

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт Механико-технологический факультет
Кафедра «Мехатроника и автоматизация»
Направление «Автоматизация технологических процессов и производств»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Р. Гасияров

2017 г.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА
ЮУрГУ 15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ (ВКР)

Нормоконтролер
Преподаватель
Е.А. Маклакова

2017 г.

Руководитель работы
Кандидат т.н., доцент
В.Б. Фёдоров

2017г.

Нормоконтролер
Ст. преподаватель
С.С. Воронин

2017 г.

Автор работы
студент группы П-263
Т.С. Сёмушкина

2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Институт Политехнический институт
Факультет Механико-технологический
Кафедра Мехатроники и автоматизации
Направление 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____ В.Р. Гасияров
подпись

«___» _____ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВЫПУСКНОЙ
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ МАГИСТРА**

Студенту группы П-263 _____ Сёмушкиной Татьяне Сергеевне
(Ф.И.О. полностью)

1 Тема работы

Автоматизированная система полунатурного моделирования индивидуального
теплового пункта

утверждена приказом по университету от _____ 201 г. № _____
(утверждена распоряжением по факультету от _____ 201 г. № _____)

2 Срок сдачи студентом законченной работы _____

3 Исходные данные к работе материалы преддипломной практики

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

анализ предметной области;

описание установки ENBRA и её программных средств;

подготовка эксперимента;

обработка результатов;

задача идентификации объекта;

синтез системы ИТП;

разработка системы подбора запорно-регулирующего шарового крана по Kvs;

подбор в систему ИТП запорно-регулирующего шарового крана.

АННОТАЦИЯ

Сёмушкина Т.С. Автоматизированная система полунатурного моделирования индивидуального теплового пункта. – Челябинск: ЮУрГУ, П-263; 2017, 122 с., 43 ил., 18 формул., библиогр. список – 21 наим., 6 прил.

В рамках данной работы изучены возможности имитационной установки «ENBRA», расположенной в Центре коллективного пользования в энергетике и энергосбережении (101/2 аудитория ЮУрГУ), для моделирования технологических процессов теплоснабжения зданий, анализ рабочих характеристик регулирующих органов в системе тепло(водо-)снабжения.

В ходе работы были проведены эксперименты на имитационной установке Enbra, целью которых было построение моделей в виде передаточных функций регулирующих элементов системы теплоснабжения.

Построены модели системы теплоснабжения, а также модели регулирующих клапанов Jonson Control и ЗРШК в программном пространстве Matlab Simulink.

На основе реакции на ступенчатый сигнал моделей каждого из клапанов было поведено сравнение, в результате которого сделан вывод о целесообразности внедрения ЗРШК в систему температурного регулирования.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Сёмушкина Т. С.			Автоматизированная система полунатурного моделирования ИТП Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Фёдоров В.Б.					4	122
Реценз.		Гальцов А.В.						
Н. Контр.		Маклакова Е.А.						
Утверд.		Гасияров В.Р.						
						ЮУрГУ кафедра МиА		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	9
1.1 Современные системы теплоснабжения.....	9
1.2 Процесс регулирования в системе теплоснабжения	12
1.2.1 Виды регулирующих органов.....	13
1.2.2 Основные характеристики регулирующих органов.....	18
1.2.3 Характеристики процесса регулирования.....	21
1.3 Актуальность проблемы	22
1.4 Цели и задачи исследования	23
2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	24
2.1 Анализ современных методов моделирования	24
2.2 Установка полунатурного моделирования ENBRA	27
2.2.1 Описание контуров	29
2.2.2 Характеристики исполнительных механизмов, контроллеров	31
2.3 Задачи моделирования.....	35
3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ MONITORSYSTEM ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА	36
3.1 Общий экран ИТП.....	36
3.2 Экраны контуров ИТП.....	39
3.3 Экраны съема данных.....	43
4 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	46
4.1 Программа эксперимента	46
4.2 Проведение эксперимента.....	47

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3	Обработка и анализ результатов.....	48
5 МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ		
		50
5.1	Модель объекта без охладителя	51
5.2	Модель объекта с учетом возмущения со стороны охладителя.....	52
5.3	Идентификация регулирующего клапана Jonson Controls.....	54
5.4	Идентификация регулирующего клапана ЗРШК.....	55
5.5	Синтез системы ИТП установки полунатурного моделирования «ENBRA»	56
5.6	Сравнение реакций системы на ступенчатый сигнал в программном пространстве Matlab Simulink	58
6 МЕТОДИКА ПОДБОРА РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА В СИСТЕМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ		
		59
6.1	Начало гидравлического расчета.....	59
6.2	Подбор ЗРШК в систему теплоснабжения установки «ENBRA».....	62
6.3	Внедрение и результаты работы ЗРШК в системе температурного регулирования.....	64
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК		66
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Технологическая схема.....		68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Гидравлическая схема		70
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Спецификация.....		75
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Таблица сигналов ввода/вывода.....		84
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Отчет о патентном исследовании		95
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Материалы визуализации.....		108

ВВЕДЕНИЕ

Большим шагом к энергосбережению в системах теплоснабжения стало повсеместное внедрение индивидуальных тепловых пунктов (далее ИТП) вместо привычных в советском и постсоветском пространстве центральных тепловых сетей.

Индивидуальный тепловой пункт – это совокупность оборудования, с помощью которого осуществляется учет и распределение тепловой энергии и теплоносителя в системе отопления конкретного потребителя (здания).

Внедрение ИТП позволяет не только отказаться от сетей горячего водоснабжения, но и использовать двухтрубную схему подключения, вместо четырехтрубной.

Использование ИТП стало возможным из-за изменения схемы регулирования теплоснабжения. Принцип ИТП основан на том, что регулирование тепла производится прямо на входе теплоносителя в здание, исключительно и индивидуально для него. Для этого отопительное оборудование располагают в автоматизированном индивидуальном тепловом пункте – в подвале здания, на первом этаже или в отдельно стоящем сооружении.

Работа ИТП построена по принципу автономности: в зависимости от наружной температуры аппаратура изменяет температуру теплоносителя в соответствии с расчетными значениями и подает его в отопительную систему дома. Потребитель больше не зависит от протяженности магистралей и внутриквартальных трубопроводов. Но удержание тепла полностью зависит от потребителя и зависит от технического состояния здания и методов по сбережению тепла.

Индивидуальные тепловые пункты обладают следующими преимуществами:

- независимо от протяженности теплотрасс можно обеспечить одинаковые параметры отопления у всех потребителей,
- возможность обеспечить индивидуальный режим работы (например, для медицинских учреждений),

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

▪ отсутствует проблема потерь тепла на теплотрассе, вместо нее потери тепла зависят от обеспечения утепления дома домовладельцем.

В состав ИТП входят системы горячего и холодного водоснабжения, а также отопления и вентиляции. Конструктивно ИТП – это комплекс устройств: коллекторы, трубопроводы, насосы, различные теплообменники, регуляторы и датчики. Это сложная система, требующая настройки, обязательной профилактики и обслуживания, при этом техническое состояние ИТП напрямую влияет на расход тепла. На ИТП контролируются такие параметры теплоносителя как давление, температура и расход. Этими параметрами может управлять диспетчер, кроме того, данные передаются в диспетчерскую службу теплосети для записи и мониторинга.

Кроме непосредственно распределения тепла, ИТП помогает учесть и оптимизировать затраты на потребление. Комфортные условия при экономном расходовании энергоресурсов – вот основное преимущество использования ИТП.

Внедрение ИТП значительно сокращает расходы энергоносителя и облегчает обслуживание коммунальной сети. Совершенствование схем ИТП продолжается и сегодня при помощи современных технологий.

Одним из направлений сбережения тепла в системах теплоснабжения является оптимизация процесса регулирования расхода теплоносителя.

В данной работе рассмотрена работа имитационной установки ENBRA, позволяющей полунатурным методом моделировать работу ИТП.

В состав ИТП лабораторной установки в качестве регулирующего органа был установлен запорно-регулирующий шаровый кран (ЗРШК) производства «Урал-Арма» [патент РФ на полезную модель № 131115], не имеющий аналогов в мире.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Современные системы теплоснабжения

История развития систем отопления в нашей стране берет начало с русских курных печей и заканчивает современными автоматизированными (полуавтоматизированными) ИТП.

На каждом этапе развития отопительных систем придерживались цели эффективного энергопользования. К примеру, в XVIII в. русская отопительная техника создала свои совершенно оригинальные конструкции комнатных отопительных «дрова сберегающих» печей. Русские мастера брали из конструкции голландских печей лишь ту малую часть, которая, по их мнению, могла быть разумно использована для создания своей оригинальной конструкции более совершенной с теплотехнической и санитарно-гигиенической точки зрения.

В 1795 г. вышло первое пособие для русских пиротехников Н.А.Львова — «Русская пиростатика» Автор указал на минусы конструкции печей и предложил для экономии энергоресурсов строить боковые стенки печи со скосом под углом 60°.

В XIX в. в связи с развитием многоэтажного городского строительства четко выявилась как в России, так и за границей тенденция к замене печного отопления зданий отоплением централизованным. А уже в 1844 в России для обогрева двух зал в здании Петербургской академии художеств была впервые применена система отопления горячей водой, а в 1863 в качестве нагревательных приборов стали использовать ребристые трубы.

Спустя век в СССР стали повсеместно строить центральные тепловые пункты, снабжающие многоквартирные дома горячей водой для хозяйственных нужд и отопления [1].

В тепловых пунктах старого образца (рисунок 1, 2) в качестве регулирующего устройства применялся элеваторный узел. Это позволяло существенно снизить стоимость оборудования, однако с помощью такого ТП было невозможно осуществлять точную регулировку температуры теплоносителя, особенно при

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

переходных режимах работы системы. Элеваторный узел обеспечивал только «качественную» регулировку теплоносителя, когда температура в системе отопления изменяется в зависимости от температуры теплоносителя, приходящего от централизованной тепловой сети. Это приводило к тому, что «регулировка» температуры воздуха в помещениях производилась потребителями при помощи открытого окна и с огромными тепловыми потерями.

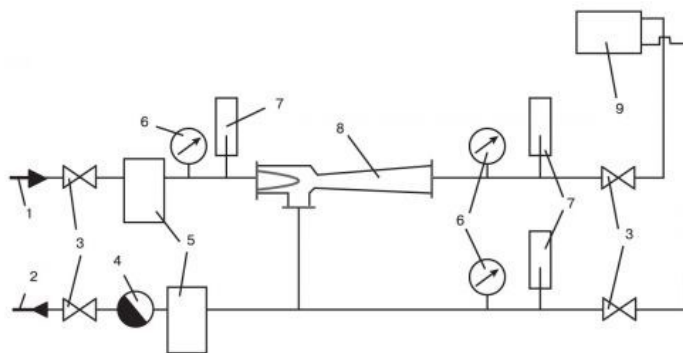


Рисунок 1. Схема теплового пункта с элеваторным узлом: 1 – подающий трубопровод; 2 – обратный трубопровод; 3 – задвижки; 4 – водомер; 5 – грязевики; 6 – манометры; 7 – термометры; 8 – элеватор; 9 – нагревательные приборы системы отопления

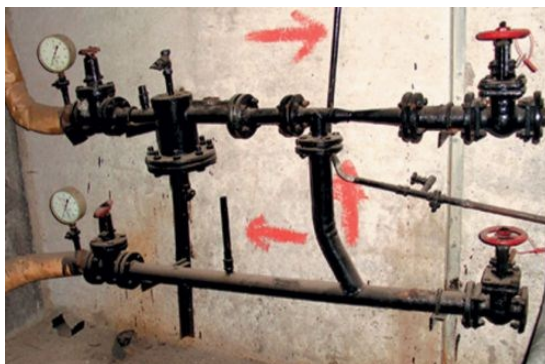


Рисунок 2. Элеваторный узел

Поэтому минимальные изначальные капиталовложения выливались в финансовые потери в долгосрочной перспективе. Особенно низкая эффективность работы элеваторных узлов проявилась с ростом цен на тепловую энергию, а также с невозможностью работы централизованной тепловой сети по температурному

или гидравлическому графику, на который были рассчитаны установленные ранее элеваторные узлы.

Центральные тепловые пункты существуют в России уже больше полувека, и за это время такая система теплоснабжения показала себя абсолютно неэффективной. Смысл её создания был достаточно прост: максимальная экономия при создании коммунальной инфраструктуры. Но опыт показывает, что данный подход ведет и к максимальному износу всей сети.

Поэтому сегодня одним из наилучших решений в области теплоснабжения является индивидуальный тепловой пункт (ИТП).

ИТП - совокупность устройств, расположенная в специально предназначенном помещении (например, в подвале), которая состоит из элементов, обеспечивающих подготовку теплоносителя, регулирование его температуры и подвод теплоносителя к потребителю.

Энергосбережение достигается, в частности, за счет регулирования температуры теплоносителя с учетом поправки на изменение температуры наружного воздуха. Для этих целей в каждом тепловом пункте применяют комплекс оборудования (рисунок 3) для обеспечения необходимой циркуляции в системе отопления и регулирования температуры теплоносителя.

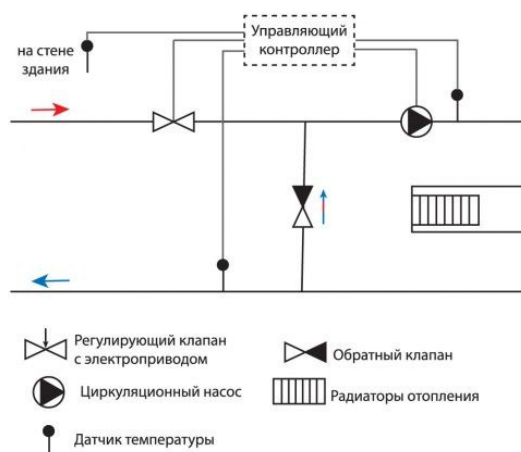


Рисунок 3. Принципиальная схема индивидуального теплового пункта и использованием контроллера, регулирующего клапана и циркуляционного насоса

Большинство тепловых пунктов имеет в своем составе также теплообменник для подключения к внутренней системе горячего водоснабжения (ГВС) с циркуляционным насосом. Набор оборудования зависит от конкретных задач и исходных данных.

Именно поэтому, из-за различных возможных вариантов конструкции, а также своей компактности и транспортабельности, современные ИТП получили название модульных (рисунок 4).



Рисунок 4. Модульный индивидуальный тепловой пункт в сборе

ИТП сегодня является лучшим способом экономии тепла, но не идеальным. Для того, чтобы оптимизировать работу данной системы, необходимо оптимизировать работу каждого процесса, происходящего в ней [2].

1.2 Процесс регулирования в системе теплоснабжения

Процесс регулирования жидкости в системах тепло- и водоснабжения необходим для того, чтобы изменять температуру в системе и/или регулировать расход жидкости.

Регулирующие органы являются элементом системы автоматического регулирования практически любой системы водоснабжения (теплоснабжения). В

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

это же время регулирующая арматура является важнейшим элементом гидравлической системы. Гидравлический расчет любой автоматизированной системы теплораспределения предполагает качественный подбор регулирующего элемента.

Регулирующий орган должен обладать оптимальными характеристиками для конкретной гидравлической схемы, также регулирующий элемент должен соответствовать характеристикам исполнительного механизма и непосредственно регулятора.

Регулирующим органом называется звено исполнительного устройства, представляющего собой переменное гидравлическое сопротивление, которое управляет расходом среды, изменяя проходное сечение.

Различные конструкции регулирующих органов содержат следующие основные элементы: корпус с сёдлами, крышку, затвор, шток или вал. Корпус при помощи присоединительных фланцев крепится в трубопроводе и вместе с одной или двумя крышками образует герметичную полость, через которую протекает регулируемая среда. Внутри корпуса перемещается затвор, приводимый в движение штоком или валом. Перемещение затвора относительно сёдел корпуса изменяет площадь прохода регулирующего органа.

1.2.1 Виды регулирующих органов

Заслоночный регулирующий орган (дисковый затвор) - регулирующий орган, в котором изменение пропускной способности достигается поворотом затвора (заслонки) (рисунок 5).

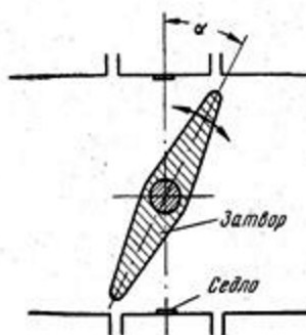


Рисунок 5 – Заслоночный регулирующий орган

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Односедельный регулирующий орган - регулирующий орган, в котором изменение пропускной способности достигается поступательным перемещением затвора вдоль оси прохода седла корпуса (рисунок 6).

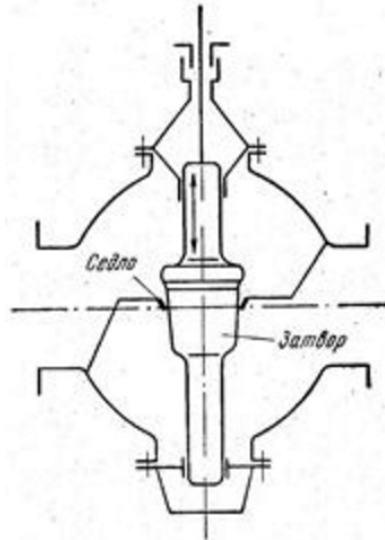


Рисунок 6 – Односедельный регулирующий орган

Двухседельный регулирующий орган - регулирующий орган, в котором изменение пропускной способности достигается поступательным перемещением затвора вдоль оси проходов двух седел корпуса(рисунок 7).

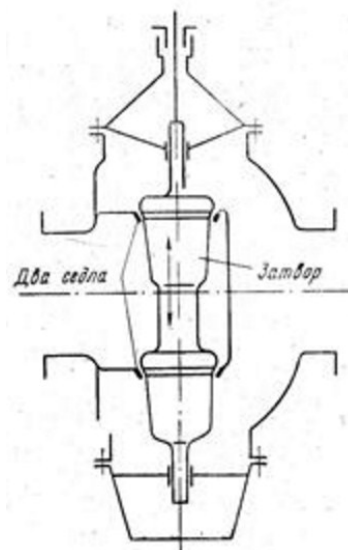


Рисунок 7 – Двухседельный регулирующий орган

Крановый регулирующий орган - регулирующий орган, в котором изменение пропускной способности достигается поворотом затвора, который имеет форму тела вращения с отверстием для пропуска потока и при перекрытии потока вращается вокруг оси, перпендикулярной оси трубопровода. Затвор может быть коническим, цилиндрическим или шаровым (рисунок 8).

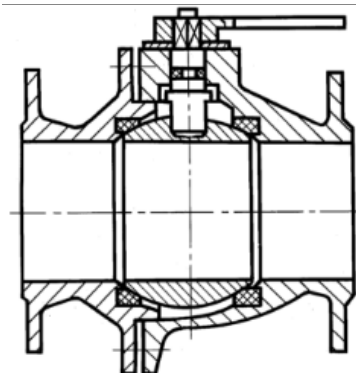


Рисунок 8 – Крановый регулирующий орган

Трехходовой регулирующий орган (смесительный, разделительный) - двухседельный регулирующий орган, в котором происходит изменение соотношения пропускных способностей, имеющий три присоединительных прохода, через которые один поток разделяется на два (разделительный), или два потока смешиваются в один (смесительный)(рисунок 9).

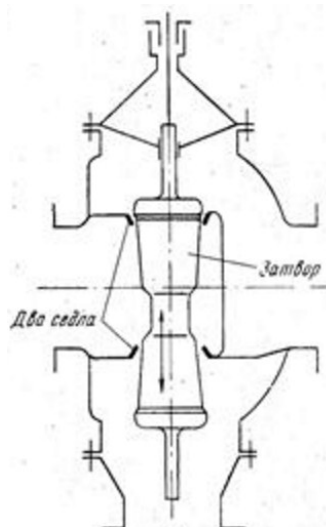


Рисунок 9 – Трехходовой регулирующий орган

Шланговый регулирующий орган - регулирующий орган, в котором изменение пропускной способности достигается изменением проходного сечения упругого патрубка (отрезка шланга)(рисунок 10).

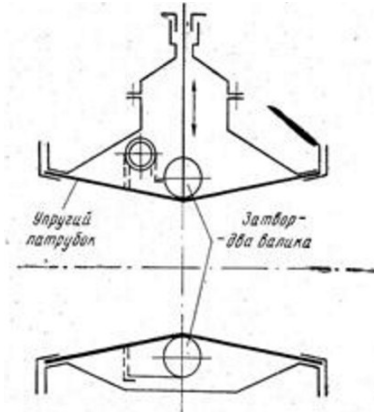


Рисунок 10 – Шланговый регулирующий орган

Диафрагмовый регулирующий орган - регулирующий орган, в котором изменение пропускной способности достигается поступательным перемещением центра диафрагмы относительно седла(рисунок 11).

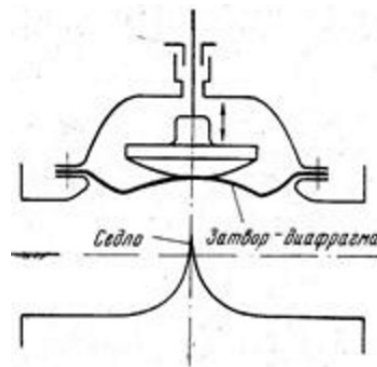


Рисунок 11 – Диафрагмовый регулирующий орган

Затвор регулирующего органа - подвижная часть регулирующего органа, перемещением которой достигается изменение проходного сечения и соответственно пропускной способности.

Седло - неподвижная часть регулирующего органа, образующая вместе с затвором проходное сечение [8].

Компанией «УралАрм» предлагается конструктивно новый вид регулирующей арматуры – запорно-регулирующий шаровый кран (ЗРШК), общий вид которого приведен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Общий вид ЗРШК

Запорно-регулирующий шаровый кран имеет свои конструктивные особенности, которые необходимо учитывать при гидравлическом расчете системы.

К таким особенностям относятся:

- полнопроходность (увеличивает Kvs и сводит к минимуму потерю давления в трубопроводе);
- низкий коэффициент сопротивления потоку
- широкий диапазон регулирования (за счет конструкции регулирующего органа (пробки))
- возможность плавного регулирования потока

Ко всем особенностям данного шарового крана можно отнести и возможность нелинейного управления, за счет встроенного блока автономного управления ЗРШК.

Существует множество методов, позволяющих в теории сокращать тепловые потери в ИТП (ЦТП) за счет модернизации процесса регулирования. Однако, на

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

практике применение всех этих методов затруднено. Данные мероприятия являются довольно затратными, т.к. не всегда подтверждают свой теоретический результат [16].

1.2.2 Основные характеристики регулирующих органов

Регулирующий орган представляет собой переменное гидравлическое сопротивление в виде шибера, клапана, поворотной заслонки и др.

В таких устройствах изменение гидравлического сопротивления $\Delta P_{p.o}$ и пропускной способности k_v происходит за счет изменения проходного сечения в зависимости от линейного h или углового хода α подвижной части затвора, состоящего из седла и плунжера.

Пропускная способность k_v , м³/ч: величина, численно равная расходу рабочей среды с плотностью 1000 кг/м³, протекающей через регулирующую арматуру, при перепаде давлений 0,1 Мпа (1 кгс/см²).

$$k_v = Q * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}} \quad \left(\text{м}^3/\text{ч} * \sqrt{\frac{\text{кг}/\text{м}^3}{\text{кгс}/\text{см}^2}} \right); \quad (1)$$

где Q – расход жидкости (м³/ч), ρ – плотность жидкости (кг/м³), ΔP – перепад давлений (кгс/см²).

