с базовым набором необходимых для работы библиотек.

Контроллер «SMH2Gi» позволяет работать в сетях:

- Ethernet по протоколу TCP/IP (Встроенный)
- RS-485 по протоколу Modbus RTU в качестве ведущего (Master) или ведомого (Slave) устройства сети.
- RS-232 по протоколу Modbus RTU. в качестве ведущего или ведомого устройства.

Контроллер имеет встроенный коммуникационный порт Ethernet и возможность для подключения сетевого модуля LonWorks. Настроить сетевые параметры можно, используя программу «SMLogix» или через меню сервисного режима.

В состав системы автоматического регулирования входит исполнительный механизм и регулируемый орган (РО), который характеризуется рабочей расходной характеристикой - зависимостью расхода среды в рабочих условиях от перемещения затвора РО. От формы расходной характеристики в значительной степени зависит качество процесса регулирования. Для нормальной работы системы автоматического регулирования необходимо, чтобы расходная характеристика РО была, возможно, ближе к линейной.



**Рисунок 1.20 - Пластинчатый теплообменник**



**Рисунок 1.21 - Водоподогреватель ёмкостного типа**

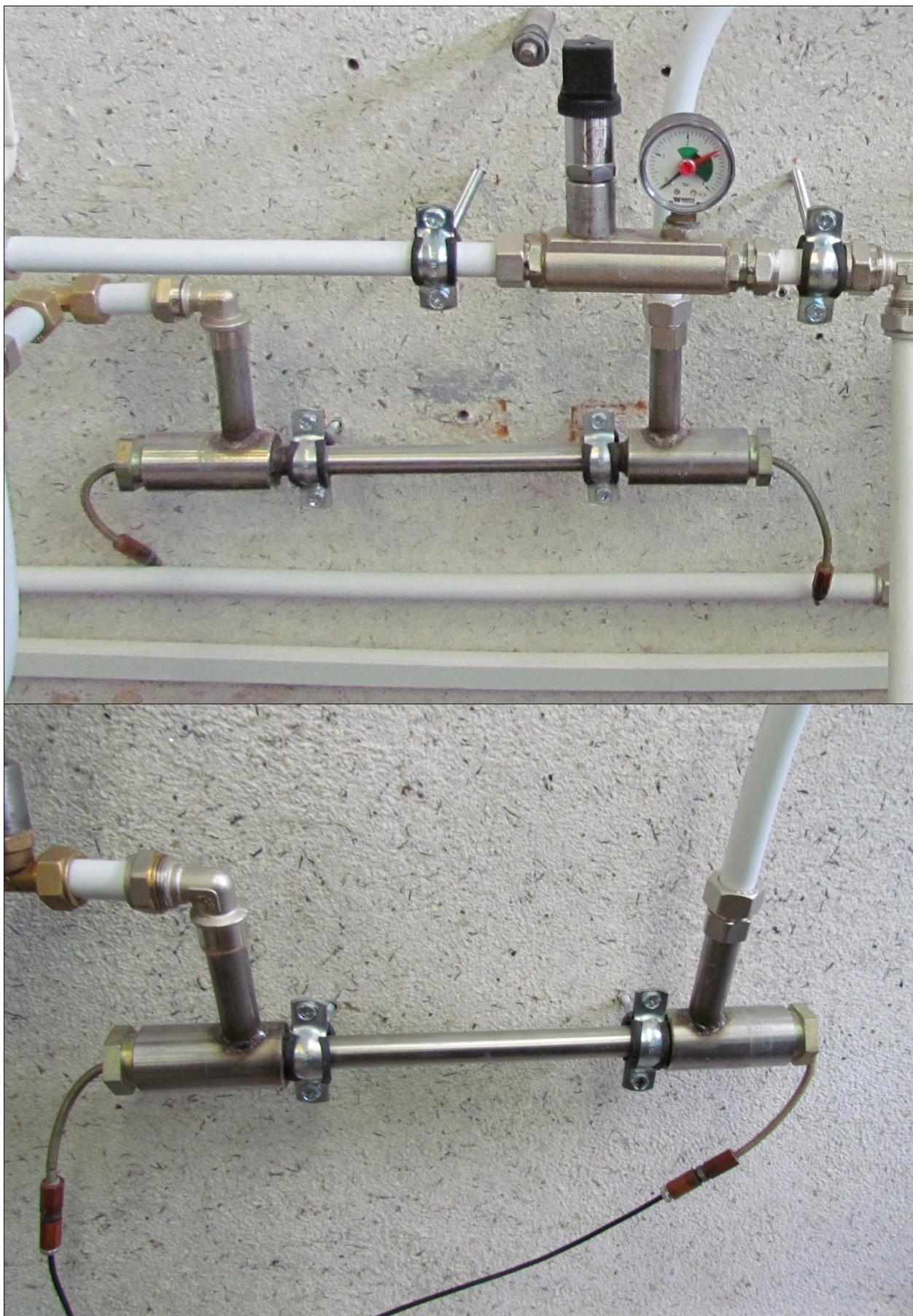
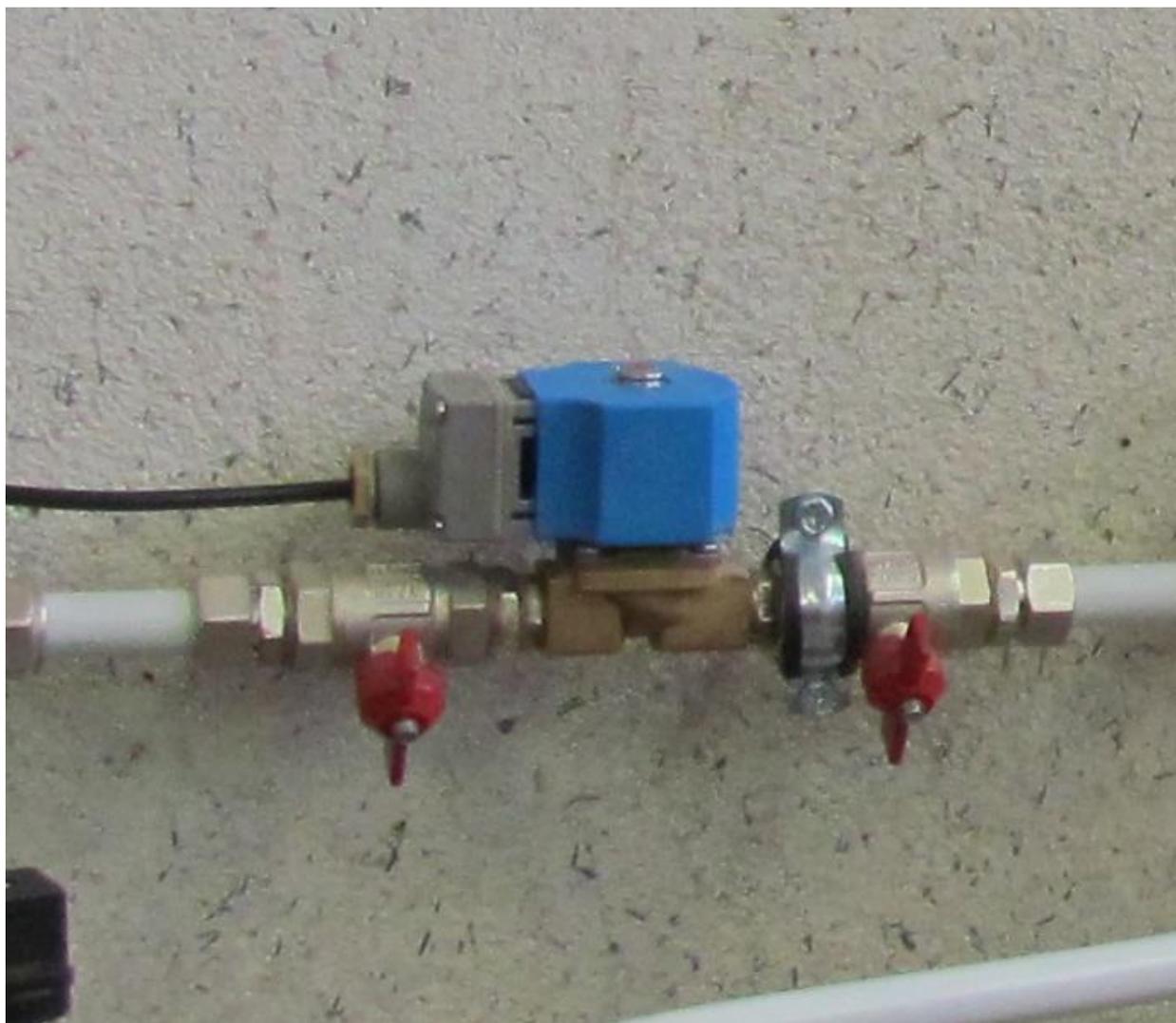


Рисунок 1.22 - Ультразвуковые расходомеры



Рисунок 1.23 - Ультразвуковой расходомер (вторичный прибор)



**Рисунок 1.24 - Регулирующий клапан с приводом**



**Рисунок 1.25 - Насос смешения и рециркуляционный насос смешения с ЧРП**



Рисунок 1.26 - Сетевой насос



Рисунок 1.27 - Электрический проточный водонагреватель

Акт изготовления экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном дан в приложении В. В настоящее время проводится подготовительная работа для проведения исследовательских испытаний.

## **Выводы по 1 разделу**

1. Разработан и смонтирован экспериментальный образец термогидравлического распределителя в ИТП «Гараж» по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2а, УПМ.

Акт изготовления экспериментального образца термогидравлического распределителя от 12 января 2012 года представлен в приложении В.

Разработана конструкторская документация (КД) на экспериментальный образец термогидравлического распределителя, без присвоения литеры, по ГОСТ 2.103-68\* с изменением №1.

2. Разработаны и смонтированы экспериментальные образцы насосного узла смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в учебно-исследовательском центре «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346.

Акт изготовления экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном 2 марта 2012 года представлен в приложении В.

Разработана конструкторская документация (КД) на экспериментальные образцы насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном, без присвоения литеры, по ГОСТ 2.103-68\* с изменением №1.

## **2 Проведение экспериментальных исследований в соответствии с планом исследований, программой и методиками испытаний.**

### **2.1 Проведение экспериментов в соответствии с планом исследования, планом эксперимента термогидравлического распределителя**

Для проведения исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя была разработана программа и методика исследовательских испытаний 16.516.11.6089 ПМ, представленная в приложении Д.

Объект испытаний – термогидравлический распределитель в совокупности с функционально – связанным с ним оборудованием. Планирование исследовательских испытаний термогидравлического распределителя заключается в проверке соответствия технических характеристик объекта испытания требованиям, установленным в ТЗ. Объект испытания считается выдержанным проверку, если выполняются требования, приведенные в разделе 4 настоящей программы.

Акт испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя с приложениями протоколов испытаний по каждому пункту программы и методикам исследовательских испытаний подписан членами приемочной комиссии ИГЭУ и утвержден приказом ректора ИГЭУ (приложение Г).

Комиссией установлено, что программа исследовательских испытаний термогидравлического распределителя выполнена полностью; состав и комплектность объекта испытаний соответствует технической документации; объект и его техническая документация выдержали исследовательские испытания по программе и методикам исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.

Выводы комиссии: объект испытаний и его документация готовы для предъявления на приемочные испытания. Планируется индивидуальный тепловой пункт «Гараж» ИГЭУ ввести в эксплуатацию в начале отопительного сезона 2012 – 2013 гг.

#### **2.1.1 Результаты проведения исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя**

В соответствии с программой проведения исследовательских испытаний в период с 13 января по 27 января 2012 г были проведены испытания экспериментального образца термогидравлического распределителя. Испытания проводились в тепловом пункте «Гараж» ИГЭУ.

На 1 этапе исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя были проверены полученные по результатам математического описания ТГР

утверждения независимости контура сетевой воды и контуров потребителей – системы отопления и горячего водоснабжения. На рисунке 2.1 представлена схема проведения эксперимента по данному этапу.

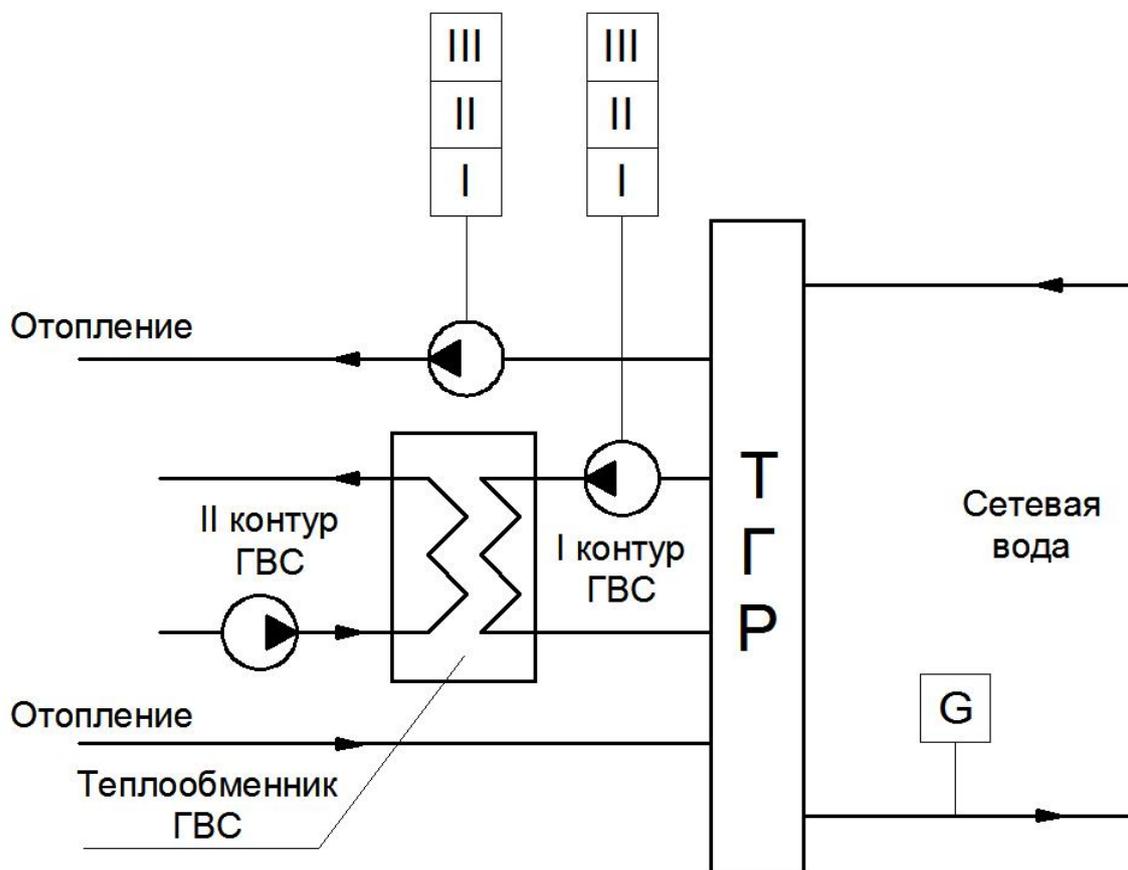


Рисунок 2.1 - Схема проведения эксперимента по проверке независимости контура сетевой воды

где, G – место установки накладного ультразвукового расходомера; I, II, III – числа оборотов электродвигателя циркуляционных насосов отопления и горячего водоснабжения.

В таблице 2.1 представлены результаты проведенного эксперимента, доказывающие независимость расхода воды от изменений расходов циркуляционной воды в контурах системы отопления и ГВС потребителей. Изменения расходов в контурах потребителей осуществлялось переключателем диапазона числа оборотов электродвигателя насосов - I, II, III.

Таблица 2.1 - Расход сетевой воды в зависимости от диапазона числа оборотов электродвигателя насосов систем отопления и ГВС

Измеренный расход сетевой воды, м <sup>3</sup> /ч	Диапазон числа оборотов эл. двигателя насосов системы	
	отопление	ГВС
4,86 – 4,9	I	III
4,85 – 4,91	I	II
4,87 – 5,06	I	I
4,95 – 5,04	III	III

Приведенные в таблице 2.1 данные подтверждают независимость расхода сетевой воды от изменения нагрузки потребителей – системы отопления и ГВС. Это замечательное свойство для применения ТГР в тепловых схемах децентрализованного теплоснабжения.

Первая серия экспериментов выявила недостатки в реализации данной схемы реконструкции теплового пункта. На рисунке 2.2 представлена термограмма ТГР, относящаяся к первой серии опытов. Как известно, ТГР за счет организации направления потоков теплоносителя разделяется на две зоны: верхнюю – зону нагрева и нижнюю – зону охлаждения. Как видно из термограммы разность температур воды между подающим сетевым трубопроводом и трубопроводом первичного контура ГВС была значительной и составляла  $63,24 - 52,32 = 10,92$  °С. Это приводило к тому, что температура нагреваемой воды вторичного контура ГВС снижалась и была ниже нормативно требуемой, т.е. менее 55°С.

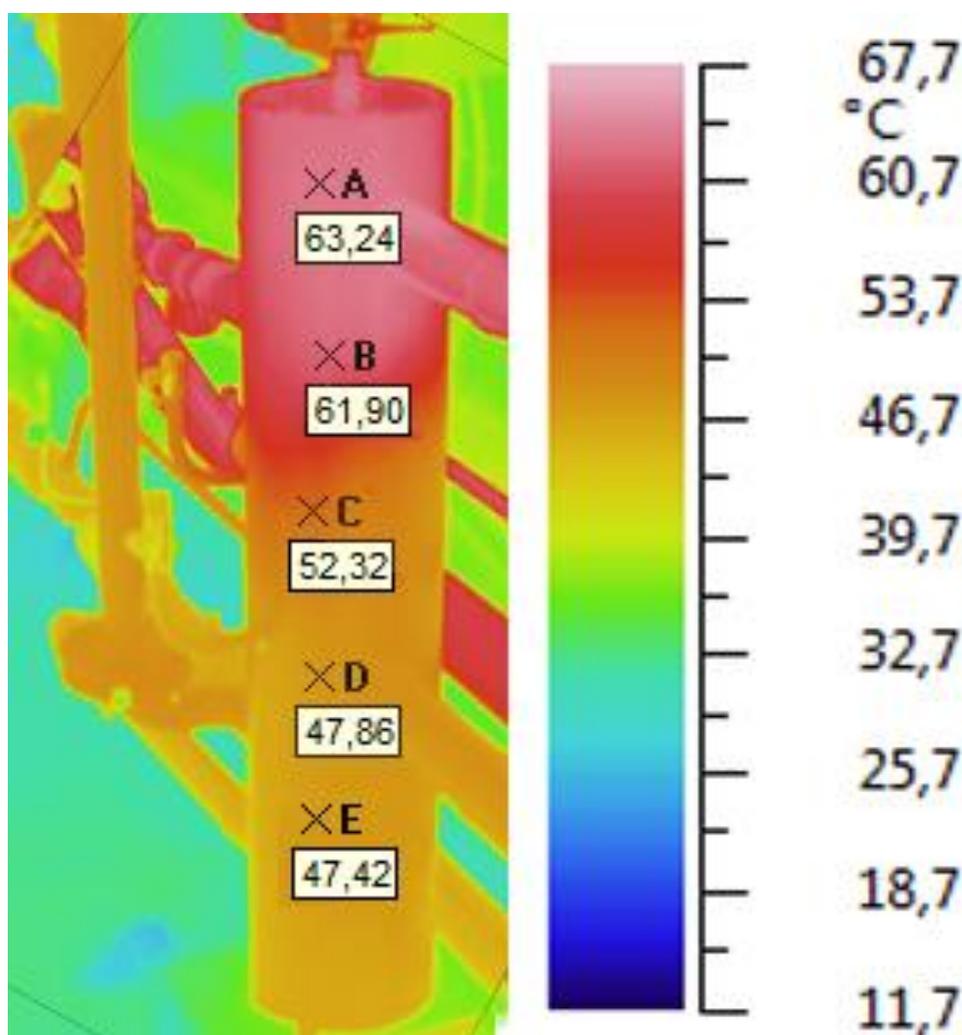


Рисунок 2.2 – Термограмма ТГР (первая серия экспериментов)

Анализ результатов эксперимента выявил следующее:

- как указывалось ранее на подающем трубопроводе сетевой воды ГВС была установлена диафрагма внутренним диаметром 17,25 мм согласно выполненному гидравлическому расчету тепловых сетей ИГЭУ;

- к сожалению, к началу проведения экспериментов ОГМ ИГЭУ не смог во время отопительного сезона поменять диафрагмы у всех потребителей тепловой энергии, было предложено заменить расчетную диафрагму диафрагмой с большим внутренним диаметром – 30 мм.

Проведенная вторая серия экспериментов (смотри рисунок 2.3) с диафрагмой 30 мм показала на термограмме ТГР равномерный прогрев верхней части ТГР. Так разность температур между сетевой водой, приходящей из котельной и водой первичного контура на теплообменнике ГВС составляла  $63,48-62,73=0,75^{\circ}\text{C}$  (в пределах точности определения значения температуры стенки пирометра). После окончания отопительного сезона ОГМ ИГЭУ будет проведена полностью наладка тепловых сетей и опыты будут повторены с новой диафрагмой.

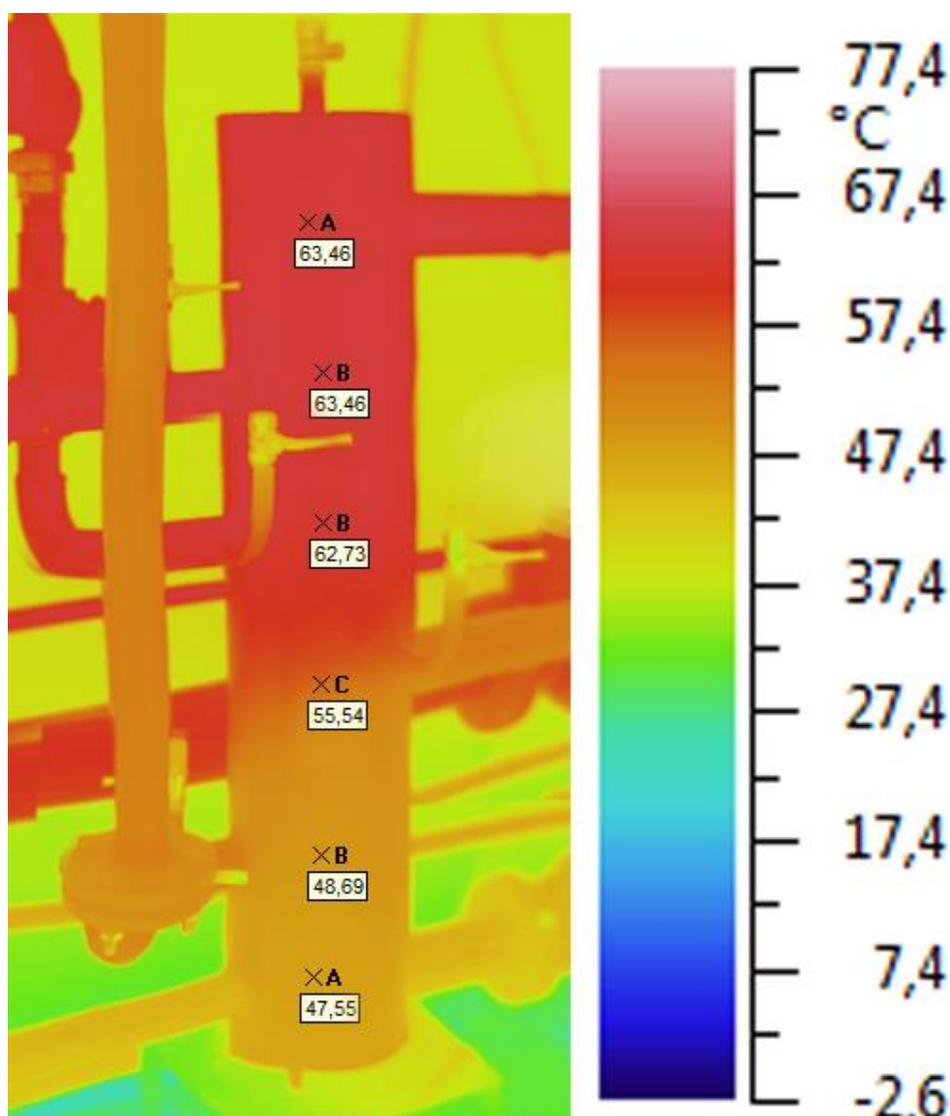


Рисунок 2.3 - Термограмма ТГР (вторая серия экспериментов)

Проведённые исследовательские испытания термогидравлического распределителя в составе ИТП показали, что с помощью ТГР обеспечивается стабильность расхода сетевой воды на тепловой пункт и независимость расхода воды на отопление при изменении расхода на горячее водоснабжение.

## **2.2 Проведение экспериментов в соответствии с планом исследования, планом эксперимента насосного узла смешения с ЧРП**

Для проведения исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП была разработана программа и методика исследовательских испытаний 16.516.11.6089 ПМ01, представленная в приложении Д.

Объект испытаний – насосный узел смешения с ЧРП в совокупности с функционально – связанным с ним оборудованием. Планирование исследовательских испытаний насосного узла смешения с ЧРП заключается в проверке соответствия технических характеристик объекта испытания требованиям, установленным в ТЗ. Объект испытания считается выдержанным проверкой, если выполняются требования, приведенные в разделе 4 настоящей программы.

Акт испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП с приложениями протоколов испытаний по каждому пункту программы и методикам исследовательских испытаний подписан членами приемочной комиссии ИГЭУ и утвержден приказом ректора ИГЭУ (приложение Г).

Комиссией установлено, что программа исследовательских испытаний насосного узла смешения с ЧРП выполнена полностью; состав и комплектность объекта испытаний соответствует технической документации; объект и его техническая документация выдержали исследовательские испытания по программе и методикам исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП.

Выводы комиссии: объект испытаний и его документация готовы для предъявления на приемочные испытания.

В соответствии с программой проведения исследовательских испытаний в период с 5 марта по 10 апреля 2012 г были проведены испытания экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном. Испытания проводились в учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» ИГЭУ.

Проведение исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном было осуществлено в два этапа:

1) На первом этапе был осуществлен так называемый вычислительный эксперимент. Проведение вычислительного эксперимента было вызвано тем, что планируемый физический эксперимент ввиду сложности его осуществления и трудности его выявления основных факторов, определяющих свойства изучаемого объекта исследования, мог дать непредсказуемый результат.

Компьютерные модели, как инструмент материального моделирования широко используются для решения прикладных задач в теплотехнике и гидравлике. Компьютерные модели обычно используют для получения новых знаний о моделируемом объекте или для приближенной оценки поведения систем, достаточно сложных для аналитического решения. Цель компьютерного моделирования объекта исследования состояла в проведении серии вычислительных экспериментов на компьютере для анализа, интерпретации и сопоставления результатов моделирования с реальным поведением изучаемого объекта исследований и, при необходимости, последующем уточнении математической модели и т.д.

Была разработана компьютерная модель объекта исследования, реализующая абстрактную модель устройства насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

Основные этапы проведенного компьютерного моделирования:

- постановка задачи определения объекта моделирования;
- разработка концептуальной модели выявлению ее основных элементов и элементарных актов взаимодействия;
- формализация, т.е. переход к математической модели;
- создание алгоритма и написания программы;
- планирование и проведение компьютерных экспериментов.

2) Второй этап – проведение экспериментальных исследований на физической модели.

### **2.2.1 Вычислительный эксперимент «Компьютерная модель насосного узла смешения с ЧРП»**

На рисунках 2.4 – 2.16 представлена компьютерная модель насосного узла смешения с ЧРП. Исходные данные, необходимые для моделирования объекта исследования:

$$u = \frac{T_1 - T_2}{T_3 - T_2} = \frac{G_2}{G_1} \quad (2.1)$$

где:

$u$  – коэффициент смешения;

$T_1$  – температура в прямом трубопроводе тепловой сети, °С;

$T_2$  – температура в обратном трубопроводе тепловой сети, °С;

$T_3$  – температура смеси в прямом трубопроводе потребителя тепловой энергии, °С;

$G_1$  – расход воды в тепловой сети, м<sup>3</sup>/ч;

$G_2$  – расход воды, необходимой для подмешивания в рециркуляционном трубопроводе, м<sup>3</sup>/ч;

$\Delta \tau$  – время протекания переходного процесса (время интегрирования), сек.

Необходимо определить:

$T_3, G_2, G_3$

$G_3$  – расход воды в прямом трубопроводе потребителя тепловой энергии.

Была проведена серия вычислительных экспериментов, представленная в таблице 2.2

**Таблица 2.2 - Результаты эксперимента компьютерной модели насосного узла смешения с ЧРП**

№ п/п	Исходные данные				Результаты					
	U	T <sub>1</sub> , °C	T <sub>2</sub> , °C	G <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /ч	$\tau_n$ , с	$\tau_k$ , с	$\Delta \tau$ , с	T <sub>3</sub> , °C	G <sub>2</sub> , м <sup>3</sup> /ч	G <sub>3</sub> , м <sup>3</sup> /ч
1	2,2	150	70	2	5	25	20	95	4,4	6,4
2	1,4	130	70	2	102	121	19	95	2,8	4,8
3	0,8	115	70	2	211	234	23	95	1,6	3,6
4	0	95	70	2	323	335	12	95	0	2
5	0,67	75	50	2	16	35	19	65	1,34	3,34
6	0,33	70	50	2	11	28	17	65	0,66	2,66
7	0	65	50	2	180	191	11	65	0	2
8	1,5	75	50	2	17	37	20	60	3,0	5,0
9	1	70	50	2	137	158	21	60	2,0	4,0
10	0,5	65	50	2	251	270	19	60	1,0	3,0
11	2,5	75	40	2	365	380	15	50	5,0	7,0
12	2	70	40	2	504	523	19	50	4,0	6,0
13	1,5	65	40	2	679	702	23	50	3,0	5,0

Насосный узел смешения применим в системах централизованного теплоснабжения с температурными графиками более 95/70 °С.

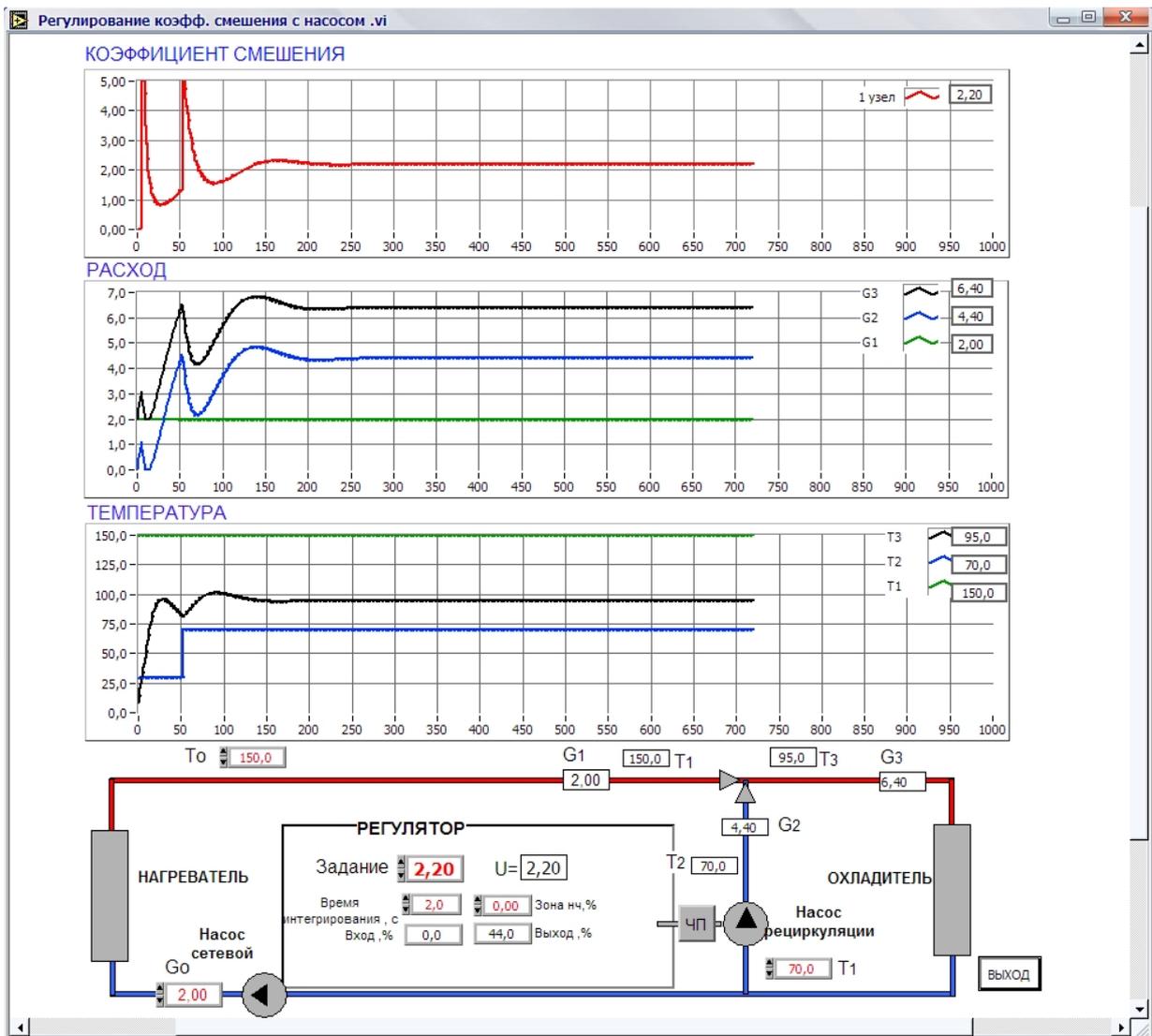


Рисунок 2.4 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП при температурном графике 150/70°C

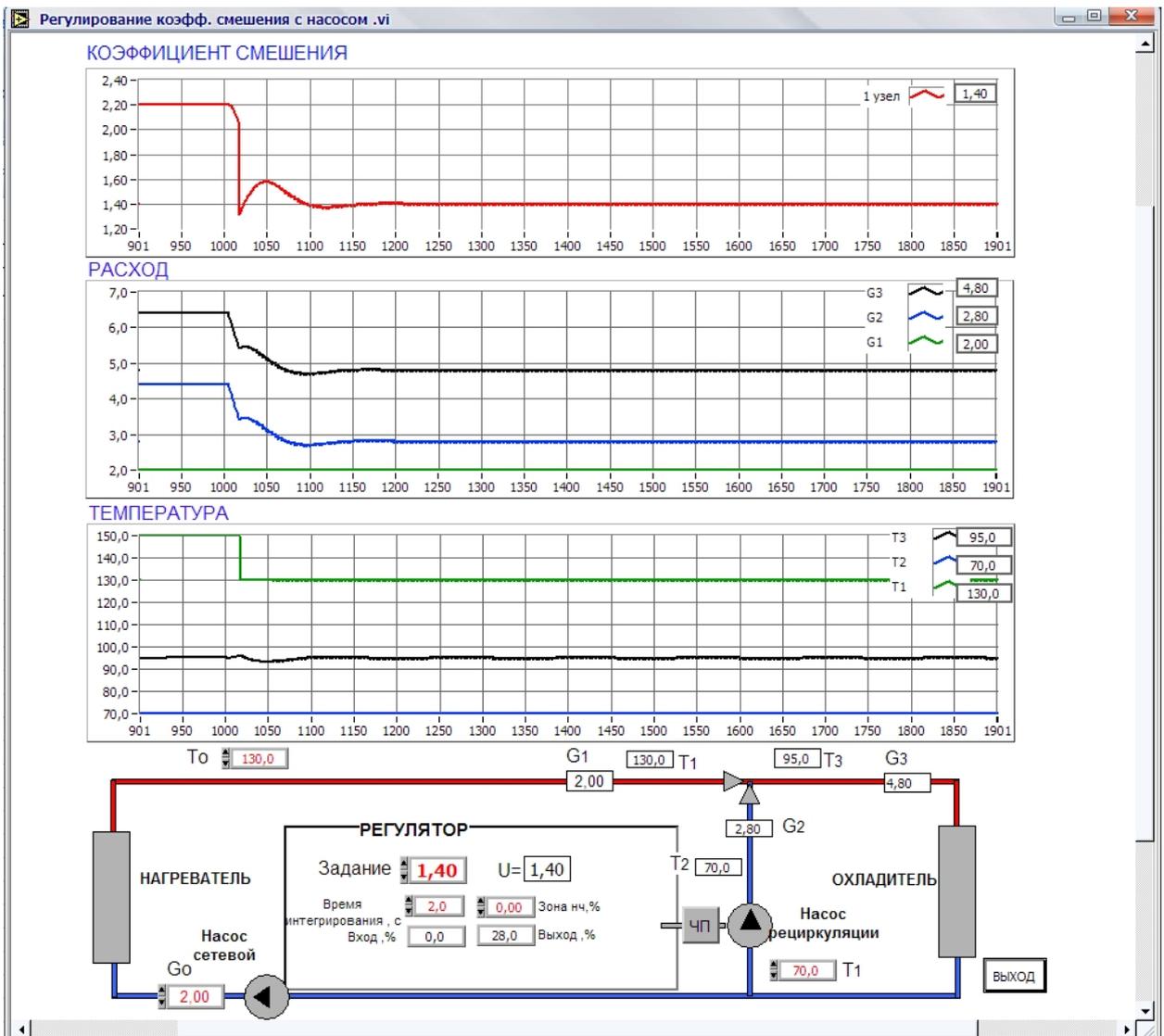


Рисунок 2.5 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП при температурном графике 130/70°C