В безразмерном виде относительная пропускная способность k_v / k_{vs} в зависимости от степени открытия h/h_s (или α/α_s) называется пропускной характеристикой регулирующего органа.

Основной регулировочной характеристикой регулирующего органа является форма его пропускной характеристики, которая в основном зависит от конструкции седла и плунжера.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Форма пропускной характеристики клапана может быть линейной, равнопроцентной, нелинейной (рисунок 13) и др.

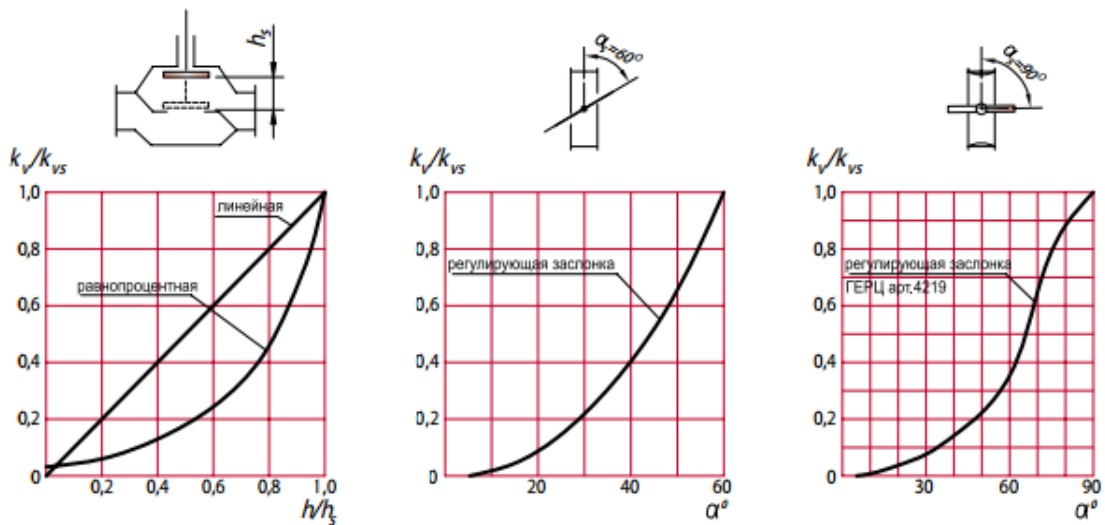


Рисунок 13 – Пропускные характеристики регулирующих органов

Применяются различные конструкции регулирующих органов. Поворотные заслонки и шаровые регулирующие клапаны имеют нелинейную пропускную характеристику в диапазоне угла поворота от 0° до 60° . В диапазоне угла поворота от 60° до полного открытия они, как правило, не производят регулирующего воздействия. Поэтому при наладке исполнительного механизма необходимо согласовать полный ход исполнительного механизма с рабочим ходом регулирующего клапана.

Расходная характеристика определяется как функциональная зависимость коэффициента расхода от положения затвора регулирующего органа $K_v = K_v(h)$.

Относительный коэффициент расхода – это отношение между моментальным коэффициентом расхода K_v и условным коэффициентом расхода K_{vs} , который задан производителем.

$$\Phi = K_v / K_{vs} \quad (2)$$

Относительная расходная характеристика – это функциональная зависимость относительного коэффициента расхода Φ от относительного положения затвора регулирующего органа h , который образован отношением между моментальным ходом арматуры и её условным ходом.

Идеальной линейной относительной расходной характеристикой регулирующей арматуры является такая характеристика (рисунок 15), в которой одинаковые приросты относительного хода h вызывают одинаковые приросты относительного коэффициента расхода Φ .

$$\Phi = \Phi_0 + mh \quad (3)$$

где Φ_0 - это относительный коэффициент расхода при ходе $h = 0$, m кривизна характеристики.

Идеальной равнопроцентной относительной расходной характеристикой регулирующей арматуры является такая характеристика (рисунок 15), в которой одинаковые приросты относительного хода h вызывают одинаковые процентные приросты относительного коэффициента расхода Φ .

$$\Phi = \Phi_0 * e^{n*h} \quad (4)$$

где Φ_0 - это относительный коэффициент расхода при ходе $h = 0$, n - кривизна равнопроцентной характеристики, выраженной в координатах $h - \ln\Phi$. Математическое выражение: $n = \ln(1/\Phi_0)$

Равнопроцентная характеристика наиболее универсальна, так как в условиях разветвленной трубопроводной сети и переменного перепада давлений обеспечивает практически линейную расходную характеристику регулирующего органа при значительно более низком расчетном значении $Pp.o.$, чем при линейной пропускной характеристике.

Линейная характеристика удобна при необходимости в применении регулирующих органов с высоким значением расчетного сопротивления $\Delta Pp.o.$

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В регулирующем клапане изменение гидравлического сопротивления происходит за счет изменения проходного сечения, т.е. путем дросселирования регулируемой среды с целью изменения ее расхода на регулируемом участке.

Регулируемым участком является та часть трубопровода с оборудованием, на которую оказывает влияние работа регулирующего клапана. Перепад давления на регулируемом участке $\Delta P_{ру}$ сохраняется постоянным в процессе регулирования и расходуется на преодоление сопротивления потребителя $\Delta P_{потр}$ (системы отопления или теплообменника с подводящими теплопроводами и арматурой) и на сопротивление регулирующего органа $\Delta P_{р.о.}$

На рисунке 14 схематично показан регулируемый участок с двухходовым регулирующим клапаном.

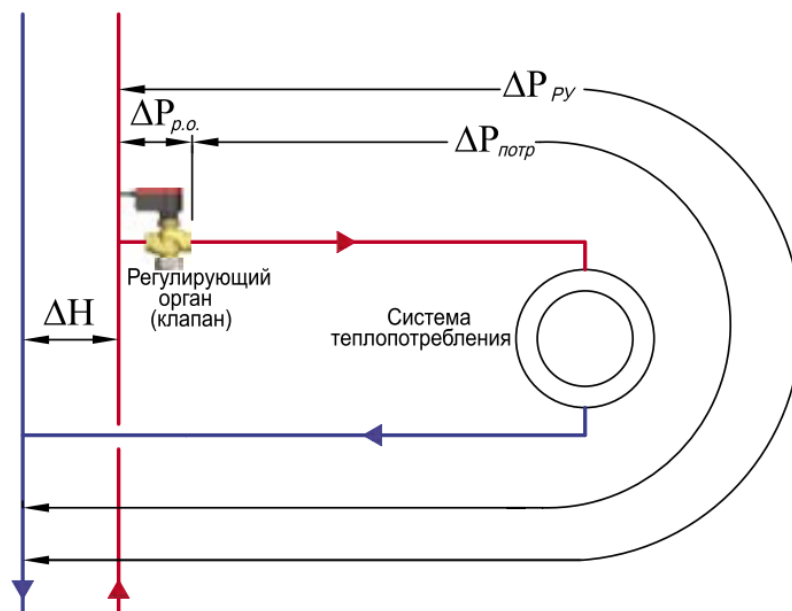


Рисунок 14 – Регулируемый участок с двухходовым регулирующим клапаном

1.2.3 Характеристики процесса регулирования

Качество процесса и результат регулирования характеризуются комплексом статических и динамических характеристик системы, в которой предусмотрен регулятор.

Основные показатели качества регулирования:

- установившееся рассогласование (точность регулирования);
- динамическая ошибка (максимальное отклонение регулируемого параметра);
- время регулирования, которое соответствует моменту, когда регулируемый параметр входит в зону нечувствительности регулятора.

1.3 Актуальность проблемы

В последнее время экономия энергоресурсов становится не просто борьбой за потребителя, а настоящей необходимостью. Значительное повышение энергопотребления связано с постоянно растущей плотностью населения и стремительным экономическим и техническим развитием.

В нашей стране, не отличающейся круглогодично-теплым климатом, отопление и горячее водоснабжение являются основными видами потребления энергии, а потому всегда остро стоит проблема эффективного использования тепла.

Внедрение ИТП позволяет совершенствовать процесс управления регулированием расхода теплоносителя.

Основными направлениями регулирования расхода тепловой энергии и совершенствования систем теплоснабжения, которые приводят к значительной экономии тепла, являются:

- осуществление автоматического регулирования расхода тепловой энергии на вводе в зданиях в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП), т. е. автоматизация тепловых пунктов;

- постепенный отказ от ЦТП и перенос оборудования приготовления горячей воды на бытовые нужды в здания (переход на ИТП);

- повышение в связи с этим эффективности автоматического регулирования отопления (пофасадное авторегулирование и авторегулирование с коррекцией по температуре внутреннего воздуха, учитывающие индивидуальные особенности здания, оснащение отопительных приборов термостатами – индивидуальными автоматическими регуляторами теплового потока).

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.4 Цели и задачи исследования

Объектом исследования является автоматизированная система полунатурного моделирования индивидуального теплового пункта.

Предмет исследования: эффективность процесса регулирования в зависимости от типа регулирующего органа.

Цели работы:

- разработка и апробирование автоматизированной методики идентификации системы теплоснабжения в практику проектирования для повышения эффективности работы теплотехнологических систем зданий;

- развитие и апробирование методики подбора регулирующей арматуры типа ЗРШК в практику проектирования теплотехнических систем зданий;

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

–разработать автоматизированную программу эксперимента для решения задачи идентификации системы теплоснабжения (на примере “ENBRA”);

–опробовать методику подбора ЗРШК в систему ИТП;

–провести исследования влияния типа регулирующего органа на гидравлические и тепловые режимы теплотехнологических систем зданий при эксплуатации оборудования ИТП;

– обобщить результаты моделирования с данными экспериментальных и полунатурных замеров для обоснования рекомендаций по практическому использованию результатов для выбора регулирующего органа в автоматизированных тепловых пунктах.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Анализ современных методов моделирования

Для того, чтобы уменьшить затраты на проверку тех или иных способов управления технологическими процессами используют моделирование.

Сегодня для управления сложными системами все чаще используются различные числовые, аналитические или имитационные модели.

Моделирование позволяет адекватно оценить работоспособность и технические характеристики реального объекта на основе результатов эксперимента.

Так как на сегодняшний день растет количество индивидуальных тепловых пунктов и существует необходимость решения проблемы энергоэффективности, создание модели ИТП с возможностью моделирования различных тепловых и теплогидравлических режимов становится неотъемлемой частью программы по сбережению энергоресурсов.

В настоящее время существует несколько основных способов моделирования системы теплоснабжения здания: математическое, программное и полунатурное.

Моделирование в области теплоснабжения начинается с математических расчетов количества оптимальных потребителей системы и заканчивается целыми установками натуральных экспериментов.

Математическое и программное моделирование сегодня остается самым популярным методом моделирования тепловых режимов работы, за счет минимального вложения средств.

К таким методам можно отнести различные способы моделирования в VisSim, MatLab (Simulink). К примеру, в работе «Математическое моделирование теплового режима здания с учетом инсоляционных теплопоступлений» с использованием программной среды Simulink математического пакета Matlab была разработана комплексная имитационная модель здания, состоящая из источника и системы теплоснабжения, архитектурных конструкций отдельных помещений и

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

здания в целом. Разработан функциональный блок имитации солнечного излучения и тепловых процессов инсоляции помещений на базе приложения Simulink с применением концепции «акаузального» моделирования.

Модель позволяет варьировать параметры, учитывающие как условия источника излучения и среды передачи солнечной радиации, так и характеристики процесса поглощения теплоступлений облучаемыми конструкциями здания.

На западе широко распространен объектно-ориентированный мультидоменный язык моделирования для компонентно-ориентированного моделирования сложных систем, в частности, систем, содержащих, гидравлические, тепловые, энергетические компоненты, а также компоненты управления и компоненты, ориентированные на отдельные процессы.

Modelica разработана некоммерческой организацией Modelica Association. Эта компания также разрабатывает свободно распространяемую стандартную библиотеку Modelica Standard Library, в версии 3.2.1 содержащую порядка 1360 типичных элементов моделей и 1280 функций из различных областей [11].

В работе Кристиана Хоффманна и Дженса Калера «Объектно-ориентированное моделирование систем энергоснабжения на основе возобновляемых источников энергии» подробно рассмотрен процесс моделирования тепловых режимов работы системы теплоснабжения на основе использования возобновляемых источников энергии с целью максимально уменьшить количество используемых исчерпаемых ресурсов и снизить уровень загрязнения окружающей среды [10].

Для полного восприятия всех теплотехнических процессов современных систем теплоснабжения необходима полноценная физическая модель системы теплоснабжения.

В Карагандинском государственном техническом университете (Республика Казахстан) внедрена имитационная установка натурального моделирования теплоэнергетических процессов (рисунок 15), позволяющая моделировать основные процессы в тепловых системах и регистрировать параметры каждого блока системы [3].

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

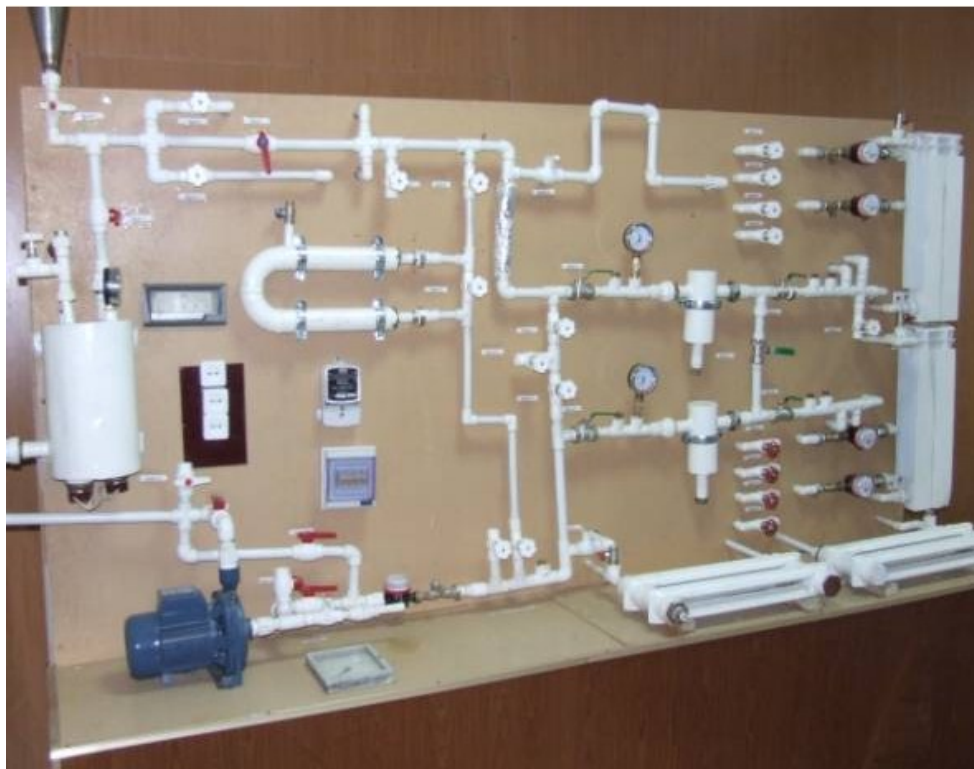


Рисунок 15 - Лабораторный стенд «Модель системы теплоснабжения»

Данный лабораторный стенд предоставляет информацию о температуре теплоносителя и давления на входе к потребителю, но ограничен в выборе режима отопления, выборе системы отопления (количество труб в системе), а также не учитывает температуру в помещении.

Вышеперечисленные недостатки устраняет современный натурный имитационный стенд «ENBRA» (рисунок 16), установленный и работающий в ЮУрГУ (НИУ).



Рисунок 16 – Установка имитационная полунатурного моделирования
«ENBRA»

2.2 Установка полунатурного моделирования ENBRA

Данная установка предназначена для натурного моделирования тепло-гидравлических режимов инженерных систем. Позволяет решать следующие задачи:

1. Моделирование особенностей различных разводок тепловых сетей:
 - отечественная однотрубная с нижней подводкой теплоносителя;
 - европейская однотрубная с верхней подводкой теплоносителя с альтернативными отопительными приборами и термостатическими регуляторами;
 - европейская двухтрубная с термостатическими регуляторами;
2. Проведение гидравлической балансировки тепловой сети.
3. Отработка штатных ситуаций:
 - Изменение параметров окружающей среды:
 - суточное и сезонное изменение температуры воздуха;

- изменение солнечной освещенности;
- изменение направления и скорости ветровой нагрузки;
- Воздействие потребителя:
 - наличие внутренних источников тепла (количество людей в помещении, дополнительные обогревательные устройства, приборы приготовления пищи, работа систем освещения);
 - принудительная вентиляция помещения при открытии окон и дверей;
 - принудительное регулирование или отключение основных отопительных приборов;
 - изменение условий теплоотдачи от отопительного прибора к воздуху помещения;

4. Отработка нештатных и аварийных ситуаций:

- отклонение параметров теплоносителя от нормативных значений на входе в ИТП;
- отказ датчиков и исполнительных механизмов;
- отключение тепловой системы здания;
- ввод в эксплуатацию тепловой системы в начале отопительного сезона;
- образование воздушных полостей в системе теплоснабжения;
- утечка теплоносителя из тепловой системы;

В состав установки входит:

- ИТП, имеющий в своем составе 2 электродвигателя по 24кВт каждый, которые используются для нагрева теплоносителя;
- Охладитель – система имитирующая изменение параметров окружающей среды;
- Блок из 9 имитационных климатических камер. В каждой камере находится по 3 радиатора для разных видов разводки отопления, а также холодильный агрегат;
- Распределительный шкаф;
- Система управления установкой: нижний уровень – контроллеры JC FX15,16, верхний – SCADA система LabVIEW.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Гидравлическая схема представлена в приложении А, а упрощенная схема приведена на рисунке 17.

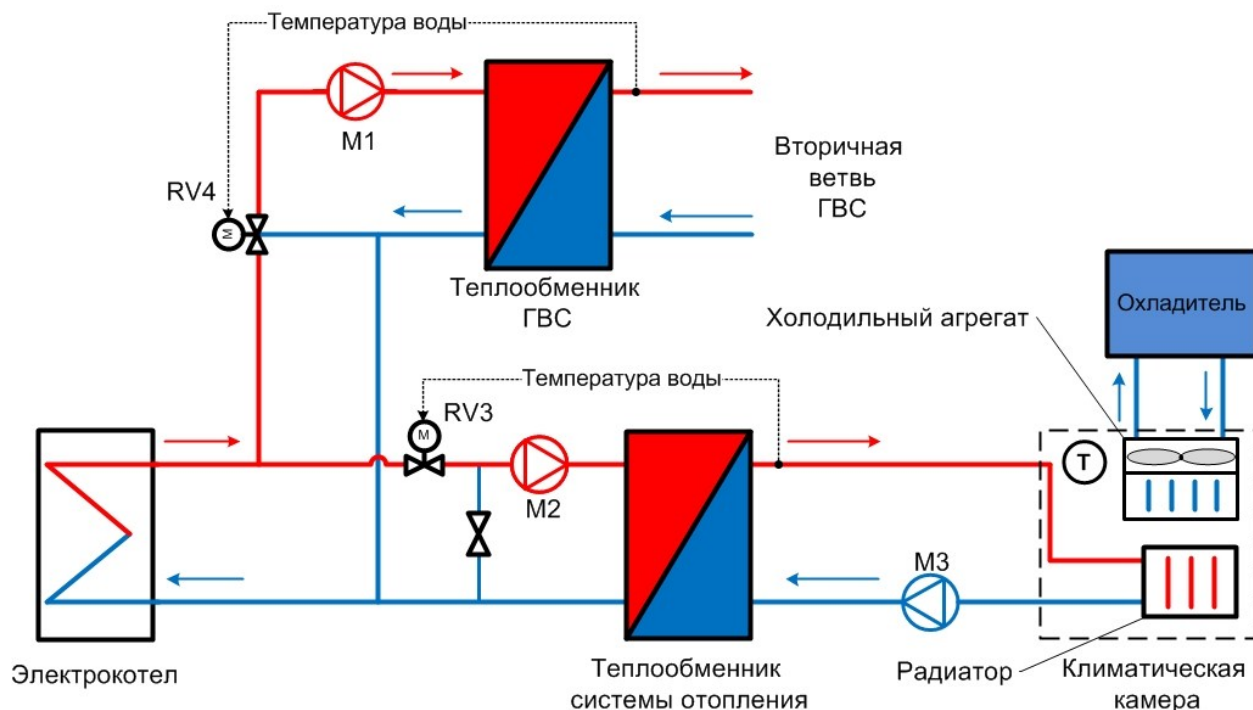


Рисунок 17 – Гидравлическая схема

2.2.1 Описание контуров

Управление котлами

Котлы подключены независимо, каскадный режим не используется. Контроллер в автоматическом режиме работы котлов (выбирается переключателями на панели шкафа) при включении обеспечивает постепенное подключение тэнов 2 и 3 последовательно для каждого котла. Т.е. изначально при подаче питания включены первые тэны обоих котлов, далее контроллер включает тэн 2 и 3 первого котла, а затем второго. Кроме того, на панели котла имеется возможность ограничить количество используемых тэнов. Работой тэнов управляет термостатический регулятор согласно выставленной с помощью потенциометра уставке.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

По паспорту максимальная температура выдаваемая котлом 80 градусов. Если температура достигнет 100°C, то сработает аварийный термостат и котел выключится. Отключение аварии проводится вручную (см. даташит). Кроме того, на стенде реализован дублирующий аварийный контур, с пороговыми датчиками T54.02 и T54.01. Датчики установлены на выходе каждого котла, уставка 90°C.

Контур ГВС

Вода для нужд ГВС нагревается в пластинчатом теплообменнике. На выходном трубопроводе за теплообменником расположен датчик температуры, сигнал с которого подается на аналоговый вход контроллера, управляющего регулировочным вентилем RV4, обеспечивающим подачу отопительной воды в теплообменник. Привод вентиля имеет аварийную функцию, которая срабатывает при потере напряжения, поднятием штока вентиля в ускоренном режиме. Вентиль трехходовый, при поднятом штоке замыкается малый контур, через который в рабочем режиме происходит подмес воды, выходящей из теплообменника.

Контур регулирования ГВС

О превышении максимальной температуры ГВС (+65°C) сигнализирует аварийный датчик температуры T54.03, который расположен рядом с основным. При срабатывании аварийного датчика управляющая система закрывает регулирующий вентиль RV4, и включает аварийную сигнализацию.

Контур системы отопления

Отопительная вода системы отопления (СО) нагревается в пластинчатом теплообменнике. На выходном трубопроводе за теплообменником расположен датчик температуры, сигнал с которого поступает на аналоговый вход

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

контроллера, управляющего регулировочным вентилем RV3, обеспечивающем подачу отопительной воды в теплообменник.

Контур управления системой отопления

О превышении максимальной температуры СО (+80°C) сигнализирует аварийный датчик температуры T54.04, который расположен рядом с основным. При срабатывании аварийного датчика управляющая система закрывает регулирующие вентили и включает аварийную сигнализацию.

Кроме того, на данный контур влияет имитационный сигнал наружной температуры T20, который выставляется в программе MonitorSystem на вкладке ИТП. По умолчанию он равен -50°C, при этом задвижка RV3 полностью открыта. В случае достаточно высокого значения T20, задвижка RV3 закрывается и отключаются циркуляционные насосы M2, M3 (M4).

2.2.2 Характеристики исполнительных механизмов, контроллеров

Контроллеры Johnson Controls FX 15, 16

Контроллер FX16 (15) предназначен для систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC). Контроллер имеет 27 физических входов и выходов, поддерживает большое количество температурных сенсоров и исполнительных устройств. Можно получить до 64 дополнительных физических входов и выходов путем добавления модулей расширения XT/XP.

На обоих контроллерах установлены сетевые карты N2 Open. На FX15 карта N2 Open используется для сетевого соединения с FX16. Также эти карты можно использовать для программирования контроллеров. С FX16 на дверь шкафа выведен пользовательский интерфейс MUI, который позволяет просматривать показания датчиков и параметры системы, а также производить настройку контроллеров (только для авторизованных пользователей).

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Схема подключения контроллеров FX15,16 показана на рисунке 18.

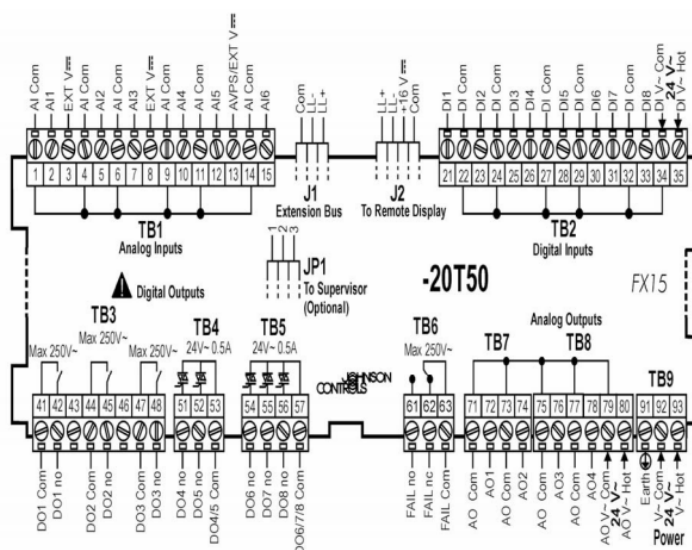


Рисунок 18 - Схема подключения JC FX15, FX16

Регулировочные клапаны Johnson Controls серии VA7800

Установлены в контурах регулирования ГВС (трехходовой) и СО (двухходовой), на схеме (приложение Б) обозначены как RV3 и RV4.

Регулировочный клапан RV4 имеет аварийную функцию возврата при потере питающего напряжения. В случае срабатывания пружинный механизм в ускоренном режиме поднимает шток клапана, тем самым замыкая малый контур (см. схему). Ход штока задвижки составляет 8мм.

Циркуляционные насосы

На данной установке применяются циркуляционные насосы производства фирмы Grundfos серий UP, UPS и Magna. Во вторичной ветви системы отопления циркуляционный насос продублирован. В случае отключения (неисправности) одного включается второй.

Циркуляционный насос Grundfos серии UPS является одноступенчатым насосом с горизонтальным расположением вала и рабочим колесом (крыльчаткой)

одностороннего входа. Имеет «мокрый ротор», изолированный от статора герметичной гильзой. Подшипники смазываются перекачиваемой жидкостью. Насос имеет небольшие габариты и вес, работает практически бесшумно и потребляет мало электроэнергии. С помощью простого и удобного переключателя можно установить необходимую частоту вращения вала электродвигателя (3 скорости). Для нормальной работы циркуляционного насоса необходимо обеспечить постоянный приток перекачиваемой воды. Подшипники насоса представляют собой керамографитовую пару, которая охлаждается перекачиваемой водой. Длительная работа насоса без воды приведет к перегреву подшипников с последующим их разрушением. Для предотвращения такой ситуации на стенде установлены аварийные дифференциальные датчики давления.

Характерные особенности насосов серии Magna:

- Пропорциональное регулирование давления;
- Регулирование постоянного давления;
- Режим максимальных, или минимальных рабочих характеристик;
- Возможность совместного подключения нескольких насосов с помощью внешней системы управления;
- Для электродвигателей насосов не требуется внешняя защита.

Насосы серии Magna особенно подходят для монтажа в системы, где велики перепады давления при снижении расхода (как в случае использования термостатических регуляторов). Характеристики насоса постоянно регулируются с помощью электроники и микроконтроллера, находящихся в клеммной коробке. Электроника измеряет точные данные, которые затем передаются на вход микропроцессора. Процессор вычисляет действительный расход, из которого рассчитывается требуемый напор насоса (перепад давления на насосе). Измеряемые параметры: скорость вращения вала электродвигателя, напряжение на электродвигателе, ток через электродвигатель, температура статора. Расчетные параметры: выходная мощность электродвигателя, напор насоса, расход, количество моточасов работы, потребляемая мощность.

Режимы регулирования:

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- AUTOADAPT. При работе в этом режиме насос автоматически снижает установленную на заводе-изготовителе рабочую точку до достижения требуемых характеристик в системе;
- Пропорциональное регулирование по напору. Напор постоянно меняется в соответствии с потребным расходом в системе;
- Постоянный напор. Поддерживается постоянный напор независимо от того, какой в системе расход;
- Постоянная характеристика. Насос работает как нерегулируемый, в соответствии с заданной характеристикой.

Электрокотел Protherm 24кВт

Электрокотел Protherm 24кВт 3 тэновый (12, 6 и 6 кВт), в количестве 2 штук. Управляется ступенчато встроенным термостатическим регулятором. Имеет аварийный контур. Встроенный циркуляционный насос отключается через две минуты после отключения всех тэнов.

Устройство котла показано на рисунке 19.

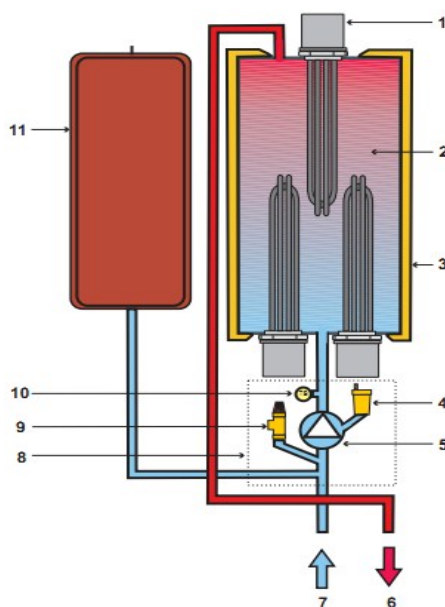


Рисунок 19 - Устройство электрокотла Protherm

В составе котла:

1. Отопительный тэн;
2. Емкость/теплообменник;
3. Изоляция;
4. Воздухоотводчик;
5. Циркуляционный насос;
6. Выходящий поток воды;
7. Входящий поток воды;
8. Интегрированный гидравлический блок;
9. Предохранительный клапан;
10. Датчик давления;
11. Расширительный бак.

2.3 Задачи моделирования

Математическое моделирование необходимо для понимания и точного предсказания поведения сложных систем.

Эти модели позволяют решать важнейшие задачи:

- прогнозирование поведения системы
- описание реакции системы

В данном исследовании моделирование позволит решить задачу идентификации объекта исследования. Идентификация объекта, в свою очередь, необходима для прогнозирования реакции системы на какие-либо внешние или внутренние факторы.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

3 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ MONITORSYSTEM ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Программа MonitorSystem предназначена для сбора, хранения и отображения показаний с датчиков, дает наглядное представление о работе установки, позволяет проводить некоторые настройки и управлять работой системы охлаждения. Скриншот одной из вкладок программы показан на рисунке 20.

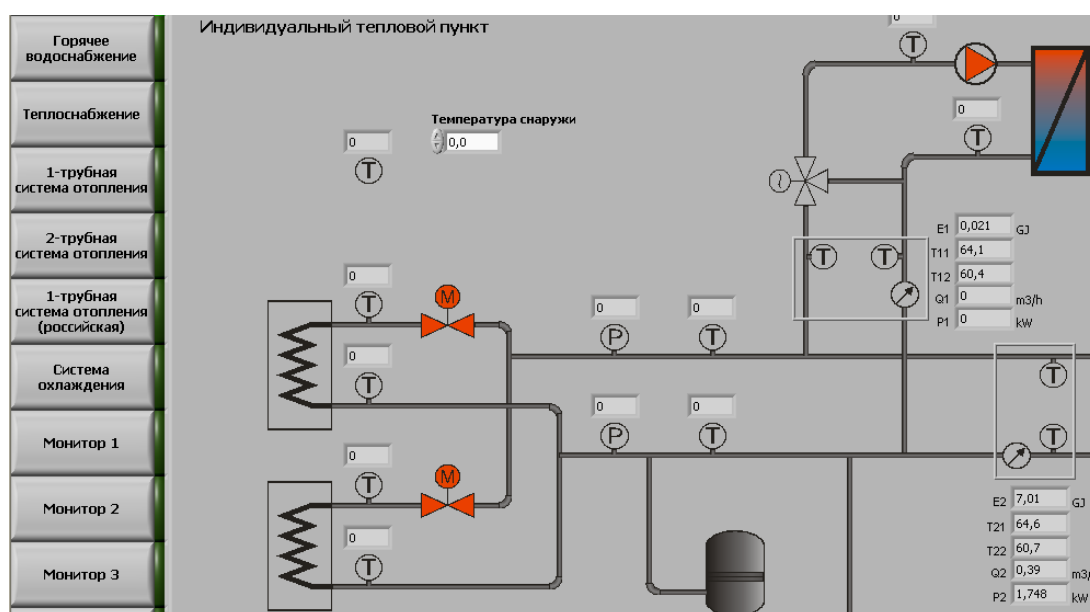


Рисунок 20 - Окно программы MonitorSystem

Программа проста в работе, обладает интуитивно понятным интерфейсом, не требует дополнительного обучения персонала, но и обладает минимальным функционалом. Далее будет подробно расписана каждая вкладка программы.

3.1 Общий экран ИТП

Текущий экран подсвечивается зеленым слева на панели выбора экранов. На рисунке 21 приведен скриншот экрана «Индивидуальный тепловой пункт».

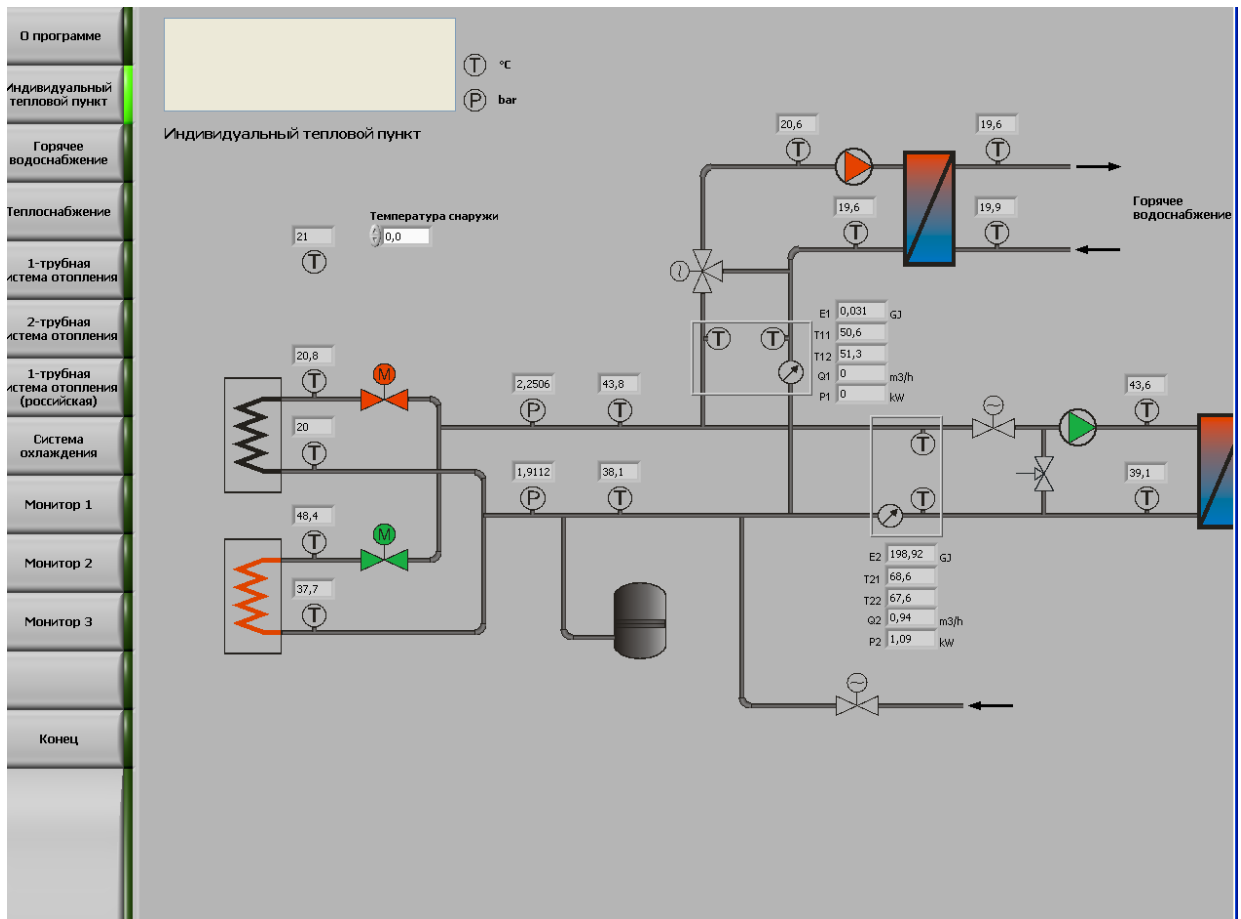


Рисунок 21 – Экран «Индивидуальный тепловой пункт»

Датчик, измеряющий температуру снаружи (51.01 по кабельному журналу), установлен в помещении, рядом с установкой. Датчик оснащен имитационным сигналом, которым управляет обслуживающий персонал, сигнал подключен к управляющей системе ИТП.

Данный сигнал можно задать на экране «Индивидуальный тепловой пункт», после чего введенное значение отобразится на панели оператора шкафа управления (рисунок 22).

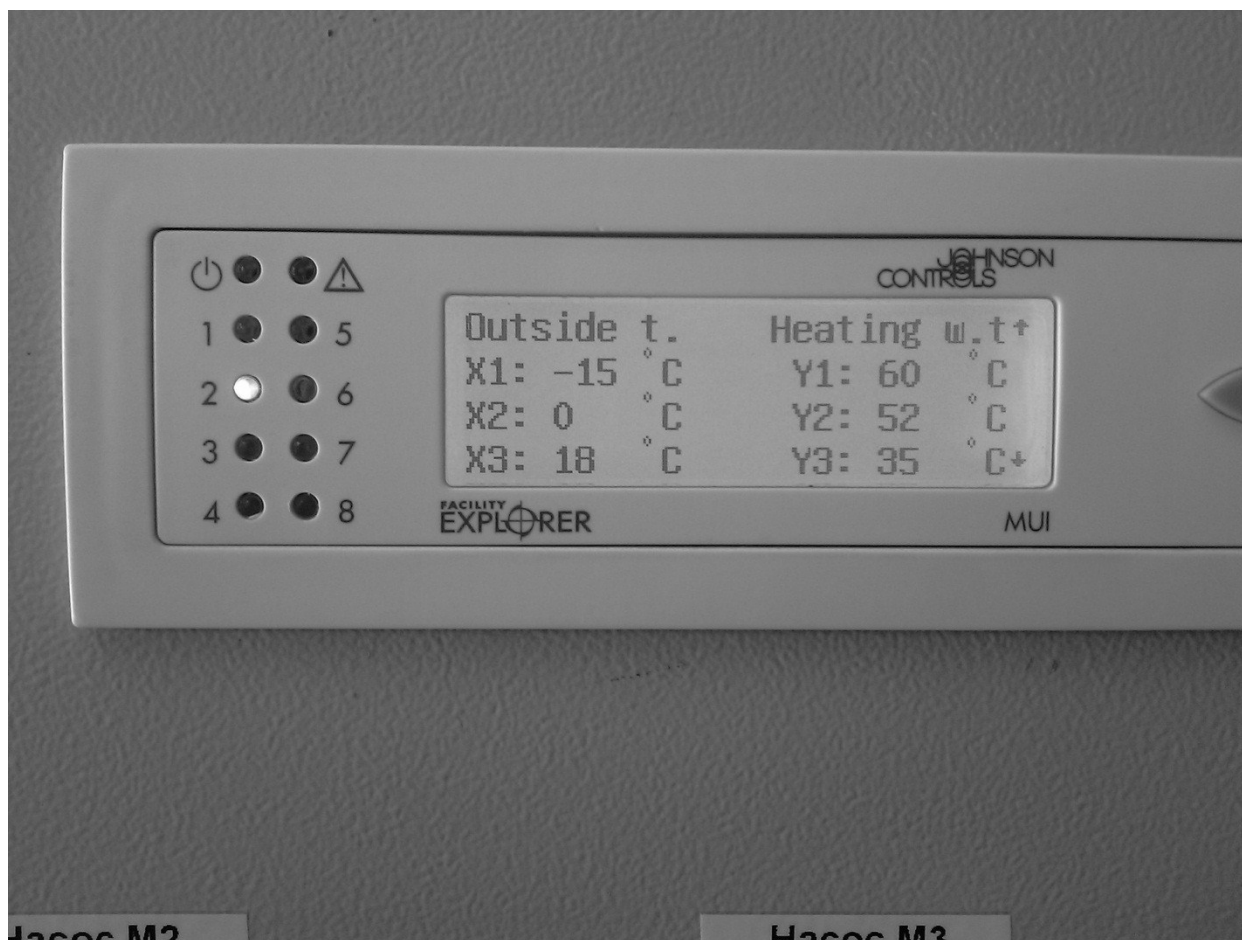


Рисунок 22 – Панель оператора

Кроме температуры снаружи, на данном экране ничего задавать нет возможности. Все остальные показания служат для наблюдения.

Работающий в данный момент электродкотел подсвечивается красным (рисунок 23). Котлы переключаются в автоматическом режиме.

Задвижки у котлов подсвечиваются красным (при закрытом состоянии) или зеленым (при открытом состоянии).

Работающий насос горит зеленым, не работающий – красным. Ветвь ГВС на момент работы была отключена, поэтому насос в ветви ГВС подсвечивался красным (рисунок 23).

При наведении мышкой на любой элемент на экране «Индивидуальный тепловой пункт», как и на любом другом экране, (рисунок 23), в верхнем окошке слева отображается название элемента, которое указано на схеме(приложение А) или в кабельном журнале, который приведен в приложении Б.

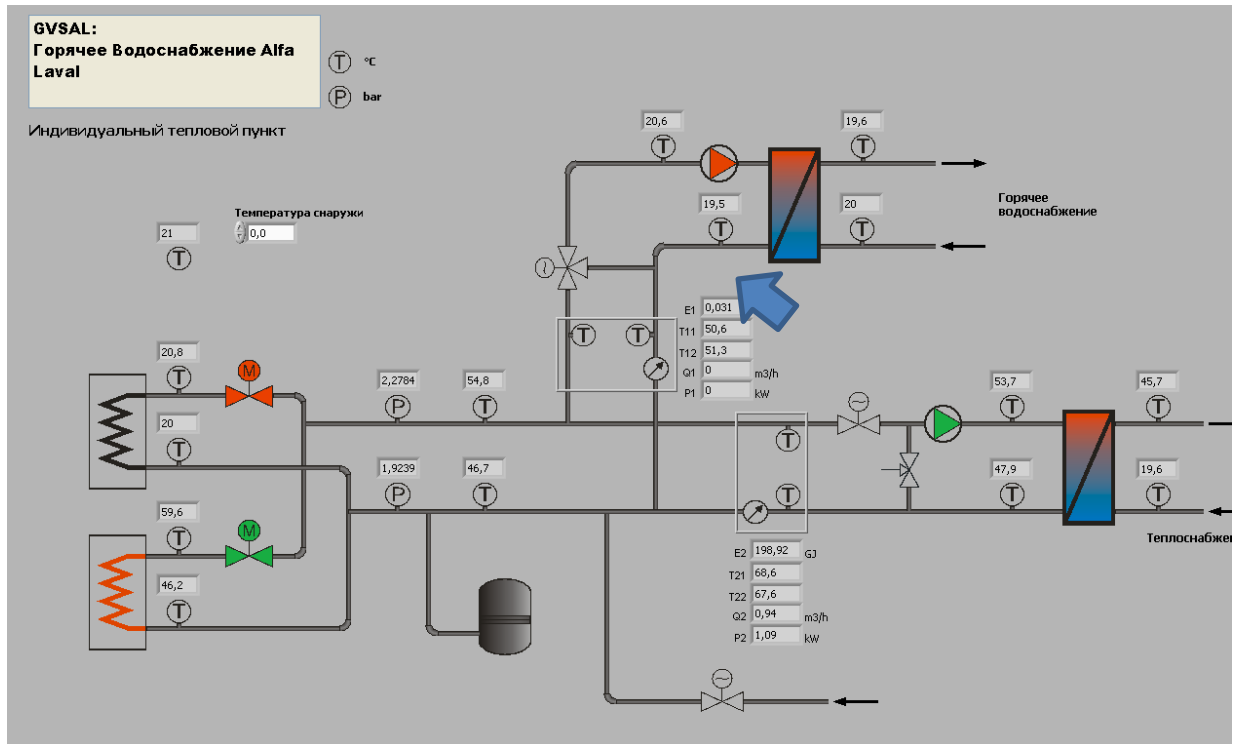


Рисунок 23 – Экран «Индивидуальный тепловой пункт»

3.2 Экраны контуров ИТП

Экран «Горячее водоснабжение»

Экран «Горячее водоснабжение» Дублирует часть экрана «Индивидуальный тепловой пункт» (рисунок 24).

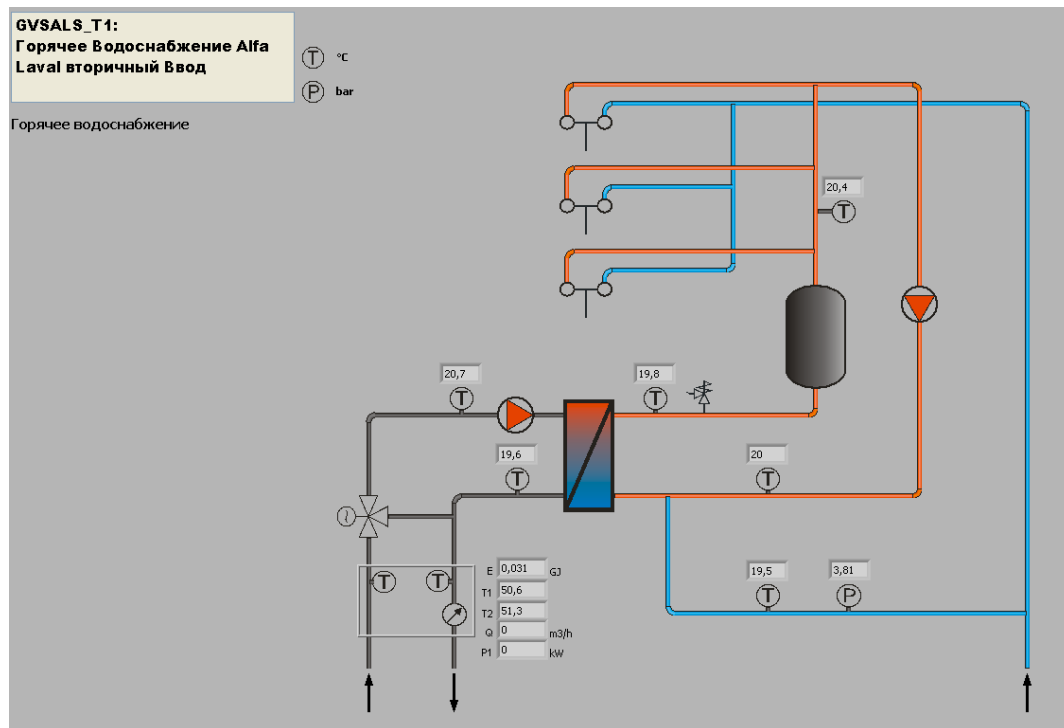


Рисунок 24 – Экран «Горячее теплоснабжение»

При наведении на любой элемент в верхнем левом углу экрана отображается его название в гидравлической схеме или по кабельному журналу, а также дается краткое описание.