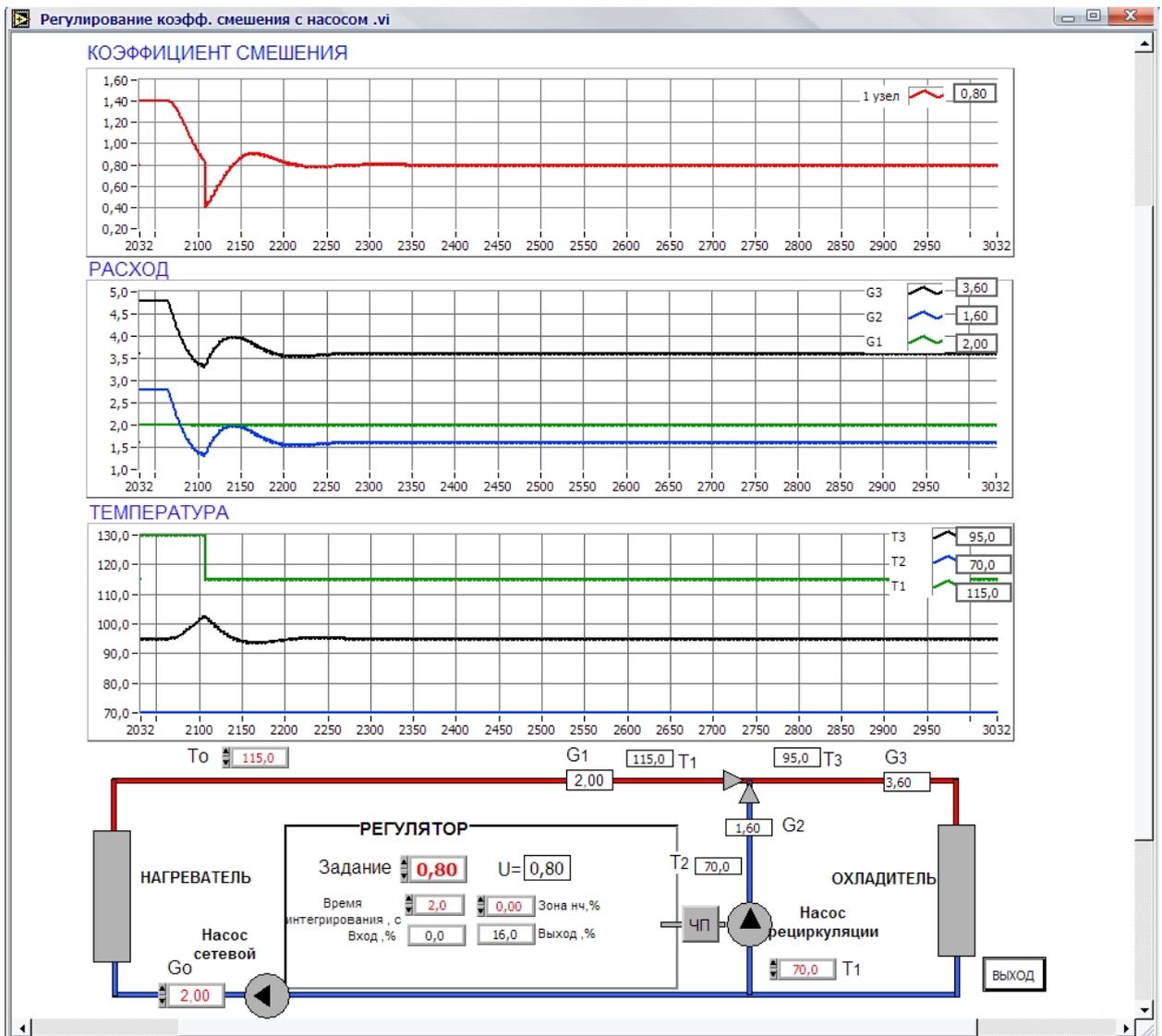


Рисунок 2.6 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП при температурном графике 115/70°C

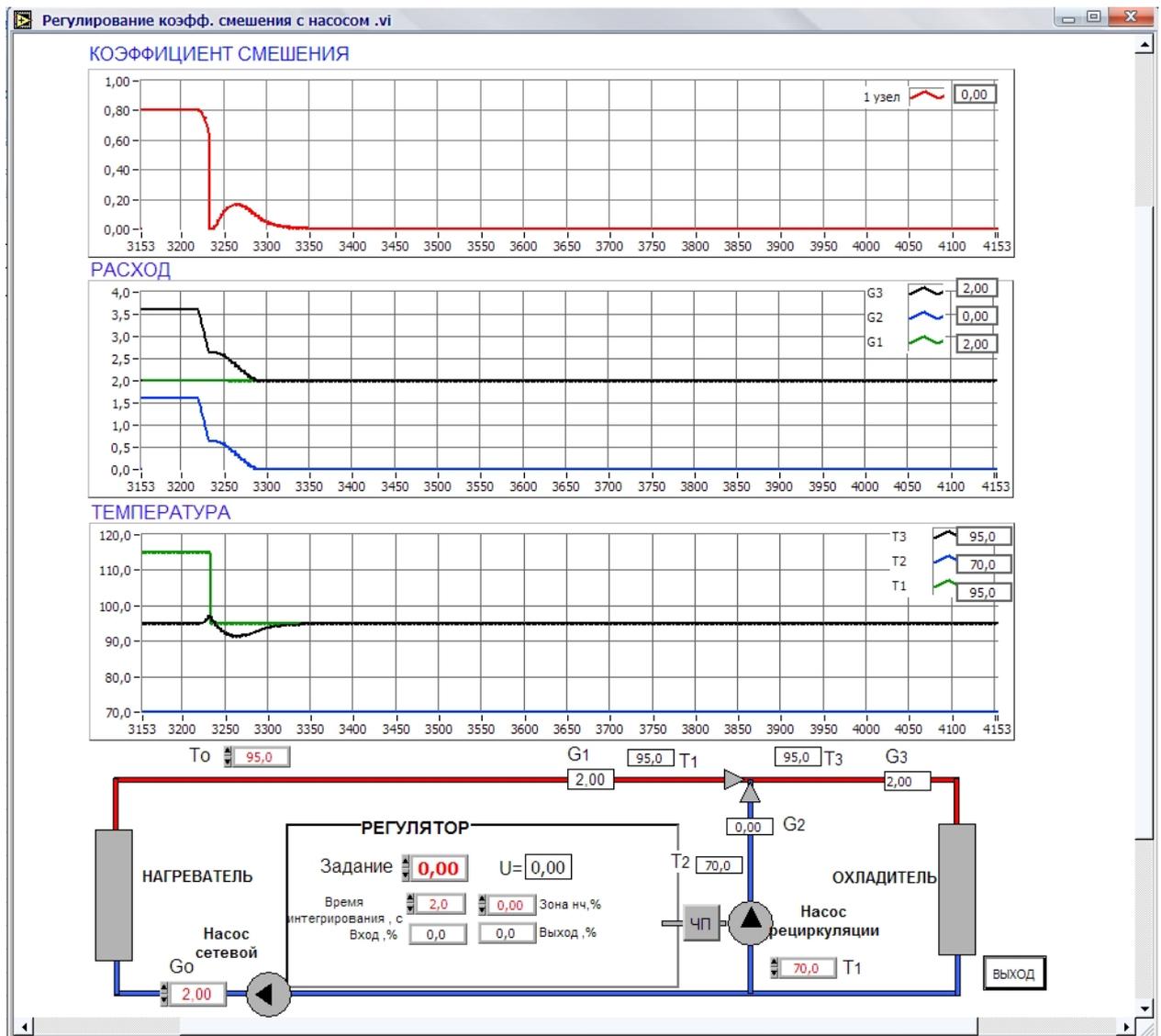


Рисунок 2.7 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП при температурном графике 95/70°С

Так как на реальной физической модели насосного узла смешения максимальная температура воды в подающем трубопроводе не может превышать 75°С, был смоделирован данный режим для сопоставления с реальным поведением объекта исследования на реальной модели.

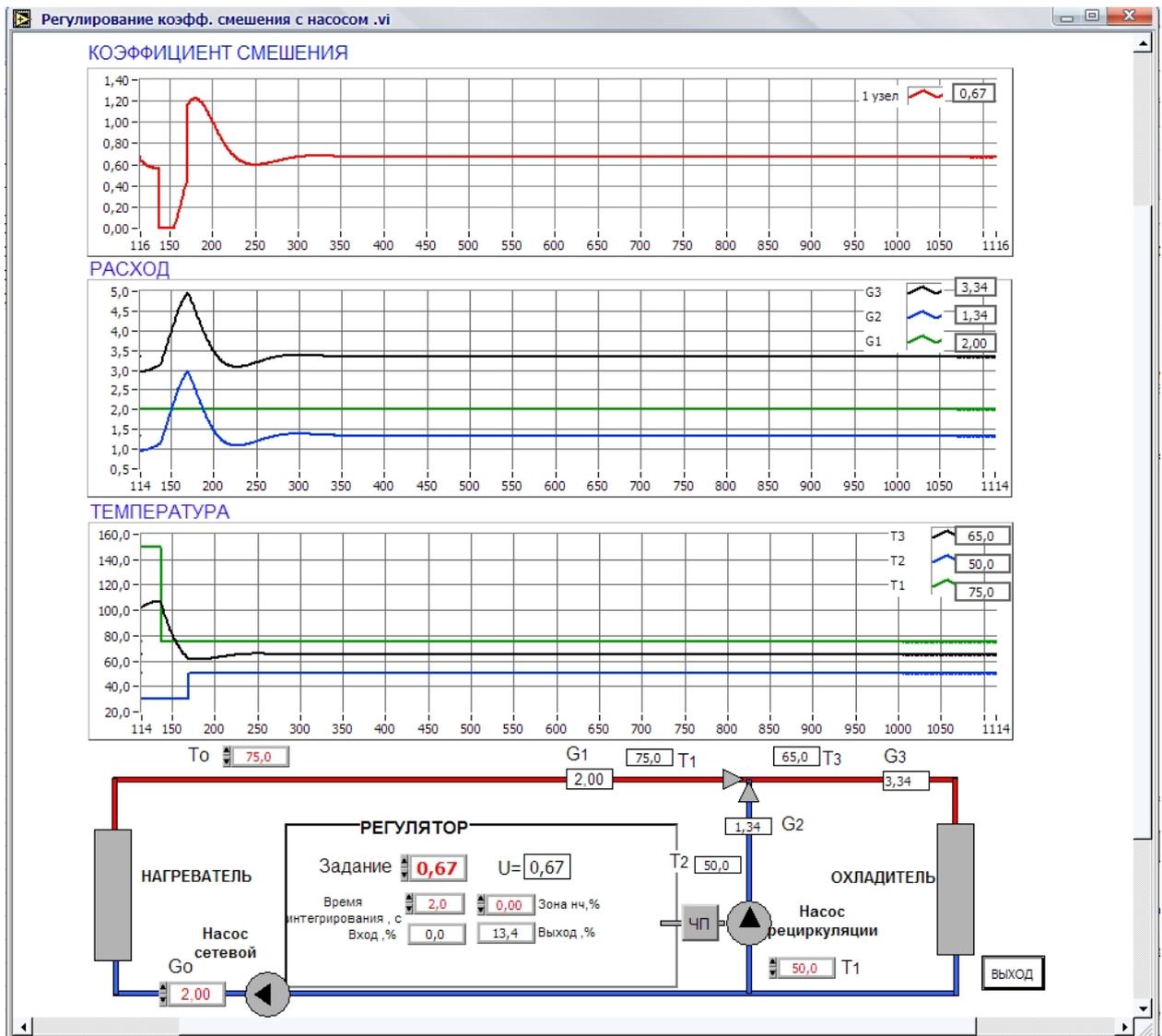


Рисунок 2.8 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 75°C)

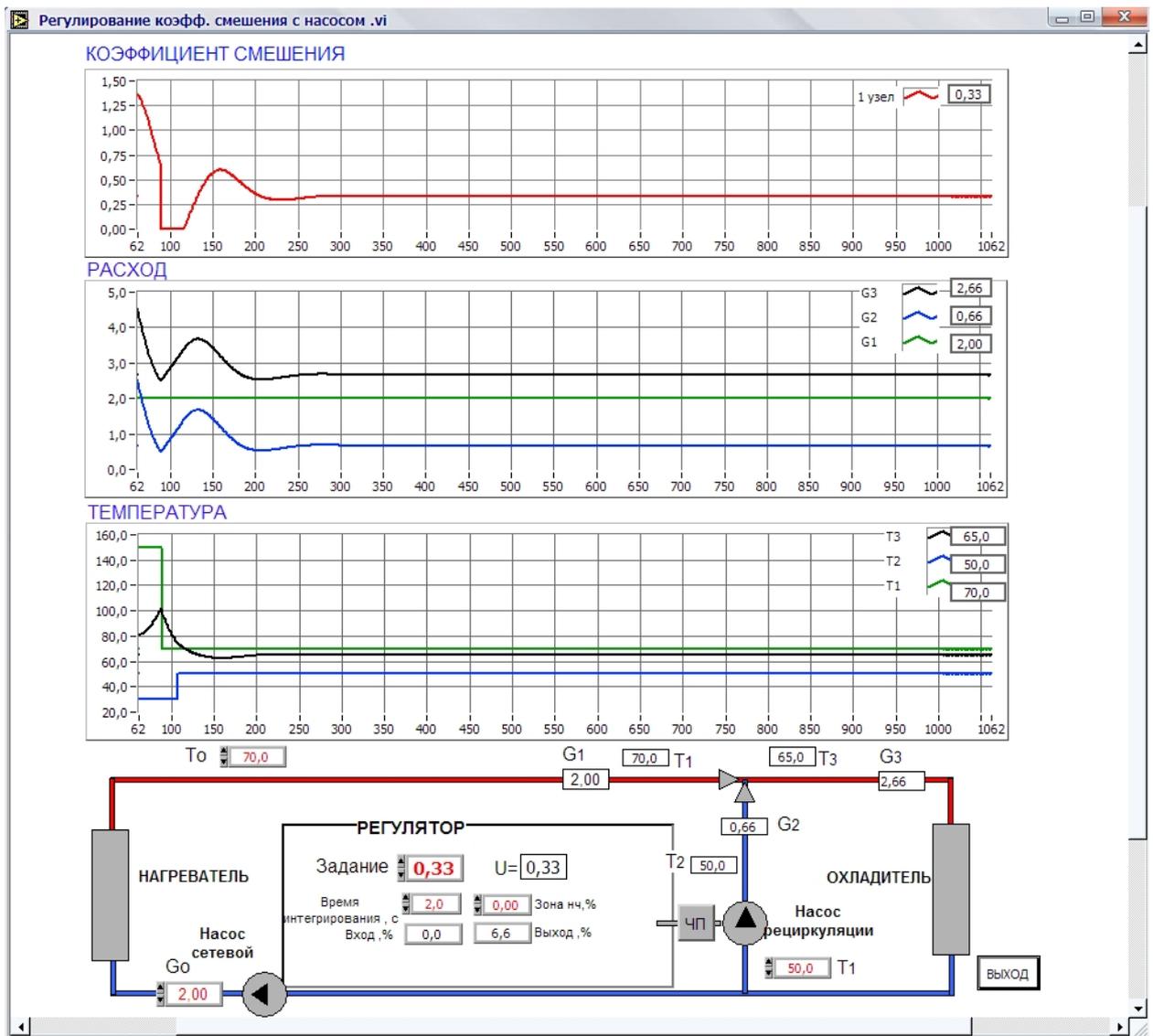


Рисунок 2.9 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 70°C)

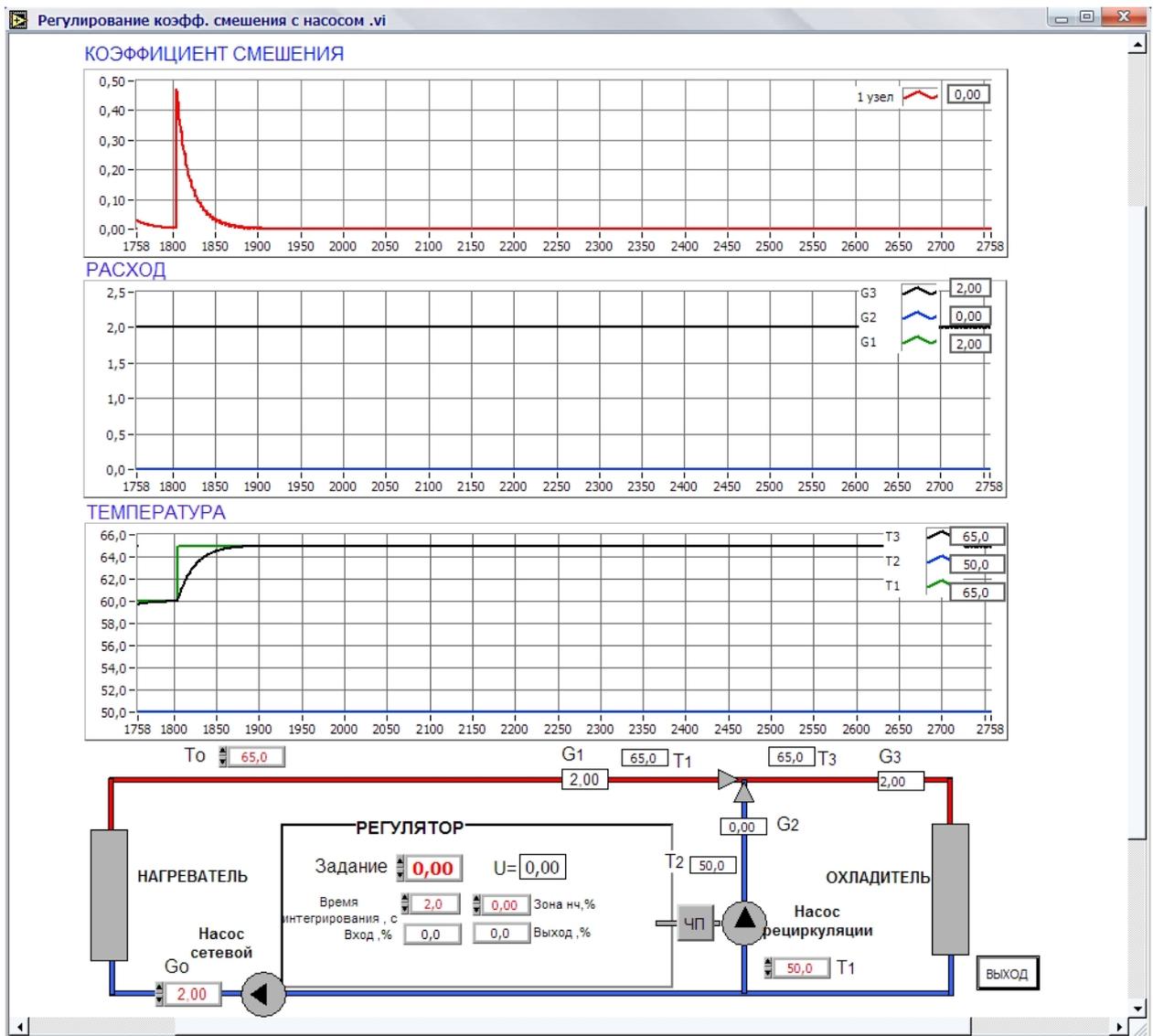


Рисунок 2.10 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 65°C)

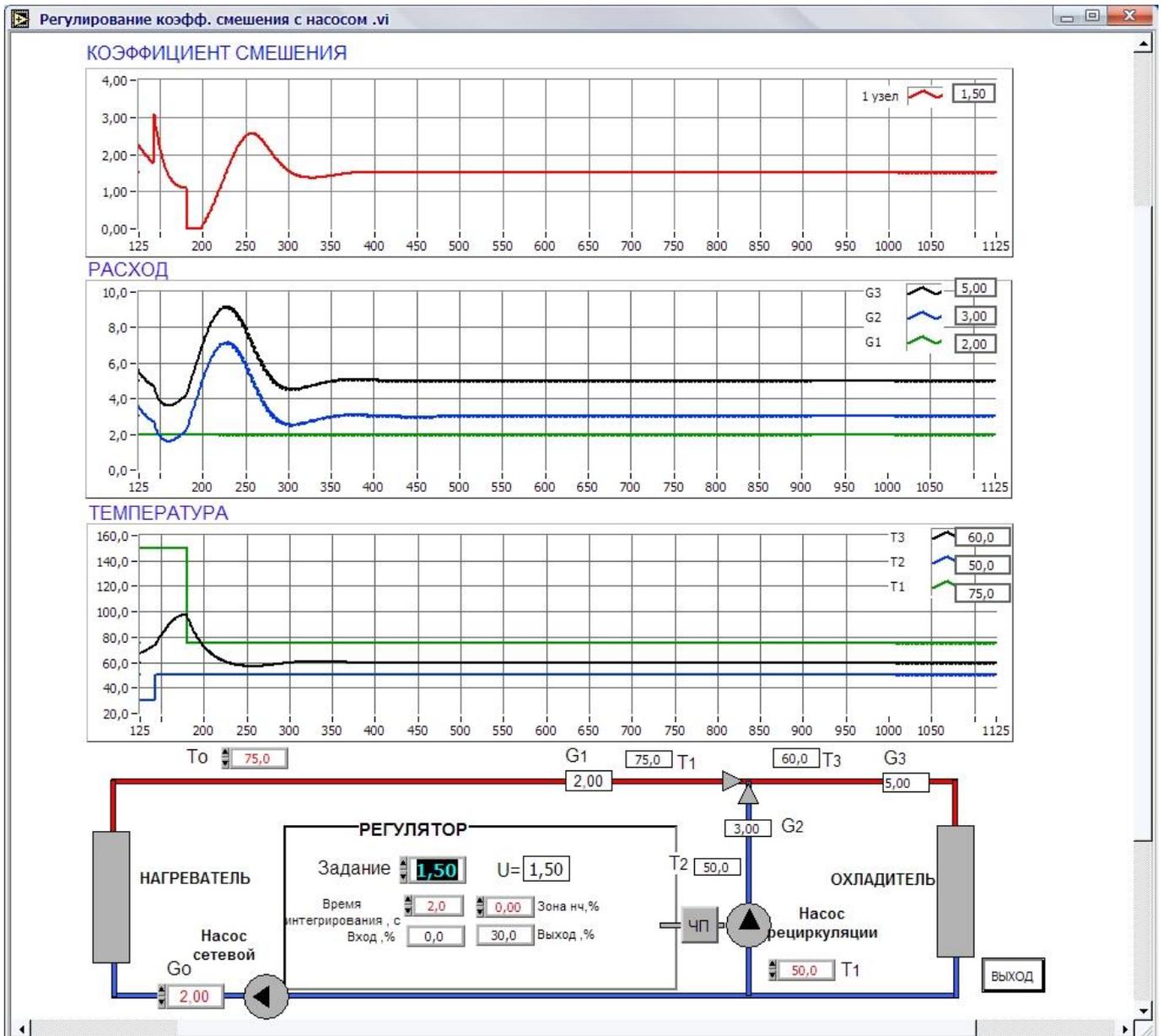


Рисунок 2.11 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 75°C)

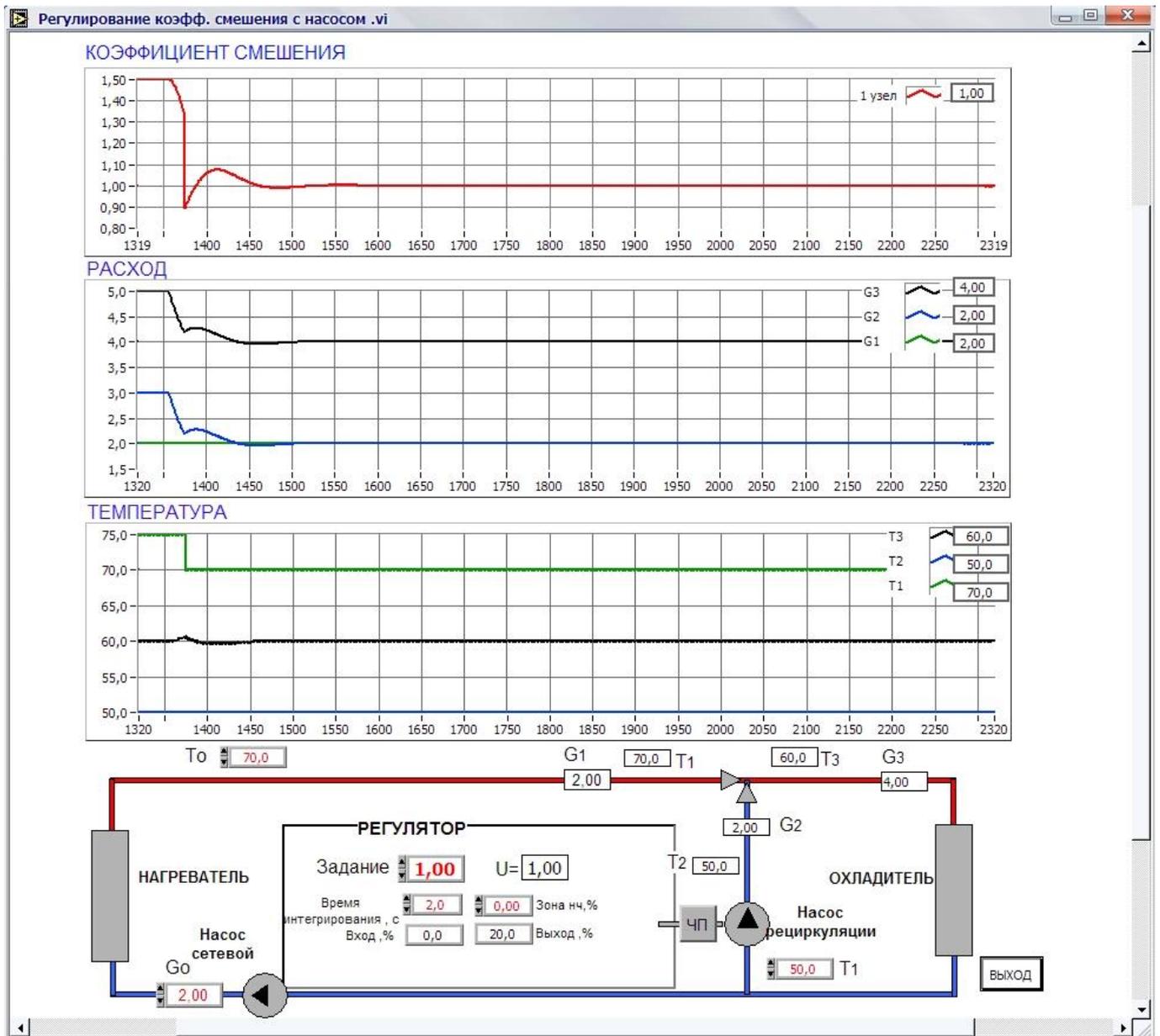


Рисунок 2.12 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 70°C)

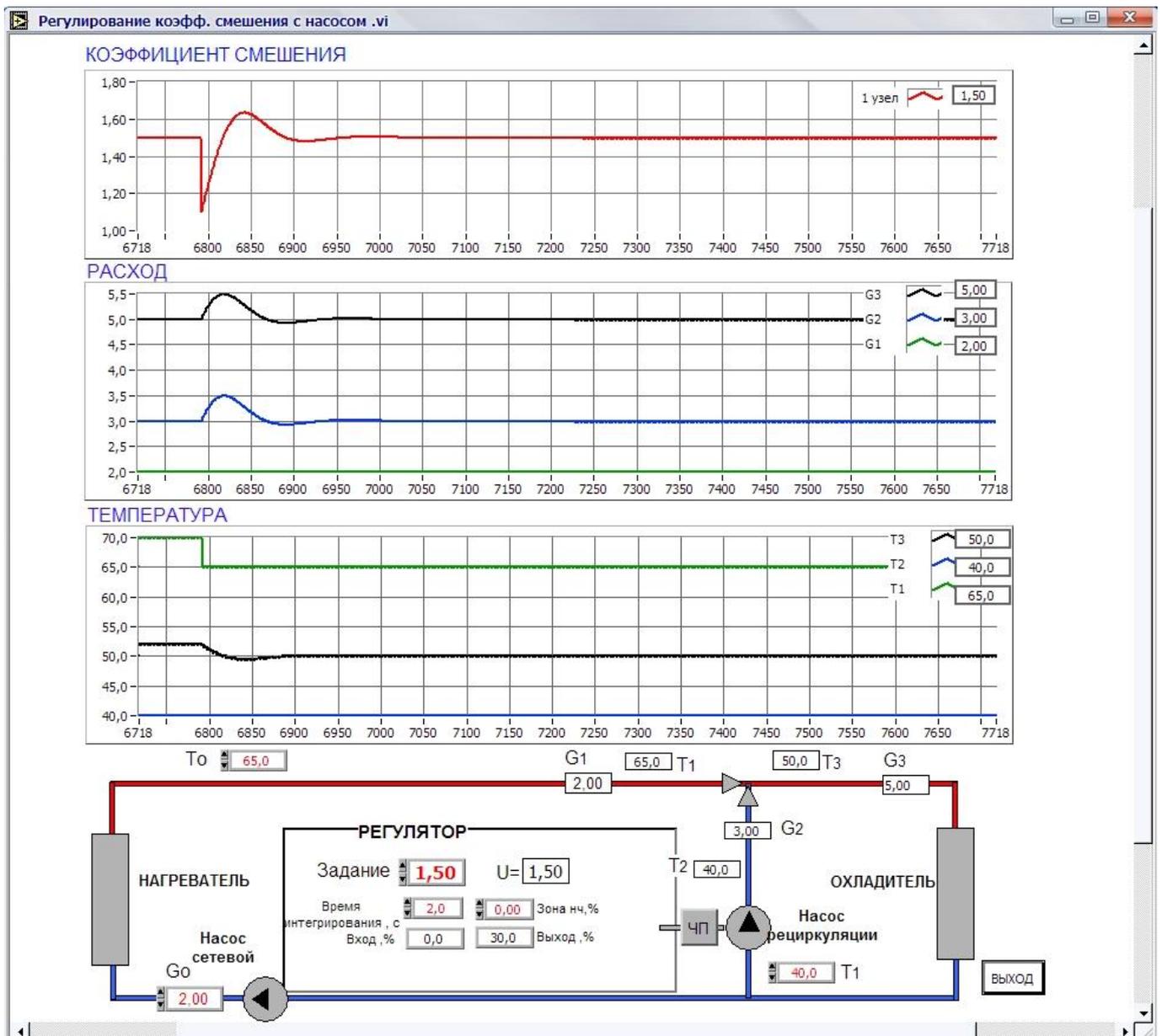


Рисунок 2.13 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 65°C)

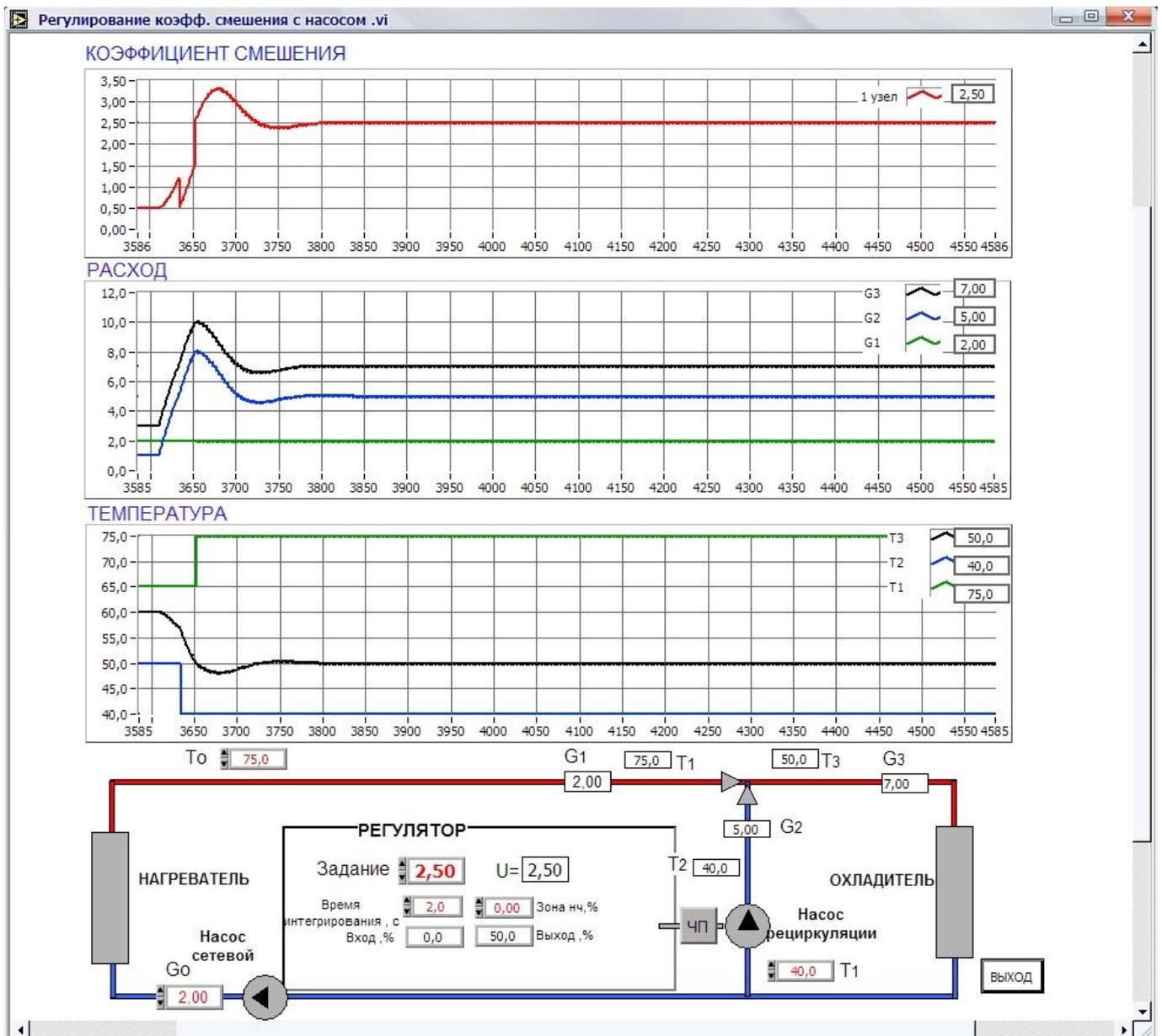


Рисунок 2.14 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 75°C)