Насосы в рабочем состоянии подсвечиваются зеленым, в отключенном (нерабочем) – красным.

Различаются по цвету трубопровод подачи горячей воды (красный) и обратный трубопровод (синий), по аналогии горячий-остывший.

Данный экран служит для наблюдения и не позволяет вносить какие-либо изменения сигналов.

Экран «Теплоснабжение»

Экран теплоснабжение частично дублирует экран «Индивидуальный тепловой пункт»(рисунок 25).

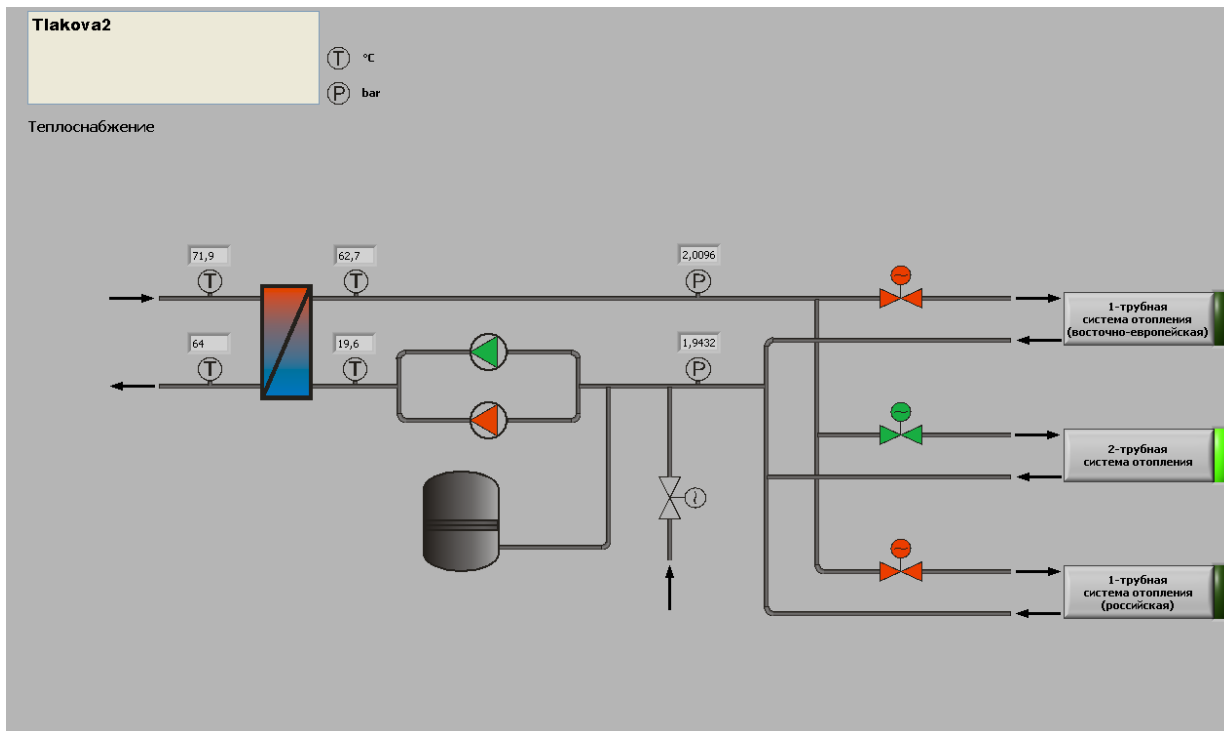


Рисунок 25 – Экран «Индивидуальный тепловой пункт»

На данном экране можно выбрать систему отопления, которая будет работать в данный момент (единовременно возможна работа только одной системы). Выбранная система отопления подсвечивается зеленым.

После выбора определенной системы, задвижки на входе в систему приходят в определенное положение: у работающей системы открыто (зеленый), у остальных закрыто (красный). Переключение задвижки из одного режима в другой занимает около 30 сек., после этого сигнал об открытии/закрытии подается в систему.

Экран «Система отопления»

Экран «Система отопления» представлен на рисунке 26. Каждой системе отопления соответствует свой экран, но все эти экраны идентичны.

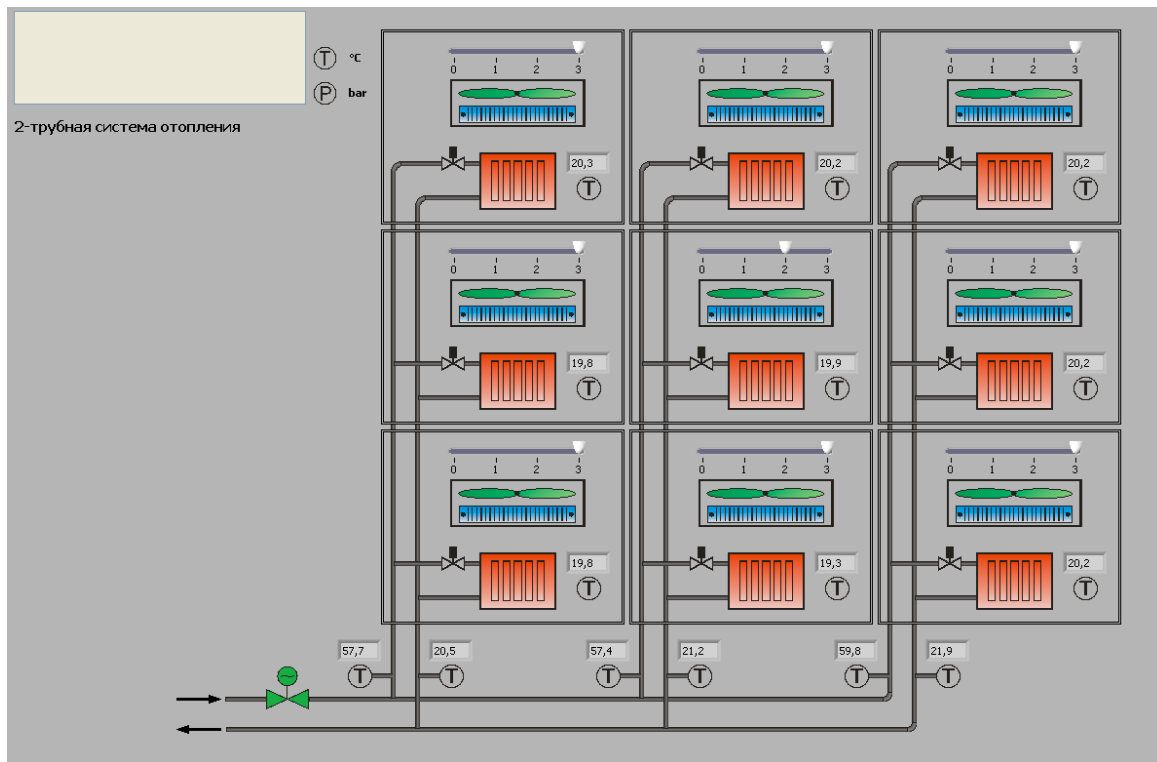


Рисунок 26 – Экран «Система отопления»

На данном экране отображается информация о температурах в трубопроводах подачи и отвода теплоносителя, а также температура внутри каждой камеры. При наведении на любой из элементов (датчиков) в верхнем левом углу экрана отображается его наименование по гидравлической схеме или в кабельном журнале, а также краткое описание.

На экране выбранной системы отопления возможна настройка работы охладителя в каждой камере. Настройка проводится путем установления ползунка в одно из положений (0- выключен, 1/2/3 – степени работы вентиляторов в охладителе).

Экран Система охлаждения»

На данном экране изображено внешнее охлаждающее устройство и тепловой насос, который служит для охлаждения воздуха в климатических камерах(рисунок 27).

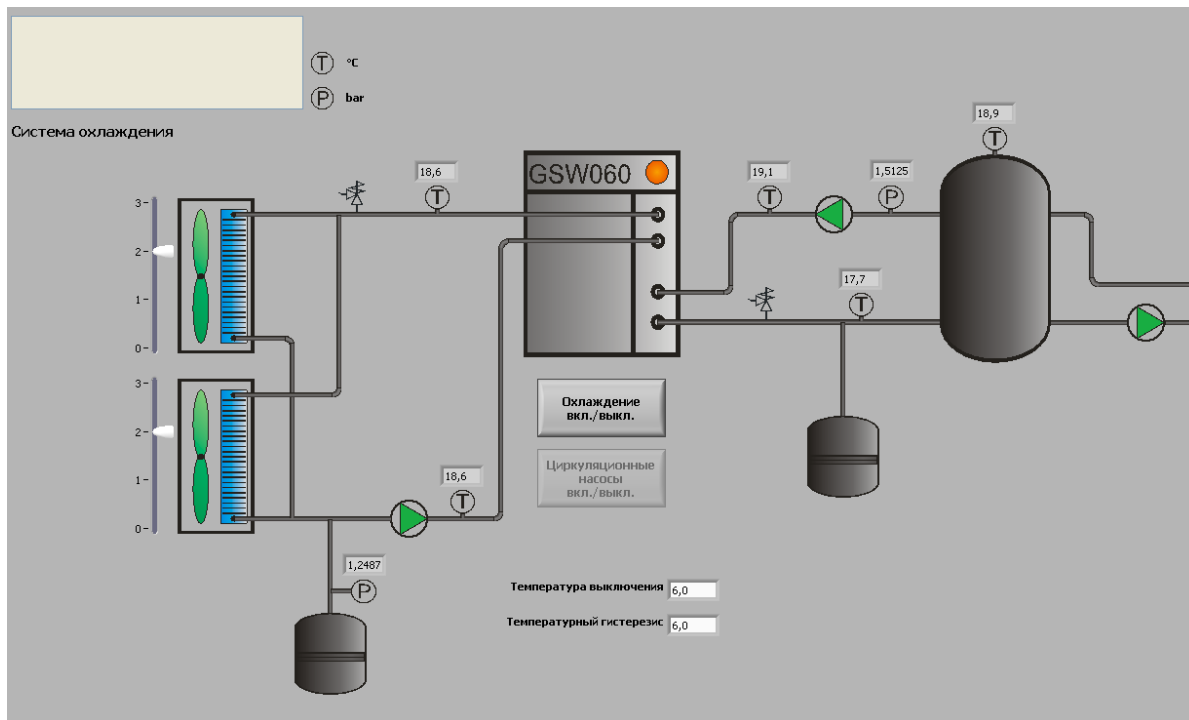


Рисунок 27 - Экран «Система охлаждения»

После нажатия кнопки «Охлаждение» включаются тепловой насос и все насосы охлаждающих устройств. Настройка теплового насоса занимает от 10 до 15 минут, после чего насос запускается в работу. Степень охлаждения определяется автоматически. Тепловой насос выключается, когда температура воды, которая из него выходит, ниже «Температуры выключения», и включается, когда температура воды превысит «Температуру включения»+ «Температура гистерезиса».

Рекомендуемая настройка значений температур 6°C.

Существует возможность включения только циркуляционных насосов охлаждающих устройств, но это значит, что охлаждение камер будет проводиться водой, которая не будет предварительно охлаждаться тепловым насосом.

3.3 Экраны съема данных

Монитор 1,2

Эти экраны служат для отображения значений температур(рисунок 28-29).

На каждом экране изображено по 4 графика. Данные отображаются за последние 2 часа.

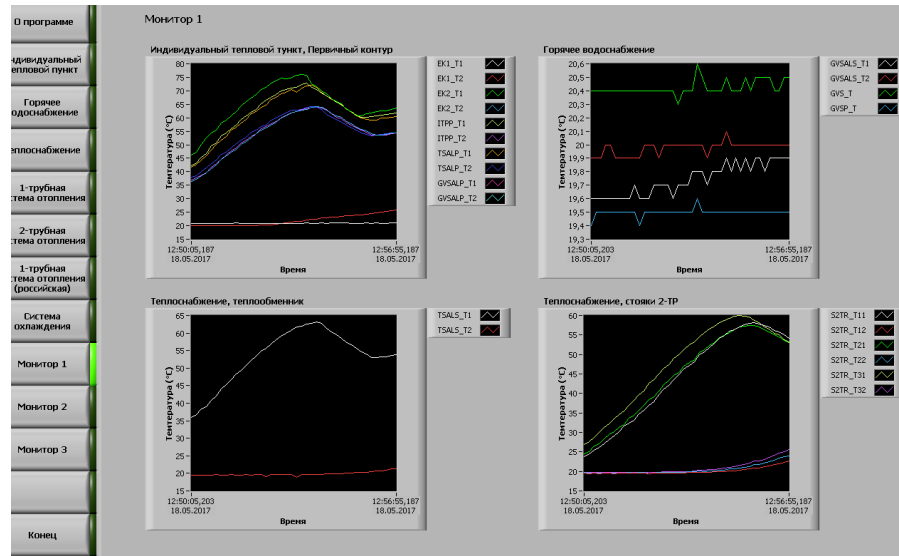


Рисунок 28 - Экран «Монитор 1»

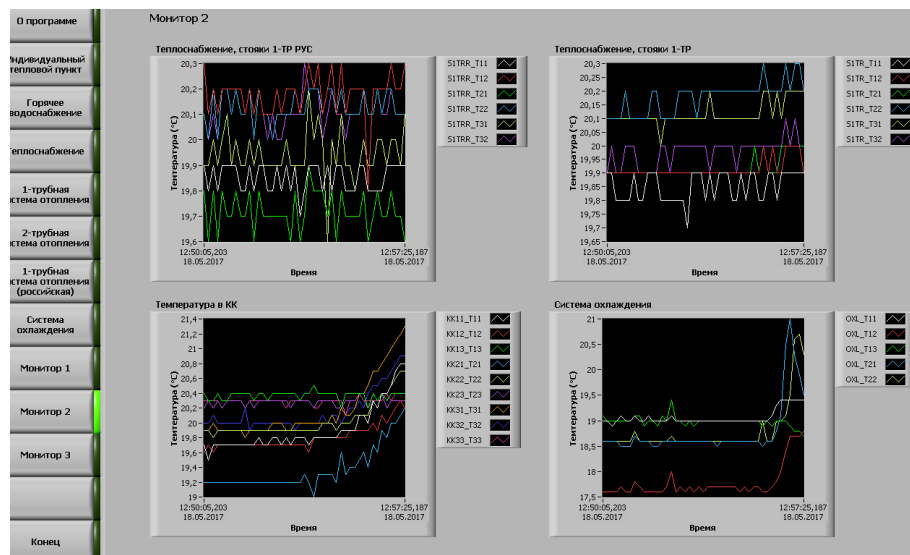


Рисунок 29 - Экран «Монитор 2»

Экран «Монитор 3»

Экран «Монитор 3» (рисунок 30) служит для отображения выбранных сигналов из списка «Перечень сигналов». Сразу после включения программы, с периодичностью в 10 сек., в системе записываются сигналы со всех датчиков.

Для того, чтобы отобразить тренды определенных сигналов, необходимо, после добавления в список «Выбранные сигналы», нажать кнопку «Показать». При каждом нажатии кнопки «Показать» данные будут обновляться. График сигналов можно двигать и увеличивать. Для удаления сигналов из списка выбранных, необходимо нажать на кнопку «Удалить»/ «Удалить всё».

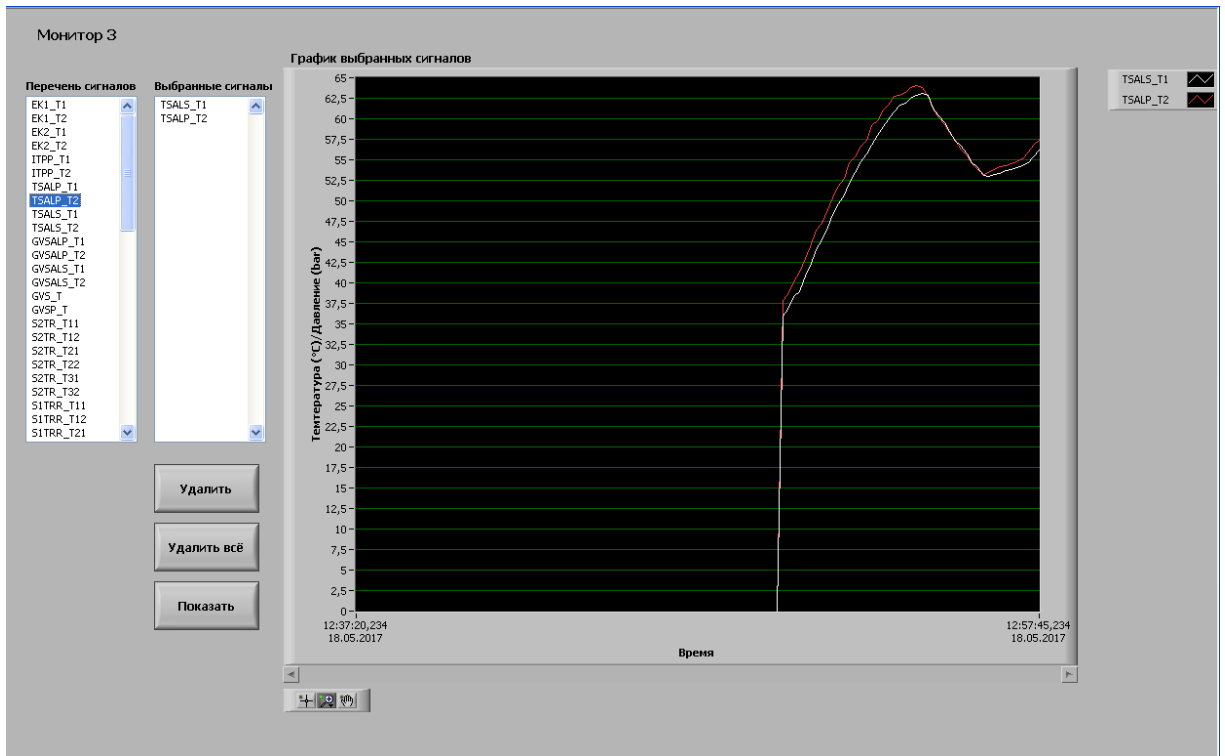


Рисунок 30-Экран «Монитор 3»

4 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Программа эксперимента

Схема эксперимента представлена на рисунке 31. На установке Enbra будет проведено два эксперимента: с теплосъемом в камере и без теплосъема.

Измерения будут проводиться в пяти точках системы. Входными данными будем считать «Р» - расход воды (в м³/ч), температуру воды греющей стороны теплообменника «Тг» (в °С), а на выходе будем измерять температуру воздуха в климатической камере «Тк» (в °С). Температура воды нагреваемой стороны теплообменника «Тн» и температура воды на входе системы отопительных радиаторов «Твх» будут считаться дополнительными данными для последующего анализа работы системы.

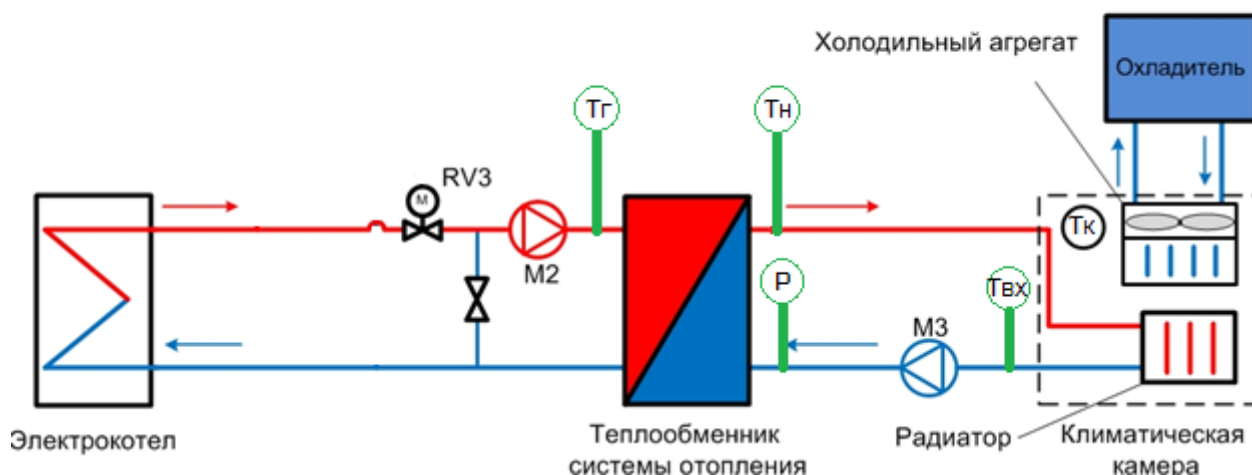


Рисунок 31 – Схема эксперимента

Показания с датчиков и снятие трендов будет осуществляться с помощью программы MonitorSystem

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4.2 Проведение эксперимента

Разобьем диапазон регулирования на равные промежутки. Для этого измерим напряжение между клеммами «1» и «4» в полностью открытом состоянии и полностью закрытом клапана RV3(рисунок 32). Напряжение при закрытом клапане составило 2 В, а при открытом 10 В.

Исходя из этого, разбиваем диапазон измерений на 10 точек (2...10 В). Поворачивая в ручном режиме ручку клапана RV3, меняем напряжение и, соответственно, процент открытия задвижки.

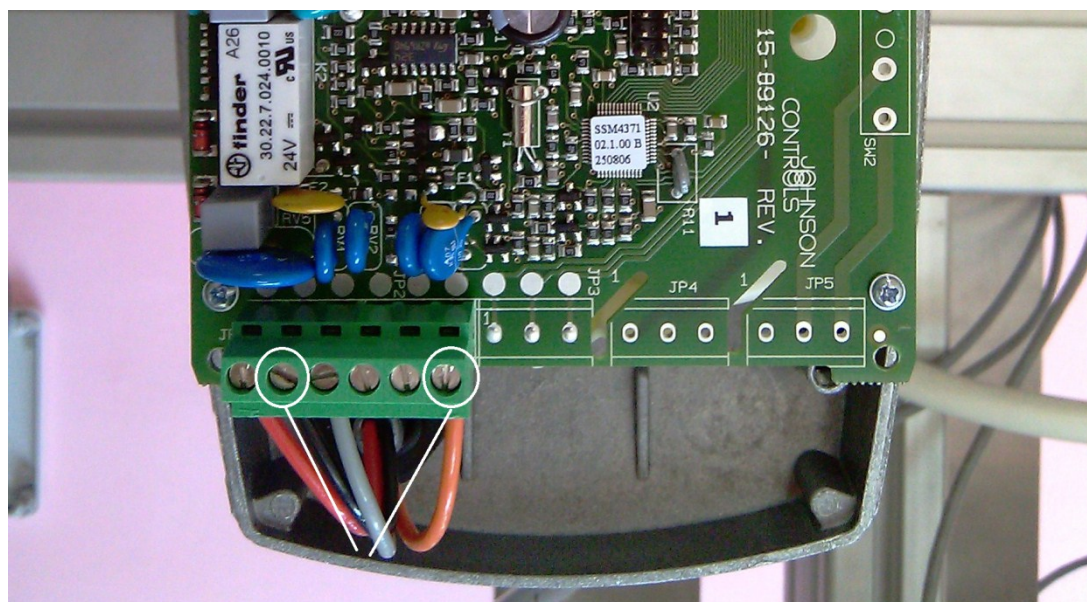


Рисунок 32 – Привод регулирующего клапана RV3

Перед началом эксперимента регулирующий клапан RV3 введем в состояние «Закрыт полностью», и после того, как температура воды в трубах ИТП остынет до комнатной температуры, начнем проведение эксперимента.

Изменяя расход теплоносителя в системе, посредством изменения положения штока регулирующего органа, меняется температура в климатических камерах. Температура отслеживается постоянно с периодом в 10 секунд. Как только температура установилась (считаем, если колебания температуры нулевые в

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

промежуток, равный 1 минуте), можно приступить к следующему шагу в изменении расхода теплоносителя в системе теплоснабжения “ENBRA”.

4.3 Обработка и анализ результатов

Полученные результаты экспериментов представлены в таблицах 1-2. В таблицах отображены только установившиеся значения температур.

Таблица 1 – Результаты эксперимента без теплосъема

Напряже ние, В	Расход м ³ /ч	Tг °С	Tн, °С	Tвх °С	Tк, °С
2.00	0.000	23.8	22.1	22.0	23.5
2.80	0.000	23.8	22.1	22.0	23.5
3.60	0.020	37.8	34.5	27.3	25.0
4.40	0.190	58.3	52.0	40.0	26.0
5.20	0.434	63.0	60.0	46.0	27.8
6.00	0.600	66.0	63.5	49.7	29.7
6.80	0.721	67.0	63.8	50.3	30.1
7.60	0.875	67.0	65.9	48.0	30.0
8.40	0.917	68.0	66.0	42.4	30.0
9.20	0,937	67.0	66.9	40.1	30.0
10.00	0,937	67.0	66.9	41.3	29.8

Таблица 2 – Результаты эксперимента с теплосъемом

Напряжен ие, В	Расход м ³ /ч	Тг °С	Тн, °С	Твх °С	Тк, °С
2.00	0.000	23.8	22.1	20.3	20.1
2.80	0.000	23.8	22.1	20.3	20.0
3.60	0.018	37.6	36.4	32.1	21.9
4.40	0.244	56.0	50.0	35.0	22.3
5.20	0.436	64.3	58.0	41.3	23.0
6.00	0.592	65.0	60.1	43.0	25.0
6.80	0.713	66.0	64.4	48.8	27.0
7.60	0.818	66.0	64.5	50.0	27.1
8.40	0.903	66.0	64.5	50.0	27.1
9.20	0.937	66.3	65.0	50.0	27.3
10.00	0.937	66.3	65.0	50.0	27.4

Результаты экспериментов показывают, что регулирование происходит в диапазоне открытия клапана примерно с 30% до 80%. До 30% клапан пропускает минимальное количество теплоносителя, не считываемое приборами учета. А после 80% - пропускает полностью весь поток теплоносителя.

Данные показатели клапана говорят о том, что клапан верно подобран в систему теплоснабжения и обеспечивает регулирование расхода в системе.

Полученные в результате экспериментов тренды температур и расходов будут использованы при идентификации системы теплоснабжения в программном пространстве Matlab Identification Toolbox.

5 МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Объектом для идентификации является блок климатических камер вместе с обвязкой теплосистемы (после регулятора). Идентификация проводилась с теплосъемом и без теплосъема в климатических камерах.

Идентификация проводится в среде Matlab System Identification Toolbox. На рисунке 33 показаны окна настройки и выбора параметров для данного инструментария.

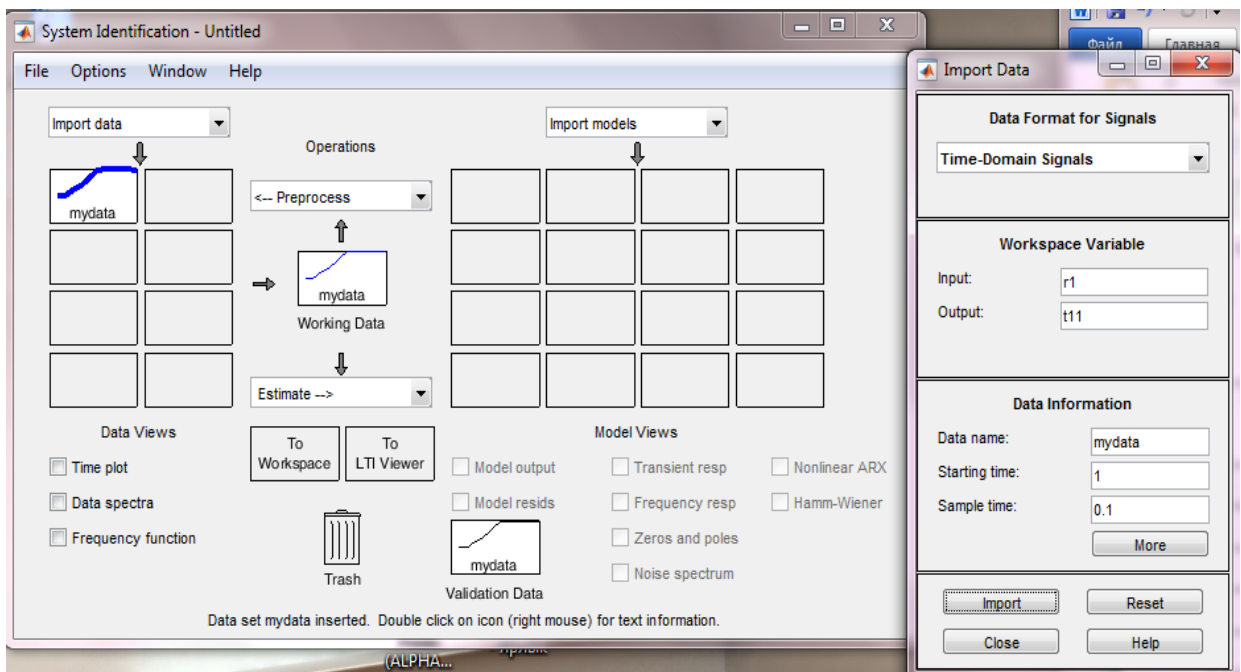


Рисунок 33 – Окна настройки и выбора параметров в Matlab System Identification Toolbox

Для полученных в ходе экспериментов данных применяется функция `dtrend()`, которая убирает среднюю составляющую тренда. Для этого в окне System Identification Toolbox необходимо выбрать `Preprocess` → `remove means`.

Далее в окне на рисунке 33 необходимо выбрать `Estimate` → `process models`, после чего появится окно, изображенное на рисунке 34, в котором настраиваются параметры идентификации и желаемый вид передаточной функции.

Как показывает практика для описания тепло-гидравлических процессов достаточно звеньев 1-го порядка.

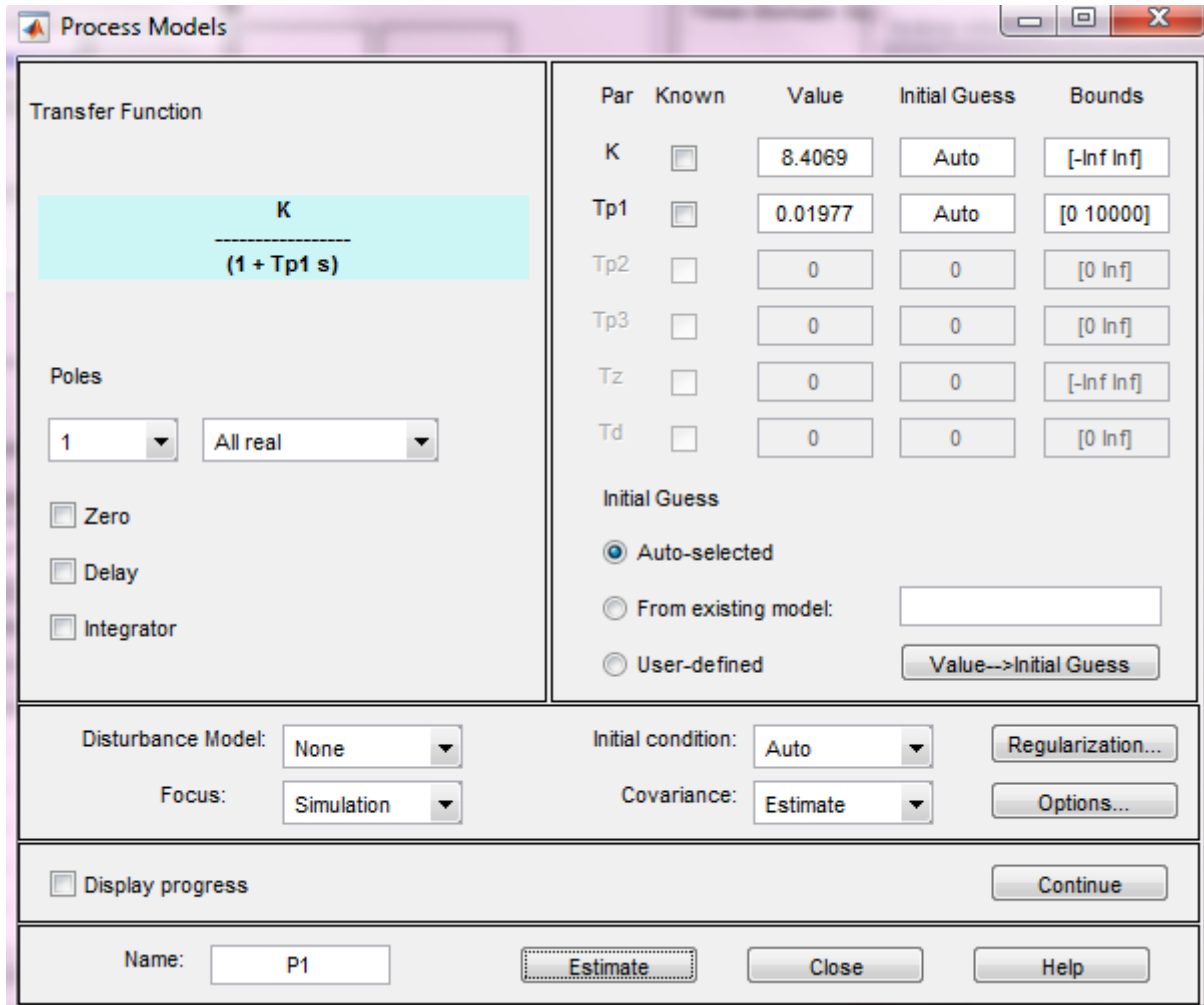


Рисунок 34 – Окно выбора параметров для идентификации объекта

5.1 Модель объекта без охладителя

В качестве объекта выбран теплообменник системы отопления вместе с блоком из 9 климатических камер. Входом системы выбран расход воды в первичной ветви ИТП, выходом – температура воздуха в климатической камере.

Постановка эксперимента

Подается сигнал на задвижку теплообменника в первичной ветви ИТП, при этом охладитель выключен, объект находится в установившемся состоянии.

Снимаются тренды температуры подаваемой в радиаторы отопления воды, температуры воздуха в климатических камерах. Идентификация полученных трендов проводится в среде Matlab System Identification Toolbox.

На рисунке 35 изображена структура объекта для идентификации, где Q – расход воды в первичном контуре системы отопления, T_k – температура воздуха в климатической камере.

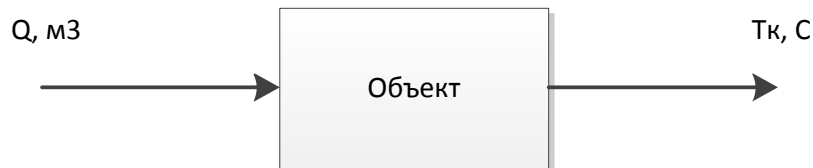


Рисунок 35 - Структура объекта для идентификации

В результате идентификации получена модель объекта в виде передаточной функции:

$$W_{Q-T_k} = \frac{8.4}{1+0.02s} \quad (5)$$

5.2 Модель объекта с учетом возмущения со стороны охладителя

В данном случае, в отличие от предыдущего, на объект будет действовать возмущение формируемое охладителем. Условия эксперимента следующие: охладитель подает охлажденную до $6^{\circ}C$ воду с гистерезисом $6^{\circ}C$ в холодильные агрегаты, при этом скорость вращения двигателей вентиляторов выставлена на максимум (3 скорость).

На вход регулировочного клапана RV3 будет подаваться сигнал, который будет изменять положение штока клапана и, соответственно, расход.

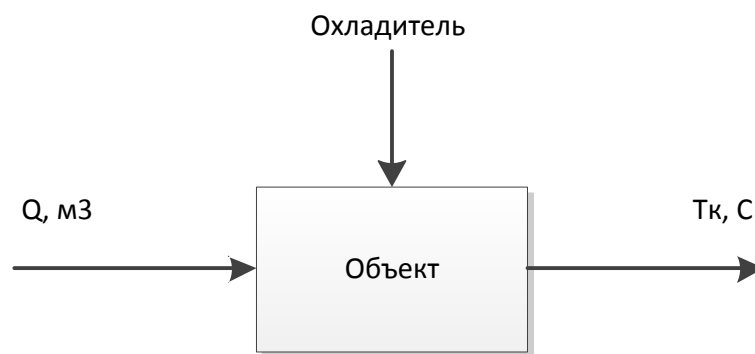


Рисунок 36 – Структура объекта с учетом действия охладителя

На рисунке 37 показано окно выбора параметров объекта идентификации с возмущением со стороны охладителя.

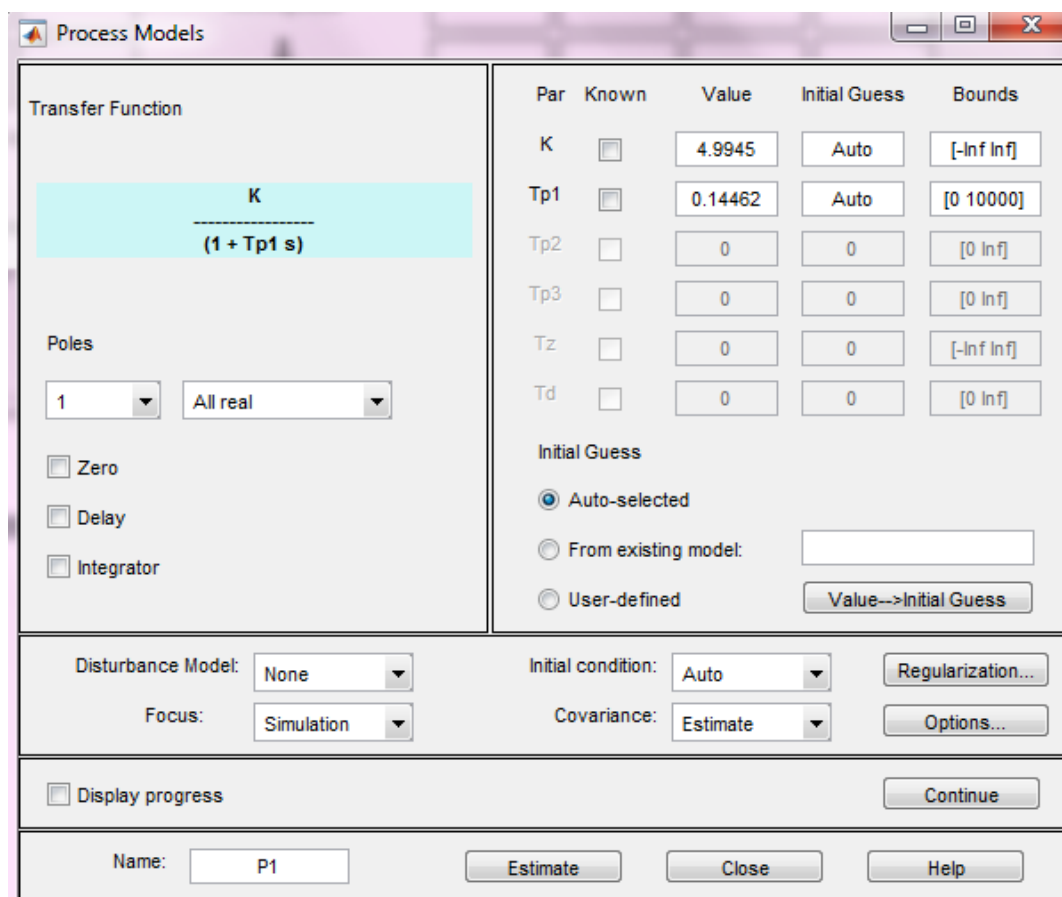


Рисунок 37- Окно выбора параметров идентификации объекта

По результатам идентификации получена следующая передаточная функция системы:

$$W_{Q-Tk} = \frac{4.99}{1+0.14s} \quad (6)$$

Коэффициент усиления полученной передаточной функции, примерно, равен $K=4.99$, это связано с тем, что перед идентификацией экспериментальных данных была использована функция `dtrend()`, которая убрала среднюю составляющую тренда. Цифра 4.99 говорит лишь о диапазоне изменения выхода системы.

5.3 Идентификация регулирующего клапана Jonson Controls

По полученным экспериментальным данным, представленным в таблице 1, построим модель клапана, используя инструменты Matlab Identification Toolbox.

Перед этим преобразуем входные данные: напряжение в относительное положение штока клапана (таблица 3).

Таблица 3 – Преобразованные входные данные

Напряжение, В	Относительное положение штока клапана, %
2.00	0
2.80	9.09
3.60	18.18
4.40	27.27
5.20	36.36
6.00	45.45
6.80	54.54
7.60	63.63
8.40	72.72
9.20	90
10.00	100

По результатам идентификации была получена модель клапана Jonson Controls в виде передаточной функции:

$$W_{RV3} = \frac{1.18}{1+0.14s} \quad (7)$$

5.4 Идентификация регулирующего клапана ЗРШК

По экспериментальным данным, представленным в таблице 4, построим модель клапана, используя инструменты Matlab Identification Toolbox.

Таблица 4 –Входные и выходные данные для модели клапана ЗРШК

Относительное положение штока клапана, %	Пропускная способность, м ³ /ч
0	0
0.2	0.504
0.36	1.152
0.52	1.993
0.68	2.657
0.84	3.143
1	3.218

По результатам идентификации была получена модель клапана ЗРШК в виде передаточной функции:

$$W_{ЗРШК} = \frac{0.80}{1+0.1s} \quad (8)$$

5.5 Синтез системы ИТП установки полунатурного моделирования «ENBRA»

На основании полученных передаточных характеристик объекта (блок климатических камер + обвязка до регулятора) и регуляторов JC и ЗРШК, построим при помощи Matlab Simulink модель системы ИТП (за исключением электродкотлов).

Получаем 4 модели системы ИТП (рисунок 38-39): модель без учета охладителя с клапаном JC и клапаном ЗРШК, модель с учетом охладителя с клапаном JC и клапаном ЗРШК.

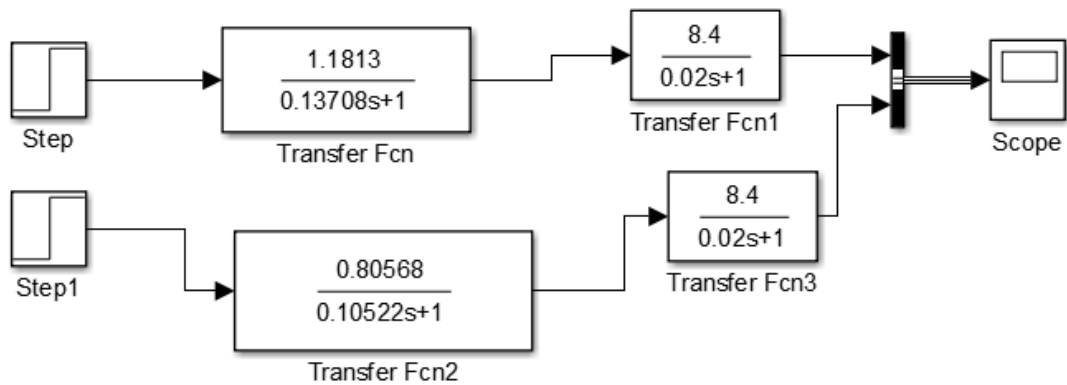


Рисунок 38 – Модель системы ИТП без учета охладителя

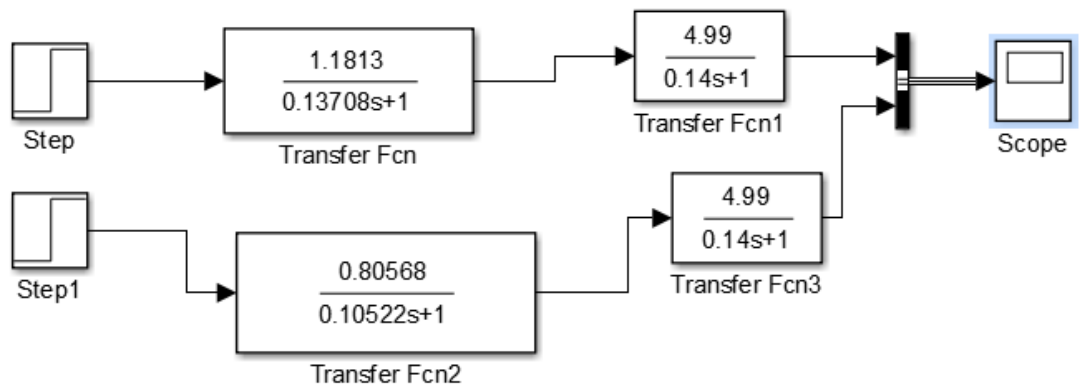


Рисунок 39 – Модель системы ИТП с учетом охладителя

На вход каждой модели подаем ступенчатый сигнал. Полученные реакции представлены на рисунках 40-41.