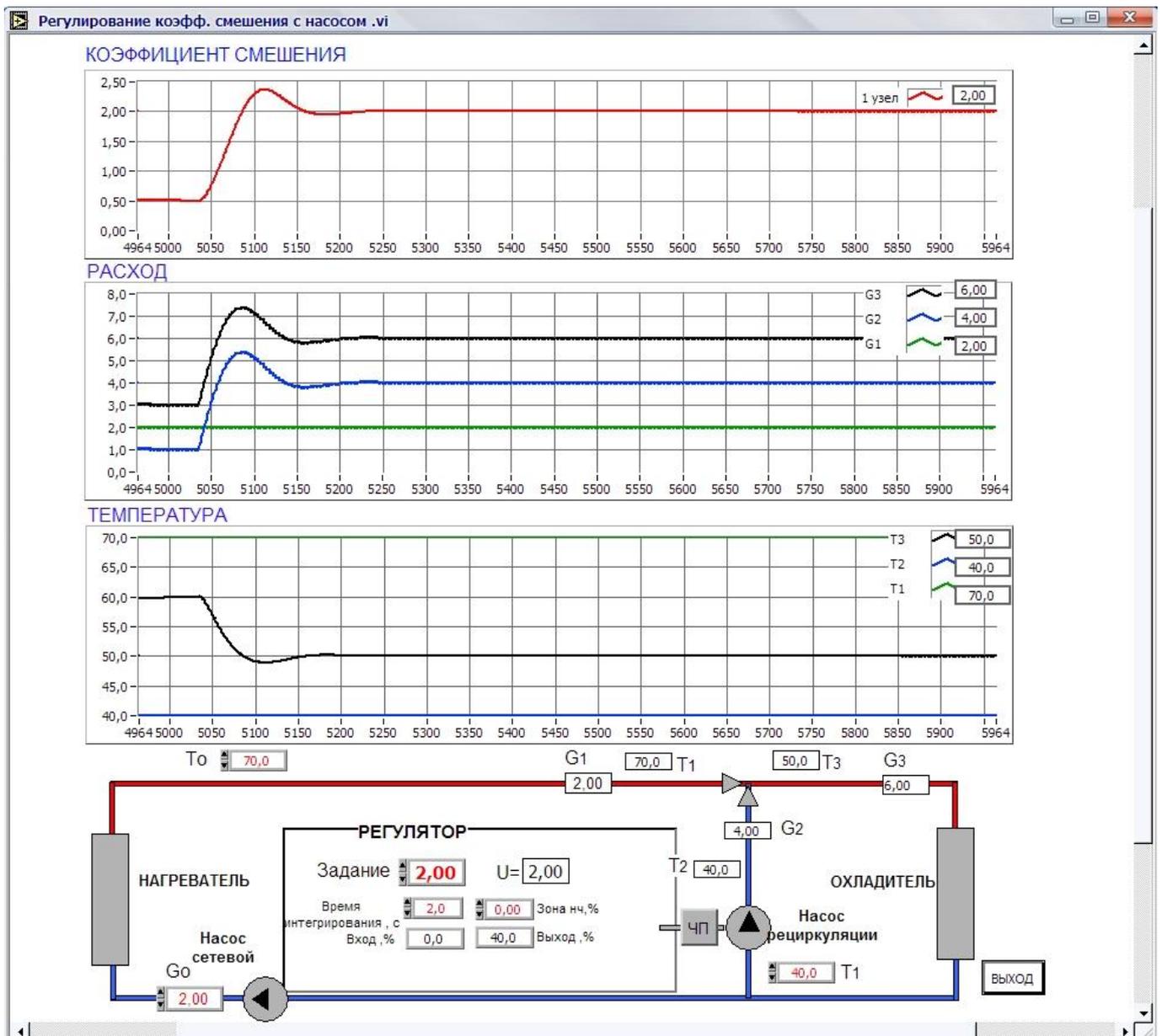


Рисунок 2.15 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 70°C)

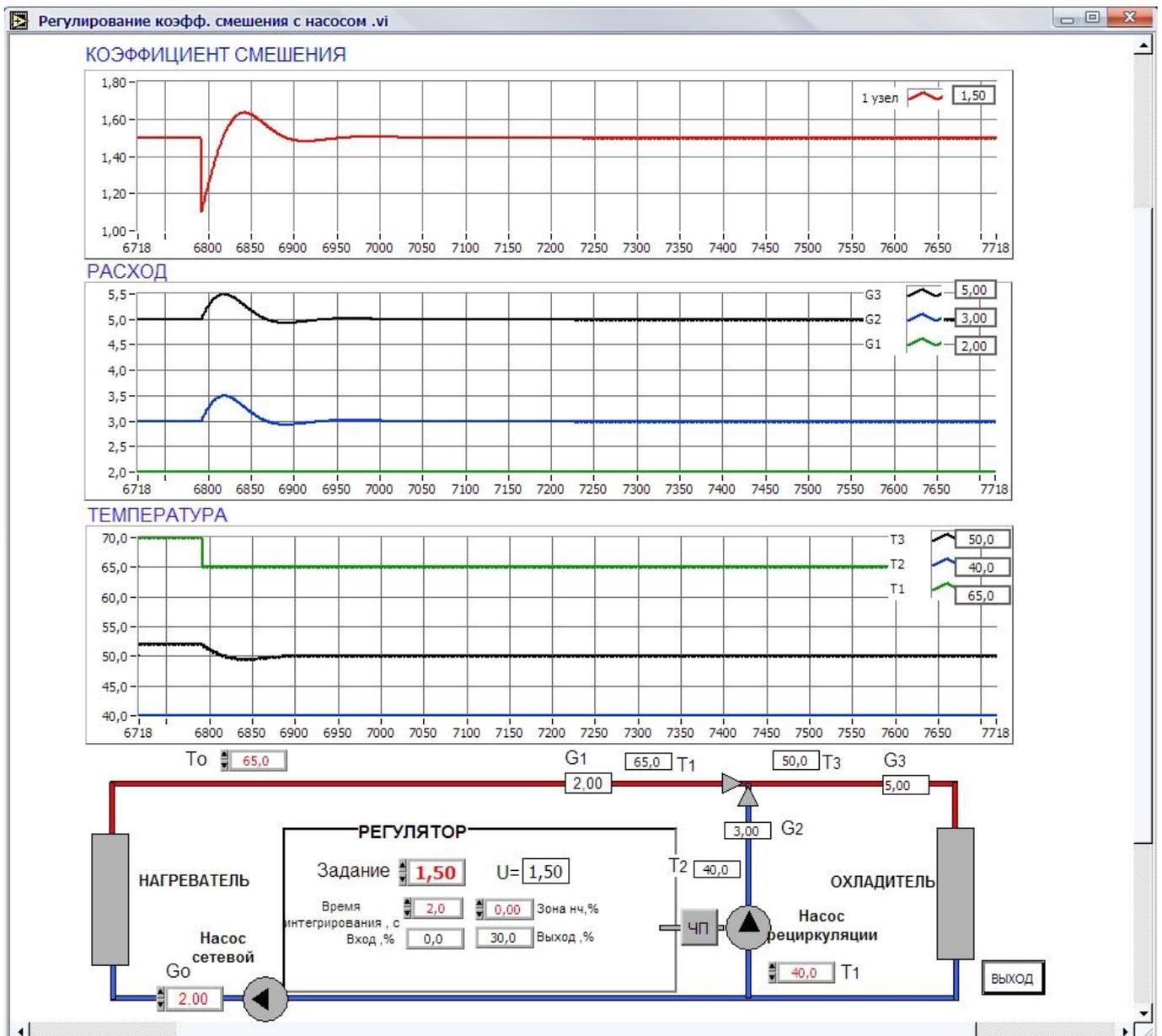


Рисунок 2.16 - Результаты компьютерного моделирования насосного узла смешения с ЧРП для сопоставления с реальным поведением объекта исследования (температура в прямом трубопроводе тепловой сети 65°C)

### 2.2.2 Результаты исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП

В таблице 2.3 приведено сопоставление вычислительного и физического экспериментов насосного узла смешения.

Таблица 2.3 - Сопоставление вычислительного и физического экспериментов

Наименование	$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	$T_3, ^\circ\text{C}$	$G_1, \text{м}^3/\text{ч}$	$G_2, \text{м}^3/\text{ч}$	$G_3, \text{м}^3/\text{ч}$	$\Delta \tau, \text{с}$	U
Вычислительный эксперимент (поз. 9, таблицы 2.2)	70	50	60	2,0	2,0	4,0	21	1,0
Физический эксперимент (02.04.12)	70,4	49,3	60,2	2,06	1,94	4,0	1480	0,94

Полученные в результате вычислительного эксперимента значения близки к данным вычислительного эксперимента.

Выводы:

Результаты вычислительного и физического экспериментов насосного узла смешения с ЧРП показывают, что применение ЧРП обеспечивает требуемый коэффициент смешения.

### **2.3 Проведение экспериментов в соответствии с планом исследования, планом эксперимента устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном**

Для проведения исследовательских испытаний экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном была разработана программа и методика исследовательских испытаний 16.516.11.6089 ПМ01, представленная в приложении Д.

Объект испытаний: устройство по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в совокупности с функционально – связанным с ним оборудованием. Планирование исследовательских испытаний устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном заключается в проверке соответствия технических характеристик объекта испытания требованиям, установленным в ТЗ. Объект испытания считается выдержанным проверкой, если выполняются требования, приведенные в разделе 4 настоящей программы.

Акт испытаний экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном с приложениями протоколов испытаний по каждому пункту программы и методикам исследовательских испытаний подписан членами приемочной комиссии ИГЭУ и утвержден приказом ректора ИГЭУ (приложение Г).

Комиссией установлено, что программа исследовательских испытаний устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном выполнена полностью; состав и комплектность объекта испытаний соответствует технической документации; объект и его техническая документация выдержали исследовательские испытания по программе и методикам исследовательских испытаний экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

Выводы комиссии: объект испытаний и его документация готовы для предъявления на приемочные испытания.

В соответствии с программой проведения исследовательских испытаний в период с 5 марта по 9 апреля 2012 г были проведены испытания экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном. Испытания проводились в учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» ИГЭУ.

### **2.3.1 Вычислительный эксперимент «Компьютерная модель устройства по устранению «перетопа» с ЧПР и регулируемым клапаном»**

В двухтрубных тепловых сетях при наличии подключённых к ним потребителей с нагрузками на отопление жилых и общественных зданий и с нагрузками горячего водоснабжения (ГВС) – на теплообменники ГВС, в период высоких температур наружного воздуха происходит «перетоп», то есть подача на нужды отопления завышенного количества тепла, которое приводит к возрастанию температуры воздуха внутри отапливаемых помещений. Кроме ухудшения санитарно-гигиенических условий в отапливаемых зданиях, это является и большим расточительством топливных энергетических ресурсов.

На рисунке 2.17 показаны температурные графики 150/70°C качественного регулирования отопительной нагрузки. В период от +8°C до +2 °С температура сетевой воды на нужды отопления по температурному графику должна быть ниже 70°C, но подогрев горячей воды требует поддержания на источнике тепла температуры в подающей линии тепловой сети не ниже 70°C.

На рисунке 2.18 - 2.18 показаны графики удельного расхода тепла на 1 т/ч расхода сетевой воды. Как из них видно, что в период от +8°C до +2°C количество тепла на нужды отопления существенно возрастает против требуемого.

Таким образом, явление «перетопа» является следствием эксплуатации двухтрубной тепловой сети с нагрузками отопления и горячего водоснабжения.

Устранение «перетопа» возможно за счет организации подмеса обратной сетевой воды в подающую и подающей сетевой воды в обратную. Такая схема осуществима с подмесом с помощью регулируемого клапана и рециркуляционного насоса. Основным техническим требованием является обеспечение равных коэффициентов смешения, так как это позволяет сохранить расчетные расходы сетевой воды по участкам тепловой сети и через отопительные системы подключенных зданий.

Особо следует отметить, что схема устранения «перетопа» может применяться при любых температурных графиках 95/70°C, 115/70°C, 130/70°C и 150/70 °С. А если температурный график более 95/70 °С, то по требованиям [1] необходимо применить еще и смесительное устройство: или элеватор, или схему с насосом смешения.

Таким образом, функционально оба устройства при температурных графиках более графиках 95/70 °С представляют собой единое целое.

Экспериментальный образец насосного узла смешения и устройства для предотвращения «перетопа» изготовлен в виде совмещенного стенда.

Исходные данные для расчета температурного графика представлены в таблице

В таблице 2.5 приведены данные расчета температурного графика 150/70°C для г. Москвы.

**Таблица 2.4 - Исходные данные для расчета температурного графика**

1) Расчетная температура воздуха внутри отапливаемых помещений, °С	18
2) Расчетная температура наружного воздуха на проектирование отопления, °С	-28
3) Расчетная скорость ветра, м/с	0
4) Расчетная срезка по температуре горячей воды, °С	0
5) Ограничение по прямой, °С	150
6) Расчетная температура в подающей, °С	150
7) Расчетная температура в обратной, °С	70
8) Расчетная температура смеси, °С	95

Таблица 2.5 - Расчет температурных графиков и расходов теплоты и отопления

$T_{н}, ^\circ\text{C}$	$T_{н\text{экв}}, ^\circ\text{C}$	$T_{в}, ^\circ\text{C}$	$T_{1}, ^\circ\text{C}$	$T_{2}, ^\circ\text{C}$	$T_{3}, ^\circ\text{C}$	$T_{н}, ^\circ\text{C}$	$T_{1}, ^\circ\text{C}$	$T_{2}, ^\circ\text{C}$	$T_{3}, ^\circ\text{C}$	$T_{1s}, ^\circ\text{C}$	$T_{2s}, ^\circ\text{C}$	$T_{3s}, ^\circ\text{C}$	$T_{н}, ^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{Гкал/ч}$	$Q_{os}, \text{Гкал/ч}$
8	8	18,0	51,7	34,3	39,7	8	51,7	34,3	39,7	70,0	44,5	52,5	8	0,0174	0,0255
7	7	18,0	54,7	35,5	41,5	7	54,7	35,5	41,5	70,0	44,1	52,2	7	0,0191	0,0259
6	6	18,0	57,6	36,8	43,3	6	57,6	36,8	43,3	70,0	43,6	51,9	6	0,0209	0,0264
5	5	18,0	60,5	37,9	45,0	5	60,5	37,9	45,0	70,0	43,2	51,5	5	0,0226	0,0268
4	4	18,0	63,4	39,1	46,7	4	63,4	39,1	46,7	70,0	42,7	51,2	4	0,0243	0,0273
3	3	18,0	66,3	40,2	48,4	3	66,3	40,2	48,4	70,0	42,3	50,9	3	0,0261	0,0277
2	2	18,0	69,2	41,4	50,1	2	69,2	41,4	50,1	70,0	41,8	50,6	2	0,0278	0,0282
1	1	18,0	72,0	42,5	51,7	1	72,0	42,5	51,7	72,0	42,5	51,7	1	0,0296	0,0296
0	0	18,0	74,9	43,6	53,3	0	74,9	43,6	53,3	74,9	43,6	53,3	0	0,0313	0,0313
-1	-1	18,0	77,7	44,6	55,0	-1	77,7	44,6	55,0	77,7	44,6	55,0	-1	0,0330	0,0330
-2	-2,0	18,0	80,5	45,7	56,6	-2	80,5	45,7	56,6	80,5	45,7	56,6	-2	0,0348	0,0348
-3	-3,0	18,0	83,3	46,7	58,2	-3	83,3	46,7	58,2	83,3	46,7	58,2	-3	0,0365	0,0365
-4	-4,0	18,0	86,0	47,8	59,7	-4	86,0	47,8	59,7	86,0	47,8	59,7	-4	0,0383	0,0383
-5	-5,0	18,0	88,8	48,8	61,3	-5	88,8	48,8	61,3	88,8	48,8	61,3	-5	0,0400	0,0400
-6	-6,0	18,0	91,5	49,8	62,9	-6	91,5	49,8	62,9	91,5	49,8	62,9	-6	0,0417	0,0417
-7	-7,0	18,0	94,3	50,8	64,4	-7	94,3	50,8	64,4	94,3	50,8	64,4	-7	0,0435	0,0435
-8	-8,0	18,0	97,0	51,8	65,9	-8	97,0	51,8	65,9	97,0	51,8	65,9	-8	0,0452	0,0452
-9	-9,0	18,0	99,7	52,8	67,5	-9	99,7	52,8	67,5	99,7	52,8	67,5	-9	0,0470	0,0470
-10	-10,0	18,0	102,4	53,8	69,0	-10	102,4	53,8	69,0	102,4	53,8	69,0	-10	0,0487	0,0487
-11	-11,0	18,0	105,1	54,7	70,5	-11	105,1	54,7	70,5	105,1	54,7	70,5	-11	0,0504	0,0504
-12	-12,0	18,0	107,8	55,7	72,0	-12	107,8	55,7	72,0	107,8	55,7	72,0	-12	0,0522	0,0522
-13	-13,0	18,0	110,5	56,6	73,5	-13	110,5	56,6	73,5	110,5	56,6	73,5	-13	0,0539	0,0539
-14	-14,0	18,0	113,2	57,6	74,9	-14	113,2	57,6	74,9	113,2	57,6	74,9	-14	0,0557	0,0557
-15	-15,0	18,0	115,9	58,5	76,4	-15	115,9	58,5	76,4	115,9	58,5	76,4	-15	0,0574	0,0574
-16	-16,0	18,0	118,5	59,4	77,9	-16	118,5	59,4	77,9	118,5	59,4	77,9	-16	0,0591	0,0591
-17	-17,0	18,0	121,2	60,3	79,3	-17	121,2	60,3	79,3	121,2	60,3	79,3	-17	0,0609	0,0609
-18	-18,0	18,0	123,8	61,2	80,8	-18	123,8	61,2	80,8	123,8	61,2	80,8	-18	0,0626	0,0626
-19	-19,0	18,0	126,5	62,1	82,2	-19	126,5	62,1	82,2	126,5	62,1	82,2	-19	0,0643	0,0643
-20	-20,0	18,0	129,1	63,0	83,7	-20	129,1	63,0	83,7	129,1	63,0	83,7	-20	0,0661	0,0661
-21	-21,0	18,0	131,7	63,9	85,1	-21	131,7	63,9	85,1	131,7	63,9	85,1	-21	0,0678	0,0678
-22	-22,0	18,0	134,4	64,8	86,5	-22	134,4	64,8	86,5	134,4	64,8	86,5	-22	0,0696	0,0696
-23	-23,0	18,0	137,0	65,7	88,0	-23	137,0	65,7	88,0	137,0	65,7	88,0	-23	0,0713	0,0713
-24	-24,0	18,0	139,6	66,6	89,4	-24	139,6	66,6	89,4	139,6	66,6	89,4	-24	0,0730	0,0730
-25	-25,0	18,0	142,2	67,4	90,8	-25	142,2	67,4	90,8	142,2	67,4	90,8	-25	0,0748	0,0748
-26	-26,0	18,0	144,8	68,3	92,2	-26	144,8	68,3	92,2	144,8	68,3	92,2	-26	0,0765	0,0765
-27	-27,0	18,0	147,4	69,1	93,6	-27	147,4	69,1	93,6	147,4	69,1	93,6	-27	0,0783	0,0783
-28	-28,0	18,0	150,0	70,0	95,0	-28	150,0	70,0	95,0	150,0	70,0	95,0	-28	0,0800	0,0800

Левый столбец – расчетные данные температурного графика с температурой излома  $70^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $+2^{\circ}\text{C}$ .

Здесь  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  – значения температур подающей, обратной сетевой воды и температура смеси (системы отопления);

$T_n$  – наружная температура воздуха;

$T_b$  – внутренняя температура воздуха в отапливаемом помещении.

Средний столбец – расчетные данные температурного графика без температурного излома.

$T_1$ ,  $T_2$  – значения температур подающей и обратной сетевой воды температурного графика без излома;

$T_{1s}$ ,  $T_{2s}$  – то же с изломом температурного графика.

Правый столбец – данные расходов тепла на 1 т/ч расхода сетевой воды.

$Q_0$ ,  $Q_{0s}$  – отопительная нагрузка при работе т/с по температурному графику без температуры излома и с температурой излома.

Начиная с температуры наружного воздуха  $+2^{\circ}\text{C}$  до  $+8^{\circ}\text{C}$  значение расхода теплоты на отопление при работе т/с с изломом температурного графика существенно возрастают.

Температурный график 150/70 град.С

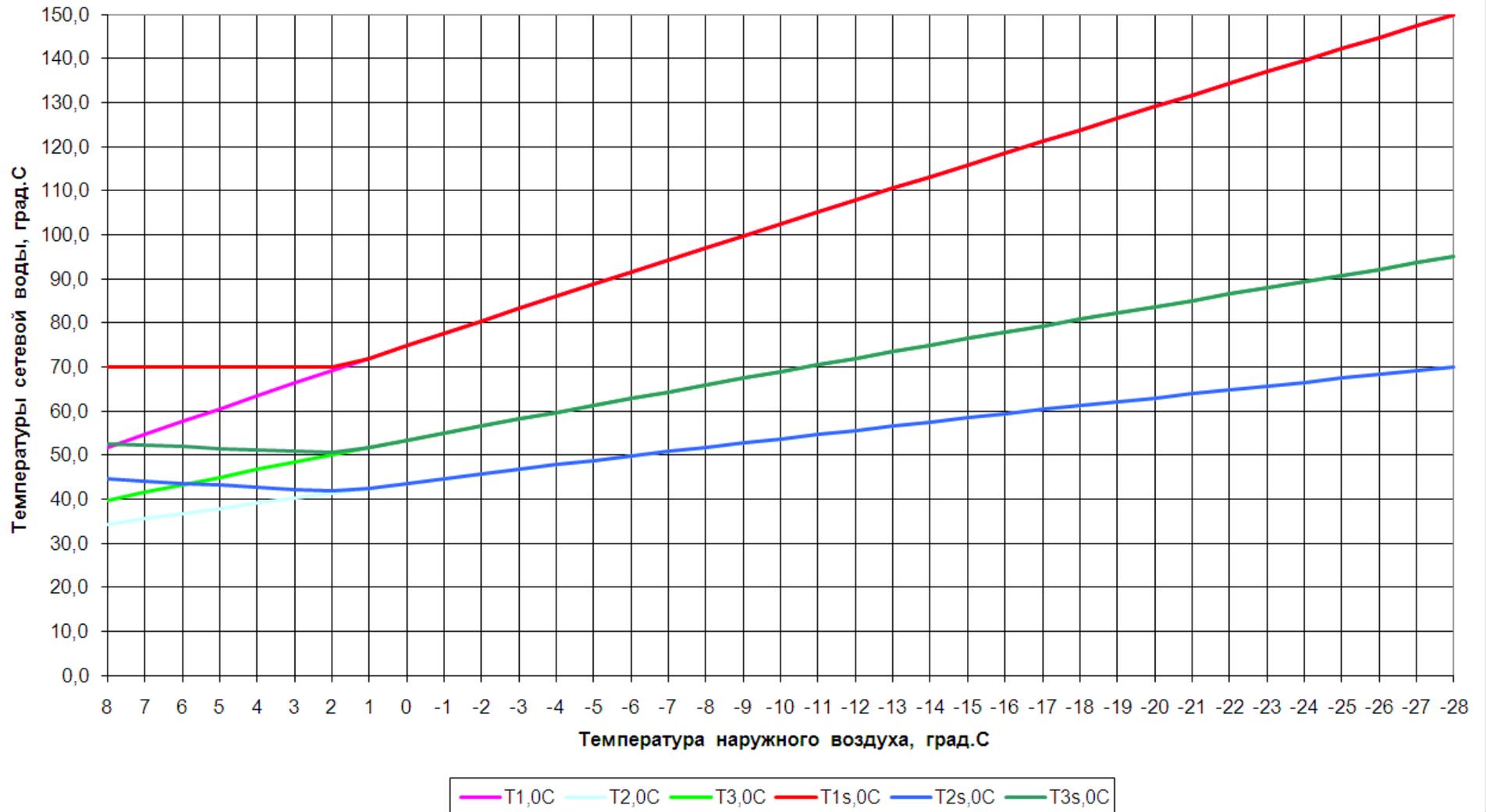


Рисунок 2.17 - Температурные графики качественного регулирования отопительной нагрузки 150/70°C и изломом и без излома температурного графика

## Графики расхода тепла

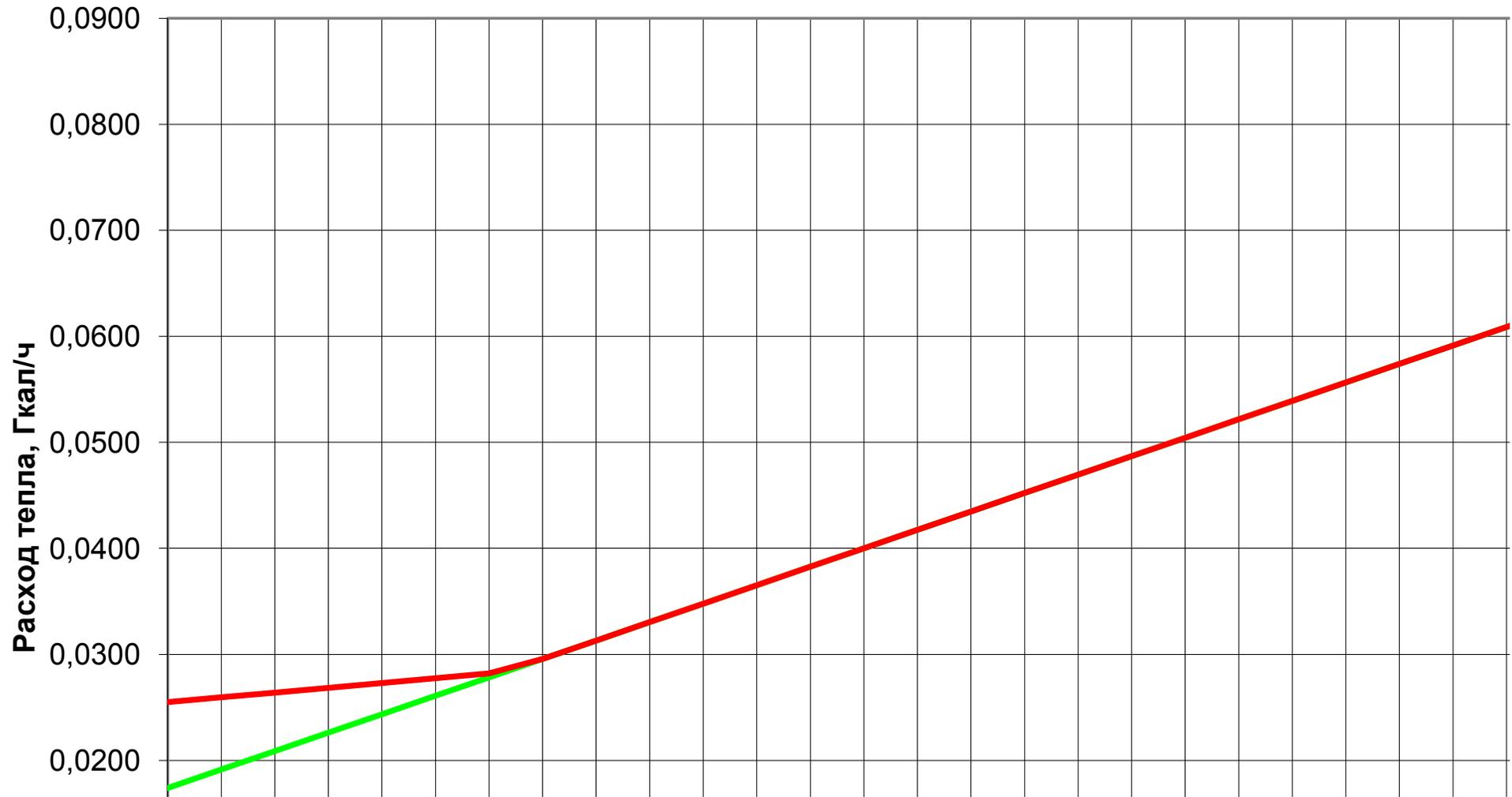


Рисунок 2.18 - График расхода тепла

По рассчитанному температурному графику (рисунок 2.17) в качестве примера проведено вычисление и построение графика расхода тепла с применением устройства устранения «перетопа» и без него для расчётной нагрузки 10 Гкал/ч.

Таблица 2.6 - Расчет графика расхода тепла для расчетной нагрузки 10 Гкал/ч

$T_{н}, ^\circ\text{C}$	$Q_0,$ Гкал/ч	$Q_{ос},$ Гкал/ч
8	2,1739	3,1865
7	2,3913	3,2426
6	2,6087	3,2988
5	2,8261	3,3550
4	3,0435	3,4113
3	3,2609	3,4679
2	3,4783	3,5241
1	3,6957	3,6957
0	3,9130	3,9130
-1	4,1304	4,1304
-2	4,3478	4,3478
-3	4,5652	4,5652
-4	4,7826	4,7826
-5	5,0000	5,0000
-6	5,2174	5,2174
-7	5,4348	5,4348
-8	5,6522	5,6522
-9	5,8696	5,8696
-10	6,0870	6,0870
-11	6,3043	6,3043
-12	6,5217	6,5217
-13	6,7391	6,7391
-14	6,9565	6,9565
-15	7,1739	7,1739
-16	7,3913	7,3913
-17	7,6087	7,6087
-18	7,8261	7,8261
-19	8,0435	8,0435
-20	8,2609	8,2609
-21	8,4783	8,4783
-22	8,6957	8,6957
-23	8,9130	8,9130
-24	9,1304	9,1304
-25	9,3478	9,3478
-26	9,5652	9,5652
-27	9,7826	9,7826
-28	10,0000	10,0000

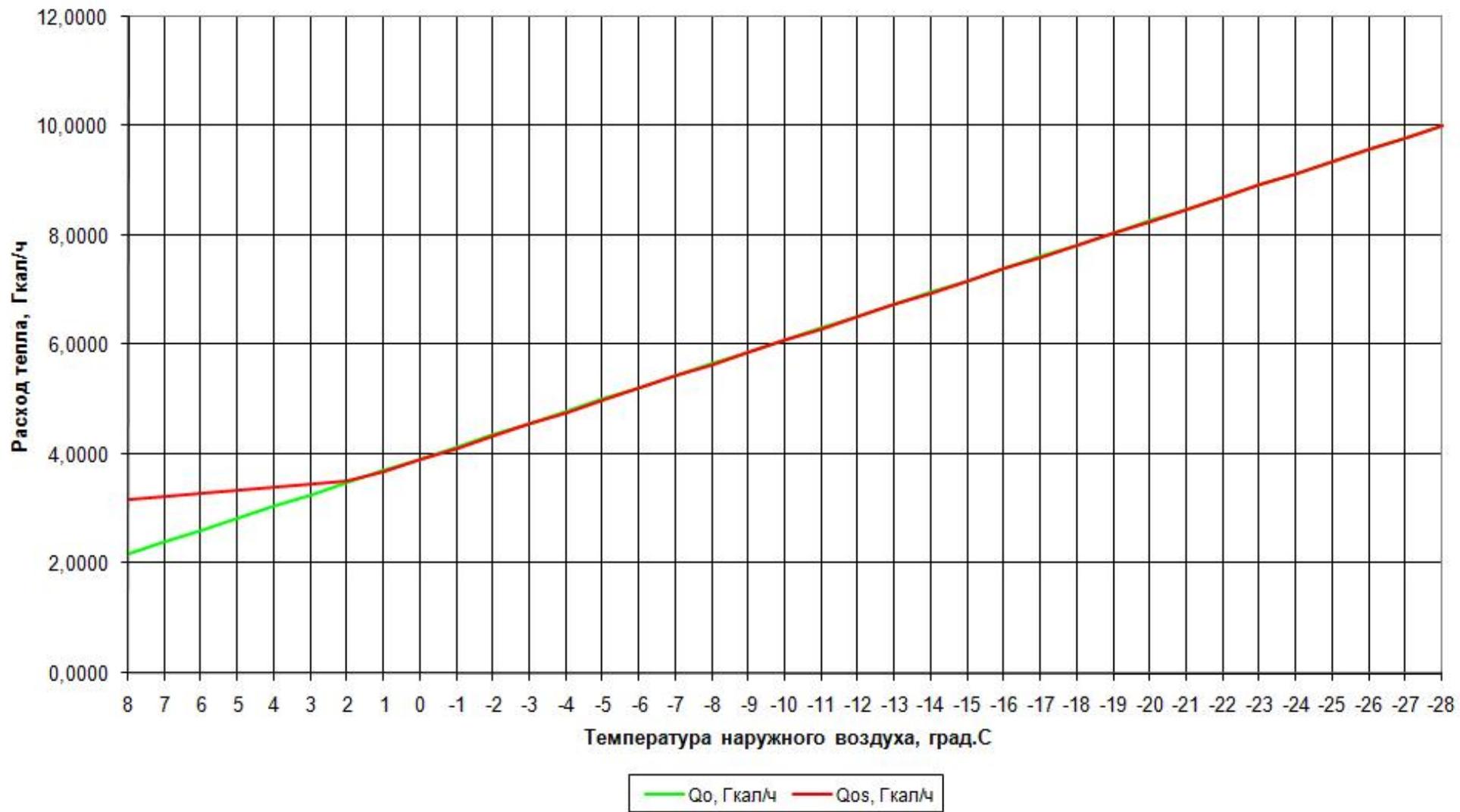


Рисунок 2.19 - Графики расхода тепла для расчетной нагрузки 10 Гкал/ч

Суммарная годовая экономия теплоты от внедрения устройства устранения «перетопа», Гкал:

$$\sum Q = \sum (Q_{pi} \cdot n_i) \quad (2.1)$$

где:

$Q_{pi}$  - экономия теплоты при  $i$ -той температуре наружного воздуха, Гкал/ч;

$n$  – средняя продолжительность  $i$ -той температуры воздуха, ч.

$$\sum Q = 0,8513 \cdot 420 + 0,5289 \cdot 447 + 0,2070 \cdot 526 = 702,854 \text{ Гкал.}$$

Экономия газа,  $\text{м}^3$ :

$$B = \frac{\sum Q}{8000 \cdot \eta} \quad (2.2)$$

где:

$\eta$  - КПД котла.

$$B = \frac{702,854 \cdot 10^6}{8000 \cdot 0,9} = 97618,62 \text{ м}^3$$

Годовая экономия, руб.:

$$S = \frac{B \cdot C}{1000} \quad (2.3)$$

где:

$C$  – цена газа 3800 руб за 1000  $\text{м}^3$ .

$$S = \frac{B \cdot 3800}{1000} = 370950,74 \text{ руб.}$$

При цене газа 3800 руб за 1000  $\text{м}^3$  годовая экономия от внедрения устройства устранения «перетопа» составит 371 тыс. руб.

На рисунках 2.20 - 2.22 представлены результат вычислительного эксперимента при температуре наружного воздуха  $+2^\circ\text{C}$ ,  $+5^\circ\text{C}$  и  $+8^\circ\text{C}$ .