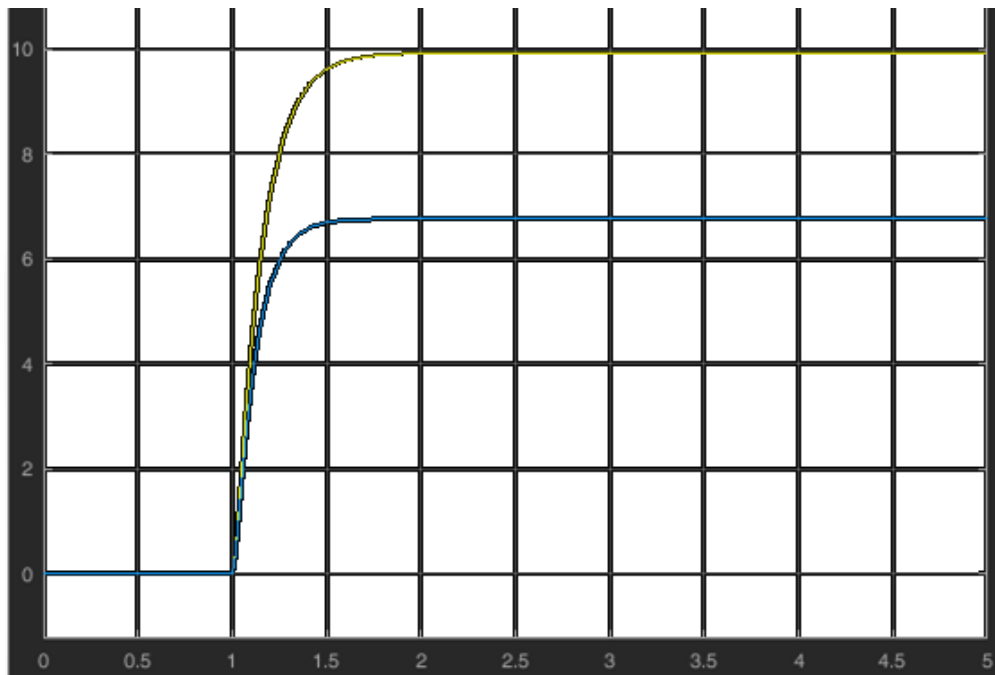


Рисунок 40 – Реакция системы без учета охладителя на ступенчатый сигнал (синий – система с ЗРШК, желтый – система с JS)

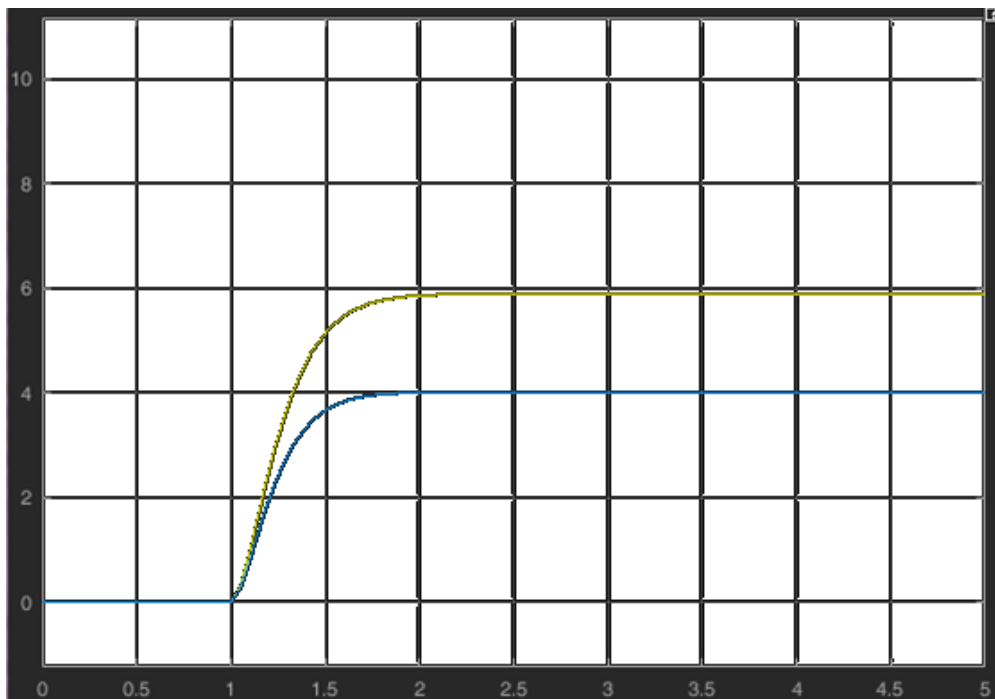


Рисунок 41 – Реакция системы с учетом охладителя на ступенчатый сигнал (синий – система с ЗРШК, желтый – система с JS)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5.6 Сравнение реакций системы на ступенчатый сигнал в программном пространстве Matlab Simulink

Сравним сигналы по следующим характеристикам:

1. перерегулирование;
2. время установления сигнала.

Так как перерегулирование в системах отсутствует, то сравнивать сигналы будем только по времени установления.

Реакция системы без учета охладителя на ступенчатый сигнал: время установления с клапаном JC = 2 с, а с клапаном ЗРШК = 1,7 с.

Реакция системы с учетом охладителя на ступенчатый сигнал: время установления с клапаном JC = 2,1 с, а с клапаном ЗРШК = 1,9 с.

Время установления сигнала в системе с учетом охладителя увеличивается за счет работы вентиляторов в климатических камерах, что снижает температуру воздуха, имитируя естественный теплосъем в квартире.

Время установления сигнала по результатам моделирования ниже у ЗРШК, что может говорить о целесообразности замены клапана JC на ЗРШК в системе ИТП.

Учитывая особенности проведения эксперимента, а именно ручное изменение расхода у клапана JC и автоматическое изменение расхода у клапана ЗРШК, можем сделать вывод о том, что в условиях автоматической работы клапанов JC и ЗРШК показатели эффективности (перерегулирование, время установления сигнала, «плавность» регулирования) у запорно-регулирующего шарового крана будут лучше.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 МЕТОДИКА ПОДБОРА РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА В СИСТЕМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

6.1 Начало гидравлического расчета

Гидравлический расчет регулируемого участка выполняется на расчетный расход теплоносителя G_{\max} при полном открытии регулирующего клапана, сопротивление которого при этом составляет $(\Delta P_{p.o.})_{\min}$.

Регулируемый участок характеризуют авторитетом клапана a_v или модулем n_v .

Авторитет регулирующего клапана — характеризует регулируемую способность клапана. Численно значение авторитета равно отношению потерь давления на полностью открытом затворе клапана к потерям давления на регулируемом участке.

Чем ниже авторитет регулирующего клапана, тем сильнее его расходная характеристика отклоняется от идеальной, и тем менее плавным будет изменение расхода при движении штока.

Значения a_v и n_v , а также соотношение между ними, вычисляются по выражениям:

$$n_v = \frac{\Delta P_{\text{потр}}}{\Delta P_{p.o. \min}} \quad (9)$$

$$a_v = \frac{\Delta P_{p.o. \min}}{\Delta P_{p.o. \min} + \Delta P_{\text{потр}}} \quad (10)$$

$$a_v = \frac{1}{n_v + 1} \quad (11)$$

$$n_v = \frac{1}{a_v} - 1 \quad (12)$$

Одной из основных регулировочных характеристик является форма расходной характеристики регулирующего клапана при различных значениях авторитета

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

клапана (модуля клапана). Для обеспечения качества регулирования необходимо, чтобы форма расходной характеристики регулируемого участка была наиболее близка к линейной.

С точки зрения управления регулированием расхода, линейная характеристика наиболее удобна, т.к. обеспечивается пропорциональная зависимость между пропускной способностью клапана и ходом плунжера. В этом случае РО во всем диапазоне нагрузок будет иметь одинаковый коэффициент передачи. Это значит, что любое новое положение затвора и изменение расхода, которое соответствует этому изменению, всегда связано с одной и той же расходной характеристикой. При равнопроцентной расходной характеристике изменение расхода приводит к изменению коэффициента передачи регулирующего органа.

На рисунке 42,43 изображены расходные характеристики линейной и равнопроцентной пропускной способности, рассчитанные при различных значениях авторитета клапана, и заштрихована область, в которой обеспечивается надежная работа системы автоматического регулирования.

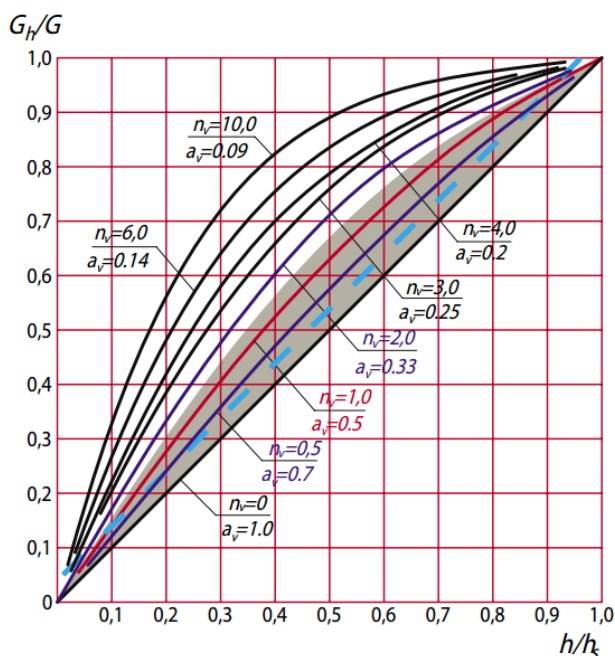


Рисунок 42– Расходные характеристики регулирующего клапана с линейной пропускной характеристикой

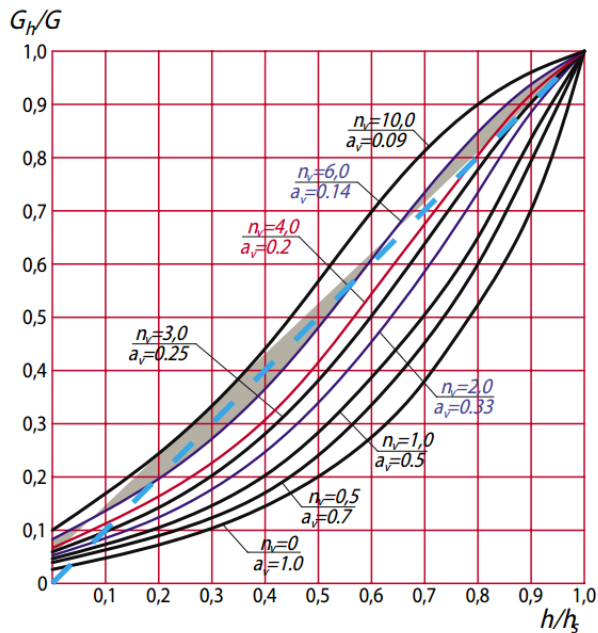


Рисунок 43 – Расходные характеристики регулирующего клапана с равнопроцентной пропускной характеристикой

Для каждого типа регулирующего органа можно отметить такой диапазон расходных характеристик, в котором данный тип регулирующего элемента будет обеспечивать качественное регулирование: - клапаны с линейной пропускной характеристикой следует применять, задаваясь авторитетом клапана $a_v > 0,4$;

- клапаны с равнопроцентной пропускной характеристикой следует применять, задаваясь авторитетом клапана $0,1 < a_v < 0,3$;

- для промежуточных значений $0,3 < a_v < 0,4$ можно выбрать линейную или равнопроцентную пропускную характеристику, т.к. в этом диапазоне они дают примерно одинаковую нелинейность.

Также важнейшей характеристикой любого регулирующего органа является Kvs регулирующего органа - это его основная расходная характеристика. Она показывает, какой расход жидкости в час может пропустить регулирующий орган, если на нем создать перепад давления в 1 атмосферу (10 метров водяного столба).

Формула для подсчёта Kvs клапана следующая:

$$Kvs = 1,2 * G / \sqrt{\Delta P} \quad (13)$$

где G – расчётный расход жидкости [м³/час;]

ΔP- перепад давления на клапане, [атмосферы]

1,2 – коэффициент безопасности (запас).

Это общепринятая формула для расчёта Kvs клапана, в случае если теплоносителем является вода (пароводяная смесь от теплосетей).

Коэффициент безопасности, в среднем выбирается 1,2. Некоторые производители оборудования рекомендуют свои коэффициенты безопасности, которые отличаются от этого значения и составляют значение в диапазоне от 1,1 до 1,3.

6.2 Подбор ЗРШК в систему теплоснабжения установки «ENBRA»

1. Определим пропускную способность клапана по формуле:

$$k_{vs} = 1.2 \frac{G}{\sqrt{\Delta P}} ; \frac{m^3}{ч} \quad (14)$$

ΔP – перепад давления на клапане, который мы найдем из показаний датчиков давления в системе 1-го контура ИТП (таблица 5).

Таблица 5 – Показания датчиков давления

	Рвх, bar	Рвых, bar
Полностью открыт	2.1	2.0
Полностью закрыт	2.4	2.0

Из таблицы 5 видим, что перепад давления на клапане составляет 0,1 bar.

G – расход теплоносителя, проходящего через клапан, найдем по формуле:

$$G = \frac{Q}{C * \Delta T * \rho}; \text{ м}^3/\text{ч} \quad (15)$$

Q – тепловая нагрузка, значение которой можно увидеть в показаниях тепловычислителя, равна 0,9 кВт.

C – удельная теплоёмкость, значение которой возьмем равным 0,001 кВт.

ΔT – разница температур также берется из показаний датчиков и равна 1 °C.

ρ – плотность воды при рабочей температуре возьмем равной 1000 кг/м³.

Расход теплоносителя равен 1 м³/ч.

Расчетная пропускная способность клапана $k_{vs}=3.75 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2. Из каталога производителя выбираем клапан с ближайшей пропускной способностью 5.3 м³/ч (Ду=15 мм).

Пропускная способность выбранного клапана должна быть больше расчетного значения k_{vs} :

$$5.3 \geq 3.75$$

Расход через полностью открытый клапан при расчетном перепаде давления определим по формуле:

$$G = k_{vs} * \sqrt{\Delta P}; \text{ м}^3/\text{ч} \quad (16)$$

Расход через полностью открытый клапан равен $G=1.67 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Определим степень открытия клапана:

$$x = \frac{k_v}{k_{vs}} * 100\% \quad (17)$$

$$x=83,0\% (>30\%)$$

3. Определим скорость потока, проходящего через клапан:

$$v = \frac{4 * G * 1000}{\pi * d^2 * 3.6}; \text{ м/с} \quad (18)$$

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$v=2.6 \text{ м/с}$$

Скорость не превышает величины 3,5 м/с, значит, кавитации возникать не будет и, соответственно, клапан не будет шуметь.

6.3 Внедрение и результаты работы ЗРШК в системе температурного регулирования

Для апробации работы запорно-регулирующего шарового крана было принято решение о внедрении ЗРШК в систему температурного регулирования (система охлаждения рабочей жидкости гидравлического пресса) в цехе «Высота-239» Челябинского трубопрокатного завода.

Исходя из пропускной способности требуемого регулирующего органа, был подобран ЗРШК диаметром 50 мм.

В течение года работы ЗРШК в цехе «Высота-239» рекламации от заказчика не поступало.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были проведены эксперименты на имитационной установке Enbra, целью которых было построение моделей в виде передаточных функций регулирующих элементов системы теплоснабжения.

Также была разработана методика идентификации системы теплоснабжения. Построены модели системы теплоснабжения, а также модели регулирующих клапанов Jonson Control и ЗРШК в программном пространстве Matlab Simulink.

На основе реакции на ступенчатый сигнал моделей каждого из клапанов было поведено сравнение, в результате которого сделан вывод о целесообразности внедрения ЗРШК в систему температурного регулирования.

Также была опробована методика подбора регулирующей арматуры типа ЗРШК для внедрения в практику проектирования теплотехнических систем зданий.

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 «100 лет теплофикации и центральным тепловым системам в России»: Сборник статей под редакцией В.Г.Семенова, - Москва «Новости теплоснабжения», 2003.

2 Орлов, А.И. «Русская отопительно-вентиляционная техника»./ А. И. Орлов. - М.: Государственное издательство строительной литературы, 1950 – 253 с.

3 Установка натурного моделирования. - http://tgv.khstu.ru/downloads/kniga_oto_primery_Kovrina_2014.pdf

4 Методика подбора клапана ADL. - <http://www.adl.ru/production/valve/controlvalves/kvs/>

5 Каталог продукции HERZ. - <http://www.c-o-k.ru/library/catalogs/herz/15238/55203.pdf>

6 Подбор регулирующей арматуры в автоматизированных ИТП. - http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/ED595AFE-F9A2-4E37-9400-301D48E1D2FF/0/kniga_pirkov_rus.pdf

7 Расчет пропускной способности. - <http://www.watervalve.ru/files/pdf/Formuly.pdf>

8 Методика подбора клапана Danfoss. - <https://tsdservice.com.ua/files/danfoss-info/danfoss-info-issue-3-2005.pdf>

9 Object-oriented simulation of energy supply systems on the basis of renewable energy/ Christian Hoffmann and Jens Kahler, - Germany, 2005 pp. 189-196

10 Persson, T. District Heating for Residential Areas with Single-Family Housing with Special Emphasis on Domestic Hot Water Comfort: Doctoral Thesis / Tommy Persson. – Sweden: Lund University, 2005.

11 Thorsen, J. E. Dynamic simulation of DH House Stations: Technical Paper / Jan Eric Thorsen. – Danfoss, 2002.

12 Yildirim, N. District Heating System of IZTECH Campus and Its Integration to the Existing System: A Thesis Submitted to the Graduate School in Partial Fulfillment of

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

the Requirements for the Degree of Master of science / Nurdan Yildirim. – Turkey: Izmir Institute of Technology, 2003.

13 Алгоритмы оптимизации проектных решений/ Под ред. А.И. Половинкина. М.: Энергия, 1976. - 264с.

14 Мехтиев, А.Д., Рахимберлинова, Ж.Б. Моделирование системы теплоснабжения. Статья/ А.Д. Мехтиев, Ж.Б. Рахимберлинова и др. – Караганда КарГТУ, 2009 – 4 стр.

15 Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем. Н.П. Бусленко, - М.: Наука, 1978. -400 с.

16 Отчет о НИРС /Сёмушкина Т.С. - 2016 г., 51 стр.

17 Отчет о практике / Сёмушкина Т.С. - 2016 г., 36 стр.

18 Проектирование средств автоматизации и управления в технических системах: методическое руководство по дипломному проектированию. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 122 с.

19 Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование /Пырков В.В.- Данфосс – 2010г., 510 стр.

20 Стандарт предприятия. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к оформлению. СТП ЮУрГУ 04-2008/ Сырейщикова Н.В., Гузеев В.И., Сурков И.В., Винокурова Л.В., — Челябинск: ЮУрГУ, 2008. — 56 с.

21 Федеральный закон Российской Федерации № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

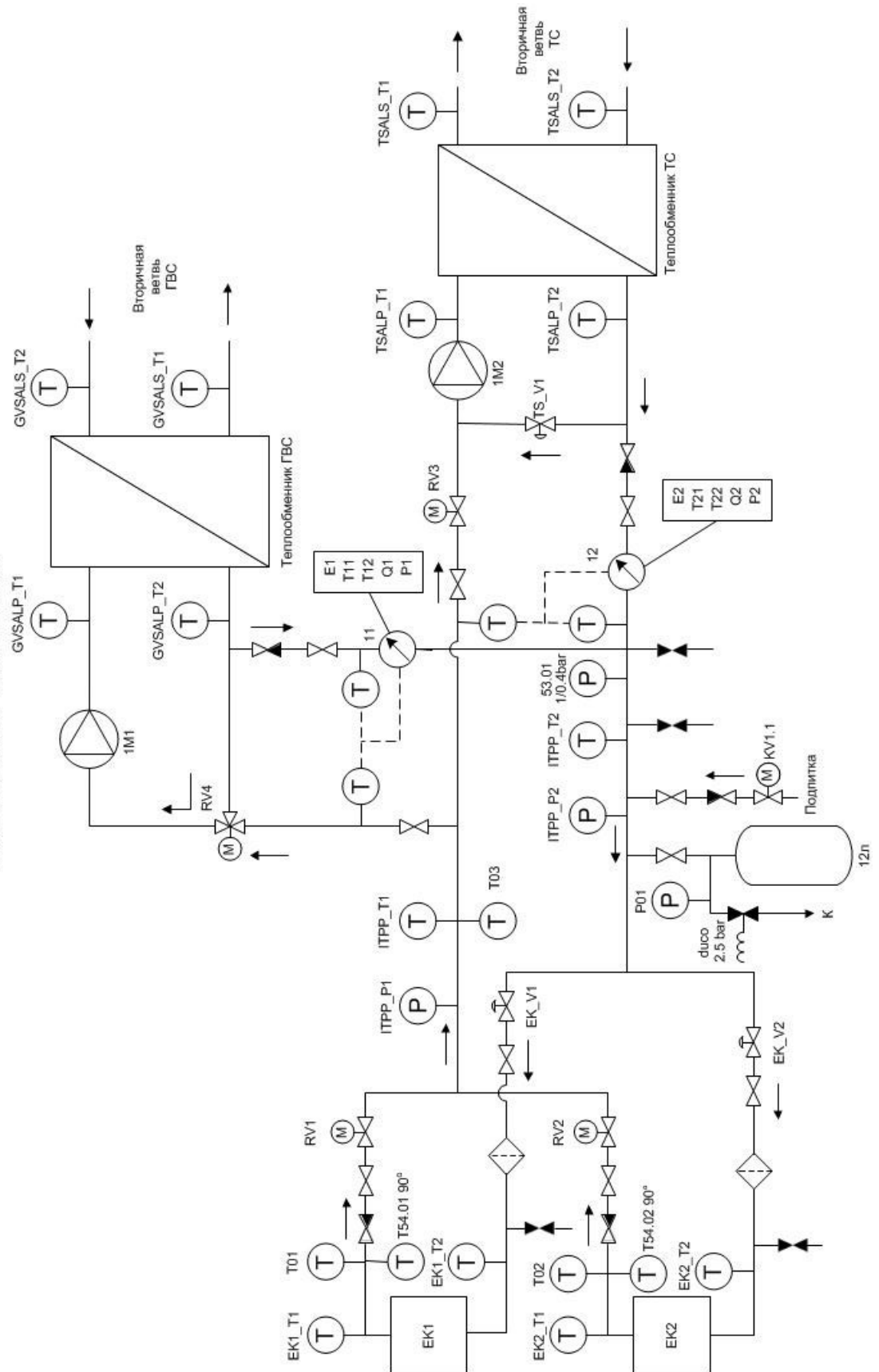
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Технологическая схема