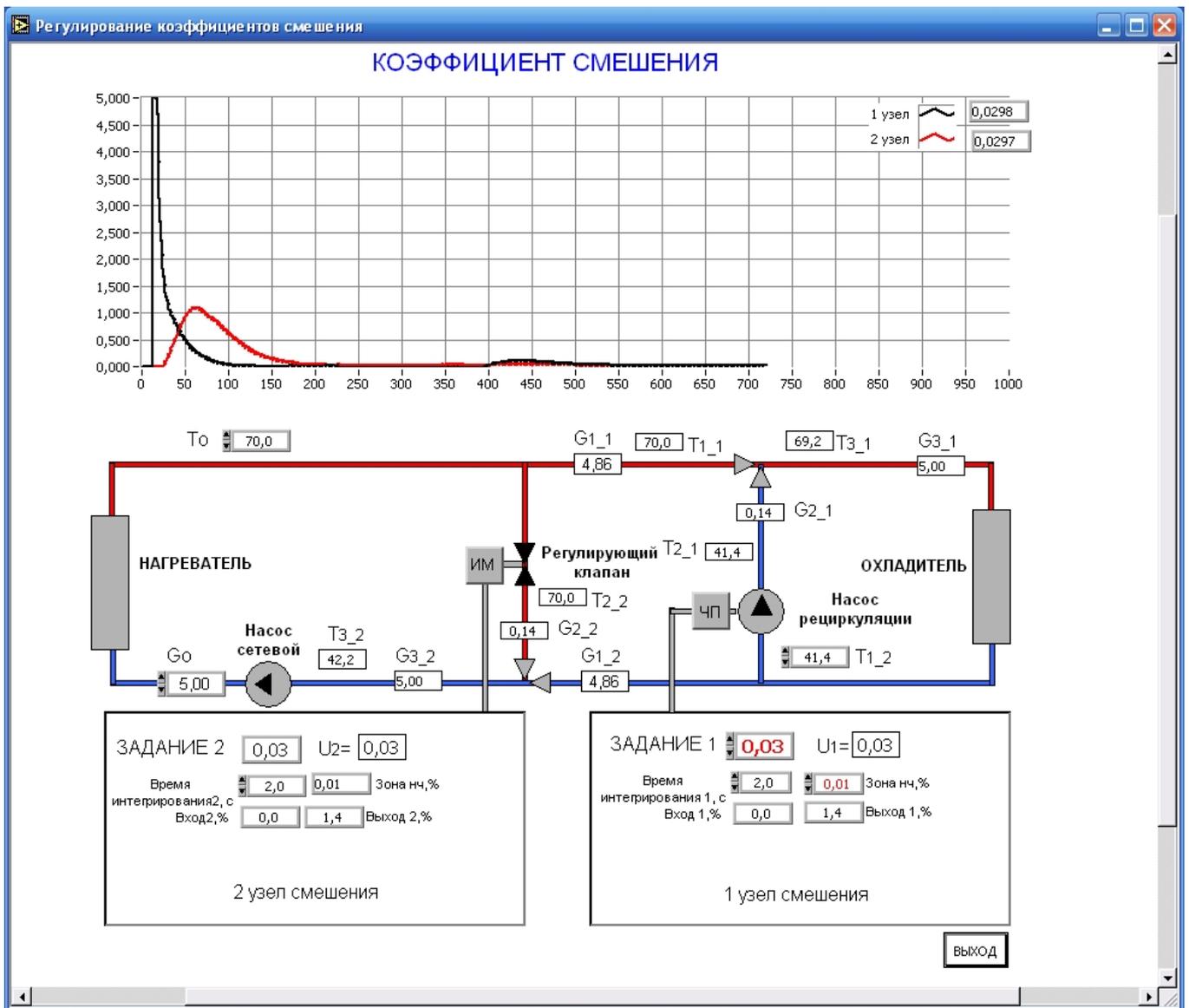


Рисунок 2.20 - Результат эксперимента устройства устранения «перетона» с ЧРП и регулируемым клапаном с ЧРП при наружной температуре +2

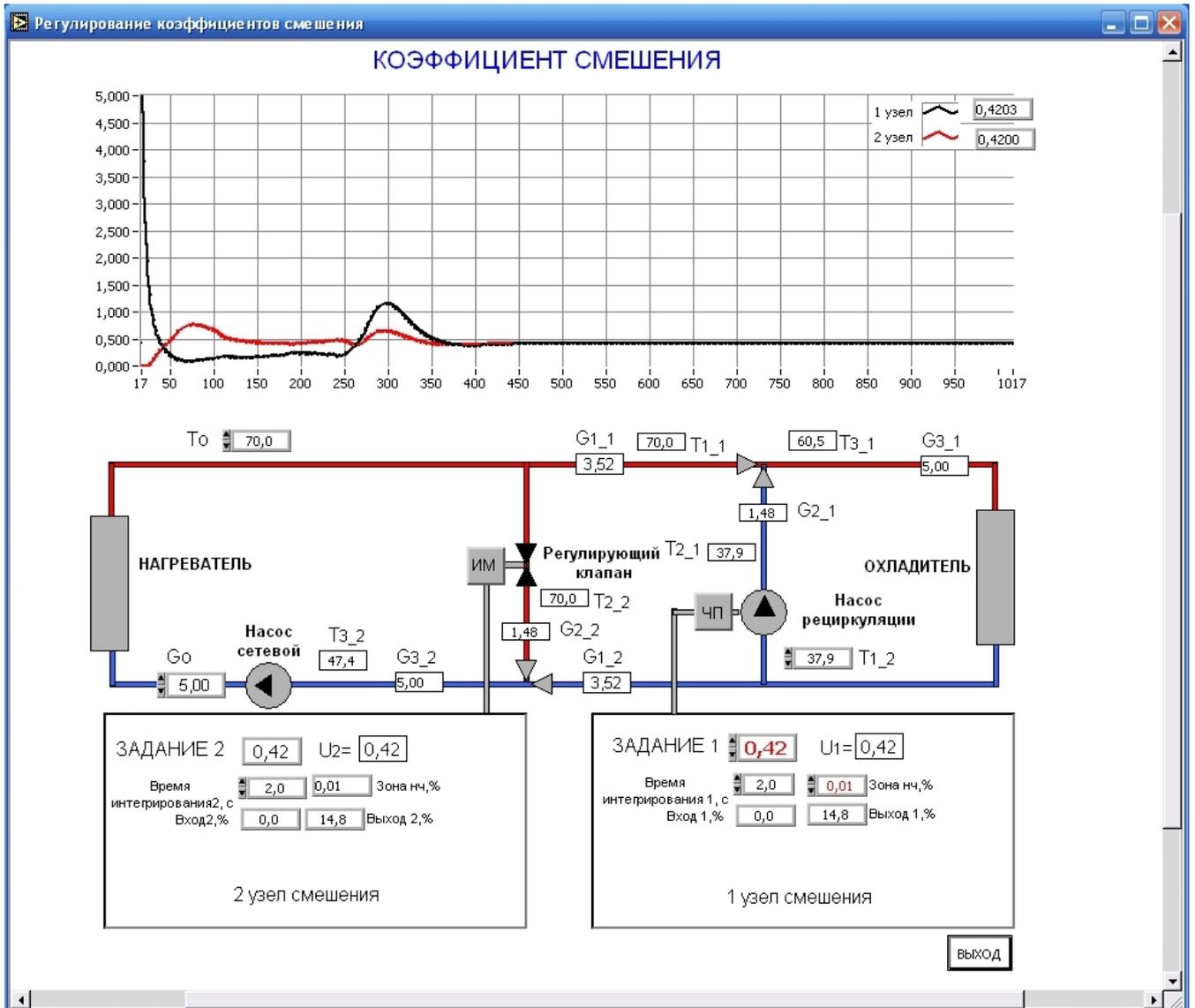


Рисунок 2.21 - Результат эксперимента устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном с ЧРП при наружной температуре +5

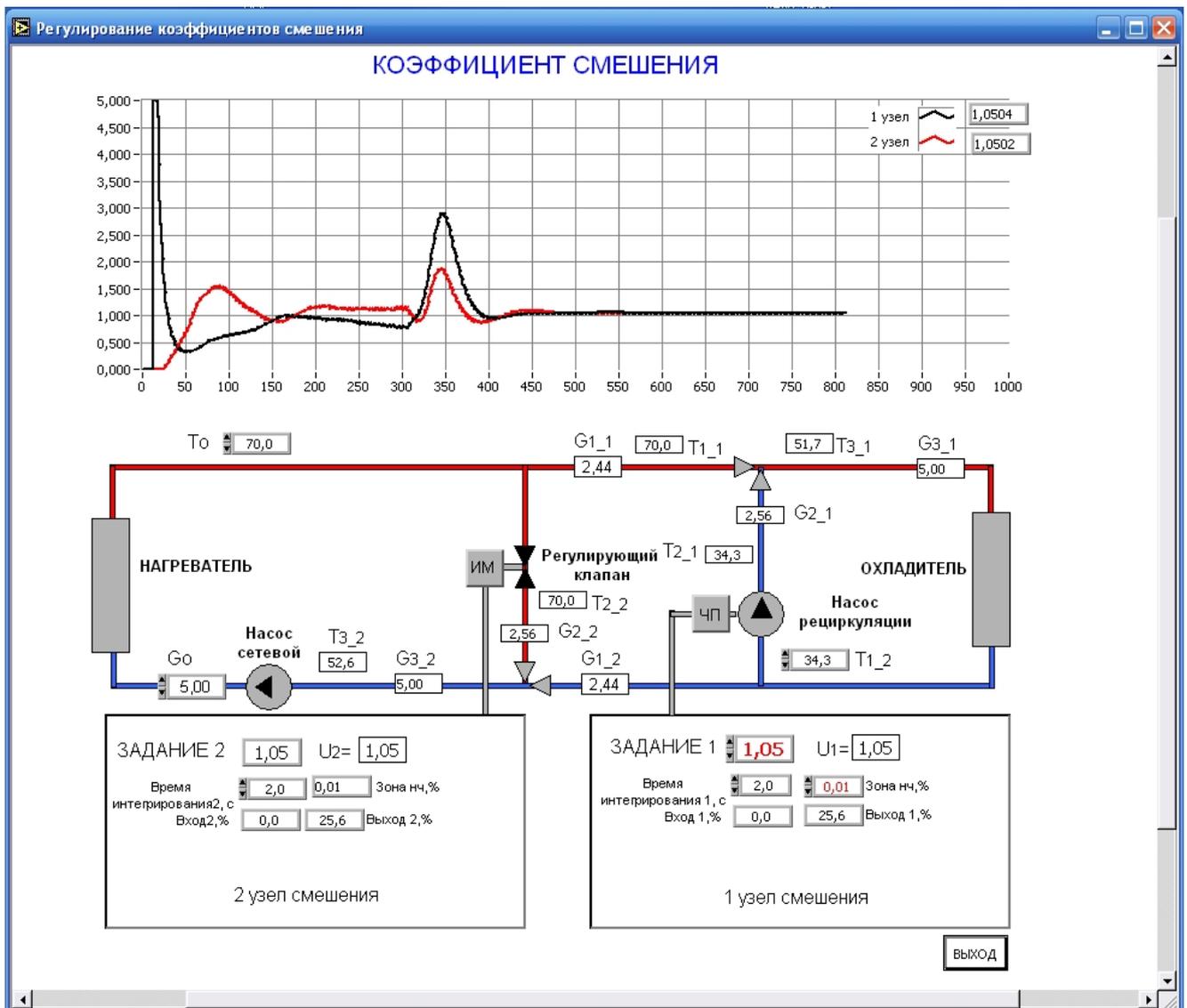


Рисунок 2.22 - Результат эксперимента устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном при наружной температуре +8

**Таблица 2.7 - Результат вычислительного эксперимента устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном с ЧРП»**

№ п/п	Исходные данные					Результаты									
	$t_n, ^\circ\text{C}$	$T_{1-1}, ^\circ\text{C}$	$T_{1-2}, ^\circ\text{C}$	$T_{3-1}, ^\circ\text{C}$	$U$	$\tau_n, \text{с}$	$\tau_k, \text{с}$	$\Delta\tau, \text{с}$	$G_{1-1}, \text{м}^3/\text{ч}$	$G_{2-1}, \text{м}^3/\text{ч}$	$G_{3-1}, \text{м}^3/\text{ч}$	$G_{1-2}, \text{м}^3/\text{ч}$	$G_{2-2}, \text{м}^3/\text{ч}$	$G_{3-2}, \text{м}^3/\text{ч}$	$U$
1	+2	70	41,4	69,2	0,03	5	54	49	4,86	0,14	5,0	4,86	0,14	5,0	0,03
2	+5	70	37,9	60,5	0,42	26	45	19	3,52	1,48	5,0	3,52	1,48	5,0	0,42
3	+8	70	34,3	51,7	1,05	31	56	25	2,44	2,56	5,0	2,44	2,56	5,0	1,05

Методика проведения вычислительного эксперимента «Устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном с ЧРП»:

- 1) По температурному графику для г. Москвы ( $t_{н.р} = -28^\circ\text{C}$ ) определяем температуру точки излома, которая составляет  $+2^\circ\text{C}$ ;
- 2) По текущему значению температуры наружного воздуха определяем температуру воды в подающем и обратном трубопроводах по температурному графику без излома (например, для  $t_n = +5^\circ\text{C}$  температуры в подающем и обратном трубопроводах необходимо поддерживать на уровне  $60,5^\circ\text{C}$  и  $37,9^\circ\text{C}$ ).
- 3) Так как устранение «перетопа» достигается организацией подмесов между подающей и обратной сетевой водой и наоборот определяем необходимый коэффициент смешения

$$u = \frac{70 - 60,5}{60,5 - 37,9} = 0,42$$

который необходимо поддерживать постоянным в узлах смешения № 1 и № 2

- 4) Исходные данные для эксперимента:

$G_0 = 5 \text{ м}^3/\text{ч}$  – расход сетевой воды от источника (нагреватель);

$T_0 = 70^\circ\text{C}$  – температура подающей сетевой воды от источника;

$T_{1-2} = 37,9^\circ\text{C}$  – температура обратной сетевой воды после потребителя тепловой энергии (охладителя);

$u = 0.42$  – коэффициент смешения;

Необходимо определить:

$T_{3-1}$  – температуру сетевой воды перед потребителем,  $^\circ\text{C}$  ;

$G_{2-2}$  – расход сетевой воды через регулирующий клапан,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$G_{2-1}$  – расход сетевой воды через рециркулирующий трубопровод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$G_{3-1}$  – расход сетевой воды через потребитель тепловой энергии,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\Delta\tau$  – время переходного процесса,  $\text{с} \cdot 10^{-1}$ .

Результат вычислительного эксперимента представлен в таблице 2.7:

$T_{3-1} = 60,5^\circ\text{C}$  ;  $G_{2-2} = G_{2-1} = 1,48 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

$G_{3-1} = G_0 = 5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\Delta\tau = 19 \text{ с}$ .

### 2.3.2 Результаты исследовательских испытаний экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном

Таблица 2.8 – Сопоставление результатов вычислительного и физического экспериментов

№ п/п	Исходные данные					Результаты							
	$t_{н,}$ °С	$T_{1-1,}$ °С	$T_{1-2,}$ °С	$T_{3-1,}$ °С	U	$G_{1-1,}$ М <sup>3</sup> /ч	$G_{2-1,}$ М <sup>3</sup> /ч	$G_{3-1,}$ М <sup>3</sup> /ч	$G_{1-2,}$ М <sup>3</sup> /ч	$G_{2-2,}$ М <sup>3</sup> /ч	$G_{3-2,}$ М <sup>3</sup> /ч	U	$\Delta\tau, c$
Вычислительный эксперимент (поз.2 таблицы 2.7)	+5	70	37,9	60,5	0,42	3,52	1,48	5,0	3,52	1,48	5,0	0,42	19
Физический эксперимент (19.02.2012)	+5	69,7	38	60,2	0,428	3,44	1,53	4,97	3,44	1,53	4,97	0,44	2280

Полученные в результате вычислительного эксперимента значения близки к данным вычислительного эксперимента. В п.п. 6.1.1.2 и 6.1.1.3 ТЗ к параметру  $\Delta\tau$  – время протекания переходного процесса требований не устанавливается. Автоматизированным узлом управления при физическом эксперименте сохраняется равенство коэффициентов смешения в узлах смешения рециркуляционного насоса и регулирующего клапана. Этим обеспечивается постоянство расхода сетевой воды и работа системы отопления потребителя по температурному графику без излома по температуре сетевой воды в подающей линии. В математической модели при выполнении вычислительного эксперимента установлено апериодическое звено первого порядка (демпфер), постоянная времени и время протекания переходного процесса будут уточнены при физическом моделировании на четвертом этапе выполнения госконтракта (п. 4.1 календарного плана: «Обобщение и оценка полученных результатов, в том числе: ... сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований...»).

#### Выводы.

По результатам вычислительного эксперимента и исследовательских испытаний устройства по предотвращению «перетопа» с ЧРП и с регулируемым клапаном с ЧРП:

- доказана экспериментально возможность устранения «перетопа» в отапливаемых помещениях при температурах наружного воздуха от так называемой точки излома  $t_{н,и}$  до температуры окончания отопительного сезона (+8°С);
- схема по устранению перетопа может работать при любых температурных графиках. При температурном графике более 95/70°С данная схема должна быть дополнена схемой с насосом смешения.

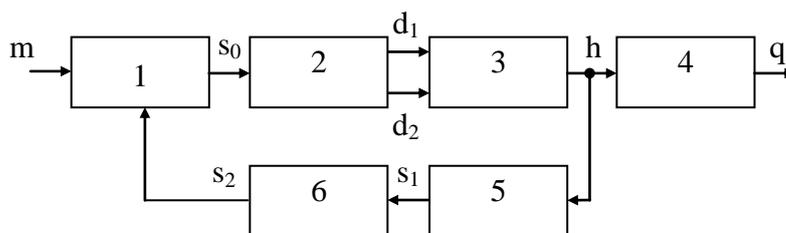
## 2.4 Экспериментальные исследования отдельных характеристик, параметров объекта исследования на соответствие требованиям, установленным техническим заданием

### 2.4.1 Коррекция расходной характеристики регулирующего клапана

В состав системы автоматического регулирования входит исполнительный механизм и регулирующий орган (РО), который характеризуется рабочей расходной характеристикой - зависимостью расхода среды в рабочих условиях от перемещения затвора РО. От формы расходной характеристики в значительной степени зависит качество процесса ре-

гулирования. Для нормальной работы системы автоматического регулирования необходимо, чтобы расходная характеристика РО была, возможно, ближе к линейной.

Для обеспечения желаемой формы расходной характеристики регулирующего органа (РО) ее преобразуют программным методом коррекции расходной характеристики регулирующего органа <sup>1</sup>.



**Рисунок 2.23-** Структурная схема системы коррекции расходной характеристики регулирующего органа

На сумматор (1) приходят сигнал управляющего воздействия  $m$  с регулятора и сигнал отрицательной обратной связи  $s_2$  с второго корректора (6). Результирующий сигнал  $s_0$  подаются на аналого-дискретный преобразователь (2), дискретные сигналы которого  $d_1$  и  $d_2$ , управляют интегратором или исполнительным механизмом постоянной скорости (3), на выходе которого формируется перемещение подвижной части РО - степень открытия клапана  $h$ . В регулирующем органе (4) в соответствии с расходной характеристикой устанавливается расход  $q$ . Сигнал  $h$  поступает на вход первого корректора (5), который обеспечивает линейризацию расходной характеристики РО. При необходимости получить заданную расходную характеристику РО (отличную от линейной) подключается второй корректор (6).

Функции преобразования:

- для сумматора (СУМ) –  $s_0 = m - s_2$ ;
- для аналого-дискретного преобразователя (АДП) –  $d_1 - d_2 = 1$ , если  $s_0 \geq z$  или  $-1$ , если  $s_0 \leq -z$  или  $0$ , если  $\text{mod}(s_0) < z$  ( $z$  – зона нечувствительности АДП);
- для исполнительного механизма постоянной скорости –  $h = V(d_1 - d_2)t$  ( $V$  – скорость исполнительного механизма);
- для регулирующего органа –  $q = F_{\text{РО}}(h)$ ;
- для первого корректора (1КОР) –  $s_1 = F_{1\text{К}}(h) = F_{\text{РО}}(h)$ ;

<sup>1</sup> Таланов С.В. Патент на полезную модель № 113033 от 25.01.2012. Система коррекции пропускной характеристики регулирующего органа с исполнительным механизмом постоянной скорости.

– для второго корректора (2КОР) –  $s_2 = F_{2К}(F_{РО}(h))$ .

Функции преобразования СУМ, АДП, 1КОР и 2КОР реализуются программно в контроллере.

Введение первого корректора линеаризует характеристику РО, т.е. при  $s_2=s_1$  получим  $q = m$ . Введение второго корректора позволяет получить заданную характеристику РО, т.е.  $q = F_{3РО}(m)$  из условия  $F_{2К}(F_{РО}(h))=m$ .

Для более сложных характеристик разработана программа, позволяющая по заданной функции  $F_{3РО}(h)$  определить функцию второго корректора. Эта программа входит в состав программного модуля коррекции.

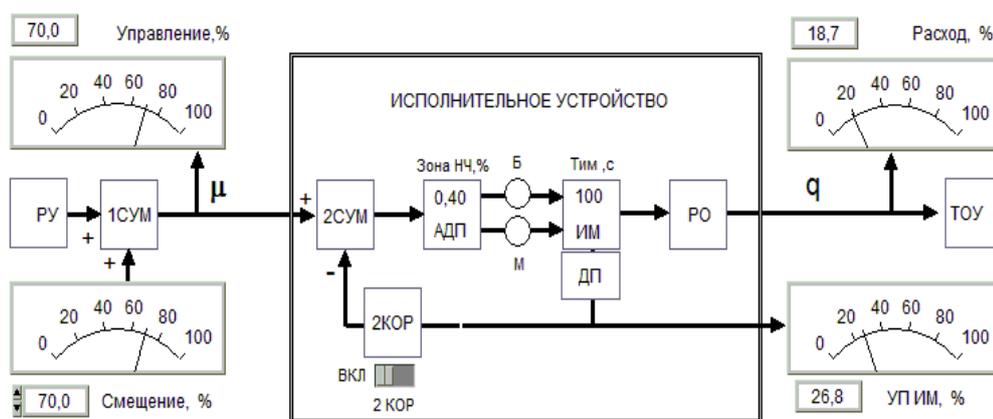


Рисунок 2.24 - Интерфейс программного модуля

Методика выполнения коррекции расходной характеристики заключается в следующем. По пяти точкам расходной характеристики регулирующего органа проводится ее аппроксимация<sup>2</sup>, результатом которой являются коэффициенты  $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7, m_8$  для модели расходной характеристики РО в виде

$$Y_m = m_0 + m_1 X + m_2 X^2 + m_3 (\sin(m_4 X) + m_5) + m_6 (\sin(m_7 X) + m_8).$$

После ввода полученных коэффициентов, модель 1-го корректора воспроизводит аппроксимированную расходную характеристику РО. Таким образом, при реализации в жесткой отрицательной обратной связи модели первого блока коррекции, происходит линеаризация расходной характеристики регулирующего органа.

Для экспериментальной проверки работы системы коррекции расходной характеристики регулирующего органа на стенде был установлен электромагнитный клапан типа EV 260B.

<sup>2</sup> Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный модуль «Аппроксимации характеристик элементов систем автоматизации» №2011611204 от 4.02.2011г. (правообладатели Таланов С.В., ИГЭУ).



Рисунок 2.25 – Регулирующий клапан EV 260B

Регулирующий клапан с катушкой типа ВL управляется нормированным токовым сигналом 4...20 мА. Зависимость между величиной управляющего тока и степенью открытия клапана строго линейная.

По изложенной выше методике на стенде проведен ряд экспериментов. Получены расходная характеристика клапана без системы коррекции и расходная характеристика клапана с системой коррекции.

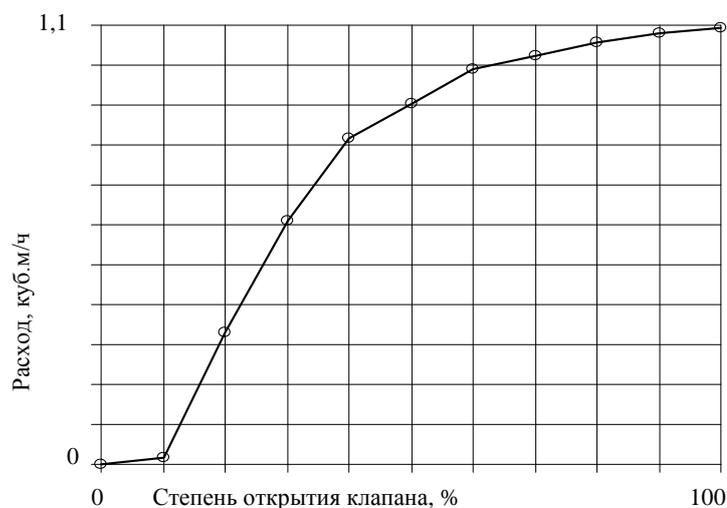
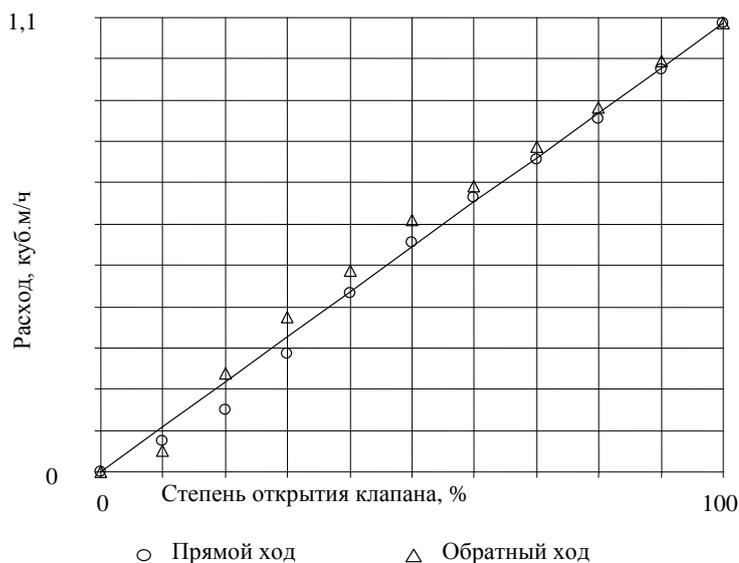


Рисунок 2.26 - Расходная характеристика клапана без системы коррекции



**Рисунок 2.27 - Расходная характеристика клапана с системой коррекции**

Полученная расходная характеристика клапана с системой коррекции близка к линейной, что свидетельствует о работоспособности и эффективности системы коррекции.

#### **2.4.2 Экспериментальные исследования характеристик сетевого насоса и насосов смешения для обеспечения требуемого изменения подключаемых тепловых нагрузок**

Насос смешения обеспечивает преодоление сопротивления системы подключенных потребителей до величины потерь напора 5 м.в.ст. при коэффициенте смешения до 2,2. При пластинчатом теплообменнике, с номинальным расходом 8 л/мин, расход через насос смешения составит:

$$V_c = V \cdot U = 8 \cdot 2,2 = 17,6 \text{ л/мин}$$

Тогда сопротивление подключаемой нагрузки равно:

$$S = \frac{\Delta H}{V_c^2} = \frac{5}{17,6^2} = 0,016141529 \frac{\text{м. в. ст.}}{\left(\frac{\text{л}}{\text{мин}}\right)^2}$$

Пересечение номинальной характеристики насоса при  $n=4500$  об/мин с характеристикой сети соответствует подаче 55 л/мин. ЧРП позволяет уменьшить число оборотов до 500 об/мин, тогда подача равна 6 л/мин, то есть обеспечивается  $\frac{55}{6} \cdot 100\% \approx 916\%$  изменения подключаемой нагрузки.

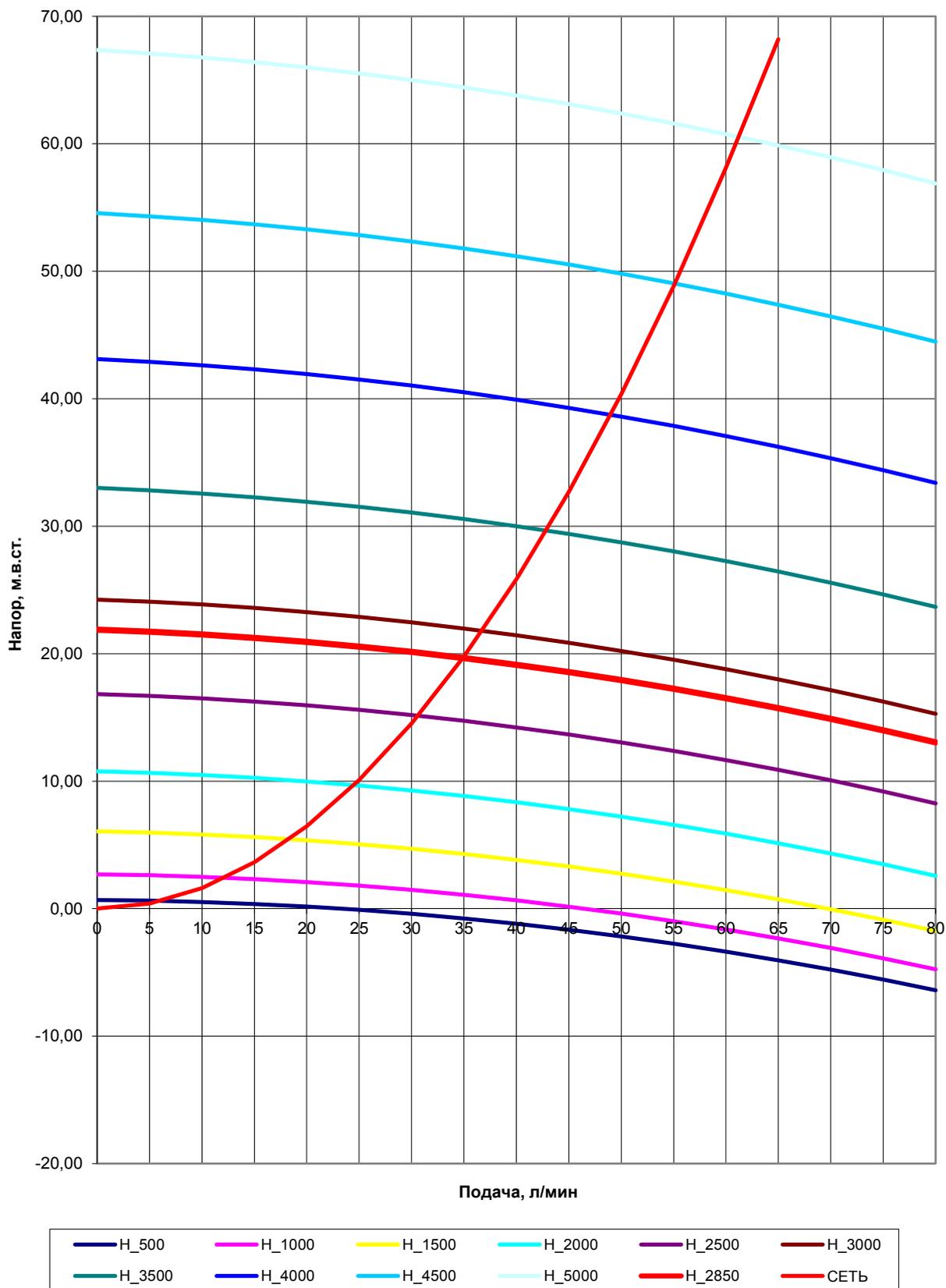


Рисунок 2.28 - Характеристика насоса СЕАМ 70/3 и характеристика сети

## Расчет характеристики насоса (СЕАМ 70/3)

**Таблица 2.9 – Исходные данные**

Число точек=	17
Порядок полинома=	2
Мин. подача=	0
Макс. подача=	80
Шаг подачи=	5
Число насосов=	1

**Таблица 2.10 - Расчет характеристики насоса**

№ п/п	Q	H
	л/мин	м
1	0	22,0
2	5	21,8
3	10	21,5
4	15	21,2
5	20	20,8
6	25	20,4
7	30	20
8	35	19,6
9	40	19,2
10	45	18,6
11	50	18
12	55	17,3
13	60	16,7
14	65	15,8
15	70	14,9
16	75	13,9
17	80	12,9

**Таблица 2.11 - Коэффициенты полинома**

C	0	21,88007355
C	1	-0,026856938
C	2	-0,001045415
C	3	

**Таблица 2.12 - Результаты расчета по полиному**

№ п/п	Q	H
	л/мин	м
1	0	21,9
2	5	21,7
3	10	21,5
4	15	21,2
5	20	20,9
6	25	20,6
7	30	20,1
8	35	19,7
9	40	19,1
10	45	18,6
11	50	17,9
12	55	17,2
13	60	16,5
14	65	15,7
15	70	14,9

16	75	14,0
17	80	13,0

### Пересчет характеристики насоса на новое число оборотов

**Таблица 2.13 - Исходные данные**

N=	2850,00
N1=	2850,00
HATM=	10,00
HPAR=	0,24
A=	0,00
B=	80,00
S=	5,00
DBC=	0,20
C0=	21,880074
C1=	-2,68569E-02
C2=	-1,04542E-03

**Таблица 2.14 - Результаты расчета**

C01=	21,88007355
C11=	-0,026856938
C21=	-0,001045415

**Таблица 2.15 - Характеристика насоса**

Q1	H1
0	21,88
5	21,72
10	21,51
15	21,24
20	20,92
25	20,56
30	20,13
35	19,66
40	19,13
45	18,55
50	17,92
55	17,24
60	16,51
65	15,72
70	14,88
75	13,99
80	13,04

**Таблица 2.16 - Характеристики насосов с различными значениями числа оборотов СЕАМ 70/3**

Q1	H_500	H_1000	H_1500	H_2000	H_2500	H_3000	H_3500	H_4000	H_4500	H_5000	H_2850	СЕТЬ
0	0,67	2,69	6,06	10,78	16,84	24,24	33,00	43,10	54,55	67,34	21,88	0
5	0,62	2,62	5,96	10,65	16,69	24,08	32,81	42,89	54,31	67,08	21,72	0,403538
10	0,52	2,49	5,82	10,48	16,50	23,86	32,56	42,62	54,02	66,77	21,51	1,614153
15	0,37	2,32	5,61	10,26	16,25	23,58	32,27	42,30	53,68	66,40	21,24	3,631844
20	0,16	2,09	5,36	9,98	15,95	23,26	31,92	41,93	53,28	65,98	20,92	6,456612
25	-0,10	1,80	5,05	9,65	15,59	22,88	31,52	41,50	52,84	65,51	20,56	10,08846
30	-0,41	1,47	4,70	9,27	15,19	22,45	31,07	41,03	52,34	64,99	20,13	14,52738
35	-0,77	1,08	4,29	8,83	14,73	21,97	30,56	40,50	51,78	64,41	19,66	19,77337
40	-1,19	0,64	3,82	8,35	14,22	21,44	30,01	39,92	51,18	63,79	19,13	25,82645
45	-1,66	0,15	3,31	7,81	13,66	20,85	29,40	39,29	50,52	63,11	18,55	32,6866
50	-2,18	-0,39	2,74	7,22	13,04	20,22	28,74	38,60	49,81	62,37	17,92	40,35382
55	-2,75	-0,99	2,12	6,58	12,38	19,53	28,02	37,86	49,05	61,59	17,24	48,82813
60	-3,37	-1,64	1,45	5,88	11,66	18,78	27,26	37,08	48,24	60,75	16,51	58,1095
65	-4,05	-2,34	0,73	5,13	10,89	17,99	26,44	36,23	47,38	59,86	15,72	68,19796
70	-4,78	-3,09	-0,05	4,33	10,06	17,14	25,57	35,34	46,46	58,92	14,88	
75	-5,56	-3,89	-0,88	3,48	9,19	16,24	24,64	34,39	45,49	57,93	13,99	
80	-6,39	-4,75	-1,76	2,58	8,26	15,29	23,67	33,39	44,47	56,88	13,04	

Падение напора в пластинчатом теплообменнике по горячей стороне  $\Delta H_{\text{то}}=1,21$  м.в.ст. Расход  $V=480$  л/час = 8 л/мин. Технические характеристики пластинчатого теплообменника РИДАН представлены в приложении И.