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Гидравлическая схема

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

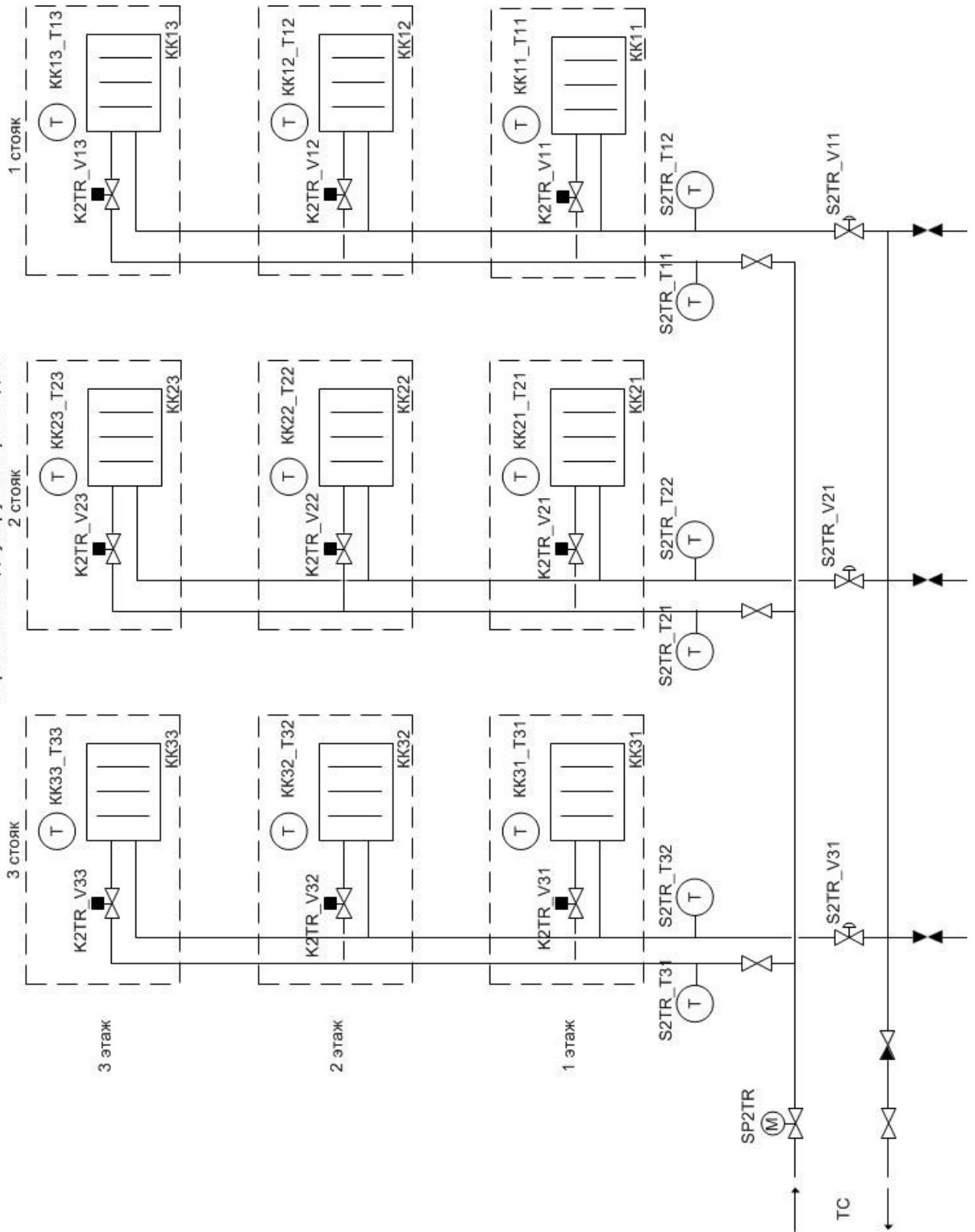
Индивидуальный тепловой пункт



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

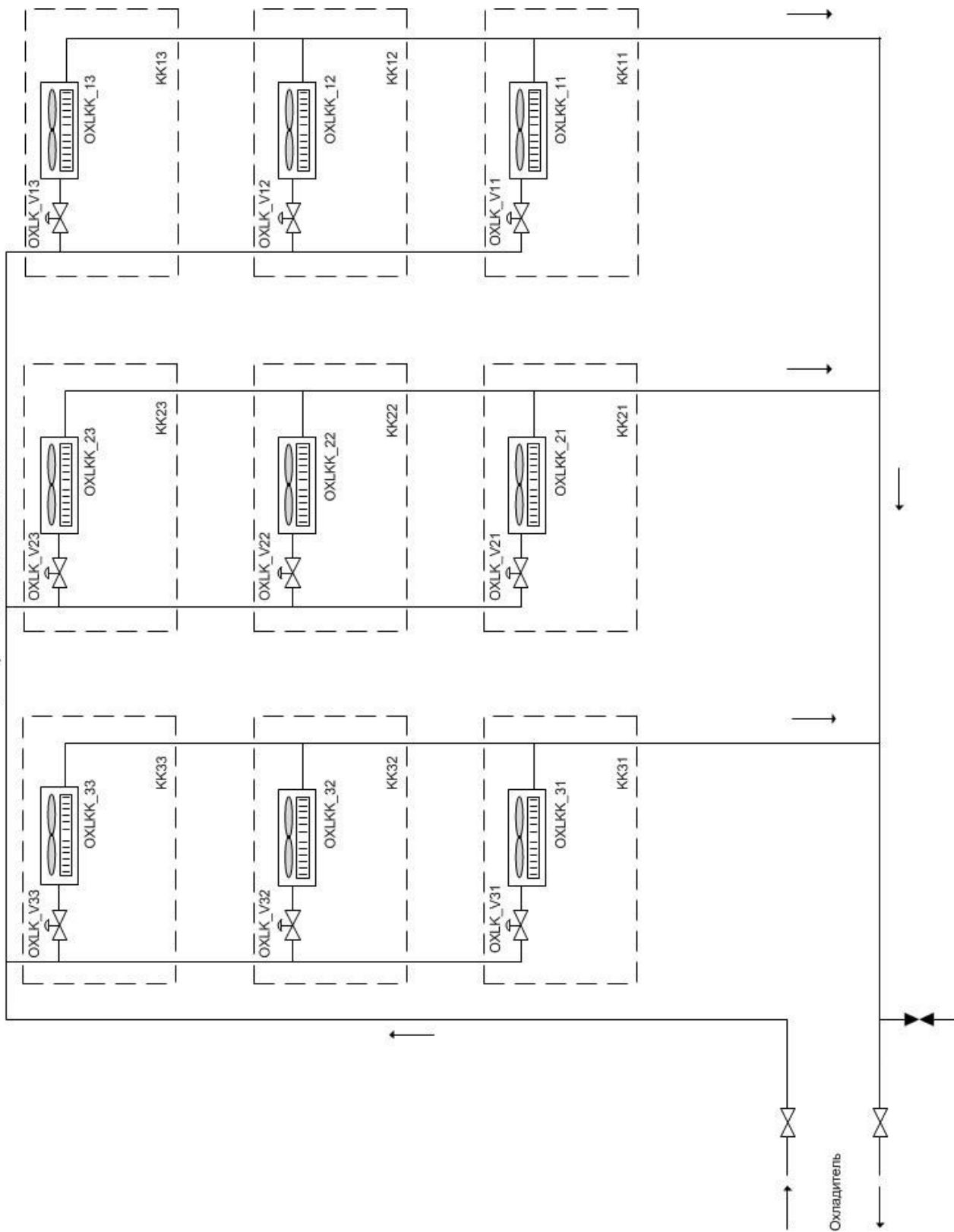
ЮУрГУ-15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ

Европейская двухтрубная разводка



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



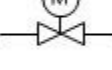
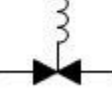




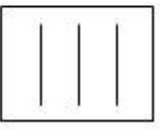
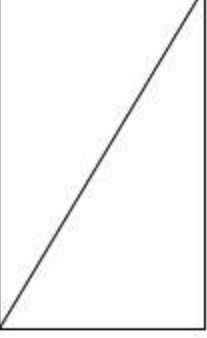
Охлаждение камер



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ

Условно графические обозначения

<p>  - датчики</p> <p> - обратный клапан</p> <p> - циркуляционный насос</p> <p> - балансировочный клапан</p> <p> - задвижка</p> <p> - закрытая задвижка</p> <p> - регулировочный клапан с электроприводом</p> <p> - предохранительный клапан</p> <p>К - канализация</p> <p> - фильтр</p> <p> - расходомер</p> <p> - манометр</p>	<p> - регулятор с термостатом</p> <p> - радиатор</p> <p> - холодильный агрегат</p> <p> - теплообменник</p>
---	---

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Спецификация

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Таблица В - Спецификация

Обозначение	Наименование	ол	Примечание
	Термодатчики		
T01 - T05	Johnson Controls A99SY-1C		ИТП, вторичная ветвь ТС, вторичная ветвь ГВС
51.01	Johnson Controls A19BAC-9001		Помещение, порог 35С
T54.01 - T54.04	Johnson Controls A19DAC-9001		ИТП, вторичная ветвь ТС, вторичная ветвь ГВС
ITPP_T1, ITPP_T2	SENSIT PTS 140 pt 100		ИТП
GVSALP_T1, GVSALP_T2	SENSIT PTS 140 pt 100		ИТП
GVSALS_T1, GVSALS_T2	SENSIT PTS 140 pt 100		вторичная ветвь ГВС
GVSP_T	SENSIT PTS 140 pt 100		вторичная ветвь ТС
GVS_T	SENSIT PTS 140 pt 100		вторичная ветвь ГВС
EK1_T2, EK2_T2	SENSIT PTS 140 pt 100		ИТП, вход котлов
EK1_T1, EK2_T1	SENSIT PTS 140 pt 100		выход котлов, находятся под корпусом котлов
OXL_T11, OXL_T12, OXL_T21, OXL_T22	SENSIT PTS 140 pt 100		охладитель
OXL_T13	SONTEX MOD 460 pt 100		охладитель
TSALS_T1, TSALS_T2	SENSIT PTS 140 pt 100		вторичная ветвь ТС
S1TR_Txx	SENSIT PTS 140 pt 100		1-трубная система отопления

Продолжение таблицы В

S2TR_Txx	SENSIT PTS 140 pt 100		2-трубная система отопления
S1TRR_Txx	SENSIT PTS 140 pt 100		1-трубная система отопления (русская)
KKxx_Txx, ITP_T0	SENSIT PTS 100 pt 100	0	т-ра воздуха в клим. Камерах
Датчики давления			
ITPP_P1, ITPP_P2	IFM PN3006		ИТП
P01, P02	Johnson Controls P499ABS-401		ИТП, вторичная ветвь ТС
53.01, 53.02	Johnson Controls P48AAA-9120		Диф., ИТП, вторичная ветвь ТС
OXL_P1, OXL_P2	IFM PN3006		Охладитель
GVSP_P	IFM PN3004		вторичная ветвь ГВС
TS_P1, TS_P2	IFM PN3006		вторичная ветвь ТС
Датчики затопления			
52.01	HoneyWell LRNH31S42		
Регулировочные клапаны			
RV1, RV2	BELIMO LF24-S		ИТП, котлы
RV3	Johnson Controls VA7810-GGA-11		ИТП, теплообменник ТС
RV4	Johnson Controls VA7820-GGA-11		ИТП, теплообменник ГВС
KV1.1, KV1.2	Johnson Controls M9206-GGA-1S		Подпитка 1-ой, 2-ой ветвей
SP1TRR, SP1TR, SP2TR	BELIMO LR24A		Переключение разводов отопления
Циркуляционные насосы			

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ

Лист

77

Продолжение таблицы В

1M1, 1M2	GRUNDFOS UPS 25-60 180		ИТП
1M3, 1M4	GRUNDFOS MAGNA 25-60 180		вторичная ветвь ТС
1M5	GRUNDFOS UP 15- 14 В		вторичная ветвь ГВС
OXL_02, OXL_03	GRUNDFOS UPS 25-60 180		Охладитель
OXL_01	GRUNDFOS UPS 25-80 180		охладитель
	Котлы		
EK1, EK2	Protherm Rejnok 24K		ИТП
	Гидробаки		
	Reflex 12		ИТП, охладитель
	Reflex NG 25		вторичная ветвь ТС
	Водоподготовка		
	Aqua product		Подпитка
	Грязевик		
	FF06-1AA		Подпитка
	Теплообменник		
	Alfa Laval, объем?		ГВС
	Alfa Laval, объем?		ТС
	Балансировочный вентиль		
TS_V1	Oventrop DN 15 VTR		ИТП
S2TR_Vxx	Oventrop DN 15 VPR		2-трубная система отопления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы В

S1TRR_Vxx	Oventrop DN 15 VPR		1-трубная система отопления (русская)
S1TR_Vxx	Oventrop DN 15 VPR		1-трубная система отопления
EK_V1, EK_V2	Oventrop DN 20 VTR		ИТП
OXLK_Vxx	Oventrop DN 20 VTR		охлаждение камер
	Холодильные агрегаты		
OXLK_xx	Ferrolì		охлаждение камер
	Ferrolì		на улице
	Термостатические регуляторы		
K1TR_Vxx	Oventrop Uni XH		1-трубная система отопления
K2TR_Vxx	Oventrop Uni LH		2-трубная система отопления
	Радиаторы		
			1-трубная система отопления
			1-трубная система отопления (русская)
			2-трубная система отопления
	Предохранительные клапаны		
	duco 2.5 bar		ИТП, вторичная ветвь ТС
	duco 4 bar 200kW		охладитель
	duco 8 bar		вторичная ветвь ГВС
	Контроллеры		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ

Лист

79

Продолжение таблицы В

FX15	Johnson Controls FX15		шкаф
FX16	Johnson Controls FX16		шкаф
	Модули ввода/вывода		
AI	AI Module MU-251		шкаф
AO	AO Module MU- 1231		шкаф
DO1,DO2	DO Module MU- 3253A		шкаф
DI	DI Module MU-3222		шкаф
RTDx	Tedia MU-812		шкаф
	Tedia PCI-1052		PC
	Автоматы		
FU0, FU1, FU2 (задняя стенка)	Varius FH000-3A/T		шкаф
FU1, FU2	OEZ OPV10		шкаф
FB1.1	OEZ MINIA LPN- 25B		шкаф
FB2.1	OEZ LSN-10B		шкаф
FB3.1	OEZ LSN-2C		шкаф
FB4.1, FB5.1, FB6.1	OEZ LSN-DC 4C		шкаф
	Источник питания		
1G	DRAN120-24A UPS		шкаф
	Реле		
REx, REx.x	Finder type 40.52	5	шкаф

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Продолжение таблицы В

FA1	Schneider Electric LRD 21		шкаф
KA1-KA6	SCHRACK YPT78704		шкаф
	Контакты		
KM1-KM5	SCHRACK LSDD0913		шкаф, насосы M1-5
KM6, KM7	SCHRACK LSR0404		шкаф, котлы
KM1 (задняя стенка)	Schneider Electric LC1-D18		шкаф
	Устройства защиты		
FA01	SCHRACK br573910		шкаф
	SCHRACK br900003		
FA02	SCHRACK bm617102		шкаф
	SCHRACK bm900001		сигнализация об отключении
FA1 - FA5	SCHRACK bm618106		
	SCHRACK bm900001		сигнализация об отключении
FA6, FA7	SCHRACK BM618340		шкаф
	SCHRACK bm900001		сигнализация об отключении
FA12	SCHRACK bm618106		шкаф
FA13	SCHRACK bm617106		шкаф
FB1-FB14	Плавкие предохранители	4	шкаф

Продолжение таблицы В

FB15-FB22	Плавкие предохранители		шкаф
	Трансформаторы		
TC	Elektrokov E 3245		шкаф, 400V-24V, сервоприводы разводов
TR1	SCHRACK LP822016		шкаф
	Розетки		
ZS1, ZV1			шкаф
	Переключатели		
SA1 - SA13 (H1 - H13)	SCHRACK MM216376	3	шкаф
	Светодиоды		
HL1	SCHRACK MM216558		шкаф, Авария
HL01	SCHRACK MM216563		шкаф, под напряжением
	Клемники (задняя стенка)		
X0			3+NPE
X1			
X2			DI
X3			
1X3			
2X3			
3X3			приводы перекл. Разводок отопления
	Клемники (передняя стенка)		

Продолжение таблицы В

X0			3+NPE
X1			
X2			
X3			
X4			
X11			насосы М1-5, котлы
	Дисплей		
	JC LP-DIS60P20-OC EL0939		шкаф
	Тепловой насос		
	Climate Master GSW060 ASF12 CFCS		
	Расходомер		
11,12	ENBRA Sontex Supercal 539		M-Bus
	Конвертер SV Tech IMP 5001S		Meter-Bus - RS-232
	Короб		
K1, K2, K3	Schneider Electric		
	ПО		
	MonitorSystem		Autec Engineering, National Instruments
	M-bus Explorer		SV Tech
	driver Tedia PCI- 1052		tedia.cz

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Таблица сигналов ввода/вывода

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица Г – Сигналы ввода/вывода

		<u>RTD1</u>	
	1	EK1_T1	Котел1 выход
	2	EK1_T2	Котел1 вход
	3	EK2_T1	Котел1 выход
	4	EK2_T2	Котел2 вход
	5	ITPP_T1	ИТП выход
	6	ITPP_T2	ИТП вход (к котлам)
		<u>RTD2</u>	
	1	TSALP_T1	1-я вход ТТС
	2	TSALP_T2	1-я выход ТТС
	3	TSALS_T1	2-я выход ТТС
0	4	TSALS_T2	2-я вход ТТС
1	5	RES	
2	6	RES	
		<u>RTD3</u>	
3	1	GVSALP_T1	1-я вход ТГВС
4	2	GVSALP_T2	1-я выход ТГВС
5	3	GVSALS_T1	2-я вход ТГВС
6	4	GVSALS_T2	2-я выход ТГВС
7	5	GVS_T	ГВС

Продолжение таблицы Г

8	6	GVSP_T	Вход ХВС (подпитка системы)
		<u>RTD4</u>	
9	1	S2TR_T11	1 стояк 2тр. разводка, вход
0	2	S2TR_T12	1 стояк 2тр. разводка, выход
1	3	S2TR_T21	2 стояк 2тр. разводка, вход
2	4	S2TR_T22	2 стояк 2тр. Разводка, выход
3	5	S2TR_T31	3 стояк 2тр. разводка, вход
4	6	S2TR_T32	3 стояк 2тр. разводка, выход
		<u>RTD5</u>	
5	1	S1TRR_T11	1 стояк 1тр. рос. разводка, вход
6	2	S1TRR_T12	1 стояк 1тр. рос. Разводка, выход
7	3	S1TRR_T21	2 стояк 1тр. рос. разводка, вход
8	4	S1TRR_T22	2 стояк 1тр. рос. разводка, выход
9	5	S1TRR_T31	3 стояк 1тр. рос. разводка, вход
0	6	S1TRR_T32	3 стояк 1тр. рос. разводка, выход
		<u>RTD6</u>	
1	1	S1TR_T11	1 стояк 1тр. разводка, вход

Продолжение таблицы Г

2	2	S1TR_T12	1 стояк 1тр. разводка, выход
3	3	S1TR_T21	2 стояк 1тр. разводка, вход
4	4	S1TR_T22	2 стояк 1тр. разводка, выход
5	5	S1TR_T31	3 стояк 1тр. разводка, вход
6	6	S1TR_T32	3 стояк 1тр. разводка, выход
		<u>RTD7</u>	
7	1	KK11_T11	Климатическая камера 1 стояк 1 этаж
8	2	KK12_T12	Климатическая камера 1 стояк 2 этаж
9	3	KK13_T13	Климатическая камера 1 стояк 3 этаж
0	4	KK21_T21	Климатическая камера 2 стояк 1 этаж
1	5	KK22_T22	Климатическая камера 2 стояк 2 этаж
2	6	KK23_T23	Климатическая камера 2 стояк 3 этаж
		<u>RTD8</u>	
3	1	KK31_T31	Климатическая камера 3 стояк 1 этаж
4	2	KK32_T32	Климатическая камера 3 стояк 2 этаж
5	3	KK33_T33	Климатическая камера 3 стояк 3 этаж
6	4	RES	

Продолжение таблицы Г

7	5	RES	
8	6	ITP_T0	Помещение
		<u>RTD9</u>	
9	1	OXL_T11	Охладитель 1-ый ввод
0	2	OXL_T12	Охладитель 1-ый вывод
1	3	OXL_T13	Охладитель бак
2	4	OXL_T21	Охладитель 2-ый ввод
3	5	OXL_T22	Охладитель 2-ый вывод
4	6	RES	
		<u>DO1</u>	
	1	SP2TR-O	Сервопривод 2 Трубная Разводка - Открытие
	2	SP2TR-Z	Сервопривод 2 Трубная Разводка - Закрытие
	3	SP1TRR-O	Сервопривод 1 Трубная Разводка РУС - Открытие
	4	SP1TRR-Z	Сервопривод 1 Трубная Разводка РУС - Закрытие
	5	SP1TR-O	Сервопривод 1 Трубная Разводка - Открытие
	6	SP1TR-Z	Сервопривод 1 Трубная Разводка - Закрытие
	7	OXLKK11_1	Охлаждение Климатическая Камера 1Стойк 1Этаж 1 Степень
	8	OXLKK11_2	Охлаждение Климатическая Камера 1Стойк 1Этаж 2 Степень
	9	OXLKK11_3	Охлаждение Климатическая Камера 1Стойк 1Этаж 3 Степень

Продолжение таблицы Г

	10	OXLKK12_1	Охлаждение Климатическая Камера 1 Стояк 2 Этаж 1 Степень
	11	OXLKK12_2	Охлаждение Климатическая Камера 1 Стояк 2 Этаж 2 Степень
	12	OXLKK12_3	Охлаждение Климатическая Камера 1 Стояк 3 Этаж 3 Степень
	13	OXLKK13_1	Охлаждение Климатическая Камера 1 Стояк 3 Этаж 1 Степень
	14	OXLKK13_2	Охлаждение Климатическая Камера 1 Стояк 3 Этаж 2 Степень
	15	OXLKK13_3	Охлаждение Климатическая Камера 1 Стояк 3 Этаж 3 Степень
	16	OXLKK21_1	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 1 Этаж 1 Степень
	17	OXLKK21_2	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 1 Этаж 2 Степень
	18	OXLKK21_3	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 1 Этаж 3 Степень
	19	OXLKK22_1	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 2 Этаж 1 Степень
	20	OXLKK22_2	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 2 Этаж 2 Степень
	21	OXLKK22_3	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 2 Этаж 3 Степень
	22	OXLKK23_1	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 3 Этаж 1 Степень
	23	OXLKK23_2	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 3 Этаж 2 Степень
	24	OXLKK23_3	Охлаждение Климатическая Камера 2 Стояк 3 Этаж 3 Степень
	25	OXLKK31_1	Охлаждение Климатическая Камера 3 Стояк 1 Этаж 1 Степень

Продолжение таблицы Г

	5	GVSP_P	Горячее Водоснабжение подпитка
	6	OXL_P1	Охлаждение 1-я ветвь
	7	OXL_P2	Охлаждение 2-я ветвь
	8	RES	
		<u>DI</u>	Отображение состояния
	1	RV1:1	Вентиль котла1 открыт
	2	RV1:2	Вентиль котла1 закрыт
	3	RV2:1	Вентиль котла2 открыт
	4	RV2:2	Вентиль котла2 закрыт
	5	RES	
	6	RES	
	7	RES	
	8	RES	
	9	SP2TR	Вентиль 2тр. Разводки открыт
	10	SP2TR	Вентиль 2тр. Разводки закрыт
	11	SP1TRR	Вентиль 1тр.р. Разводки открыт
	12	SP1TRR	Вентиль 1тр.р. Разводки закрыт
	13	SP1TR	Вентиль 1тр. Разводки открыт
	14	SP1TR	Вентиль 1тр. Разводки закрыт
	15	M1	Циркуляционный насос M1
	16	M2	Циркуляционный насос M2
	17	M3	Циркуляционный насос M3
	18	M4	Циркуляционный насос M4
	19	M5	Циркуляционный насос M5
	20	NC	
	21	GSW060	Тепловой насос GSW060

Продолжение таблицы Г

	22	EK1	Активность котла1
	23	EK2	Активность котла2
		АО	
	1	Tsim (T20)	Моделирование температуры окружающей среды
	2	RES	
		Тепловой насос	Управляется MonitorSystem
	1		Температура выключения
	2		Температурный гистерезис
		FX 15	
	2AI01	P01	Давление в системе первичного контура
	2AI02	P02	Давление в системе вторичного контура ТС
	2AI03	RES	Резерв
	2AI04	RES	Резерв
	2AI05	RES	Резерв
	2AI06	RES	Резерв
	2AO01	RES	Резерв
	2AO02	RES	Резерв
	2AO03	RES	Резерв
	2AO04	RES	Резерв
	2DI01	53.01 (Th1.1)	Минимальное давление в первичном контуре
	2DI02	53.02 (Th2.1)	Минимальное давление во вторичном контуре ТС
	2DI03	M1	Ход циркуляционного насоса 1
	2DI04	M2	Ход циркуляционного насоса 2