Падение напора в проточном подогревателе и системе трубопроводов принимаем  $\Delta H_{\text{тр}}= 5$  м.в.ст. Сопротивление сети, на которую работает насос СЕАМ 70/5:

$$S = \frac{\Delta H_{\text{то}} + \Delta H_{\text{тр}}}{V^2} = \frac{1,21 + 5}{8^2} = 0,09703125 \frac{\text{м}}{(\text{л/мин})^2}$$

По графикам характеристики насоса СЕАМ 70/5 (рисунок 2.29) видно, что при базовом числе оборотов 2850 об/мин, насос подаёт в сеть 17 л/мин.

Регулирование числа оборотов с ЧРП позволяет получить расчетный расход 2 л/мин при 500 об/мин и 27,5 л/мин при 4500 об/мин. Таким образом, применение подключаемых нагрузок на установке обеспечивается при изменении числа оборотов с 4500 до 500 об/мин в пределах 1375%, что намного больше 300% согласно требованиям ТЗ.

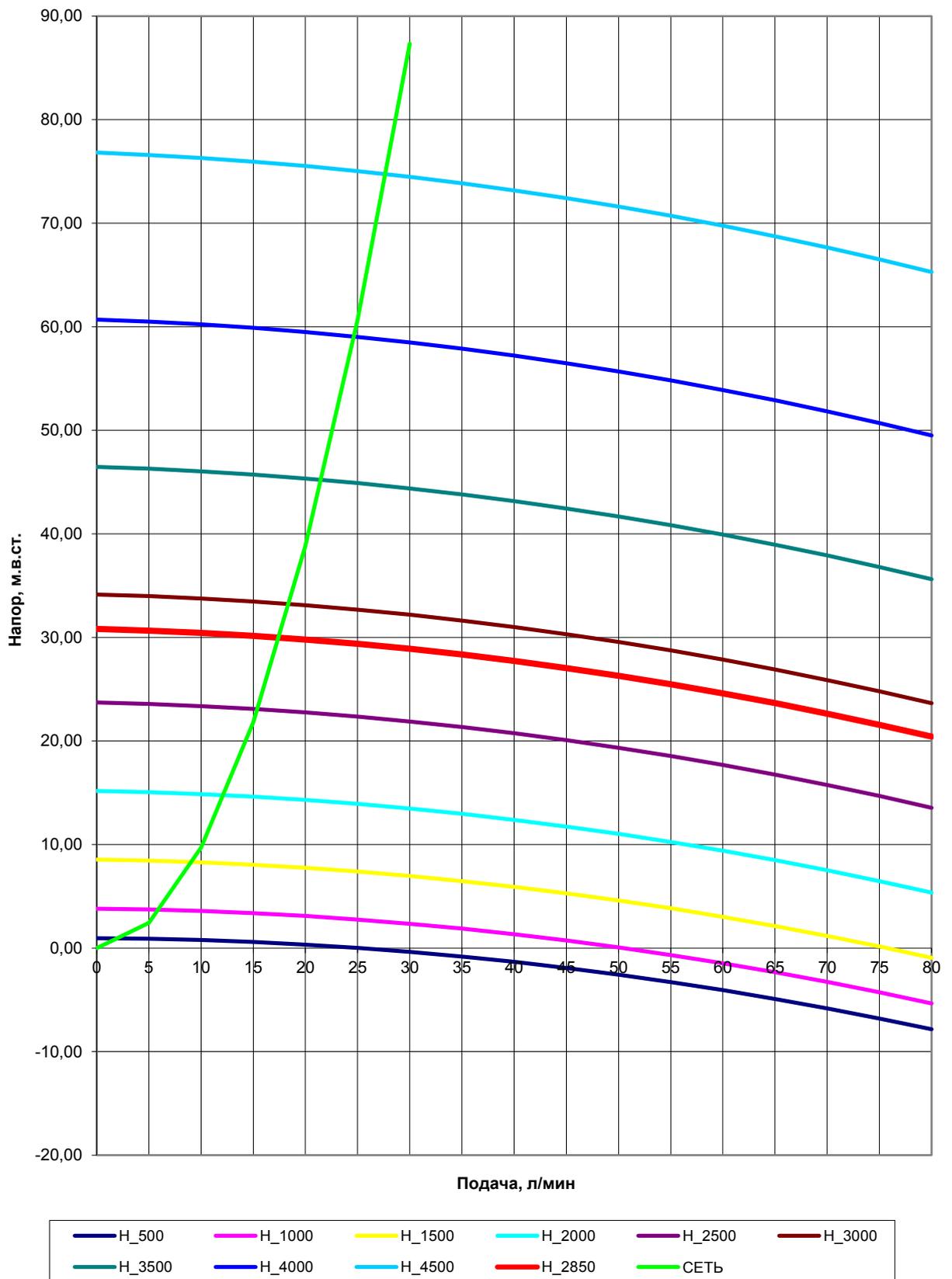


Рисунок 2.29 - Характеристики насоса СЕАМ 70/5 и характеристика сети

## Расчет характеристики насоса СЕАМ 70/5

**Таблица 2.17 - Исходные данные**

Число точек=	17
Порядок полинома=	2
Мин. подача=	0
Макс. подача=	80
Шаг подачи=	5
Число насосов=	1

**Таблица 2.18 - Характеристика насоса**

№ п/п	Q	H
	л/мин	м
1	0	31,0
2	5	30,8
3	10	30,3
4	15	30
5	20	29,7
6	25	29,3
7	30	28,8
8	35	28,3
9	40	27,7
10	45	27,1
11	50	26,4
12	55	25,5
13	60	24,8
14	65	23,8
15	70	22,7
16	75	21,5
17	80	20,2

**Таблица 2.19 - Коэффициент полинома**

C	0	30,8139267
C	1	-0,024398265
C	2	-0,001319409
C	3	

**Таблица 2.20 - Результаты расчета по полиному**

№ п/п	Q	H
	л/мин	м
1	0	30,8
2	5	30,7
3	10	30,4
4	15	30,2
5	20	29,8
6	25	29,4
7	30	28,9
8	35	28,3
9	40	27,7
10	45	27,0
11	50	26,3
12	55	25,5
13	60	24,6
14	65	23,7

15	70	22,6
16	75	21,6
17	80	20,4

## Пересчет характеристики насоса на новое число оборотов

**Таблица 2.21 - Исходные данные**

N=	2850,00
N1=	6000,00
HATM=	10,00
HPAR=	0,24
A=	0,00
B=	80,00
S=	5,00
DVC=	0,20
C0=	30,813927
C1=	-2,43983E-02
C2=	-1,31941E-03

**Таблица 2.22 - Результаты расчета**

C01=	136,5714264
C11=	-0,051364768
C21=	-0,001319409

**Таблица 2.23 - Характеристика насоса**

<b>Q1</b>	<b>H1</b>
0	136,57
5	136,28
10	135,93
15	135,50
20	135,02
25	134,46
30	133,84
35	133,16
40	132,41
45	131,59
50	130,70
55	129,76
60	128,74
65	127,66
70	126,51
75	125,30
80	124,02

Таблица 2.24 - Характеристики насосов с различными значениями числа оборотов СЕАМ 70/5

Q1	H_500	H_1000	H_1500	H_2000	H_2500	H_3000	H_3500	H_4000	H_4500	H_2850	СЕТЬ
0	0,95	3,79	8,54	15,17	23,71	34,14	46,47	60,70	76,82	30,81	0
5	0,89	3,72	8,44	15,06	23,57	33,98	46,29	60,49	76,60	30,66	2,425781
10	0,77	3,58	8,28	14,87	23,36	33,75	46,04	60,22	76,30	30,44	9,703125
15	0,59	3,37	8,05	14,62	23,09	33,46	45,73	59,89	75,95	30,15	21,83203
20	0,34	3,09	7,75	14,30	22,75	33,10	45,35	59,49	75,52	29,80	38,8125
25	0,02	2,76	7,39	13,92	22,35	32,68	44,90	59,02	75,03	29,38	60,64453
30	-0,37	2,35	6,96	13,47	21,88	32,18	44,39	58,48	74,48	28,89	87,32813
35	-0,82	1,88	6,47	12,96	21,34	31,63	43,81	57,88	73,86	28,34	
40	-1,33	1,34	5,91	12,38	20,74	31,00	43,16	57,22	73,17	27,73	
45	-1,92	0,74	5,29	11,73	20,08	30,32	42,45	56,49	72,42	27,04	
50	-2,56	0,07	4,60	11,02	19,34	29,56	41,68	55,69	71,60	26,30	
55	-3,28	-0,67	3,84	10,24	18,54	28,74	40,83	54,82	70,71	25,48	
60	-4,06	-1,47	3,02	9,40	17,68	27,85	39,92	53,89	69,76	24,60	
65	-4,90	-2,34	2,13	8,49	16,74	26,90	38,95	52,90	68,74	23,65	
70	-5,82	-3,27	1,17	7,51	15,75	25,88	37,91	51,84	67,66	22,64	
75	-6,79	-4,27	0,15	6,47	14,68	24,80	36,80	50,71	66,51	21,56	
80	-7,84	-5,34	-0,94	5,36	13,55	23,64	35,63	49,51	65,30	20,42	

## **Выводы по 2 разделу**

1. В соответствии с программой и методикой исследовательских испытаний №16.516.11.6089 ПМ проведены экспериментальные исследования термогидравлического распределителя.

Акт испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя с приложениями протоколов испытаний по каждому пункту программы и методикам исследовательских испытаний подписан членами приемочной комиссии ИГЭУ и утвержден приказом ректора ИГЭУ (приложение Г). Выводы комиссии: объект испытаний и его документация готовы для предъявления на приемочные испытания. Планируется индивидуальный тепловой пункт «Гараж» ИГЭУ ввести в эксплуатацию в начале отопительного сезона 2012 – 2013 гг.

2. В соответствии с программой и методикой исследовательских испытаний №16.516.11.6089 ПМ01 проведены экспериментальные исследования насосного узла смешения с ЧРП.

Акт испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП с приложениями протоколов испытаний по каждому пункту программы и методикам исследовательских испытаний подписан членами приемочной комиссии ИГЭУ и утвержден приказом ректора ИГЭУ (приложение Г). Выводы комиссии: объект испытаний и его документация готовы для предъявления на приемочные испытания.

3. В соответствии с программой и методикой исследовательских испытаний №16.516.11.6089 ПМ01 проведены экспериментальные исследования устройства по устранению «перетопа» с ЧРП.

Акт испытаний экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП с приложениями протоколов испытаний по каждому пункту программы и методикам исследовательских испытаний подписан членами приемочной комиссии ИГЭУ и утвержден приказом ректора ИГЭУ (приложение Г). Выводы комиссии: объект испытаний и его документация готовы для предъявления на приемочные испытания.

4. Была проведена экспериментальная проверка работы системы коррекции расходной характеристики регулирующего органа электромагнитного клапана типа EV 260 В. Полученная расходная характеристика регулирующего клапана с коррекцией близка к линейной, что свидетельствует о работоспособности и эффективности разработанной системы коррекции характеристики регулирующего клапана.

5. Проведены экспериментальные исследования характеристик сетевого насоса и насосов смешения с целью обеспечения необходимого изменения подключаемых тепловых нагрузок согласно требованию ТЗ.

### **3 Доработка документов на методические решения, применяемые в исследовании объектов НИР, по результатам экспериментальных исследований**

#### **3.1 Идентификация элеватора и насосного узла смешения**

В системах централизованного теплоснабжения с повышенными температурными графиками нашли широкое распространение водоструйные насосы – элеваторы. С их помощью производится снижение температуры до требуемой санитарными нормами (ниже 95 °С) и обеспечивается циркуляция в присоединенной отопительной системе.

Зачастую к одному элеватору подсоединяют несколько отопительных систем и, кроме того, возможен открытый отбор сетевой воды.

В расчётной практике принимают, что сопротивление сопла элеватора значительно больше сопротивления отопительной системы, и поэтому всю отопительную систему в гидравлическом расчёте идентифицируют соплом элеватора [2].

При расчёте эксплуатационных и аварийных режимов указанное упрощение не позволяет определить параметры работы нескольких отопительных систем, подключённых к одному элеватору и учесть влияние открытого водоразбора.

Наиболее распространённый метод гидравлических расчётов тепловых сетей основан на использовании закона сохранения массы и равенства суммы потерь напора по каждому контуру нулю, то есть аналогов 1 и 2 законов Кирхгофа, применяемых для расчёта электрических сетей.

При этом любая сложная гидравлическая сеть состоит из пассивных двухполюсников – участков трубопроводов с местными сопротивлениями, и активных двухполюсников – участков трубопроводов с установленными на них насосами [3].

Элеватор или водоструйный насос является активным трёхполюсником, так как не только обеспечивает смешение потоков воды, но и создаёт напор для преодоления сопротивления отопительной системы.

Очевидно, что для гидравлического расчёта тепловой сети элеватор представляет собой невозможность использования методики [3] активных и пассивных двухполюсников. Кроме того, анализ работы элеватора на подключённую тепловую сеть требует знания сопротивления этой сети, что возможно лишь при отсутствии открытого водоразбора. Поэтому фактически отсутствует методика расчёта элеваторов, работающих на несколько отопительных систем с водоразбором.

Рассмотрим математический аппарат поиска идентичного элеватору трёхполюсника, составленного из двухполюсников. Такая схема известна, применяется в насосных узлах смешения.

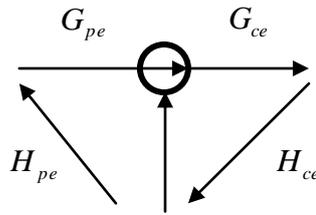


Рисунок 3.1 - Схема элеваторного узла смешения

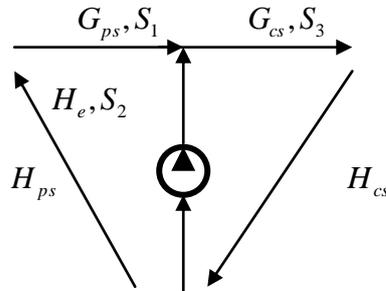


Рисунок 3.2 - Схема насосного узла смешения

Внешняя гидравлическая сеть не заметит изменения схемы на рисунке 3.1 на схему на рисунке 3.2 при выполнении определённых условий.

Условия, при которых трёхполюсники будут идентичными, определены в [4].

По ним необходимо равенство двух расходов и двух величин потерь напора.

$$\left. \begin{aligned} G_{pe} &= G_{ps} \\ G_{ce} &= G_{cs} \\ H_{pe} &= H_{ps} \\ H_{ce} &= H_{cs} \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

где:

$G_{pe}$  - массовый расход, подаваемый в сопло элеватора, кг/с;

$G_{ce}$  - массовый расход, подаваемый элеватором в присоединённую систему отопления, кг/с;

$H_{pe}$  - располагаемый напор на сопло элеватора, м.в.ст.;

$H_{ce}$  - напор, создаваемый элеватором на преодоление сопротивления присоединённой отопительной системы, м.в.ст.;

$G_{ps}$  - массовый расход, подаваемый на схему насосного узла смешения, кг/с;

$G_{cs}$  - массовый расход, подаваемый насосным узлом смешения в присоединённую систему отопления, кг/с;

$H_{ps}$  - располагаемый напор перед насосным узлом смешения, м.в.ст.;

$H_{cs}$  - напор, создаваемый насосным узлом смешения на преодоление сопротивления присоединённой отопительной системы, м.в.ст.;

$S_1$  - сопротивление подводящего участка трубопровода, м·с<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>;

$S_2$  - суммарное сопротивление участка трубопровода с сопротивлением проточной части насоса, на котором установлен подмешивающий насос, м·с<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>;

$S_3$  - сопротивление отводящего участка трубопровода от насосного узла смешения, м·с<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>;

$H_e$  - напор насоса смешения при нулевой подаче, м.в.ст.

Характеристика насоса смешения стабильная и описывается уравнением:

$$H_{ns} = H_e - S_{ns} \cdot G_{cs}^2 \quad (3.2)$$

где:

$S_{ns}$  - сопротивление проточной части насоса смешения, м·с<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>.

Сопротивление участка трубопровода с местными сопротивлениями определяется по уравнению Дарси-Вейсбаха:

$$S = \left( \frac{\lambda \cdot l}{d} + \Sigma \zeta \right) \cdot \frac{8}{g \cdot (\rho \cdot \pi \cdot d^2)^2} \quad (3.3)$$

где:

$\lambda$  - коэффициент гидравлического трения; для тепловых сетей применяется формула Прандтля-Никурадзе.

$$\lambda = \frac{1}{\left( 1.14 + 2 \cdot \lg \frac{d}{k_s} \right)^2} \quad (3.4)$$

$l$  - длина участка трубопровода, м;

$d$  - внутренний диаметр трубопровода, м;

$\Sigma \zeta$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке трубопровода;

$g = 9,81$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\rho$  - плотность воды на участке, кг/м<sup>3</sup>;

$\pi = 3,141592654$ .

Потеря напора на участке трубопровода равна:

$$\Delta H = S \cdot G^2 \quad (3.5)$$

где:

$G$  - массовый расход воды на участке трубопровода, кг/с.

Уравнение характеристики струйного насоса имеет вид [5]:

$$\frac{\Delta p_c}{\Delta p_p} = \phi_1^2 \cdot \frac{f_{p1}}{f_3} \cdot \left[ \begin{array}{l} 2 \cdot \phi_2 + \left( 2 \cdot \phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2} \right) \cdot \frac{v_n}{v_p} \cdot \frac{f_{p1}}{f_{n2}} \cdot u^2 - \\ - \left( 2 - \phi_3^2 \right) \cdot \frac{v_c}{v_p} \cdot \frac{f_{p1}}{f_3} \cdot (1+u)^2 \end{array} \right] \quad (3.6)$$

где:

$$\Delta p_c = p_c - p_n \quad (3.7)$$

$$\Delta p_p = p_p - p_n \quad (3.8)$$

$$f_{n2} = f_3 - f_{p1} \quad (3.9)$$

$$\frac{f_{p1}}{f_{n2}} = \frac{f_{p1}}{f_3 - f_{p1}} \quad (3.10)$$

$$f_{p1} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \quad (3.11)$$

$$f_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \quad (3.12)$$

$v_p$  - удельный объём воды, подаваемой к соплу, м<sup>3</sup>/кг;

$v_n$  - удельный объём инжектируемой воды, м<sup>3</sup>/кг;

$v_c$  - удельный объём воды смеси, м<sup>3</sup>/кг;

$d_1$  - внутренний диаметр сопла, м;

$d_3$  - внутренний диаметр камеры смещения, м.

Технические характеристики элеваторов ВТИ-Теплосеть Мосэнерго приведены в таблице 3.1 по данным [6].

Таблица 3.1 - Технические характеристики элеваторов ВТИ-Теплосеть Мосэнерго

№ элеватора ВТИ	Диаметр камеры смещения, мм, $d_3$	Длина, мм	Коэффициенты скорости			
			$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	$\varphi_4$
1	15	425	0,95	0,975	0,812	0,875
2	20	425	0,95	0,975	0,8	0,875
3	25	625	0,95	0,975	0,87	0,875
4	30	625	0,95	0,975	0,844	0,875
5	35	625	0,95	0,975	0,833	0,875
6	47	720	0,95	0,975	0,812	0,875

Расход рабочей среды через сопло элеватора равен:

$$G_{pe} = \phi_1 \cdot f_{p1} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta p_p}{v_p}}, \text{ кг/с} \quad (3.13)$$

Так как

$$\Delta p_p = \frac{g \cdot H_{pe}}{v_p}, \text{ Н/м}^2 \quad (3.14)$$

Уравнение (3.13) после подстановки в него (3.14) принимает вид:

$$G_{pe} = \phi_1 \cdot \frac{f_{p1}}{v_p} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{pe}} \quad (3.15)$$

Так как

$$\Delta p_c = \frac{g \cdot H_{ce}}{v_c} \quad (3.16)$$

то, подставив выражения (3.14) и (3.16) в (3.6) получаем уравнение характеристики элеватора относительно напоров. Из которого при

$$H_{ce} = 0 \quad (3.17)$$

и коэффициенте смешения элеватора

$$U_{\max} = \frac{G_{c\max}}{G_{pe}} - 1 \quad (3.18)$$

после преобразований получаем уравнение, из которого можно найти максимальный расход через отопительную систему  $G_{c\max}$  :

$$\begin{aligned} & \frac{v_c}{g} \cdot \phi_1^2 \cdot \frac{f_{p1}}{f_3} \cdot (2 \cdot \phi_2 + (2 \cdot \phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2}) \cdot \frac{v_n}{v_p} \cdot \frac{f_{p1}}{f_{n2}} \cdot (\frac{G_{c\max}}{G_{pe}} - 1)^2 + (2 - \phi_3^2) \cdot \frac{v_c}{v_p} \cdot \frac{f_{p1}}{f_3} \times \\ & \times \left( \frac{G_{c\max}}{G_{pe}} \right)^2) \cdot \frac{H_p \cdot g}{v_p} = 0 \end{aligned} \quad (3.19)$$

Уравнение (3.19) относительно неизвестного расхода  $G_{c\max}$  является квадратным и имеет два корня – физическому смыслу отвечает только положительный корень.

Напор, создаваемый элеватором для системы отопления при коэффициенте смешения равном:

$$U = \frac{G_c}{G_{pe}} - 1 \quad (3.20)$$

будет равен при заданном расходе  $G_c$  :

$$\begin{aligned} & H_{ce} = -\frac{v_c}{g} \cdot \phi_1^2 \cdot \frac{f_{p1}}{f_3} \cdot (2 \cdot \phi_2 + (2 \cdot \phi_2 - \frac{1}{\phi_4^2}) \cdot \frac{v_n}{v_p} \cdot \frac{f_{p1}}{f_{n2}} \cdot (\frac{G_c}{G_{pe}} - 1)^2 - (2 - \phi_3^2) \cdot \frac{v_c}{v_p} \cdot \frac{f_{p1}}{f_3} \times \\ & \times \left( \frac{G_c}{G_{pe}} \right)^2) \cdot \frac{H_p \cdot g}{v_p} = 0 \end{aligned} \quad (3.21)$$

Необходимые для идентификации расход  $G_{pn}$  и напор  $H_{cn}$  определяются из уравнений потерь напора, аналогов 2 закона Кирхгофа [3]:

$$S_2 \cdot (G_c - G_{pn}) \cdot |G_c - G_{pn}| - H_e - S_1 \cdot G_{pn} \cdot |G_{pn}| + H_p = 0 \quad (3.22)$$

$$H_{cn} = H_p - S_1 \cdot G_{pn} \cdot |G_{pn}| - S_3 \cdot G_c \cdot |G_c| \quad (3.23)$$

Система уравнений (3.6) будет удовлетворяться при оптимальном подборе величин  $S_1, S_2, S_3, H_e$ . Анализ показывает, что поиск оптимальных величин возможен лишь методами условной оптимизации, так как физической реализации при идентификации отвечают лишь положительные значения неизвестных величин. Таким образом, задача сводится к условной оптимизации с ограничениями:

$$\left. \begin{array}{l} S_1 > 0 \\ S_2 > 0 \\ S_3 > 0 \\ H_e > 0 \end{array} \right\} \quad (3.24)$$

Применение «Пакета оптимизации DirectSearch v.2 для Maple» [7; 8] позволило построить работоспособный вычислительный алгоритм.

К некоторой сложности следует отнести проверку всех возможных вариантов и выбора из них варианта с минимальным значением оптимизируемой функции отклонений. Это вызвано тем, что оптимизация производится с символьными величинами и заранее невозможно определить численное значение искомым величин. Уравнение (3.22) решается аналитически как квадратное уравнение, при этом возможны 4 варианта и каждый вариант имеет два корня. Необходимо выполнить вычисления по всем восьми вариантам.

В приложении Е приведена программа на Maple условного оптимизационного поиска параметров насосного узла смешения идентичного по расходам и напорам элеватору.

### **Выводы по 3 разделу:**

1. Разработана методика идентификации элеватора насосному узлу смешения, позволяющая проводить как наладочные, так и эксплуатационные гидравлические расчеты тепловых сетей с элеваторным присоединением потребителей.
2. Подобран математический метод решения оптимизационной задачи с ограничениями на неотрицательность искомых величин.
3. Разработана программа на Maple численного определения параметров идентификационной схемы с насосом смешения.

#### 4 **Корректировка технической документации по результатам экспериментальных исследований**

Проведенные наладочные испытания термогидравлического распределителя насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном выявили необходимость замены некоторого оборудования экспериментальных стендов и в связи с этим корректировки технической документации:

1. После установки в ИТП «Гараж» ИГЭУ узлов учета тепловой энергии и теплоносителя на отопление и горячее водоснабжение (тепловычислители ВКТ-4 и СТД, электромагнитные расходомеры ПРЭМ-32, термометры сопротивления КТСР) было проведено уточнение расхода воды для потребителей ИТП. Измеренный по приборам учет расход воды оказался значительно ниже расхода, определенного ранее по укрупненным показателям – вместо 21,33 м<sup>3</sup>/ч суммарный расход на отопление и горячее водоснабжение с учетом максимальной нагрузки составил 10,12 м<sup>3</sup>/ч. Для предотвращения подмешивания обратной воды в ТГР расход воды увеличен на 10% -  $10,12 \cdot 1,1 = 11,14$  м<sup>3</sup>/ч. Был выполнен новый гидравлический расчет на эту измененную нагрузку. Определен диаметр диафрагмы, который должен быть установлен в подающем трубопроводе на ТГР. Результаты расчёта представлены в Приложении Ж.
2. В связи с заменой основного технологического оборудования и модернизацией автоматизированного узла управления проведена полная реконструкция экспериментальной установки с насосным узлом смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном:
  - контроллер ТКМ-410 заменён на новый контроллер SMH2Gi фирмы Segnetics;
  - насос циркуляционный заменён на три новых большей производительности с ЧРП;
  - установлен новый регулирующийся клапан с электрическим приводом фирмы Danfoss;
  - смонтированы три новых пульта управления ЧРП;
  - установлен проточный водоподогреватель;
  - изменена функция применения ёмкостного водоподогревателя – он используется как расширительный бак для удаления растворённого в воде воздуха;
  - заменена силовая электрическая проводка в связи с монтажом нового электропитающего оборудования – проточного водоподогревателя, насосов и т.п.;
  - для обеспечения надёжной работы и в связи с изменением условий постановки задачи изменены месторасположения ультразвуковых расходомеров в схеме.

#### **Выводы по 4 разделу**

1. Проведена модернизация экспериментального стенда с термогидравлическим распределителем, т. к. значения температуры воды на горячее водоснабжение после водоподогревателя была ниже нормативно-требуемых значений. Выполнен поверочный гидравлический расчет тепловых сетей ИГЭУ, заменена диафрагма в ИТП «Гараж».
2. В связи с заменой основного технологического оборудования и модернизацией автоматизированного узла управления проведена полная реконструкция экспериментального стенда насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.
3. Проведена корректировка технической документации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На 3 этапе выполнения научно-исследовательской работы «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счёт разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла» в соответствии с календарным планом выполнено:

1. Разработан и смонтирован экспериментальный образец термогидравлического распределителя и экспериментальные образцы насосного узла смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном. Акт изготовления экспериментального образца термогидравлического распределителя и экспериментальных образцов насосного узла смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном представлены в Приложении В. Разработана конструкторская документация (КД) на экспериментальный образец термогидравлического распределителя и экспериментальных образцов насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном, без присвоения литеры, по ГОСТ 2.103-68\* с изменением №1.

2. В соответствии с программой и методикой исследовательских испытаний проведены экспериментальные исследования термогидравлического распределителя и насосного узла смешения с ЧРП и устройство устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном. Акт испытаний экспериментальных образцов термогидравлического распределителя и насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном с приложениями протоколов испытаний по каждому пункту программы и методикам исследовательских испытаний подписан членами приемочной комиссии ИГЭУ и утвержден приказом ректора ИГЭУ. Выводы комиссии: объекты испытаний и их документация готовы для предъявления на приемочные испытания. Была проведена экспериментальная проверка работы системы коррекции расходной характеристики регулирующего органа электромагнитного клапана типа EV 260 В. Полученная расходная характеристика регулирующего клапана с коррекцией близка к линейной, что свидетельствует о работоспособности и эффективности разработанной системы коррекции характеристики регулирующего клапана.

3. Разработана методика идентификации водоструйных насосов – элеваторов, применяемых в зависимых системах теплоснабжения при повышенных температурных графиках, насосным узлам смешения. На основе поиска минимума суммы квадратов отклонений напоров и расходов при наличии ограничений на неотрицательность сопротивлений и напора насоса смешения, определяются оптимальные сопротивления участков и напор насоса смешения. Методика идентифика-

ции реализована для инженерного применения в виде Maple программы, по которой по заданным исходным данным находятся параметры идентичной элеватору схемы с насосом смешения.

4. Проведена модернизация экспериментального стенда с термогидравлическим распределителем, т. к. значения температуры воды на горячее водоснабжение после водоподогревателя была ниже нормативно-требуемых значений. Выполнен поверочный гидравлический расчет тепловых сетей ИГЭУ, заменена диафрагма в ИТП «Гараж». В связи с заменой основного технологического оборудования и модернизации автоматизированного узла управления проведена полная реконструкция экспериментального стенда насосного узла смешения с ЧРП и устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном. Проведена корректировка технической документации.

5. Применение в системах централизованного теплоснабжения термогидравлического распределителя с большим диаметром трубопровода ограничено величинами подключаемых тепловых нагрузок 1-2 Гкал/ч. При больших тепловых нагрузках диаметр трубопровода термогидравлического распределителя становится чрезвычайно большим и технически трудно реализуемым. Для больших тепловых нагрузках функционально термогидравлический распределитель может быть выполнен из трубопроводов, диаметром равным головным участкам от котельной. При этом создание основного свойства ТГР – минимального сопротивления, можно обеспечить установкой низконапорных насосов, компенсирующих потери напора. Изменение сопротивления регулятора температуры горячего водоснабжения и сопротивления регуляторов вентиляционных установок, вызывает изменение расходов сетевой воды на эти нагрузки. Обеспечение стабильности расхода сетевой воды на нагрузку отопления и суммарного расхода на котельную установку обеспечивается тремя низконапорными насосами. В зависимости от изменения сопротивления регулятора температуры с помощью разработанного математического аппарата определяются оптимальные параметры ТГР – числа оборотов насосов, управляемых частотным регулируемым приводом.

Рассматриваемые технические энергосберегающие устройства, выполнению экспериментальных исследований которым посвящён 3 этап, позволяют получить технико-экономический эффект.

Так, например, устройство по устранению «перетопа» позволяет сократить расход газа на котельной мощности 10 Гкал/час на сумму около 371 тыс. рублей, то есть может окупиться в течение одного отопительного сезона.

Установка вместо элеваторов насосных узлов смешения позволяет на 15-20 м.в.ст. снизить напор сетевых насосов, что приводит к значительному сокращению расхода электроэнергии на привод сетевых насосов. Кроме того, замена всех элеваторов на насосные узла смешения и не требуется. Так как на напор сетевых насосов оказывает диктующее влияние наиболее удалённое

направление тепловой сети с подключёнными абонентами, где и необходима установка насосов смешения.

### Список литературы

1. **СНиП 41-02-2003.** *Тепловые сети.*
2. **Зингер Н.М.** *Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем.* Москва : «Энергия», 1976. стр. 336.
3. *Методы и алгоритмы расчёта тепловых сетей. Под общей редакцией В.Я. Хасилева и А.П. Меренкова.* Москва : Энергия, 1978. стр. 176.
4. **Millar, By William.** *CXYI. Some General Theorems for Non-Linear Systems Possessing.* Harwell : Atomic Energy Research Establishment, 1951.
5. **Соколов Е.Я., Зингер Н.М.** *Струйные аппараты.* Москва : Энергоатомиздат, 1989. стр. 351.
6. **Сафонов А.П.** *Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям.* Москва : Энергия, 1968. стр. 240.
7. **Дьяконов В.П.** *Maple 9 в математике, физике и образовании. Библиотека профессионала.* Москва : СОЛОН-Пресс, 2004. стр. 688.
8. **Моисеев С.** *Пакет оптимизации DirectSearch v.2 для Maple.* б.м. : Кодофон, 2011.

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

(обязательное)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего профессионального образования

«Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

УДК 620.9:662.92; 658.264

Гос. рег. № 01201174544

Инв. N

УТВЕРЖДАЮ

Проректор университета

по научной работе

\_\_\_\_\_ Тютиков В.В.

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2012 г.

**ЭСКИЗНАЯ КОНСТРУКТОРСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ  
на термогидравлический распределитель, насосный узел смешения с ЧРП и устройство  
устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном**

государственный контракт № 16.516.11.6089 от 8 июля 2011 г.

Шифр «2011-1.6-516-037-030»

**Этап 3.** Экспериментальные исследования термогидравлического распределителя, насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном  
(промежуточный)

Начальник НИСа

\_\_\_\_\_

Таланов С.Б.

Руководитель темы

\_\_\_\_\_

Созинов В.П.

Иваново 2012

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ИГЭУ

\_\_\_\_\_ С. В. Тарарыкин

«\_\_» январь 2012 г.

### АКТ

изготовления объектов испытаний

«Экспериментальный образец термогидравлического распределителя»

Государственный контракт от 8 июля 2011 г. № 16.516.11.6089

Шифр 2011-1.6-516-037-030

12 января 2012 г.

г. Иваново

Комиссия в составе:  
председателя

проректора по научной работе

В. В. Тютикова

и членов комиссии

проректора по ресурсному обеспечению  
профессора кафедры «Электромеханика»  
профессора кафедры «Электромеханика»  
профессора кафедры «Теоретическая и  
прикладная механика»

В. П. Голова  
А. К. Громова  
В. П. Шишкина  
В. И. Шапина

назначенная приказом по Ивановскому государственному энергетическому университету имени В. И. Ленина от 10 января 2007 г. № 2, составила настоящий акт о нижеследующем.

1. Комиссии предъявлены:

1.1. Экспериментальный образец термогидравлического распределителя (далее - объект испытаний) в количестве 1 экземпляра.

1.2. Комплект конструкторской документации (КД)

1.2.1 Гидравлическая схема функциональная экспериментального образца с ТГР.

1.2.2 Гидравлическая схема соединений и подключений экспериментального образца с ТГР.

1.2.3 Термогидравлический распределитель. Чертеж общего вида.

1.2.4 Электрическая схема внешних соединений экспериментального образца с ТГР.

1.2.5 Спецификация С1.

1.3. Объект испытаний установлен в тепловом пункте «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.

### 2. В результате проверки установлено:

2.1. Объект испытаний изготовлен в Учебно-производственных мастерских ИГЭУ по заданию отдела главного энергетика (главный механик А. М. Смирнов) в период с 20 августа 2011 г. по 11 января 2012 г. в соответствии с комплектом КД на объект испытаний и в комплектности, установленной техническим заданием.

### **3. Вывод**

Объект испытаний пригоден для проведения исследовательских испытаний.

Приложение 1. Гидравлическая схема функциональная экспериментального образца с ТГР.

Приложение 2. Гидравлическая схема соединений и подключений экспериментального образца с ТГР.

Приложение 4. Термогидравлический распределитель. Чертеж общего вида

Приложение 4. Электрическая схема внешних соединений экспериментального образца с ТГР.

Приложение 5. Спецификация С1.

Председатель комиссии

В. В. Тютиков

Члены комиссии

В. П. Голов

А. К. Громов

В. П. Шишкин

В. И. Шапин

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ИГЭУ

\_\_\_\_\_ С. В. Тарарыкин

«\_\_\_» марта 2012 г.

### АКТ

изготовления объектов испытаний

«Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном»

Государственный контракт от 8 июля 2011 г. № 16.516.11.6089

Шифр 2011-1.6-516-037-030

2 марта 2012 г.

г. Иваново

Комиссия в составе:  
председателя

проректора по научной работе

В. В. Тютикова

и членов комиссии

проректора по ресурсному обеспечению  
профессора кафедры «Электромеханика»  
профессора кафедры «Электромеханика»  
профессора кафедры «Теоретическая и  
прикладная механика»

В. П. Голова  
А. К. Громова  
В. П. Шишкина  
В. И. Шапина

назначенная приказом по Ивановскому государственному энергетическому университету имени В. И. Ленина от 10 января 2007 г. №2, составила настоящий акт о нижеследующем.

1. Комиссии предъявлены:

1.1. Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном (далее - объект испытаний) в количестве 1 экземпляра.

1.4. Комплект конструкторской документации (КД)

2.2.1 Гидравлическая схема функциональная.

1.2.6 Электрическая схема функциональная.

1.2.7 Гидравлическая схема соединений и подключений.

1.2.8 Электрическая схема соединений и подключений.

1.2.9 Пластинчатый теплообменник. Чертеж общего вида.

1.2.10 Спецификация С2.

1.5. Экспериментальный образец изготовлен в учебно-исследовательском центре «АСУ в теплоэнергетике», по адресу: г. Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346.

### 2. В результате проверки установлено:

2.1. Объект испытаний изготовлен в Учебно-исследовательском центре «АСУ в теплоэнергетике» в период с 1 августа 2011 г. по 1 марта 2012 г. в соответствии с комплектом КД на объект испытаний и в комплектности, установленной техническим заданием.

#### 4. Вывод

Объект испытаний пригоден для проведения исследовательских испытаний.

- Приложение 1. Гидравлическая схема функциональная стенда экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.
- Приложение 2. Электрическая схема функциональная экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.
- Приложение 3. Гидравлическая схема соединений и подключений стенда экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.
- Приложение 4. Электрическая схема соединений и подключений стенда экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.
- Приложение 5. Стенд экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном. Чертеж общего вида.
- Приложение 6. Пластинчатый теплообменник. Чертеж общего вида.
- Приложение 7. Спецификация С2.

Председатель комиссии

В. В. Тютиков

Члены комиссии

В. П. Голов

А. К. Громов

В. П. Шишкин

В. И. Шапин

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

УТВЕРЖДАЮ

*Ректор ИГЭУ*

*С.В.Тарарыкин*

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

### АКТ

#### исследовательских испытаний

«Экспериментального образца термогидравлического распределителя»

Этап 3 государственного контракта № 16.516.11.6089 от «8» июля 2011 г.

Шифр «2011-1.6-516-037-030»

«31» января 2012 г.

*г. Иваново*

Комиссия в составе:

председателя	проректора по научной работе	В.В.Тютикова
и членов комиссии	проректора по ресурсному обеспечению	В.П.Голова
	профессора кафедры «Электромеханика»	А.К.Громова
	профессора кафедры «Электромеханика»	В.П.Шишкина
	профессора кафедры «Теоретическая и прикладная механика»	В.И.Шапина

назначенная приказом по Ивановскому государственному энергетическому университету имени В.И.Ленина от «10» января 2007 г. №2, в период с «13» января 2012 г. по «27» января 2012 г. провела исследовательские испытания экспериментального образца термогидравлического распределителя в соответствии с программой и методикой исследовательских испытаний термогидравлического распределителя №16.516.11.6089 ПМ.

Испытания проведены в тепловом пункте «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул.Лебедева – Кумача, 2А.

#### **1. Цель испытания**

Проверка соответствия экспериментального образца термогидравлического распределителя требованиям технического задания по теме: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счет разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла».

#### **2. Результаты испытаний**

В результате проведенных испытаний установлено:

- изделие комплектно, состав изделия соответствует требованиям ТЗ;
- изделие соответствует конструкторской документации (КД);
- оформление и содержание КД соответствует НТД;
- проверка соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроиз-

ведения соблюдается;

- проверка соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий соблюдается;
- проверка и выполнение требований к поверке средств измерений выполнено полностью;
- требования по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды, заданные в ТЗ, соблюдаются;
- уровень стандартизации и унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний соответствует требованиям, заданным в ТЗ;
- требования к патентной чистоте и правовой защите РИД выполнены.

### **3. Рекомендации комиссии по исследовательским испытаниям**

Присвоить конструкторской документации экспериментального образца термогидравлического распределителя литеру «О» (ГОСТ 2.103 – 68\*).

### **4. Выводы комиссии**

Анализ результатов, проведенных исследовательских испытаний показал:

4.1 Экспериментальный образец выполнен на высоком научно – техническом уровне, с применением перспективных технических средств. Применяемые в экспериментальном образце программные методы реализации алгоритмов функционирования создают возможности для его дальнейшего совершенствования, без изменения аппаратной части;

4.2 Технические решения, примененные в экспериментальном образце, обеспечивают выполнение предъявляемых к нему требований по ТЗ;

4.3 Программа исследовательских испытаний экспериментального образца выполнена;

4.4 Экспериментальный образец работоспособен, технические характеристики экспериментального образца соответствуют требованиям ТЗ;

4.5 Корректировка КД и доработка экспериментального образца по результатам исследовательских испытаний не требуется;

4.6 Экспериментальный образец термогидравлического распределителя испытание выдержал;

4.7 Работы, предусмотренные 3 этапом календарного плана Государственного контракта № 16.516.11.6089 от 8.07.2011 г. выполнены в полном объеме.

### **Приложения**

1. Протокол испытаний по пункту №4.1 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №01 от 13 января 2012 г.

2. Протокол испытаний по пункту №4.2 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №02 от 27 января 2012 г.

3. Протокол испытаний по пункту №4.3 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №03 от 13 января 2012 г.

4. Протокол испытаний по пункту №4.4 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №04 от 13 января 2012 г.

5. Протокол испытаний по пункту №4.5 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №05 от 13 января 2012 г.

6. Протокол испытаний по пункту №4.6 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №06 от 13 января

2012 г.

7. Протокол испытаний по пункту №4.7 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №07 от 13 января 2012 г.

8. Протокол испытаний по пункту №4.8 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №08 от 13 января 2012 г.

9. Протокол испытаний по пункту №4.9 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №09 от 13 января 2012 г.

10. Протокол испытаний по пункту №4.10 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя №10 от 13 января 2012 г.

Председатель комиссии

В.В.Тютиков

Члены комиссии

В.П.Голов

А.К.Громов

В.П.Шишкин

В.И.Шапин

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.1**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 01

13 января 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 5.1.3 ТЗ: Должен быть разработан и изготовлен экспериментальный образец гидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра;  
пункта № 5.2.1.7 ТЗ: эскизная конструкторская документация на создаваемый экспериментальный образец термогидравлического распределителя в составе:
- 1) гидравлическая схема функциональная в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
  - 2) гидравлическая схема соединений и подключения в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
  - 3) чертёж общего вида в соответствии с ГОСТ 2.102-68;
- 3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия
Проверка комплектности объекта испытаний, его соответствие спецификациям, схемам и чертежам	-	4.1	6.1	-	-	-	-	-

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по комплектности объекта испытаний согласно пункту 1.3.2 ПМ, его соответствия составу эскизно-конструкторской документации нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.1 программы и методики экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пунктов № 5.1.3, 5.2.1.7 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.2**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 02

13 января 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.1 ТЗ: требования к номенклатуре разрабатываемых устройств.
- 3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 27 января 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.
- 6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения:		4.2	6.2					
- падение напора в ТГР	м.вод.ст.	-	-	0,1	<0,5	0,1	-	-
- диаметр корпуса ТГР	м	-	-	0,219	<0,5	0,219	-	-
- число потребителей	шт	-	-	2	≤4	2	-	-

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.2 программы и методики экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.1.1 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.3

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 03

13 января 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.2 ТЗ: требования к точности определения параметров и точности воспроизведения внешних условий.

**3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.

### 6. Результаты испытания

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий:		4.3	6.3	-	-	-	-	-
- температура окружающего воздуха в помещении	°С	-	-	20	±10	18	18	18
- относительная влажность воздуха	%	-	-	60	от 45 до 80	95	95	95
- атмосферное давление	мм.рт.ст.	-	-	750	от 630 до 800	732	732	732
- температура наружного воздуха	°С	-	-	20	от +8 до -30	-1	-1	-1

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий нет.

### 8. Выводы

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.3 программы и методики экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.1.2 технического задания.

### Испытание проводили

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин



**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.4**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 04

13 января 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.2.1 ТЗ: испытания экспериментального образца термогидравлического распределителя должно проводиться на специально оборудованном стенде, оснащённом приборами для замера основных показателей в соответствии с требованиями ГОСТ 21.605-82 (СТ СЭВ 5676-86) и других нормативно-технических документов.

**3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия оснащения объекта исследований приборами в соответствии с ГОСТ 6134 - 2007, ГОСТ 27043 - 86	-	4.4	6.4	-	-	-	-	-

Примечание: перечень средств проведения испытаний приведен в Приложении Б программы и методики 16.516.11.6089 ПМ.

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке соответствия оснащения объекта исследований приборами в соответствии с ГОСТ 6134 -2007, ГОСТ 27043-86 нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.4 программа и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.1.2.1 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.5**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 04

13 января 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.2.4 ТЗ: средства измерений должны быть поверены в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94.
- 3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.
- 6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка и выполнение требований к поверке средств измерений (по ПР 50.2.006-94)	-	4.5	6.5	-	-	-	-	-

Примечание: перечень средств проведения испытаний с датой последней поверки органами государственной метрологической службы приведен в Приложении Б программы и методики 16.516.11.6089 ПМ.

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке и выполнению требований к поверке средств измерений (по ПР 50.2.006-94) нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.5 программа и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.1.2.4 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.6**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 04

13 января 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.2.2.6 ТЗ: требования к условиям проведения испытаний. Испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях:

температура окружающего воздуха в помещении, °С	20±10
относительная влажность воздуха, %	от 45 до 80
атмосферное давление, мм.рт.ст.	от 630 до 800
температура наружного воздуха, °С	от +8 до -30

- 3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.
- 6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требований к условиям проведения испытаний:		4.6	6.6	-	-	-	-	-
- температура окружающего воздуха в помещении	°С	-	-	20	±10	18	18	18
- относительная влажность воздуха	%	-	-	60	от 45 до 80	50	50	60
- атмосферное давление	мм.рт.ст.	-	-	750	от 630 до 800	732	732	732
- температура наружного воздуха	°С	-	-	20	от +8 до -30	-1	-1	-1

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке выполнения требований к условиям проведения испытаний нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.6 программа и методики исследовательских испытаний

экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.2.2.6 технического задания.

### **Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.7**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 04

13 января 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.2.1 ТЗ: в конструкции экспериментального образца термогидравлического распределителя необходимо обеспечить максимально возможное использование стандартных и унифицированных деталей, при этом коэффициент стандартизации должен составлять не менее 0,3; коэффициент унификации – не менее 0,5.

**3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требований по стандартизации, унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний:		4.7	6.7	-	-	-	-	-
- коэффициент стандартизации	-	-	-	0,3	1,0	0,89	-	-
- коэффициент унификации	-	-	-	0,5	1,0	0,95	-	-

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке выполнения требований по стандартизации, унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.7 программа и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.2.1 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.8**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 04

13 января 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.2.4 ТЗ: пр азрабатываемый экспериментальный образец термогидравлического распределителя должен соответствовать государственным стандартам, применяемым на момент начала производства, и в том числе следующим нормативным документам:

ГОСТ 8.568	Государственная система обеспечения Единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
ГОСТ 21.605-82 (СТ СЭВ 5676-86)	Сети тепловые
СНиП 2.04.07-86 (2000)	Тепловые сети
ГОСТ 6134-2007	Насосы динамические. Методы испытаний

**3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия объекта испытаний требованиям государственных стандартов	-	4.8	6.8	-	-	-	-	-

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке соответствия объекта испытаний требованиям государственных стандартов нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.8 программа и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.2.4 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

**ПРОТОКОЛ**  
**испытания по пункту № 4.9**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 04

13 января 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.3 ТЗ: разрабатываемый экспериментальный образец термогидравлического распределителя должен соответствовать государственным стандартам, применяемым на момент начала производства, и в том числе следующим нормативным документам.

**3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требованиям по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды	-	4.9	6.9	-	-	-	-	-

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке выполнения требованиям по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.9 программа и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 6.3 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.10**

Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального  
образца термогидравлического распределителя  
16.516.11.6089 ПМ

№ 04

13 января 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец термогидравлического распределителя в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 7.1 ТЗ: на этапе 1 выполнения НИР должны быть проведены патентные исследования в соответствии ГОСТ Р 15.011-96.
- 3. Дата начала испытания:** 13 января 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 13 января 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** «Гараж» ИГЭУ по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А.
- 6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требований к патентной чистоте и правовой защите РИД	-	4.10	6.10	-	-	-	-	-

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке выполнения требований к патентной чистоте и правовой защите РИД нет.

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» выдержал испытание по пункту № 4.10 программа и методики исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя.

8.2 Объект испытания «Экспериментальный образец термогидравлического распределителя» соответствует требованиям пункта № 7.1 технического задания.

**Испытание проводили**

К.т.н., доцент  
Начальник отдела КИПиА  
Инженер  
Инженер  
Инженер

В.В.Сенников  
Н.Г.Астафьев  
В.В.Смирнов  
Н.Н.Пронин  
Д.Р. Залаев



- проверка соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения соблюдается;
- проверка соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий соблюдается;
- проверка и выполнение требований к поверке средств измерений выполнено полностью;
- требования по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды, заданные в ТЗ, соблюдаются;
- уровень стандартизации и унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний соответствует требованиям, заданным в ТЗ;
- требования к патентной чистоте и правовой защите РИД выполнены;
- требования к программной документации, заданные в ТЗ, выполнены.

### **3. Рекомендации комиссии по исследовательским испытаниям**

Присвоить конструкторской документации экспериментального образца термогидравлического распределителя литеру «О» (ГОСТ 2.103 – 68\*).

### **4. Выводы комиссии**

Анализ результатов, проведенных исследовательских испытаний показал:

- 4.1 4 Экспериментальный образец выполнен на высоком научно – техническом уровне, с применением перспективных технических средств. Применяемые в экспериментальном образце программные методы реализации алгоритмов функционирования создают возможности для его дальнейшего совершенствования, без изменения аппаратной части;
- 4.2 Технические решения, примененные в экспериментальном образце, обеспечивают выполнение предъявляемых к нему требований по ТЗ;
- 4.3 Программа исследовательских испытаний экспериментального образца выполнена;
- 4.4 Экспериментальный образец работоспособен, технические характеристики экспериментального образца соответствуют требованиям ТЗ;
- 4.5 Корректировка КД и доработка экспериментального образца по результатам исследовательских испытаний не требуется;
- 4.6 Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном испытание выдержал;
- 4.7 Работы, предусмотренные 3 этапом календарного плана Государственного контракта № 16.516.11.6089 от 8.07.2011 г. выполнены в полном объеме.

### **Приложения**

11. Протокол испытаний по пункту №4.1 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №01 от 5 марта 2012 г.
12. Протокол испытаний по пункту №4.2 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №01 от 9 апреля 2012 г.
13. Протокол испытаний по пункту №4.1 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №03 от 5 марта 2012 г.
14. Протокол испытаний по пункту №4.4 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №04 от 5 марта 2012 г.
15. Протокол испытаний по пункту №4.5 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №05 от 5 марта 2012 г.

16. Протокол испытаний по пункту №4.6 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №06 от 5 марта 2012 г.

17. Протокол испытаний по пункту №4.1 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №07 от 5 марта 2012 г.

18. Протокол испытаний по пункту №4.8 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №08 от 5 марта 2012 г.

19. Протокол испытаний по пункту №4.9 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №09 от 5 марта 2012 г.

20. Протокол испытаний по пункту №4.10 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном №10 от 5 марта 2012 г.

Председатель комиссии

В.В.Тютиков

Члены комиссии

В.П.Голов

А.К.Громов

В.П.Шишкин

В.И.Шапин

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.1

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 01

5 марта 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 5.1.3 ТЗ: разработка и изготовление экспериментального образца насосного узла смешения и устройства для предотвращения «перетопа», каждый в одном экземпляре;

пункта № 5.2.1.8 ТЗ: разработка эскизной конструкторской документации на создаваемый экспериментальный образец насосного узла смешения в составе:

- 1) гидравлическая схема функциональная в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 2) электрическая схема функциональная в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 3) гидравлическая схема соединений и подключения в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 4) электрическая схема соединений и подключения в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 5) чертёж общего вида в соответствии с ГОСТ 2.102-68;

пункта № 5.2.1.9 ТЗ: разработка эскизной конструкторской документации на создаваемый экспериментальный образец устройства по предотвращению «перетопа» в составе:

- 1) гидравлическая схема функциональная в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 2) электрическая схема функциональная в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 3) гидравлическая схема соединений и подключения в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 4) электрическая схема соединений и подключения в соответствии с ГОСТ 2.701-84;
- 5) чертёж общего вида в соответствии с ГОСТ 2.102-68;

**3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346

### 6. Результаты испытания

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка комплектности объекта испытаний, его соответствие спецификациям, схемам и чертежам	-	4.1	6.1	-	-	-	-	-

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по комплектности объекта испытаний, его соответствия предъявленному комплекту конструкторской документации нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и

устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.1 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пунктов № 5.1.3, 5.2.1.8 и 5.2.1.9 технического задания.

### **Испытание проводили**

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А. А. Генварев  
М. Г. Козлов  
А. Е. Костров  
К. Б. Афонский

**ПРОТОКОЛ  
испытания по пункту № 4.2**

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 02

5 марта 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.1.2 ТЗ: разработка экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП для применения в тепловых сетях централизованного теплоснабжения со следующими параметрами:

- малогабаритные насосы должны обеспечивать диапазон изменения подключаемых тепловых нагрузок в 300%;
- электронное оборудование ЧРП должно обеспечивать плавное изменение числа оборотов центробежного насоса в зависимости от температурного графика по значениям, определяемым вычислителем.

пункта № 6.1.1.3 ТЗ: разработка экспериментального образца устройства для устранения «перетопа» в двухтрубных тепловых сетях с нагрузками отопления и горячего водоснабжения централизованного теплоснабжения со следующими параметрами:

- электронное оборудование ЧРП и регулируемого клапана должно обеспечивать плавное изменение числа оборотов центробежного насоса и проходного сечения клапана в зависимости от температурного графика по значениям, определяемым вычислителем;
- электронное оборудование должно обеспечивать равенство коэффициентов смешения в подающей и обратной линиях тепловой сети.

**3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 9 апреля 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения: - диапазон изменения подключаемых тепловых нагрузок - число оборотов центробежного насоса		4.2	6.2	-	-	-	-	-
	%	-	-	100	300	916÷ 1375	-	-
	об/мин	-	-	2850	500÷ 4500	500÷ 4500	-	-

**7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения нет.

## **8. Выводы**

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.2 программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пунктов № 6.1.1.2, 6.1.1.3 технического задания.

## **Испытание проводили**

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г.Козлов  
А.Е.Костров  
К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.3

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 03

5 марта 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.2 ТЗ: требования к точности определения параметров и точности воспроизведения внешних условий.
- 3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346
- 6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий:		4.3	6.3	-	-	-	-	-
- температура окружающего воздуха в помещении	°С	-	-	20	±10	18	18	18
- относительная влажность воздуха	%	-	-	60	от 45 до 80	80	80	80
- атмосферное давление	мм.рт.ст.	-	-	750	от 630 до 800	750	750	750
- температура наружного воздуха	°С	-	-	20	от +8 до -30	-4	-4	-4

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.3 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и

устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пункта № 6.1.2 технического задания.

### **Испытание проводили**

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г.Козлов  
А.Е.Костров

К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.4

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 04

5 марта 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.2.2 ТЗ: испытания экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП должно проводиться на специально оборудованном стенде, оснащённом приборами для замера основных показателей в соответствии с требованиями ГОСТ 6134-2007 и других нормативно-технических документов; пункта № 6.1.2.3 ТЗ: испытания экспериментального образца устройства для устранения перетопа с ЧРП и регулируемым клапаном должно проводиться на специально оборудованном стенде, оснащённом приборами для замера основных показателей в соответствии с требованиями ГОСТ 6134-2007 и других нормативно-технических документов.

**3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346

### 6. Результаты испытания

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия оснащения объекта исследований приборами в соответствии с ГОСТ 6134-2007 и другим нормативно-техническим документам	-	4.4	6.4	-	-	-	-	-

Примечание: перечень средств проведения испытаний приведен в Приложении Б программы и методики 16.516.11.6089 ПМ01.

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке соответствия оснащения объекта исследований приборами в соответствии с ГОСТ 6134-2007 и другим нормативно-техническим документам нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.4 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям

пунктов № 6.1.2.2, 6.1.2.3 технического задания.

### **Испытание проводили**

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г.Козлов  
А.Е.Костров  
  
К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.5

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 05

5 марта 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.1.2.4 ТЗ: средства измерений должны быть поверены в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94.
- 3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346
- 6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка и выполнение требований к поверке средств измерений (по ПР 50.2.006-94)	-	4.5	6.5	-	-	-	-	-

Примечание: перечень средств проведения испытаний с датой последней поверки органами государственной метрологической службы приведен в Приложении Б программы и методики 16.516.11.6089 ПМ01.

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке и выполнению требований к поверке средств измерений (по ПР 50.2.006-94) нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.5 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пункта № 6.1.2.4 технического задания.

### Испытание проводили

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г. Козлов  
А.Е. Костров

К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.6

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 06

5 марта 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.2.2.6 ТЗ: требования к условиям проведения испытаний:

Испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях:

температура окружающего воздуха в	20±10
относительная влажность воздуха, %	от 45 до 80
атмосферное давление, мм.рт.ст.	от 630 до 800
температура наружного воздуха, °С	от +8 до -30

**3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346

### 6. Результаты испытания

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требований к условиям проведения испытаний:		4.6	6.6	-	-	-	-	-
- температура окружающего воздуха в помещении	°С	-	-	20	±10	18	18	20
- относительная влажность воздуха	%	-	-	60	от 45 до 80	48	48	60
- атмосферное давление	мм.рт.ст.	-	-	750	от 630 до 800	750	750	750
- температура наружного воздуха	°С	-	-	20	от +8 до -30	-4	-4	-4

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке выполнения требований к условиям проведения испытаний нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.6 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым кла-

паном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пункта № 6.2.2.6 технического задания.

### **Испытание проводили**

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г.Козлов  
А.Е.Костров  
К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.7

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 07

5 марта 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.2.2 ТЗ: в конструкции экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП необходимо обеспечить максимально возможное использование стандартных и унифицированных деталей, при этом коэффициент стандартизации должен составлять не менее 0,3; коэффициент унификации – не менее 0,5;

пункта № 6.2.3 ТЗ: в конструкции экспериментального образца устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном необходимо обеспечить максимально возможное использование стандартных и унифицированных деталей, при этом коэффициент стандартизации должен составлять не менее 0,3; коэффициент унификации – не менее 0,5.

**3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346

### 6. Результаты испытания

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требований по стандартизации, унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний:		4.7	6.7	-	-	-	-	-
- коэффициент стандартизации	-	-	-	0,3	1,0	1,0	-	-
- коэффициент унификации	-	-	-	0,5	1,0	1,0	-	-

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке выполнения требований по стандартизации, унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.7 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пунктов № 6.2.2 и 6.2.3 технического задания.

### **Испытание проводили**

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г.Козлов  
А.Е.Костров

К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.8

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 08

5 марта 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.2.5 ТЗ: разрабатываемый экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП должен соответствовать государственным стандартам, применяемым на момент начала производства, и в том числе следующим нормативным документам

ГОСТ 8.568	Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
ГОСТ 21.605-82 (СТ СЭВ 5676-86)	Сети тепловые
СНиП 2.04.07-86 (2000)	Тепловые сети
ГОСТ 6134-2007	Насосы динамические. Методы испытаний
ГОСТ 27043-86 (СТ СЭВ 5271-85)	Частотно-регулируемый привод

пункта № 6.2.6 ТЗ: разрабатываемый экспериментальный образец устройства по устранению «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном должен соответствовать государственным стандартам, применяемым на момент начала производства, и в том числе следующим нормативным документам

ГОСТ 8.568	Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
ГОСТ 21.605-82 (СТ СЭВ 5676-86)	Сети тепловые
СНиП 2.04.07-86 (2000)	Тепловые сети
ГОСТ 6134-2007	Насосы динамические. Методы испытаний
ГОСТ 27043-86 (СТ СЭВ 5271-85)	Частотно-регулируемый привод

**3. Дата начала испытания:** 5 марта г.

**4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346

### 6. Результаты испытания

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка соответствия объекта испытаний требованиям государственных стандартов	-	4.8	6.8	-	-	-	-	-

## **7. Замечания и рекомендации**

Замечаний по проверке соответствия объекта испытаний требованиям государственных стандартов нет.

## **8. Выводы**

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.8 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пунктов № 6.2.5 и 6.2.6 технического задания.

## **Испытание проводили**

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г.Козлов  
А.Е.Костров

К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.9

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 09

5 марта 2012 г.

- 1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.
- 2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 6.3 ТЗ: требования по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды.
- 3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.
- 4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.
- 5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346
- 6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требованиям по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды	-	4.9	6.9	-	-	-	-	-

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке выполнения требованиям по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.9 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пункта № 6.3 технического задания.

#### Испытание проводили

К.т.н., ведущий научный сотрудник  
Инженер-проектировщик  
Инженер-проектировщик  
Начальник отдела технического обеспечения УИЦ  
«АСУ в теплоэнергетике»

А.А. Генварев  
М.Г. Козлов  
А.Е. Костров

К. Б. Афонский

## ПРОТОКОЛ

### испытания по пункту № 4.10

Программы и методики исследовательских испытаний  
экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа»  
с ЧРП и регулируемым клапаном  
16.516.11.6089 ПМ01

№ 10

5 марта 2012 г.

**1. Объект испытания:** экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройством устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном в количестве 1 экземпляра.

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № 7.1 ТЗ: на этапе 1 выполнения НИР должны быть проведены патентные исследования в соответствии ГОСТ Р 15.011-96.

**людей и охраны окружающей среды**

**3. Дата начала испытания:** 5 марта 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** 5 марта 2012 г.

**5. Место проведения испытания:** учебно-исследовательский центр «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Во время воздействия	После воздействия
Проверка выполнения требований к патентной чистоте и правовой защите РИД	-	4.10	6.10	-	-	-	-	-

### 7. Замечания и рекомендации

Замечаний по проверке выполнения требований к патентной чистоте и правовой защите РИД нет.

### 8. Выводы

8.1. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» выдержал испытание по пункту № 4.10 Программы и методики исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

8.2. Объект испытания «Экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном» соответствует требованиям пункта № 7.1 технического задания.

### Испытание проводили

К.т.н., ведущий научный сотрудник

Инженер-проектировщик

Инженер-проектировщик

Начальник отдела технического обеспечения УИЦ

А.А. Генварев

М.Г. Козлов

А.Е. Костров



**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**

Форма для испытаний  
изделий машиностроения  
и приборостроения

УТВЕРЖДАЮ

*Проректор по научной работе*

\_\_\_\_\_ *В. В. Тютиков*

«    »

2012 г.

**ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА ТЕРМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ  
16.516.11.6089 ПМ**

*Главный механик \_\_\_\_\_ А. М. Смирнов*

*Главный метролог \_\_\_\_\_ А. Г. Иванов*

## Условные обозначения и сокращения, принятые в тексте

ПМ	Программа и методики испытаний;
ТГР	Термогидравлический распределитель;
КД	Конструкторская документация;
НИР	Научно-исследовательская работа;
ТЗ	Техническое задание;
ИГЭУ	Ивановский государственный университет;
ИТП	Индивидуальный тепловой пункт
УПМ	Учебно-производственные мастерские;
ОГМ	Отдел главного механика;
РИД	Результаты интеллектуальной деятельности.

## Общие положения

Настоящая программа и методики проведения исследовательских испытаний предназначена для проведения исследовательских испытаний экспериментального образца термогидравлического распределителя (далее – объект исследования).

Документ разработан на основании технического задания на выполнение научно-исследовательских работ (НИР) по лоту: «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области повышения эффективности трубопроводного транспорта энергоносителей» (шифр: 2011-1.6-516-037) по теме: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счёт разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла».

Соблюдение данной «Программы и методики проведения исследовательских испытаний» обязательно и является необходимым условием работы комиссии по проведению испытаний. Документ разработан в соответствии с требованиями ГОСТ Р8.568-97, ГОСТ 21.605-82, ГОСТ 6134-2007, ГОСТ 2.125-88, ГОСТ 2.701-2008, ГОСТ 2.704-76, ГОСТ 27043-86, ГОСТ 12.3.019 и ПР 50.2.006-94.

### 1.1 Наименование и обозначение опытного образца продукции.

Объектом испытаний является экспериментальный образец термогидравлического распределителя (ТГР). В состав термогидравлического распределителя входит комплекс функционально-взаимосвязанного оборудования: сам термогидравлический распределитель, представляющий собою перемычку большого диаметра между трубопроводами подающей и обратной воды, автоматический воздухоотделитель, устройство для удаления шлама, центробежные насосы контуров системы отопления и горячего водоснабжения, приборы КиП и А для контроля температуры и давления.

### 1.2. Цель испытаний.

Исследовательские испытания проводятся с целью проверки соответствия технических характеристик объекта испытаний и путей достижения значений, установленных требованиями технического задания научно-исследовательской работы (НИР) по лоту: «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области повышения эффективности трубопроводного транспорта энергоносителей», по теме: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счёт разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла».

Задачей исследовательских испытаний является проведение проверок показателей объекта испытаний в объеме, определенном в разделе 4 настоящей «Программы и методики проведения исследовательских испытаний».

### Условия предъявления объекта испытаний на испытания

1.3.1 Испытания проводятся на экспериментальном образце ТГР, изготовленном в одном экземпляре.

1.3.2 Объект испытаний предъявляется на испытания в сопровождении следующих документов: **комплект конструкторской документации (КД);**

**настоящая ПМ;**

отчет о патентных исследованиях;

акт изготовления объекта испытаний (Приложение №22-1);

технические паспорта на комплектующие изделия (центробежные насосы, образцовые манометры, термометры) и на измерительную технику (ультразвуковой расходомер, ультразвуковой толщиномер, инфракрасный пирометр, цифровые термометры с поверхностной и погружной термопарой);

необходимые руководящие и нормативно-технические документы (приведены в Приложении А)

## **2 Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний**

### **2.1 Место проведения испытаний**

Испытания проводятся на базе ИГЭУ в ИТП «Гараж» по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А, УПМ.

### **2.2 Требования к средствам проведения испытаний**

#### **2.2.1 Перечень средств проведения испытаний приведён в Приложении Б.**

#### **2.2.2 Средства измерений должны быть поверены в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94.**

#### **2.2.3 Испытательное оборудование должно быть аттестовано по ГОСТ Р 8.568.**

### **2.3 Требования к условиям проведения испытаний.**

Испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях:

температура окружающего воздуха, °С	20±10
относительная влажность воздуха, %	от 45 до 80
атмосферное давление, мм рт. ст.	от 630 до 800
Температура наружного воздуха, °С	-30 до 8

### **2.4 Требования к персоналу, осуществляющему подготовку к испытаниям и испытания.**

К проведению испытаний допускается персонал, прошедший обучение и (при необходимости) аттестацию, изучивший эксплуатационную документацию объекта испытаний, подготовленный в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором и имеющий степень аттестации по электробезопасности не ниже III-ей группы.

При проведении работ при проверке и испытаниях персонал обязан соблюдать правила техники безопасности согласно «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Порядок обучения и аттестации персонала, участвующего в испытаниях, должен соответствовать «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

## **3 Требования безопасности**

### **3.1 Требования безопасности при подготовке объекта испытаний к испытаниям**

Исследовательские испытания проводятся в нормальных климатических условиях в ИТП «Гараж» по адресу: г. Иваново, ул. Лебедева-Кумача, 2А, УПМ.

Испытания проводятся в один этап. Последовательность проведения испытаний устанавливается комиссией в зависимости от конкретных условий.

Испытания могут быть приостановлены по следующим причинам:

- несоответствие изделия требованиям ТЗ на объект;
- выявление недостатков, препятствующих дальнейшему проведению испытаний;
- возникновение спорных ситуаций, требующих проведения дополнительного анализа изделия.

Длительность перерыва испытаний определяется комиссией и согласовывается с главным механиком ОГМ ИГЭУ.

Для выявления причин неисправностей (дефектов) технических средств и отказов (ошибок) в программном обеспечении, обнаруженных в ходе испытаний, комиссия назначает рабочую группу.

Проверки по данному пункту методики приостанавливаются. При этом допускается выполнение других проверок, на которые выявленные дефекты (ошибки) не влияют.

Результаты анализа каждой неисправности или отказа оформляются в виде технического заключения с указанием причин, сроков и методов их устранения. Обнаруженные неисправности и отказы фиксируются в журнале учета неисправностей и отказов.

В ходе испытаний должно проводиться ежедневное техническое обслуживание аппаратуры.

### 3.2 Требования безопасности при проведении испытаний:

- персонал, осуществляющий подготовку и проведение испытаний, должен пройти инструктаж по требованиям безопасности при работе с электроустановками напряжением до 1000 В;
- проведение испытаний должно производиться с соблюдением мер безопасности, указанных в действующих "Правилах эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей";
- помещения для проведения испытаний должны быть оборудованы шиной контурного заземления;
- аппаратура должна подключаться к питающей сети 220 В 50 Гц, с помощью трехполюсных вилок, при этом заземляющий контакт розетки должен быть надежно заземлен;
- устройства (приборы), имеющие клемму (или зажимной винт) для подключения заземляющего провода, должны быть подключены к шине контурного заземления. Сечение заземляющего провода должно быть не менее 2 мм.

При проведении испытаний необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

- подключение/отключение соединительных кабелей производить только при полном отключении аппаратуры от сети 220 В, 50 Гц.

## 4 Программа испытаний

Таблица 1 - Определяемые показатели и точность их измерений

Пункт программы испытаний	Наименование показателя	Пункт требований ТЗ	Ед. изм.	Номинальное значение	Предельные отклонения	Пункт методики
4.1.	Проверка комплектности объекта испытаний, его соответствие спецификациям, схемам и чертежам	5.1.3 5.2.1.7				6.1.
4.2.	Проверка соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения	6.1.1				6.2
4.3.	Проверка соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий	6.1.2				6.3
4.4.	Проверка соответствия оснащения объекта исследований приборами в соответствии с ГОСТ 21.605-82 и другим нормативно-техническим документам	6.1.2.1				6.4
4.5	Проверка и выполнение требований к поверке средств измерений (по ПР 50.2.006-94)	6.1.2.4				6.5
4.6	Проверка выполнения требований к условиям проведения испытаний	6.2.2.6				6.6

Пункт программы испытаний	Наименование показателя	Пункт требований ТЗ	Ед. изм.	Номинальное значение	Предельные отклонения	Пункт методики
4.7	Проверка выполнения требований по стандартизации, унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний	6.2.1				6.7
4.8	Проверка соответствия объекта испытаний требованиям государственных стандартов	6.2.4				6.8
4.9	Проверка выполнения требованиям по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды	6.3				6.9
4.10	Проверка выполнения требований к патентной чистоте и правовой защите РИД	7.1				6.10
4.11	Проверка выполнения технико-экономических требований	8.1.1				6.11

## 5 Режимы испытаний

### 5.1 Порядок испытаний

Для проведения испытаний приказом руководства ИГЭУ назначается комиссия по проведению исследовательских испытаний с привлечением в состав рабочей группы по проведению испытаний специалистов-разработчиков и эксплуатационного персонала ОГМ.

Рабочая группа по проведению испытаний:

- предоставляет необходимую документацию на объект испытаний;
- обеспечивает функционирование объекта испытаний в процессе проведения проверок;
- осуществляет техническое руководство проведением испытаний;
- оформляет результаты испытаний.

При проведении испытаний комиссия руководствуется следующими документами:

техническим заданием на выполнение научно-исследовательских работ (НИР) по лоту: «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области повышения эффективности трубопроводного транспорта энергоносителей» Шифр: 2011-1.6-516-037; настоящей «Программой и методикой проведения исследовательских испытаний»; документацией, перечисленной в разделе 1.3.2 настоящего документа.

Документация на объект испытаний должна находиться на рабочем месте по проведению испытаний.

Исследовательские испытания объекта испытаний предусматривают выполнение следующих работ:

- подготовку к испытаниям;
- проведение испытаний;

- оформление результатов испытаний.

Подготовка к испытаниям включает в себя:

- определение перечня протоколов проверок, оформляемых по результатам испытаний опытного образца;
- распределение ответственности членов комиссии за проведение проверок и оформление соответствующих протоколов;
- подбор и подготовку необходимого контрольно-измерительного оборудования, а также нормативно-технической документации;
- ознакомление членов комиссии и привлекаемых для участия в испытаниях специалистов с программой и методиками исследовательских испытаний, конструкторской и эксплуатационной документацией, а также другими документами;
- проведение инструктажа членов комиссии и привлекаемых специалистов по технике безопасности при проведении испытаний.

Комиссия по проведению исследовательских испытаний работает в ИГЭУ. Ответственность за обеспечение работ комиссии в период проведения испытаний возлагается на ответственного представителя ОГМ ИГЭУ.

Испытания проводятся рабочей группой, сформированной из состава комиссии по проведению исследовательских испытаний, ответственной за выполнение проверок по данной методике.

С целью более качественной оценки выполнения требований ТЗ рабочей группе предоставляется право проводить дополнительные проверки, не предусмотренные данной методикой, а также, в обоснованных случаях, по согласованию с председателем комиссии, уточнять положения данной методики.

Программа исследовательских испытаний включает перечень проверок, представленный в таблице 1 настоящего документа.

Обработка и анализ результатов испытаний проводится методом сравнения количественных и качественных значений, полученных в ходе испытаний, с количественными и качественными значениями требований ТЗ на объект испытаний с учетом данных, приведенных в технической документации. По результатам сравнения делается вывод о соответствии (или несоответствии) изделия требованиям ТЗ на объект испытаний.

По результатам испытаний составляются протоколы испытаний, подписываемые членами комиссии по проведению исследовательских испытаний и утверждаемые председателем комиссии.

**5.2 Ограничения и другие указания, которые необходимо выполнять на всех или на отдельных режимах испытаний**

Испытания прекращаются в случаях:

- несоответствия получаемых результатов требованиям ТЗ;
- возникновения аварийных ситуаций.

**5.3 Условия перерыва, аннулирования и возобновления испытаний на всех или на отдельных режимах**

*Необходимость, условия и порядок перерыва, аннулирования или прекращения испытаний определяется комиссией.*

## **6 Методики испытаний**

**6.1. Проверка по п. 4.1. Программы выполняется следующим образом.**

Проверяется соответствие:

- комплектности объекта испытаний требованиям, приведенным в п. 4.1. Программы;
- объекта испытаний – спецификациям, сборочным чертежам и общим схемам, предусмотренных комплектностью КД.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если его комплектность соответствует требованиям, приведенным в п. 4.1. Программы, сам он — спецификациям, сборочным чертежам и общим схемам, предусмотренных комплектностью КД.

- 6.2. Проверка по п. 4.2 Программы выполняется следующим образом. Проверяются соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения (п. 4.2. Программы). Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если параметры соответствуют требованиям п. 4.2 Программы.
- 6.3. Проверка по п. 4.3 Программы выполняется следующим образом. Проверяется соответствие точности воспроизведения внешних условий. Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если параметры соответствуют требованиям п. 4.3 Программы.
- 6.4. Проверка по п. 4.4 Программы выполняется следующим образом. Проверяется соответствие оснащения объекта исследований приборами и другими нормативно-техническими документами согласно п. 4.4 Программы. Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если его оснащённость приборами соответствует требованиям, приведенными в Приложении Б.
- 6.5. Проверка по п. 4.5 Программы выполняется следующим образом. Проверяется выполнение требований к поверке средств измерения согласно п. 4.5 Программы. Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если все средства измерения прошли плановую поверку. Перечень средств измерения, с указанием даты последней поверки даны в Приложении Б.
- 6.6. Проверка по п. 4.6 Программы выполняется следующим образом. Проверяется выполнение требований согласно п. 4.6 Программы и условиям проведения испытаний. Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если условия проведения испытаний соответствуют нормальным климатическим условиям, приведенным в п. 4.6 Программы.
- 6.7. Проверка по п. 4.7 Программы выполняется следующим образом. Проверяется выполнение требований к стандартизации, унификации, совместности и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний согласно п. 4.6 Программы. Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если качественные показатели, полученные в результате испытаний, в полном объеме удовлетворяют требованиям, приведенным в п. 4.7 Программы.
- 6.8. Проверка по п. 4.8 Программы выполняется следующим образом. Проверяется соответствие объекта испытаний требованиям выполнения государственных стандартов и другим нормативным документам согласно п. 4.8 Программы. Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если выполняются требования, приведенные в п. 4.8 Программы.
- 6.9. Проверка по п. 4.9 Программы выполняется следующим образом. Проверяется соответствие выполнения требований безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды, согласно п. 4.9 Программы.
- В ходе испытаний должны быть проверены следующие показатели:
- отсутствие возможности попадания электрического напряжения на наружные металлические части и внешние соединители;
  - пожаро- и взрывобезопасность технических средств.
- Проверка отсутствия возможности попадания электрического напряжения на наружные металлические части и внешние соединители производится путем изучения технической документации на покупные изделия, входящие в состав технических средств и внешнего осмотра технических средств изделия.
- Проверка пожаро- и взрывобезопасности проводится путем внешнего осмотра технических средств и помещения, в котором они размещены.
- Критерии оценки:
- возможность попадания электрического напряжения на наружные металлические части и внешние соединители при соблюдении обслуживающим персоналом требований эксплуатационной документации;

- технические средства не создают опасности пожара или взрыва во всех режимах работы, помещение для размещения технических средств не является взрывоопасным и оборудовано средствами вентиляции и пожаротушения.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если выполняются требования, приведенные в п. 4.9 Программы.

6.10. Проверка по п. 4.10 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется требования к патентной чистоте и правовой защите РИД, приведенные в п. 4.10 Программы.

Отчет о патентных исследованиях входит в состав сопровождающих документов настоящей ПМ.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если выполняются требования, приведенные в п. 4.10 Программы.

6.11. Проверка по п. 4.11 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется выполнение технико-экономических требований по п. 4.11 Программы.

В ходе испытаний должны быть проверены следующие показатели:

- суммарные затраты на закупку оборудования и комплектующих;
- затраты на монтаж и пусконаладочные работы;
- затраты на проведение исследовательских испытаний.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если количественные и качественные показатели, полученные в ходе испытаний, соответствуют требованиям, приведенным в п. 4.11 Программы.

## **7 Отчетность**

7.1 Заданные и фактические данные, полученные при испытаниях по каждому пункту программы, оформляются протоколами, представляемыми на заседание комиссии. Типовая форма протокола испытаний приведена в приложении В.

В согласованных случаях допускается оформлять одним протоколом данные, полученные при испытаниях по нескольким пунктам программы.

7.2 По результатам испытаний в течение 3 дней комиссией составляется акт испытаний.

Акт испытаний должен содержать:

- подтверждение выполнения программы испытаний;
- оценку результатов испытаний с конкретными точными формулировками, отражающими соответствие испытуемого образца требованиям ТЗ;
- выводы по результатам испытаний.

К акту прилагаются протоколы испытаний по пунктам программы.

7.3 Материалы испытаний хранятся в НИС ИГЭУ в течение 10 лет со дня окончания испытаний.

7.4 Отчетная документация рассылается в следующие адреса:

Минобрнауки России.

**Приложения**

Приложение А

Перечень ссылочных документов

Приложение Б

Перечень средств измерений и испытательного оборудования,  
необходимых для проведения испытаний

Приложение В

Типовая форма протокола испытаний

### Перечень ссылочных документов

ГОСТ Р8.568-97	Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
ГОСТ 21.605-82	Система проектной документации для строительства. Сети тепловые (тепломеханическая часть). Рабочие чертежи.
ГОСТ 6134-2007	Насосы динамические. Методы испытаний.
ГОСТ 2.125-88	Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эскизных конструкторских документов.
ГОСТ 2.701-2008	Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
ГОСТ 2.704-76 (СТ СЭВ 1981-79)	Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
ГОСТ 27043-86 (СТ СЭВ 5271-85)	Частотно-регулируемый привод.
ГОСТ 12.3.019	ССТБ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.
ПР 50.2.006-94	Порядок проведения поверки средств измерения  «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» М., Госэнергонадзор, 1994г.  «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», М., Энергосервис, 2003г.

### Перечень средств проведения испытаний

№	Наименование, тип, марка	Кол-во	ГОСТ, ТУ или обозначение	Основные характеристики	Дата последней поверки
1.	Расходомер жидкости ультразвуковой	1	Portaflow-300	Скорость потока до 12 м/сек, диаметр трубы 19 – 1000 мм, погрешность 3% или 0,03 м/сек	10.02.11 г.
2.	Расходомер жидкости ультразвуковой	1	Portaflow-330	Скорость потока 0,1 – 20 м/сек, диаметр трубы 13 – 5000 мм, толщина стенки трубы 1–75 мм, рабочая температура датчика -20... +135 °С. Точность измерений: от ±0,5% до ±6%.	03.05.11 г.
3.	Толщиномер ультразвуковой	1	DX-1	Диапазон измерений 0,63 – 500 мм, Разрешение 0,01 мм, Точность ±0,01 мм, Диапазон скоростей 2000 – 10000 м/с.	20.06.11 г.
4.	Анализатор количества и качества электроэнергии	1	AR5-1M	Диапазоны измерений: напряжение – 20–500 В перем. тока, ток – до 2000 А, частота – 45–65 Гц. Измерение напряжений, токов, частоты, мощностей, коэффициентов гармоник, импульсов, пиков и провалов напряжения.	01.04.10 г.
5.	Энергомонитор	1	3.3-T1	Измерение и регистрация ПКЭ, установленных ГОСТ 13109-97 и EN 50160. Напряжение до 600 В, ток до 150 А.	25.05.11 г.
6.	Тепловизор	1	ТН 7700	Диапазон температур: диапазон 1: -20 ÷ 100 °С, диапазон 2: 0 ÷ 250 °С. Точность измерений ±2%.	19.01.11 г.
7.	Термометр цифровой	1	N9008	Пределы измерения -200 – +1372 °С. Точность измерений ± 0,2 °С.	20.06.11 г.
8.	Пирометр	1	THERMO POINT-64	Диапазон измерений (точность): температура от -30 °С до 900 °С с шагом 0,1 °С (±0,5%...±2%)	20.06.11 г.

№	Наименование, тип, марка	Кол-во	ГОСТ, ТУ или обозначение	Основные характеристики	Дата последней поверки
9.	Пирометр инфракрасный	1	FLUKE 566	Диапазон измерений (точность): температура -40 - +650 °С (±0,1%);	06.08.10 г.
10.	Газоанализатор переносной	1	«Quintox» KM9006	Диапазон измерений (точность измерений): O <sub>2</sub> : 0 – 25% об. д. (±5%), CO: 0 – 10000 ppm (±10%), NO: 0 – 5000 ppm (±10%), NO <sub>2</sub> : 0 – 800 ppm (±10%), SO <sub>2</sub> : 0 – 800 ppm (±10%). Температура отходящих газов 0 – 1100 °С (±1...±2 %). Температура воздуха 0 – 600 °С (±1...±2 %). Давление ±150 гПа.	10.09.10 г.
11.	Метеомер	1	МЭС-200А	Диапазон измерений (точность): давление от 80 до 110 кПа (±0,3 кПа); относительная влажность 0-98% ((±3%); температура -40 - +85 °С (±0,2 °С); скорость 0,1-20 м/с (±(0,05±0,05Vx) м/с)	04.03.11 г.

**ПРОТОКОЛ**  
**испытания по пункту № число**  
Программы и методики (вид испытаний) испытаний  
обозначение документа

№ число

число месяц в родительном падеже 2012 г.

**1. Объект испытания:** Наименование и обозначение в соответствии с основным конструкторским документом в количестве число шт., заводские №№ цифрами, акты заводского изготовления № число от дата, № число от дата,

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № число технического задания: Текст соответствующего пункта ТЗ.

**3. Дата начала испытания:** число месяц в родительном падеже 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** число месяц в родительном падеже 2012 г.

**5. Место проведения испытания:**

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия

**7. Замечания и рекомендации**

.....

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания наименование объекта выдержал (не выдержал) испытание по пункту № число Программы и методики обозначение документа.

8.2 Объект испытания наименование соответствует (не соответствует) требованиям пункта № число технического задания.

**Испытание проводили**

Должность  
Должность  
Должность  
Должность

И.О.Фамилия  
И.О.Фамилия  
И.О.Фамилия  
И.О.Фамилия

Форма для испытаний  
изделий машиностроения  
и приборостроения

УТВЕРЖДАЮ  
*Проректор по научной работе*

\_\_\_\_\_ *В. В. Тютиков*

«    »

2012 г.

**ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ИСПЫТАНИЙ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА НАСОСНОГО УЗЛА СМЕШЕНИЯ С ЧРП И  
УСТРОЙСТВА УСТРАНЕНИЯ «ПЕРЕТОПА» С ЧРП И РЕГУЛИРУЕМЫМ  
КЛАПАНОМ  
16.516.11.6089 ПМ01**

*Главный механик* \_\_\_\_\_ *А. М. Смирнов*

*Главный метролог* \_\_\_\_\_ *А. Г. Иванов*

Условные обозначения и сокращения, принятые в тексте

ПМ	Программа и методики испытаний;
КД	Конструкторская документация;
ЧРП	Частотно-регулируемый привод;
НИР	Научно-исследовательская работа;
ТЗ	Техническое задание;
ИГЭУ	Ивановский государственный университет;
ИТП	Индивидуальный тепловой пункт
УПМ	Учебно-производственные мастерские;
ОГМ	Отдел главного механика;
РИД	Результаты интеллектуальной деятельности.

## Общие положения

Настоящая программа и методики проведения исследовательских испытаний предназначена для проведения исследовательских испытаний экспериментального образца насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном (далее – объект исследования).

Документ разработан на основании технического задания на выполнение научно-исследовательских работ (НИР) по лоту: «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области повышения эффективности трубопроводного транспорта энергоносителей» (шифр: 2011-1.6-516-037) по теме: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счёт разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла».

Соблюдение данной «Программы и методики проведения исследовательских испытаний» обязательно и является необходимым условием работы комиссии по проведению испытаний. Документ разработан в соответствии с требованиями ГОСТ Р8.568-97, ГОСТ 21.605-82, ГОСТ 6134-2007, ГОСТ 2.125-88, ГОСТ 2.701-2008, ГОСТ 2.704-76, ГОСТ 27043-86, ГОСТ 12.3.019 и ПР 50.2.006-94.

### 1.1 Наименование и обозначение опытного образца продукции.

Объектом испытаний является экспериментальный образец насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном.

### 1.2. Цель испытаний.

Исследовательские испытания проводятся с целью проверки соответствия технических характеристик объекта испытаний и путей достижения значений, установленных требованиями технического задания научно-исследовательской работы (НИР) по лоту: «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области повышения эффективности трубопроводного транспорта энергоносителей», по теме: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счёт разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла».

Задачей исследовательских испытаний является проведение проверок показателей объекта испытаний в объеме, определенном в разделе 4 настоящей «Программы и методики проведения исследовательских испытаний».

### Условия предъявления объекта испытаний на испытания

1.3.1 Испытания проводятся на экспериментальном образце насосного узла смешения с ЧРП и устройства устранения «перетопа» с ЧРП и регулируемым клапаном, изготовленном в одном экземпляре.

1.3.2 Объект испытаний предъявляется на испытания в сопровождении следующих документов:

- комплект конструкторской документации (КД);
- настоящая ПМ;
- отчет о патентных исследованиях;
- акт изготовления объекта испытаний (Приложение №22-2);
- технические паспорта на комплектующие изделия (центробежные насосы, электрические нагреватели емкостного и проточного типов, образцовые манометры, термометры) и на измерительную технику (ультразвуковой расходомер, ультразвуковой толщиномер, инфракрасный пирометр, цифровые термометры с поверхностной и погружной термопарами);
- необходимые руководящие и нормативно-технические документы (приведены в Приложении А)

## 2 Общие требования к условиям, обеспечению и проведению испытаний

### 2.1 Место проведения испытаний

Испытания проводятся на базе ИГЭУ, в учебно-исследовательском центре «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346.

## 2.2 Требования к средствам проведения испытаний

2.2.1 Перечень средств проведения испытаний приведен в Приложении Б.

2.2.2 Средства измерений должны быть поверены в соответствии с требованиями ПР 50.2.006-94.

2.2.3 Испытательное оборудование должно быть аттестовано по ГОСТ Р 8.568.

## 2.3 Требования к условиям проведения испытаний.

Испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях:

температура окружающего воздуха, °С	20±10
относительная влажность воздуха, %	от 45 до 80
атмосферное давление, мм рт. ст.	от 630 до 800
Температура наружного воздуха, °С	-30 до 8

## 2.4 Требования к персоналу, осуществляющему подготовку к испытаниям и испытания.

К проведению испытаний допускается персонал, прошедший обучение и (при необходимости) аттестацию, изучивший эксплуатационную документацию объекта испытаний, подготовленный в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором и имеющий степень аттестации по электробезопасности не ниже III-ей группы.

При проведении работ при проверке и испытаниях персонал обязан соблюдать правила техники безопасности согласно «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Порядок обучения и аттестации персонала, участвующего в испытаниях, должен соответствовать «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

## 3 Требования безопасности

### 3.1 Требования безопасности при подготовке объекта испытаний к испытаниям

Исследовательские испытания проводятся в нормальных климатических условиях ИГЭУ, в учебно-исследовательском центре «АСУ в теплоэнергетике» по адресу: Иваново ул. Рабфаковская, 34, ИГЭУ, В-346.

Испытания проводятся в один этап. Последовательность проведения испытаний устанавливается комиссией в зависимости от конкретных условий.

Испытания могут быть приостановлены по следующим причинам:

- несоответствие изделия требованиям ТЗ на объект;
- выявление недостатков, препятствующих дальнейшему проведению испытаний;
- возникновение спорных ситуаций, требующих проведения дополнительного анализа изделия.

Длительность перерыва испытаний определяется комиссией и согласовывается с главным механиком ОГМ ИГЭУ.

Для выявления причин неисправностей (дефектов) технических средств и отказов (ошибок) в программном обеспечении, обнаруженных в ходе испытаний, комиссия назначает рабочую группу.

Проверки по данному пункту методики приостанавливаются. При этом допускается выполнение других проверок, на которые выявленные дефекты (ошибки) не влияют.

Результаты анализа каждой неисправности или отказа оформляются в виде технического заключения с указанием причин, сроков и методов их устранения. Обнаруженные неисправности и отказы фиксируются в журнале учета неисправностей и отказов.

В ходе испытаний должно проводиться ежедневное техническое обслуживание аппаратуры.

### 3.2 Требования безопасности при проведении испытаний:

- персонал, осуществляющий подготовку и проведение испытаний, должен пройти инструктаж по требованиям безопасности при работе с электроустановками напряжением до 1000 В;
  - проведение испытаний должно производиться с соблюдением мер безопасности, указанных в действующих "Правилах эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей";
  - помещения для проведения испытаний должны быть оборудованы шиной контурного заземления;
  - аппаратура должна подключаться к питающей сети 220 В, 50 Гц, с помощью трехполюсных вилок, при этом заземляющий контакт розетки должен быть надежно заземлен;
  - устройства (приборы), имеющие клемму (или зажимной винт) для подключения заземляющего провода, должны быть подключены к шине контурного заземления. Сечение заземляющего провода должно быть не менее 2 мм.
- При проведении испытаний необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:
- подключение/отключение соединительных кабелей производить только при полном отключении аппаратуры от сети 220 В, 50 Гц.

#### 4 Программа испытаний

Таблица 1 - Определяемые показатели и точность их измерений

Пункт программы испытаний	Наименование показателя	Пункт требований ТЗ	Ед. изм.	Номинальное значение	Предельные отклонения	Пункт методики
4.1.	Проверка комплектности объекта испытаний, его соответствие спецификациям, схемам и чертежам	5.1.3 5.2.1.8 5.2.1.9				6.1.
4.2.	Проверка соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения	6.1.1.2 6.1.1.3				6.2
4.3.	Проверка соответствия требованиям к точности воспроизведения внешних условий	6.1.2				6.3
4.4.	Проверка соответствия оснащения объекта исследований приборами в соответствии с ГОСТ 21.605-82 и другим нормативно-техническим документам	6.1.2.2 6.1.2.3				6.4
4.5	Проверка и выполнение требований к поверке средств измерений (по ПР 50.2.006-94)	6.1.2.4				6.5
4.6	Проверка выполнения требований к условиям проведения испытаний	6.2.2.6				6.6
4.7	Проверка выполнения требований по стандар-	6.2.2 6.2.3				6.7

Пункт программы испытаний	Наименование показателя	Пункт требований ТЗ	Ед. изм.	Номинальное значение	Предельные отклонения	Пункт методики
	тизации, унификации, совместимости и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний					
4.8	Проверка соответствия объекта испытаний требованиям государственных стандартов	6.2.5 6.2.6				6.8
4.9	Проверка выполнения требованиям по обеспечению безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды	6.3				6.9
4.10	Проверка выполнения требований к патентной чистоте и правовой защите РИД	7.1				6.10
4.11	Проверка выполнения технико-экономических требований	8.1.1				6.11

## 5 Режимы испытаний

### 5.1 Порядок испытаний

Для проведения испытаний приказом руководства ИГЭУ назначается комиссия по проведению исследовательских испытаний с привлечением в состав рабочей группы по проведению испытаний специалистов-разработчиков и эксплуатационного персонала ОГМ.

Рабочая группа по проведению испытаний:

- предоставляет необходимую документацию на объект испытаний;
- обеспечивает функционирование объекта испытаний в процессе проведения проверок;
- осуществляет техническое руководство проведением испытаний;
- оформляет результаты испытаний.

При проведении испытаний комиссия руководствуется следующими документами:

техническим заданием на выполнение научно-исследовательских работ (НИР) по лоту: «Проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований в области повышения эффективности трубопроводного транспорта энергоносителей» Шифр: 2011-1.6-516-037 по теме: «Создание энергосберегающих систем транспортировки, распределения и потребления тепловой энергии в сетях централизованного теплоснабжения за счёт разработки научно-технических основ и способов регулирования отпуска тепла»;

настоящей «Программой и методикой проведения исследовательских испытаний»;

документацией, перечисленной в разделе 1.3.2 настоящего документа.

Документация на объект испытаний должна находиться на рабочем месте по проведению испытаний.

Исследовательские испытания объекта испытаний предусматривают выполнение следующих работ:

подготовку к испытаниям;

проведение испытаний;  
оформление результатов испытаний.

Подготовка к испытаниям включает в себя:

- определение перечня протоколов проверок, оформляемых по результатам испытаний опытного образца;
- распределение ответственности членов комиссии за проведение проверок и оформление соответствующих протоколов;
- подбор и подготовку необходимого контрольно-измерительного оборудования, а также нормативно-технической документации;
- ознакомление членов комиссии и привлекаемых для участия в испытаниях специалистов с программой и методиками исследовательских испытаний, конструкторской и эксплуатационной документацией, а также другими документами;
- проведение инструктажа членов комиссии и привлекаемых специалистов по технике безопасности при проведении испытаний.

Комиссия по проведению исследовательских испытаний работает в ИГЭУ. Ответственность за обеспечение работ комиссии в период проведения испытаний возлагается на ответственного представителя ОГМ ИГЭУ.

Испытания проводятся рабочей группой, сформированной из состава комиссии по проведению исследовательских испытаний, ответственной за выполнение проверок по данной методике.

С целью более качественной оценки выполнения требований ТЗ рабочей группе предоставляется право проводить дополнительные проверки, не предусмотренные данной методикой, а также, в обоснованных случаях, по согласованию с председателем комиссии, уточнять положения данной методики.

Программа исследовательских испытаний включает перечень проверок, представленный в таблице 1 настоящего документа.

Обработка и анализ результатов испытаний проводится методом сравнения количественных и качественных значений, полученных в ходе испытаний, с количественными и качественными значениями требований ТЗ на объект испытаний с учетом данных, приведенных в технической документации. По результатам сравнения делается вывод о соответствии (или несоответствии) изделия требованиям ТЗ на объект испытаний.

По результатам испытаний составляются протоколы испытаний, подписываемые членами комиссии по проведению исследовательских испытаний и утверждаемые председателем комиссии.

5.2 Ограничения и другие указания, которые необходимо выполнять на всех или на отдельных режимах испытаний

Испытания прекращаются в случаях:

- несоответствия получаемых результатов требованиям ТЗ;
- возникновения аварийных ситуаций.

5.3 Условия перерыва, аннулирования и возобновления испытаний на всех или на отдельных режимах

*Необходимость, условия и порядок перерыва, аннулирования или прекращения испытаний определяется комиссией.*

## 6 Методики испытаний

6.1. Проверка по п. 4.1. Программы выполняется следующим образом.

Проверяется соответствие:

- комплектности объекта испытаний требованиям, приведенным в п. 4.1. Программы;
- объекта испытаний – спецификациям, сборочным чертежам и общим схемам, предусмотренных комплектностью КД.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если его комплектность соответствует требованиям, приведенным в п. 4.1. Программы, сам он — спецификациям, сборочным чертежам и общим схемам, предусмотренных комплектностью КД.

6.2. Проверка по п. 4.2. Программы выполняется следующим образом.

Проверяются соответствия требованиям к номенклатуре параметров и точности их воспроизведения (п. 4.2. Программы).

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если параметры соответствуют требованиям п. 4.2 Программы.

6.3. Проверка по п. 4.3 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется соответствие точности воспроизведения внешних условий.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если параметры соответствуют требованиям п. 4.3 Программы.

6.4. Проверка по п. 4.4 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется соответствие оснащения объекта исследований приборами и другими нормативно-техническими документами согласно п. 4.4 Программы

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если его оснащенность приборами соответствует требованиям, приведенными в Приложении Б.

6.5. Проверка по п. 4.5 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется выполнение требований к поверке средств измерения согласно п. 4.5 Программы.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если все средства измерения прошли плановую поверку. Перечень средств измерения, с указанием даты последней поверки даны в Приложении Б.

6.6. Проверка по п. 4.6 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется выполнение требований согласно п. 4.6 Программы и условиям проведения испытаний.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если условия проведения испытаний соответствуют нормальным климатическим условиям, приведенным в п. 4.6 Программы.

6.7. Проверка по п. 4.7 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется выполнение требований к стандартизации, унификации, совместности и взаимозаменяемости конструкции объекта испытаний согласно п. 4.6 Программы.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если качественные показатели, полученные в результате испытаний, в полном объеме удовлетворяют требованиям, приведенным в п. 4.7 Программы.

6.8. Проверка по п. 4.8 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется соответствие объекта испытаний требованиям выполнения государственных стандартов и другим нормативным документам согласно п. 4.8 Программы.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если выполняются требования, приведенные в п. 4.8 Программы.

6.9. Проверка по п. 4.9 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется соответствие выполнения требований безопасности для жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды, согласно п. 4.9 Программы.

В ходе испытаний должны быть проверены следующие показатели:

- отсутствие возможности попадания электрического напряжения на наружные металлические части и внешние соединители;
- пожаро- и взрывобезопасность технических средств.

Проверка отсутствия возможности попадания электрического напряжения на наружные металлические части и внешние соединители производится путем изучения технической документации на покупные изделия, входящие в состав технических средств и внешнего осмотра технических средств изделия.

Проверка пожаро- и взрывобезопасности проводится путем внешнего осмотра технических средств и помещения, в котором они размещены.

Критерии оценки:

- возможность попадания электрического напряжения на наружные металлические части и внешние соединители при соблюдении обслуживающим персоналом требований эксплуатационной документации;

- технические средства не создают опасности пожара или взрыва во всех режимах работы, помещение для размещения технических средств не является взрывоопасным и оборудовано средствами вентиляции и пожаротушения.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если выполняются требования, приведенные в п. 4.9 Программы.

6.10. Проверка по п. 4.10 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется требования к патентной чистоте и правовой защите РИД, приведенные в п. 4.10 Программы.

Отчет о патентных исследованиях входит в состав сопровождающих документов настоящей ПМ.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если выполняются требования, приведенные в п. 4.10 Программы.

6.11. Проверка по п. 4.11 Программы выполняется следующим образом.

Проверяется выполнение технико-экономических требований по п. 4.11 Программы.

В ходе испытаний должны быть проверены следующие показатели:

- суммарные затраты на закупку оборудования и комплектующих;

- затраты на монтаж и пусконаладочные работы;

- затраты на проведение исследовательских испытаний.

Объект испытаний считается выдержавшим проверку, если количественные и качественные показатели, полученные в ходе испытаний, соответствуют требованиям, приведенным в п. 4.11 Программы.

## **7 Отчетность**

7.1 Заданные и фактические данные, полученные при испытаниях по каждому пункту программы, оформляются протоколами, представляемыми на заседание комиссии. Типовая форма протокола испытаний приведена в приложении В.

В согласованных случаях допускается оформлять одним протоколом данные, полученные при испытаниях по нескольким пунктам программы.

7.2 По результатам испытаний в течение 3 дней комиссией составляется акт испытаний.

Акт испытаний должен содержать:

- подтверждение выполнения программы испытаний;

- оценку результатов испытаний с конкретными точными формулировками, отражающими соответствие испытываемого образца требованиям ТЗ;

- выводы по результатам испытаний.

К акту прилагаются протоколы испытаний по пунктам программы.

7.3 Материалы испытаний хранятся в НИС ИГЭУ в течение 10 лет со дня окончания испытаний.

7.4 Отчетная документация рассылается в следующие адреса:

Минобрнауки России.

**Приложения**

Приложение А           Перечень ссылочных документов

Приложение Б           Перечень средств измерений и испытательного оборудования,  
необходимых для проведения испытаний

Приложение В           Типовая форма протокола испытаний

### Перечень ссылочных документов

ГОСТ Р8.568-97	Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
ГОСТ 21.605-82	Система проектной документации для строительства. Сети тепловые (тепломеханическая часть). Рабочие чертежи.
ГОСТ 6134-2007	Насосы динамические. Методы испытаний.
ГОСТ 2.125-88	Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эскизных конструкторских документов.
ГОСТ 2.701-2008	Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
ГОСТ 2.704-76 (СТ СЭВ 1981-79)	Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
ГОСТ 27043-86 (СТ СЭВ 5271-85)	Частотно-регулируемый привод.
ГОСТ 12.3.019	ССТБ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности.
ПР 50.2.006-94	Порядок проведения поверки средств измерения  «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» М., Госэнергонадзор, 1994г.  «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», М., Энергосервис, 2003г.

**Перечень средств проведения испытаний**

№	Наименование, тип, марка	Кол-во	ГОСТ, ТУ или обозначение	Основные характеристики	Дата последней поверки
1.	Расходомер жидкости ультразвуковой	1	Portaflow-300	Скорость потока до 12 м/сек, диаметр трубы 19 – 1000 мм, погрешность 3% или 0,03 м/сек	10.02.11 г.
2.	Расходомер жидкости ультразвуковой	1	Portaflow-330	Скорость потока 0,1 – 20 м/сек, диаметр трубы 13 – 5000 мм, толщина стенки трубы 1–75 мм, рабочая температура датчика -20... +135 °С. Точность измерений: от ±0,5% до ±6%.	03.05.11 г.
3.	Толщиномер ультразвуковой	1	DX-1	Диапазон измерений 0,63 – 500 мм, Разрешение 0,01 мм, Точность ±0,01 мм, Диапазон скоростей 2000 – 10000 м/с.	20.06.11 г.
4.	Анализатор количества и качества электроэнергии	1	AR5-1M	Диапазоны измерений: напряжение – 20–500 В перем. тока, ток – до 2000 А, частота – 45–65 Гц. Измерение напряжений, токов, частоты, мощностей, коэффициентов гармоник, импульсов, пиков и провалов напряжения.	01.04.10 г.
5.	Энергомонитор	1	3.3-T1	Измерение и регистрация ПКЭ, установленных ГОСТ 13109-97 и EN 50160. Напряжение до 600 В, ток до 150 А.	25.05.11 г.
6.	Тепловизор	1	ТН 7700	Диапазон температур: диапазон 1: -20 ÷ 100 °С, диапазон 2: 0 ÷ 250 °С. Точность измерений ±2%.	19.01.11 г.
7.	Термометр цифровой	1	N9008	Пределы измерения -200 – +1372 °С. Точность измерений ± 0,2 °С.	20.06.11 г.
8.	Пирометр	1	THERMO POINT-64	Диапазон измерений (точность): температура от -30 °С до 900 °С с шагом 0,1 °С (±0,5%...±2%)	20.06.11 г.

№	Наименование, тип, марка	Кол-во	ГОСТ, ТУ или обозначение	Основные характеристики	Дата последней поверки
9.	Пирометр инфракрасный	1	FLUKE 566	Диапазон измерений (точность): температура -40 - +650 °С (±0,1%);	06.08.10 г.
10.	Газоанализатор переносной	1	«Quintox» KM9006	Диапазон измерений (точность измерений): O <sub>2</sub> : 0 – 25% об. д. (±5%), CO: 0 – 10000 ppm (±10%), NO: 0 – 5000 ppm (±10%), NO <sub>2</sub> : 0 – 800 ppm (±10%), SO <sub>2</sub> : 0 – 800 ppm (±10%). Температура отходящих газов 0 – 1100 °С (±1...±2 %). Температура воздуха 0 – 600 °С (±1...±2 %). Давление ±150 гПа.	10.09.10 г.
11.	Метеомер	1	МЭС-200А	Диапазон измерений (точность): давление от 80 до 110 кПа (±0,3 кПа); относительная влажность 0-98% ((±3%); температура -40 - +85 °С (±0,2 °С); скорость 0,1-20 м/с (±(0,05±0,05Vx) м/с)	04.03.11 г.

**ПРОТОКОЛ**  
**испытания по пункту № число**  
Программы и методики (вид испытаний) испытаний  
обозначение документа

№ число

число месяц в родительном падеже 2012 г.

**1. Объект испытания:** Наименование и обозначение в соответствии с основным конструкторским документом в количестве число шт., заводские №№ цифрами, акты заводского изготовления № число от дата, № число от дата,

**2. Цель испытания:** проверка соответствия объекта испытания требованиям пункта № число технического задания: Текст соответствующего пункта ТЗ.

**3. Дата начала испытания:** число месяц в родительном падеже 2012 г.

**4. Дата окончания испытания:** число месяц в родительном падеже 2012 г.

**5. Место проведения испытания:**

**6. Результаты испытания**

Наименование параметра	Ед. изм.	Номера пунктов		Требования к параметру		Измеренное значение		
		Программы испытаний	Методик испытаний	Номинальное значение	Предельное отклонение	Нормальные условия	Время воздействия	После воздействия

**7. Замечания и рекомендации**

.....

**8. Выводы**

8.1 Объект испытания наименование объекта выдержал (не выдержал) испытание по пункту № число Программы и методики обозначение документа.

8.2 Объект испытания наименование соответствует (не соответствует) требованиям пункта № число технического задания.

**Испытание проводили**

Должность  
Должность  
Должность  
Должность

И.О.Фамилия  
И.О.Фамилия  
И.О.Фамилия  
И.О.Фамилия

Программа на Maple условного оптимизационного поиска параметров насосного узла смешения идентичного по расходам и напорам элеватору

```

> restart;
> #Идентификация элеватора и насосного узла смешения
> with (DirectSearch):
>
Nel:=3.:d3:=0.025:fi1:=0.95:fi2:=0.975:fi3:=0.87:fi4:=0.875:d1:=0.008:
> t1:=150.:t2:=70.:t3:=95.:g:=9.81:
> fp1:=evalf(Pi*d1^2/4):
> f3:=evalf(Pi*d3^2/4):
> fn2:=f3-fp1:
> r:=9.986228*10^(2)+t*(1.606787*10^(-1)+t*(-9.312655*10^(-3)+t*(4.869984*10^(-5)-1.180077*10^(-7)*t)):
> rp:=subs(t=150,r):vp:=1/rp:
> rc:=subs(t=95,r):vc:=1/rc:
> rn:=subs(t=70,r):vn:=1/rn:
> Hp:=5.:Gc:=1.4:
> Gpe:=sqrt(2*g*Hp)*fp1*fi1/vp:
> Ug:=Gcg/Gpe-1.:
> g2:=Hce-vc/g*fi1^2*fp1/f3*(2*fi2+(2*fi2-1/fi4^2)*vn/vp*fp1/fn2*Ug^2-(2-fi3^2)*vc/vp*fp1/f3*(1+Ug)^2)*Hp/vp*g:
> g2:=subs(Hce=0,g2):
> REH:=solve(g2,Gcg):
> REH[1]:REH[2]:
> Gc1:=REH[1]:Gc2:=REH[2]:
> if Gc1>0 then Gcmax:=Gc1 fi;
Gcmax:=2.181311245
> if Gc2>0 then Gcmax:=Gc2 fi;
> if Gc>Gcmax then print("Расчёт неверен, заданный расход больше максимального") fi;
> U:=Gc/Gpe-1:
> Hce:=vc/g*fi1^2*fp1/f3*(2*fi2+(2*fi2-1/fi4^2)*vn/vp*fp1/fn2*U^2-(2-fi3^2)*vc/vp*fp1/f3*(1+U)^2)*Hp/vp*g:
> #Вариант 1
> u3:=S2*(Gc-Gpn)^2-He-S1*Gpn^2+Hp:
> #Вариант 2
> #u3:=-S2*(Gc-Gpn)^2-He-S1*Gpn^2+Hp:
> #Вариант 3
> #u3:=S2*(Gc-Gpn)^2-He+S1*Gpn^2+Hp:
> #Вариант 4
> #u3:=-S2*(Gc-Gpn)^2-He+S1*Gpn^2+Hp:
> RE:=solve(u3,Gpn):
> RE[1]:RE[2]:
> Gppn:=RE[1]:
> #Gppn:=RE[2]:
> Hcn:=Hp-S1*Gppn*abs(Gppn)-S3*Gc*abs(Gc):
> f:=(Hce-Hcn)^2+(Gpe-Gppn)^2:
> constr:=[S1>0,S2>0,S3>0,He>0]:
> Y:=Search(f,constr):

```

Warning, встретилось комплексное или не числовое значение;

пытаюсь найти допустимую точку

```
> Y[1]:Y[2,1]:Y[2,2]:Y[2,3]:Y[2,4]:Y[3]:
```

```
> fm:=Y[1];NC:=Y[3];
```

```
fm:=3.13667908822066 10-24
```

```
NC:=1912
```

```
> Hem:=subs(Y[2,1],He);S1m:=subs(Y[2,2],S1);S2m:=subs(Y[2,3],S2);
```

```
S3m:=subs(Y[2,4],S3);
```

```
Hem:=2.38542705710232994
```

```
S1m:=9.85271363688968016
```

```
S2m:=0.812424201549181047
```

```
S3m:= 1.37254259374930010
```

```
> u3m:=S2m*(Gc-Gpm)*abs(Gc-Gpm)-Hem-S1m*Gpm*abs(Gpm)+Hp:
```

```
> Gpm:=fsolve(u3m,Gpm);
```

```
Gpm:=0.5678589356
```

```
> if Gpm>Gc or Gpm<0 then print("Неверно") fi;
```

# ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Теплогидравлический расчет тепловых сетей ИГЭУ с ТГР (ИТП Гараж)  
с максимальным ГВС

Заданный режим расчета:

Вариант расчета:

- расчет подающей и обратной сети.
- расчет абонентских узлов.

Исходные данные по участкам сети для гидравлического расчета печатать.

Исходные данные по участкам сети для теплового расчета не печатать.

Результаты гидравлического расчета печатать.

Результаты теплового расчета не печатать.

Система горячего водоснабжения закрытая.

Плотность теплоносителя в подающей сети, т/м<sup>3</sup> : 0.978 т/м<sup>3</sup>.

Плотность теплоносителя в обратной сети, т/м<sup>3</sup> : 0.987 т/м<sup>3</sup>.

Точность расчета по расходам, м<sup>3</sup>/час : 0.100 м<sup>3</sup>/час.

Точность расчета по напорам, м : 0.100 м.

Коэффициент нагрузки горячего водоснабжения : 1.000

Доля открытого водоразбора из подающей сети : 0.000

Коэффициент умножения отопительно-вентиляционной нагрузки : 1.000

Типовое сопротивление внутренней системы отопления, м : 2.000

Типовое сопротивление внутренней системы вентиляции, м : 3.000

Минимально допустимый диаметр сопла элеватора, мм : 3.0

Минимально допустимый диаметр ограничительной шайбы, мм : 3.0

Предельно допустимый напор на сопло элеватора, м : 40.0

Расчетный напор на сопло элеватора при наличии шайбы, м : 40.0

Контрольный располагаемый напор у потребителя, м : 5.0

Контрольные удельные потери напора на участке, мм/м : 20.0

К расчету принято:

- источников: 1
- участков: 64

## ИСТОЧНИКИ (исходные данные)

: N	: Узел сети	: Геодезич.:	: Заданные напоры	: Заданные расходы
: п/п	: :	: отметка	: :	: :
: :	: :	: местности:	: в подающ.:	: в обратн.:
: :	: :	: м	: м	: м
: :	: :	: :	: т/час	: т/час
: 1	: Котельная	: 100.00	: -60.00	: -35.00
			: 0.00	: 0.00

## УЧАСТКИ СЕТИ (исходные данные для гидравлического расчета)

: N	: Начальный	: Конечный	: Длина	: Геодез.:	: Диаметры	: Коэф.местн.сопр:	: Шероховатости:	: Расходы у потребителей			
: п/п	: узел	: узел	: участка:	: отметка:	: :	: :	: :	: :			
: :	: :	: :	: м	: м	: мм	: мм	: :	: т/час			
: :	: :	: :	: :	: :	: :	: :	: :	: т/час			
: :	: :	: :	: :	: :	: :	: :	: :	: т/час			
: 1	: Котельная	: тк-0	: 8.0	: 100.0	: 309	: 309	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 2	: Котельная	: опопление	: 40.0	: 100.0	: 32	: 32	: 1.00	: 1.00	: 1.524	: 0.000	: 0.000
: 3	: Котельная	: ГВС	: 40.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 2.803
: 4	: тк-0	: тк-1	: 25.0	: 100.0	: 309	: 309	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 5	: тк-1	: р1	: 8.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 6	: р1	: Столярка	: 5.0	: 100.0	: 21	: 21	: 1.00	: 1.00	: 0.500	: 0.000	: 0.000
: 7	: р1	: Столовая	: 0.5	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 11.600	: 0.000	: 0.000
: 8	: тк-0	: тк-1.1	: 75.0	: 100.0	: 207	: 207	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 9	: тк-1.1	: тк-1.2	: 25.0	: 100.0	: 207	: 207	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 10	: тк-1.2	: кор_В	: 59.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 42.392	: 0.000	: 0.000
: 11	: тк-1.1	: N кор_A2	: 48.0	: 100.0	: 70	: 70	: 1.00	: 1.00	: 15.964	: 0.000	: 0.000
: 12	: Котельная	: р2	: 5.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 13	: р2	: N кор_A1	: 145.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 47.896	: 0.000	: 0.696
: 14	: N кор_A1	: Спорткорп	: 5.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 9.344	: 0.000	: 0.000
: 15	: тк-1	: тк-2	: 51.0	: 100.0	: 309	: 309	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 16	: тк-2	: тк-20/1	: 21.0	: 100.0	: 207	: 207	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 17	: тк-20/1	: тк-20/2	: 71.0	: 100.0	: 207	: 207	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 18	: тк-20/2	: тк-20	: 26.0	: 100.0	: 207	: 207	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 19	: тк-20	: модуль	: 4.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 7.264	: 0.000	: 0.000
: 20	: тк-20	: дN5	: 45.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 14.040	: 0.000	: 2.460
: 21	: тк-20	: дN29/2/2	: 20.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 9.036	: 0.000	: 0.389
: 22	: тк-20	: N29/2/1	: 75.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 29.044	: 0.000	: 0.453
: 23	: тк-2	: тк-2/1	: 26.0	: 100.0	: 309	: 309	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 24	: тк-2/1	: тк-3	: 45.0	: 100.0	: 259	: 259	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 25	: тк-3	: тк-4	: 121.0	: 100.0	: 259	: 259	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 26	: тк-4	: тк-5	: 26.0	: 100.0	: 259	: 259	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 27	: тк-5	: склад	: 3.0	: 100.0	: 32	: 32	: 1.00	: 1.00	: 0.500	: 0.000	: 0.000
: 28	: тк-5	: тк-6	: 173.0	: 100.0	: 207	: 207	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 29	: тк-6	: тк-9	: 34.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 30	: тк-9	: N кор_В	: 5.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 31.524	: 0.000	: 0.607
: 31	: тк-6	: тк-10	: 97.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 32	: тк-10	: N29	: 40.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 34.728	: 0.000	: 2.933
: 33	: тк-6	: тк-7	: 19.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 34	: тк-7	: фн	: 7.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 0.500	: 0.000	: 0.000
: 35	: тк-7	: тк-8	: 67.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 36	: тк-8	: N36	: 12.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 13.360	: 0.000	: 0.795
: 37	: тк-5	: тк-11	: 7.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 38	: тк-11	: р3	: 47.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 39	: р3	: общN4	: 4.0	: 100.0	: 82	: 82	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 36.489	: 0.000
: 40	: тк-11	: тк-12	: 98.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 41	: тк-12	: тк-13	: 47.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000

: 42: тк-13	: общN1	: 30.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 10.440	: 0.000	: 0.570
: 43: тк-13	: тк-14	: 22.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 44: тк-14	: дN58A	: 27.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 2.040	: 0.000	: 0.000
: 45: тк-14	: дN1	: 50.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 2.240	: 0.000	: 0.000

Стр. 3

УЧАСТКИ СЕТИ (исходные данные для гидравлического расчета)

: N	: Начальный	: Конечный	: Длина	: Геодез.	: Диаметры	: Коэф.местн.сопр	: Шероховатости:	Расходы у потребителей					
: п/п:	: узел	: узел	: участка:	: отметка:	: подающ.:обратн.подающ.:обратн.	: подающ.:обратн.	: мм : мм	: на отоплен.:	: на вентил.:	: на гвс			
:	:	:	: м	: м	: мм : мм	:	: мм : мм	: т/час	: т/час	: т/час			
: 46:	тк-20/2	: тк-16	: 75.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 47:	тк-16	: тк-15	: 50.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 48:	тк-15	: дN3	: 76.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 2.760	: 0.000	: 0.274
: 49:	тк-15	: тк-12	: 83.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 50:	тк-16	: тк-17	: 92.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 51:	тк-17	: дN2	: 15.0	: 100.0	: 82	: 82	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 10.520	: 0.000	: 0.000
: 52:	тк-17	: р4	: 90.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 53:	р4	: л/сN89	: 5.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 2.720	: 0.000	: 0.097
: 54:	р4	: шкN35	: 104.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 13.120	: 0.000	: 0.057
: 55:	тк-17	: тк-17/1	: 89.0	: 100.0	: 150	: 150	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 56:	тк-17/1	: гараж	: 21.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 11.140	: 0.000
: 57:	тк-17/1	: тк-17/2	: 40.0	: 100.0	: 125	: 125	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 58:	тк-17/2	: тк-18	: 73.0	: 100.0	: 125	: 125	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 59:	тк-18	: ЭОП	: 17.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 12.760	: 0.000	: 0.000
: 60:	тк-18	: фшкN35	: 135.0	: 100.0	: 51	: 51	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 2.840	: 0.000	: 0.000
: 61:	тк-18	: тк-19	: 30.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.000	: 0.000	: 0.000
: 62:	тк-19	: Серафим1	: 8.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 12.840	: 0.000	: 0.000
: 63:	тк-19	: МагМебель	: 8.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 2.320	: 0.000	: 0.000
: 64:	тк-19	: МагДубрав	: 8.0	: 100.0	: 100	: 100	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 1.00	: 0.720	: 0.000	: 0.000

ИСТОЧНИКИ (гидравлический расчет)

: N	: Узел сети:	: Геодезич.:	: Абсолютные	: Избыточные	: Расходы	: теплоносителя:
: п/п:	: узел	: отметка	: в подающей:	: в обратной:	: в подающей:	: в обратной:
:	:	: м	: м	: м	: м	: т/час
: 1	: Котельная:	: 100.00	: 160.00	: 135.00	: 60.00	: 35.00
						: 404.30
						: -404.30

УЧАСТКИ СЕТИ (гидравлический расчет)

: N	: Начальный	: Конечный	: Длина	: Геодез.:	: Внутрен:	: Расходы	: т/носителя	: Напоры в конеч.:	: Потери напора	: Располаг.:	: Примечание:	
: п/п:	: узел	: узел	: участка:	: отметка:	: диаметр:	: у:	: на участке	: напор у	: абонента	:		
:	:	:	: конечн.:	: участка:	: потреби-:	: на участке:	:	:	:	:		
:	:	:	: узла, :	: теля :	: абсол. :	: избыт. :	: абсол. :	: удельн.:	:	:		
:	:	:	: м	: м	: мм	: т/час	: т/час	: м	: м	: м	: мм/м	: м
Верхняя строка - расчет подающей сети, нижняя - обратной.												
: 1:	Котельная:	тк-0	: 8	: 100.0	: 309.0	: 0.00	: 342.04	: 159.86	: 59.86	: 0.14	: 18.1:	:
:	:	:	:	:	: 309.0	: -0.00	: -342.04	: 135.14	: 35.14	: -0.14	: -17.8:	: 24.71
: 2:	Котельная:	отопление:	: 40	: 100.0	: 32.0	: 1.52	: 1.52	: 158.91	: 58.91	: 1.09	: 27.2:	:
:	:	:	:	:	: 32.0	: -1.52	: -1.52	: 136.07	: 36.07	: -1.07	: -26.7:	: 22.85
: 3:	Котельная:	ГВС	: 40	: 100.0	: 51.0	: 2.80	: 2.80	: 159.70	: 59.70	: 0.30	: 7.5:	:
:	:	:	:	:	: 51.0	: -2.80	: -2.80	: 135.29	: 35.29	: -0.29	: -7.4:	: 24.40
: 4:	тк-0	: тк-1	: 25	: 100.0	: 309.0	: 0.00	: 283.68	: 159.67	: 59.67	: 0.19	: 7.4:	:
:	:	:	:	:	: 309.0	: -0.00	: -283.68	: 135.32	: 35.32	: -0.18	: -7.3:	: 24.34
: 5:	тк-1	: р1	: 8	: 100.0	: 51.0	: 0.00	: 12.10	: 158.43	: 58.43	: 1.23	: 154.4:	:
:	:	:	:	:	: 51.0	: -0.00	: -12.10	: 136.54	: 36.54	: -1.21	: -151.5:	: 21.90
: 6:	р1	: Столярка	: 5	: 100.0	: 21.0	: 0.50	: 0.50	: 158.28	: 58.28	: 0.15	: 30.2:	:
:	:	:	:	:	: 21.0	: -0.50	: -0.50	: 136.69	: 36.69	: -0.15	: -29.7:	: 21.60
: 7:	р1	: Столовая	: 1	: 100.0	: 51.0	: 11.60	: 11.60	: 158.24	: 58.24	: 0.20	: 390.4:	:
:	:	:	:	:	: 51.0	: -11.60	: -11.60	: 136.73	: 36.73	: -0.19	: -383.4:	: 21.51
: 8:	тк-0	: тк-1.1	: 75	: 100.0	: 207.0	: 0.00	: 58.36	: 159.71	: 59.71	: 0.15	: 2.0:	:
:	:	:	:	:	: 207.0	: -0.00	: -58.36	: 135.29	: 35.29	: -0.14	: -1.9:	: 24.42
: 9:	тк-1.1	: тк-1.2	: 25	: 100.0	: 207.0	: 0.00	: 42.39	: 159.68	: 59.68	: 0.03	: 1.2:	:
:	:	:	:	:	: 207.0	: -0.00	: -42.39	: 135.32	: 35.32	: -0.03	: -1.2:	: 24.36
: 10:	тк-1.2	: кор_В	: 59	: 100.0	: 150.0	: 42.39	: 42.39	: 159.35	: 59.35	: 0.33	: 5.6:	:
:	:	:	:	:	: 150.0	: -42.39	: -42.39	: 135.64	: 35.64	: -0.33	: -5.5:	: 23.70
: 11:	тк-1.1	: N_кор_A2	: 48	: 100.0	: 70.0	: 15.96	: 15.96	: 157.56	: 57.56	: 2.15	: 44.8:	:
:	:	:	:	:	: 70.0	: -15.96	: -15.96	: 137.40	: 37.40	: -2.11	: -44.0:	: 20.16
: 12:	Котельная:	р2	: 5	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: 57.94	: 159.91	: 59.91	: 0.09	: 18.6:	:
:	:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: -57.94	: 135.09	: 35.09	: -0.09	: -18.3:	: 24.82
: 13:	р2	: N_кор_A1	: 145	: 100.0	: 150.0	: 48.59	: 57.94	: 158.45	: 58.45	: 1.46	: 10.1:	:
:	:	:	:	:	: 150.0	: -48.59	: -57.94	: 136.53	: 36.53	: -1.43	: -9.9:	: 21.92
: 14:	N_кор_A1	: Спорткорп:	: 5	: 100.0	: 150.0	: 9.34	: 9.34	: 158.44	: 58.44	: 0.00	: 0.5:	:
:	:	:	:	:	: 150.0	: -9.34	: -9.34	: 136.53	: 36.53	: -0.00	: -0.5:	: 21.92
: 15:	тк-1	: тк-2	: 51	: 100.0	: 309.0	: 0.00	: 271.58	: 159.38	: 59.38	: 0.29	: 5.7:	:
:	:	:	:	:	: 309.0	: -0.00	: -271.58	: 135.61	: 35.61	: -0.29	: -5.6:	: 23.77

16:тк-2	:тк-20/1	: 21	: 100.0	: 207.0	: 0.00	: 118.37	:159.17	: 59.17	: 0.21	: 9.8:	:
:	:	:	:	: 207.0	: -0.00	: -118.37	:135.81	: 35.81	: -0.20	: -9.6:	23.36
17:тк-20/1	:тк-20/2	: 71	: 100.0	: 207.0	: 0.00	: 118.37	:158.60	: 58.60	: 0.57	: 8.1:	:
:	:	:	:	: 207.0	: -0.00	: -118.37	:136.38	: 36.38	: -0.56	: -7.9:	22.22

УЧАСТКИ СЕТИ (гидравлический расчет)

N	Начальный узел	Конечный узел	Длина участка	Геодез. отметка	Внутренн. диаметр	Расходы т/носителя	Напоры в конеч. узлах участка	Потери напора на участке	Располаг. напор у абонента	Примечание	
:	:	:	м	м	мм	т/час	м	м	м	мм/м	
Верхняя строка - расчет подающей сети, нижняя - обратной.											
18:тк-20/2	:тк-20	: 26	: 100.0	: 207.0	: 0.00	: 62.69	:158.53	: 58.53	: 0.07	: 2.6:	:
:	:	:	:	: 207.0	: -0.00	: -62.69	:136.44	: 36.44	: -0.07	: -2.6:	22.09
19:тк-20	:модуль	: 4	: 100.0	: 150.0	: 7.26	: 7.26	:158.53	: 58.53	: 0.00	: 0.3:	:
:	:	:	:	: 150.0	: -7.26	: -7.26	:136.45	: 36.45	: -0.00	: -0.3:	22.08
20:тк-20	:дN5	: 45	: 100.0	: 100.0	: 16.50	: 16.50	:158.20	: 58.20	: 0.33	: 7.3:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -16.50	: -16.50	:136.77	: 36.77	: -0.32	: -7.1:	21.44
21:тк-20	:дN29/2/2	: 20	: 100.0	: 100.0	: 9.43	: 9.43	:158.48	: 58.48	: 0.05	: 2.5:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -9.43	: -9.43	:136.49	: 36.49	: -0.05	: -2.5:	21.99
22:тк-20	:N29/2/1	: 75	: 100.0	: 150.0	: 29.50	: 29.50	:158.33	: 58.33	: 0.20	: 2.7:	:
:	:	:	:	: 150.0	: -29.50	: -29.50	:136.64	: 36.64	: -0.20	: -2.6:	21.69
23:тк-2	:тк-2/1	: 26	: 100.0	: 309.0	: 0.00	: 153.21	:159.32	: 59.32	: 0.06	: 2.1:	:
:	:	:	:	: 309.0	: -0.00	: -153.21	:135.67	: 35.67	: -0.05	: -2.1:	23.66
24:тк-2/1	:тк-3	: 45	: 100.0	: 259.0	: 0.00	: 153.21	:159.12	: 59.12	: 0.20	: 4.5:	:
:	:	:	:	: 259.0	: -0.00	: -153.21	:135.87	: 35.87	: -0.20	: -4.5:	23.25
25:тк-3	:тк-4	: 121	: 100.0	: 259.0	: 0.00	: 153.21	:158.63	: 58.63	: 0.49	: 4.1:	:
:	:	:	:	: 259.0	: -0.00	: -153.21	:136.35	: 36.35	: -0.48	: -4.0:	22.28
26:тк-4	:тк-5	: 26	: 100.0	: 259.0	: 0.00	: 153.21	:158.49	: 58.49	: 0.13	: 5.1:	:
:	:	:	:	: 259.0	: -0.00	: -153.21	:136.48	: 36.48	: -0.13	: -5.0:	22.01
27:тк-5	:склад	: 3	: 100.0	: 32.0	: 0.50	: 0.50	:158.48	: 58.48	: 0.01	: 3.4:	:
:	:	:	:	: 32.0	: -0.50	: -0.50	:136.49	: 36.49	: -0.01	: -3.4:	21.99
28:тк-5	:тк-6	: 173	: 100.0	: 207.0	: 0.00	: 84.45	:157.82	: 57.82	: 0.68	: 3.9:	:
:	:	:	:	: 207.0	: -0.00	: -84.45	:137.14	: 37.14	: -0.66	: -3.8:	20.68
29:тк-6	:тк-9	: 34	: 100.0	: 100.0	: 0.00	: 32.13	:156.86	: 56.86	: 0.95	: 28.1:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -0.00	: -32.13	:138.08	: 38.08	: -0.94	: -27.6:	18.78
30:тк-9	:N_кор_Б	: 5	: 100.0	: 100.0	: 32.13	: 32.13	:156.66	: 56.66	: 0.20	: 39.8:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -32.13	: -32.13	:138.27	: 38.27	: -0.20	: -39.1:	18.39
31:тк-6	:тк-10	: 97	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: 37.66	:157.40	: 57.40	: 0.42	: 4.3:	:
:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: -37.66	:137.55	: 37.55	: -0.41	: -4.2:	19.85
32:тк-10	:N29	: 40	: 100.0	: 150.0	: 37.66	: 37.66	:157.22	: 57.22	: 0.18	: 4.6:	:
:	:	:	:	: 150.0	: -37.66	: -37.66	:137.73	: 37.73	: -0.18	: -4.5:	19.48
33:тк-6	:тк-7	: 19	: 100.0	: 100.0	: 0.00	: 14.66	:157.70	: 57.70	: 0.12	: 6.2:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -0.00	: -14.66	:137.26	: 37.26	: -0.12	: -6.1:	20.44
34:тк-7	:фн	: 7	: 100.0	: 51.0	: 0.50	: 0.50	:157.70	: 57.70	: 0.00	: 0.3:	:
:	:	:	:	: 51.0	: -0.50	: -0.50	:137.26	: 37.26	: -0.00	: -0.3:	20.44

УЧАСТКИ СЕТИ (гидравлический расчет)

N	Начальный узел	Конечный узел	Длина участка	Геодез. отметка	Внутренн. диаметр	Расходы т/носителя	Напоры в конеч. узлах участка	Потери напора на участке	Располаг. напор у абонента	Примечание	
:	:	:	м	м	мм	т/час	м	м	м	мм/м	
Верхняя строка - расчет подающей сети, нижняя - обратной.											
35:тк-7	:тк-8	: 67	: 100.0	: 100.0	: 0.00	: 14.16	:157.35	: 57.35	: 0.35	: 5.3:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -0.00	: -14.16	:137.60	: 37.60	: -0.35	: -5.2:	19.75
36:тк-8	:N36	: 12	: 100.0	: 100.0	: 14.16	: 14.16	:157.27	: 57.27	: 0.07	: 6.2:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -14.16	: -14.16	:137.68	: 37.68	: -0.07	: -6.1:	19.60
37:тк-5	:тк-11	: 7	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: 68.27	:158.34	: 58.34	: 0.16	: 22.3:	:
:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: -68.27	:136.63	: 36.63	: -0.15	: -21.9:	21.70
38:тк-11	:р3	: 47	: 100.0	: 100.0	: 0.00	: 36.49	:156.67	: 56.67	: 1.67	: 35.5:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -0.00	: -36.49	:138.27	: 38.27	: -1.64	: -34.8:	18.40
39:р3	:обшN4	: 4	: 100.0	: 82.0	: 36.49	: 36.49	:156.09	: 56.09	: 0.58	: 146.1:	:
:	:	:	:	: 82.0	: -36.49	: -36.49	:138.84	: 38.84	: -0.57	: -143.4:	17.24
40:тк-11	:тк-12	: 98	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: 31.78	:158.04	: 58.04	: 0.30	: 3.1:	:
:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: -31.78	:136.93	: 36.93	: -0.30	: -3.0:	21.11
41:тк-12	:тк-13	: 47	: 100.0	: 100.0	: 0.00	: 15.29	:157.69	: 57.69	: 0.29	: 6.2:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -0.00	: -15.29	:137.27	: 37.27	: -0.29	: -6.1:	20.41
42:тк-13	:обшN1	: 30	: 100.0	: 100.0	: 11.01	: 11.01	:157.59	: 57.59	: 0.10	: 3.3:	:
:	:	:	:	: 100.0	: -11.01	: -11.01	:137.37	: 37.37	: -0.10	: -3.3:	20.21
43:тк-13	:тк-14	: 22	: 100.0	: 100.0	: 0.00	: 4.28	:157.67	: 57.67	: 0.01	: 0.5:	:

:	:	:	:	:	100.0	-0.00	-4.28	:137.28	37.28	-0.01	-0.5:	20.39	:	:
:	44:тк-14	: дN58A	:	27	: 100.0	: 51.0	: 2.04	: 2.04	:157.57	: 57.57	: 0.11	: 4.0:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 51.0	: -2.04	: -2.04	:137.39	: 37.39	: -0.11	: -4.0:	20.17	:
:	45:тк-14	: дN1	:	50	: 100.0	: 51.0	: 2.24	: 2.24	:157.44	: 57.44	: 0.24	: 4.8:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 51.0	: -2.24	: -2.24	:137.52	: 37.52	: -0.23	: -4.7:	19.92	:
:	46:тк-20/2	: тк-16	:	75	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: 55.68	:157.88	: 57.88	: 0.72	: 9.6:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: -55.68	:137.08	: 37.08	: -0.70	: -9.4:	20.80	:
:	47:тк-16	: тк-15	:	50	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: -13.45	:157.91	: 57.91	: -0.03	: -0.6:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: 13.45	:137.05	: 37.05	: 0.03	: 0.6:	20.86	:
:	48:тк-15	: дN3	:	76	: 100.0	: 51.0	: 3.03	: 3.03	:157.25	: 57.25	: 0.66	: 8.7:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 51.0	: -3.03	: -3.03	:137.70	: 37.70	: -0.65	: -8.5:	19.55	:
:	49:тк-15	: тк-12	:	83	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: -16.49	:157.98	: 57.98	: -0.07	: -0.8:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: 16.49	:136.99	: 36.99	: 0.07	: 0.8:	20.99	:
:	50:тк-16	: тк-17	:	92	: 100.0	: 150.0	: 0.00	: 69.13	:156.54	: 56.54	: 1.34	: 14.6:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 150.0	: -0.00	: -69.13	:138.40	: 38.40	: -1.32	: -14.3:	18.14	:
:	51:тк-17	: дN2	:	15	: 100.0	: 82.0	: 10.52	: 10.52	:156.40	: 56.40	: 0.14	: 9.2:	:	:
:	:	:	:	:	:	: 82.0	: -10.52	: -10.52	:138.53	: 38.53	: -0.13	: -9.0:	17.87	:

УЧАСТКИ СЕТИ (гидравлический расчет)

п/п	Начальный узел	Конечный узел	Длина участка	Геодез. отметка	Внутрен. диаметр	Расходы т/носителя	Напоры в конеч. узлах участка	Потери напора на участке	Располаг. напор у абонента	Примечание		
:	:	:	м	м	мм	т/час	м	м	м			
Верхняя строка - расчет подающей сети, нижняя - обратной.												
52	тк-17	:р4	90	100.0	100.0	0.00	15.99	:155.94	55.94	0.60	6.6	
:	:	:	:	:	100.0	-0.00	-15.99	:138.99	38.99	-0.59	-6.5	16.95
53	р4	:д/cN89	5	100.0	51.0	2.82	2.82	:155.89	55.89	0.04	9.0	
:	:	:	:	:	51.0	-2.82	-2.82	:139.03	39.03	-0.04	-8.8	16.86
54	р4	:шкN35	104	100.0	100.0	13.18	13.18	:155.47	55.47	0.47	4.5	
:	:	:	:	:	100.0	-13.18	-13.18	:139.45	39.45	-0.46	-4.4	16.03
55	тк-17	:тк-17/1	89	100.0	150.0	0.00	42.62	:156.04	56.04	0.49	5.6	
:	:	:	:	:	150.0	-0.00	-42.62	:138.88	38.88	-0.49	-5.5	17.16
56	тк-17/1	:гараж	21	100.0	100.0	11.14	11.14	:155.97	55.97	0.07	3.5	
:	:	:	:	:	100.0	-11.14	-11.14	:138.96	38.96	-0.07	-3.5	17.01
57	тк-17/1	:тк-17/2	40	100.0	125.0	0.00	31.48	:155.71	55.71	0.33	8.3	
:	:	:	:	:	125.0	-0.00	-31.48	:139.21	39.21	-0.33	-8.1	16.50
58	тк-17/2	:тк-18	73	100.0	125.0	0.00	31.48	:155.13	55.13	0.58	8.0	
:	:	:	:	:	125.0	-0.00	-31.48	:139.78	39.78	-0.57	-7.8	15.35
59	тк-18	:ЭОП	17	100.0	100.0	12.76	12.76	:155.05	55.05	0.08	4.7	
:	:	:	:	:	100.0	-12.76	-12.76	:139.86	39.86	-0.08	-4.7	15.19
60	тк-18	:фшкN35	135	100.0	51.0	2.84	2.84	:154.11	54.11	1.02	7.6	
:	:	:	:	:	51.0	-2.84	-2.84	:140.79	40.79	-1.00	-7.4	13.32
61	тк-18	:тк-19	30	100.0	100.0	0.00	15.88	:154.92	54.92	0.21	6.9	
:	:	:	:	:	100.0	-0.00	-15.88	:139.99	39.99	-0.20	-6.8	14.94
62	тк-19	:Серафим1	8	100.0	100.0	12.84	12.84	:154.88	54.88	0.04	5.5	
:	:	:	:	:	100.0	-12.84	-12.84	:140.03	40.03	-0.04	-5.4	14.85
63	тк-19	:МагМебель	8	100.0	100.0	2.32	2.32	:154.92	54.92	0.00	0.2	
:	:	:	:	:	100.0	-2.32	-2.32	:139.99	39.99	-0.00	-0.2	14.93
64	тк-19	:МагДубрав	8	100.0	100.0	0.72	0.72	:154.92	54.92	0.00	0.0	
:	:	:	:	:	100.0	-0.72	-0.72	:139.99	39.99	-0.00	-0.0	14.94

АБОНЕНТЫ (расчет сопел и шайб)

п/п	Узел сети	Располаг. гаемый напор, м	Система отопления расход т/час	Система вентиляции расход т/час	Изыбыт. напор в обратн. м								
:	:	:	м	м	м								
1	:отопление	22.85	1.52	2.00	5.4	0.0	0		36.1				
2	:Столярка	21.60	0.50	2.00	3.1	0.0	0		36.7				
3	:Столовая	21.51	11.60	2.00	15.2	0.0	0		36.7				
4	:кор_В	23.70	42.39	2.00	28.3	0.0	0		35.6				
5	:N_кор_A2	20.16	15.96	2.00	18.1	0.0	0		37.4				
6	:N_кор_A1	21.92	47.90	2.00	30.7	0.0	0		36.5				
7	:Спорткорп	21.92	9.34	2.00	13.6	0.0	0		36.5				
8	:модуль	22.08	7.26	2.00	11.9	0.0	0		36.4				
9	:дN5	21.44	14.04	2.00	16.7	0.0	0		36.8				
10	:дN29/2/2	21.99	9.04	2.00	13.3	0.0	0		36.5				
11	:N29/2/1	21.69	29.04	2.00	24.0	0.0	0		36.6				
12	:склад	21.99	0.50	2.00	3.1	0.0	0		36.5				
13	:N_кор_Б	18.39	31.52	2.00	26.0	0.0	0		38.3				
14	:N29	19.48	34.73	2.00	26.9	0.0	0		37.7				
15	:фн	20.44	0.50	2.00	3.2	0.0	0		37.3				
16	:N36	19.60	13.36	2.00	16.7	0.0	0		37.7				
17	:общN4							:Параллельн:	36.49	3.00	31.09	1	38.8



ПРИЛОЖЕНИЕ И

Техническая характеристика пластинчатого теплообменника ЗАО «ГД РИДАН»



Клиент: Ивановский гос. энергетический университет, г. Иваново

Объект: ПТО на Охлаждение

Расчет №: 311582

Дата: 05.04.2006

Тип SL23-BR25-10-TL

	Гор. сторона	Хол. сторона
Среда	Вода	Вода
% содержания:		
Расход объемный, л/ч	480	159
Температура на входе °С	60	20
Температура на выходе °С	50	50
Потери давления м.вод.ст.	1,21	0,22
Скорость в порту, м/с	0,3511	0,1161
Тепловая нагрузка, ккал/ч	4730	
Запас площади поверхности, %	118,5	
Кэф. теплопередачи, треб./расч., Ккал/м <sup>2</sup> *ч*К	2939 / 1345	
Эффективная площадь, м <sup>2</sup>	0,1932	
Число пластин, шт.	10	
Компоновка пластин(ходы*каналы)	1 x 5 + 0 x 0	1 x 4 + 0 x 0
Материал пластин	0.4 мм AISI316	
Материал прокладок	Copper	
Рабочее/тестовое давление, кгс/см <sup>2</sup>	25 / 32,5	
Макс. рабочая температура. °С	185	
Соединения	Патрубок резьба нар. 0,75" нерж	Патрубок резьба нар. 0,75" нерж

Вес нетто: 2 кг.