Продолжение таблицы Г

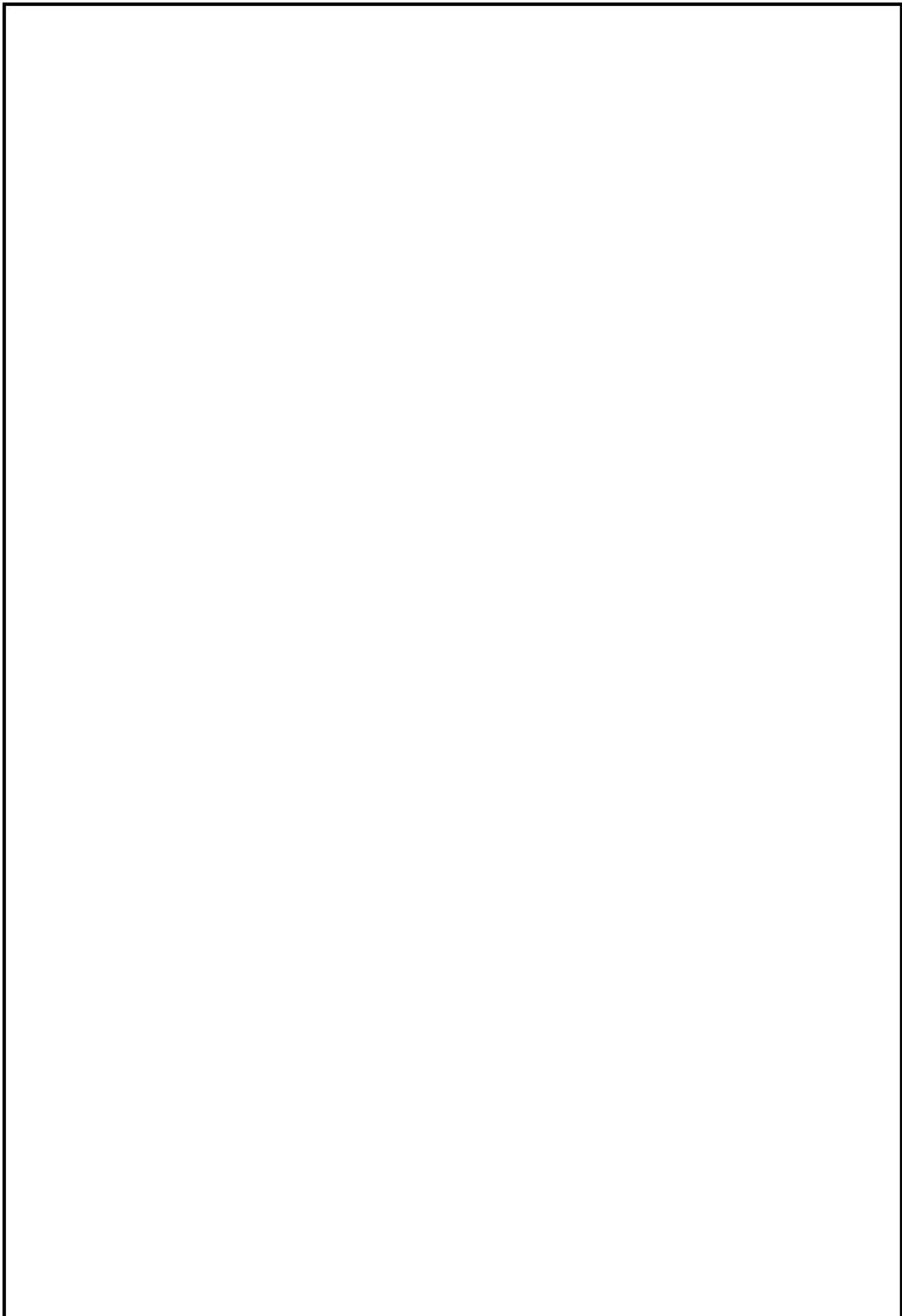
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Продолжение таблицы Г

1DI01	T54.01	Аварийный перегрев - выход Котёл 1
1DI02	T54.02	Аварийный перегрев - выход Котёл 2
1DI03	T54.04	Аварийный перегрев - теплообменник ТС
1DI04	T54.03	Аварийный перегрев - теплообменник ГВС
1DI05	T51.01	Перегрев помещения ИТП
1DI06	52.01	Затопление водой помещения ИТП
1DI07	TL1	Прекращение сигнала аварии (кнопка)
1DI08	EK1	Активность котла1
1DO01	EK1_Ten2	Управление мощностью Котла 1- ТЭН 2
1DO02	EK1_Ten3	Управление мощностью Котла 1- ТЭН 3
1DO03	RES	Резерв
1DO04	RV1(UK1.1)	Привод вентиля выхода - Котёл 1
1DO05	RV2(UK1.2)	Привод вентиля выхода - Котёл 2
1DO06	EK2_Ten2	Управление мощностью Котла 2 – ТЭН 2
1DO07	EK2_Ten3	Управление мощностью Котла 2 – ТЭН 3
1DO08	RES	Резерв

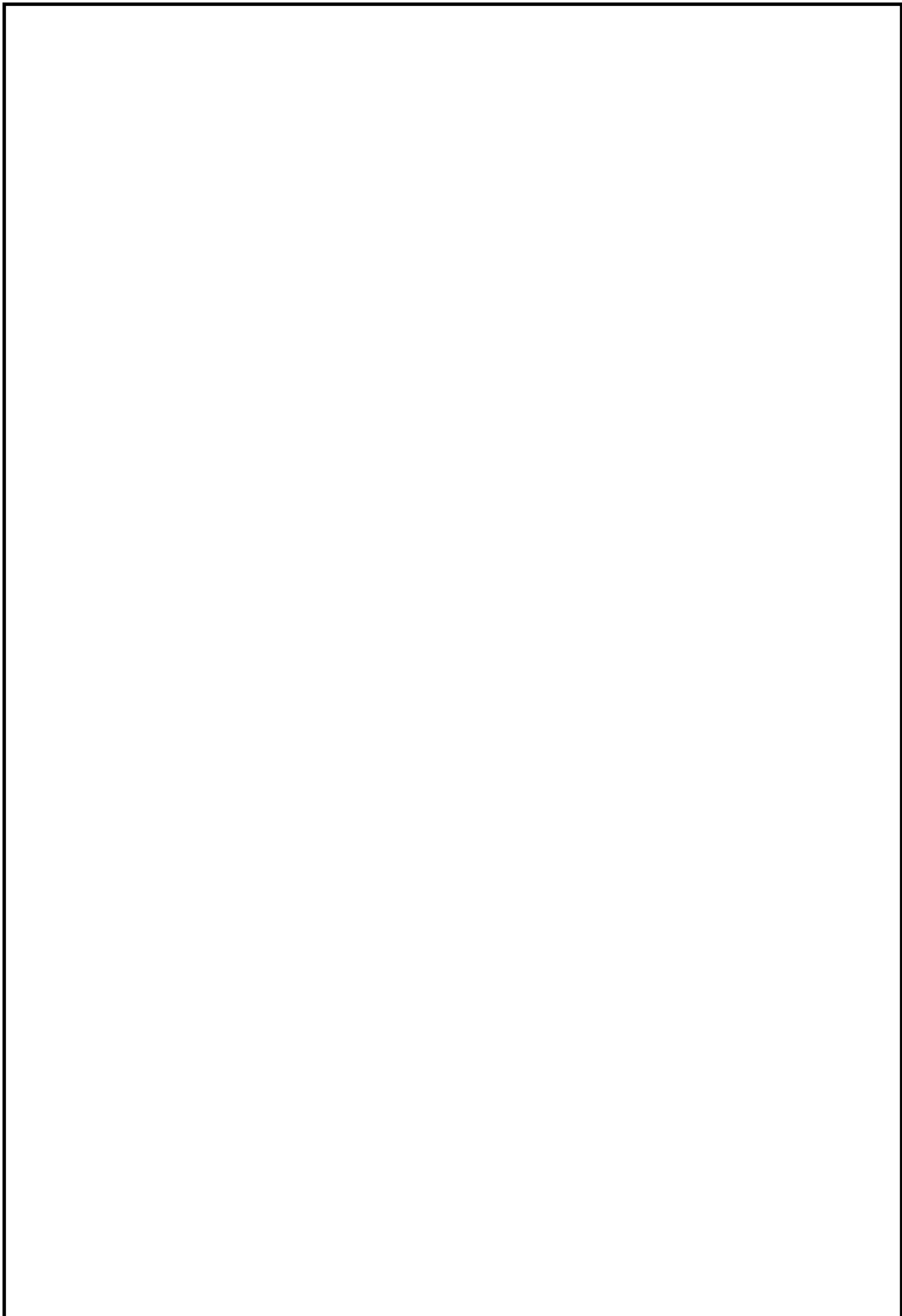
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Отчет о патентном исследовании

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95



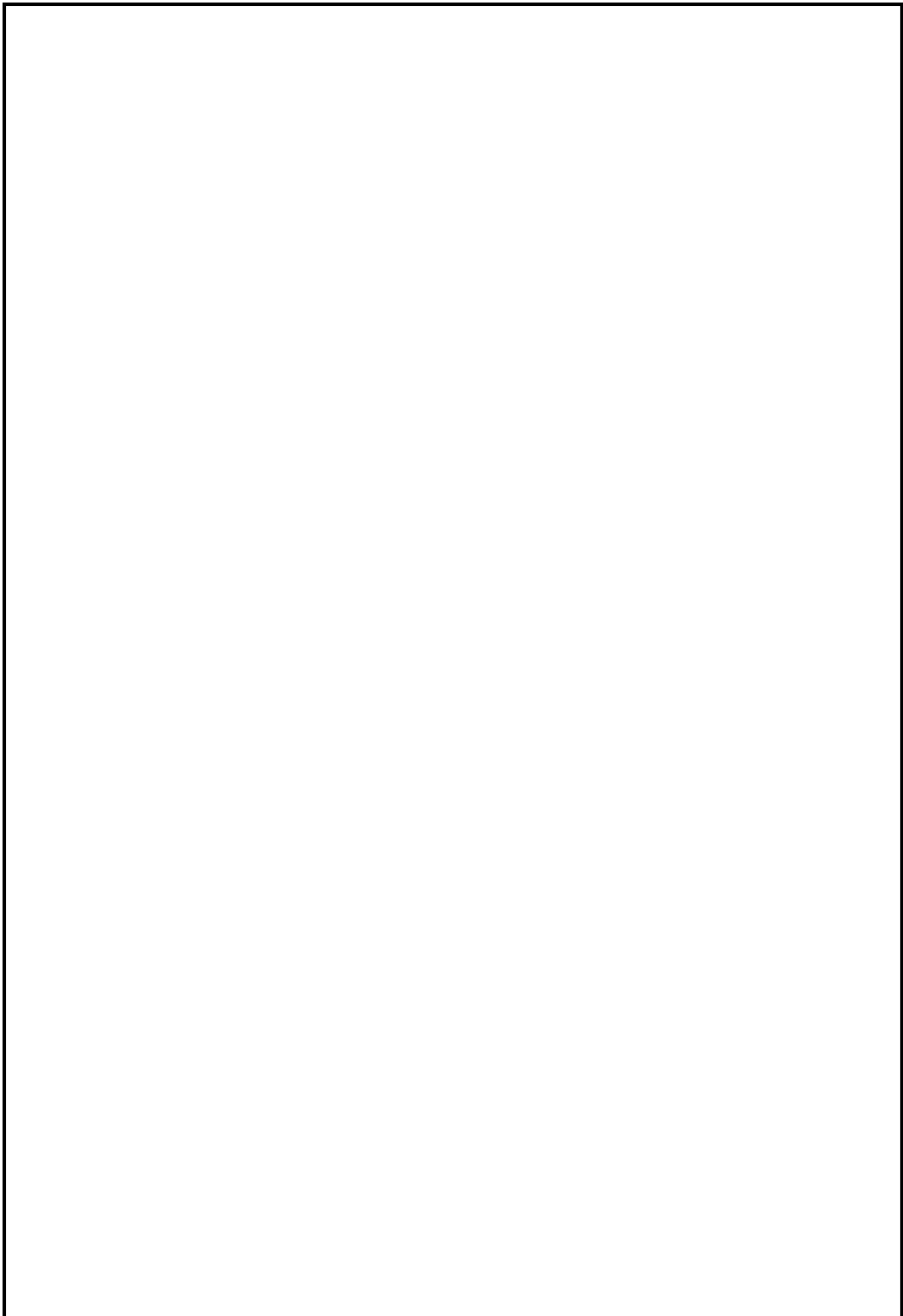
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

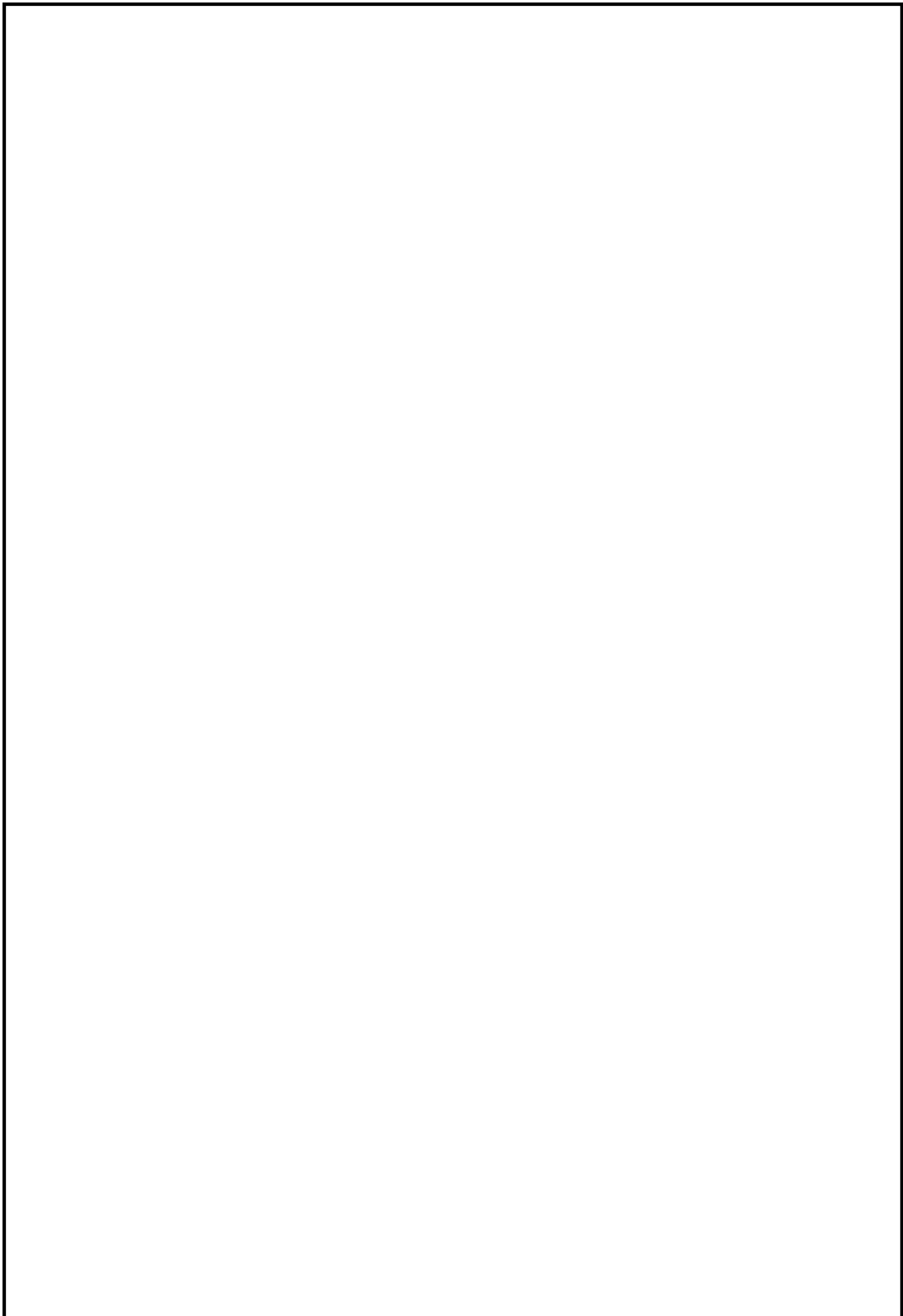


					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

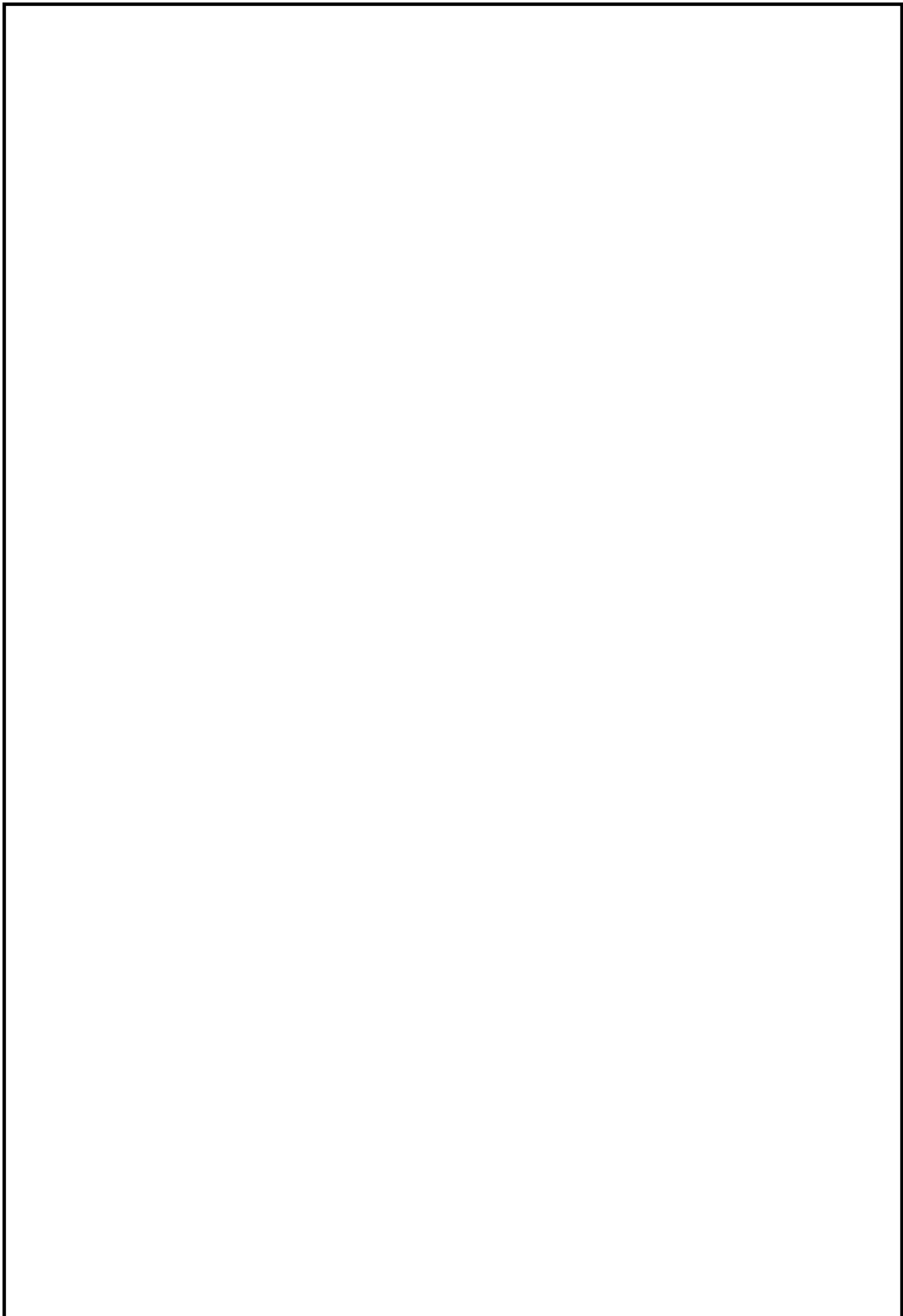
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



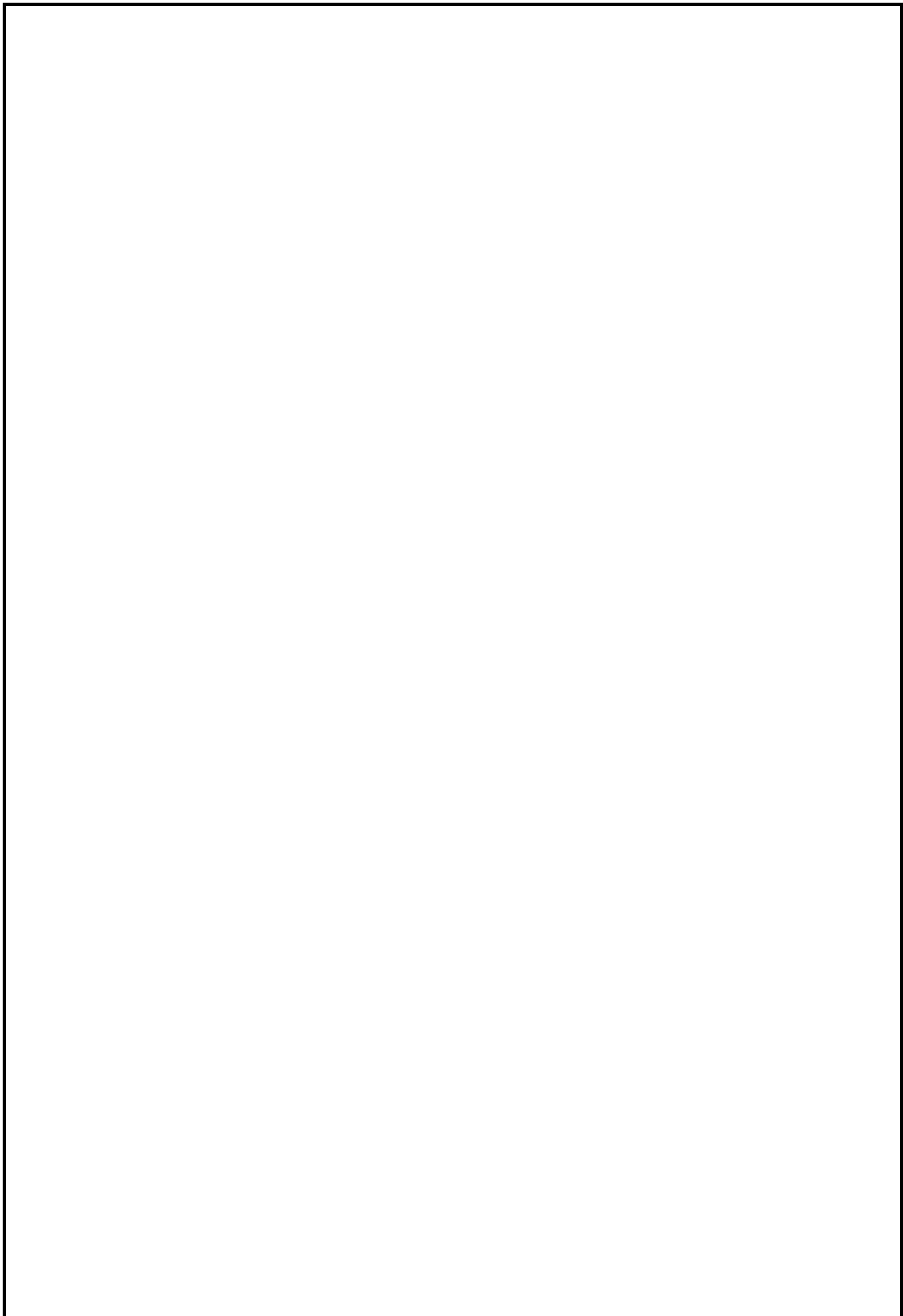
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



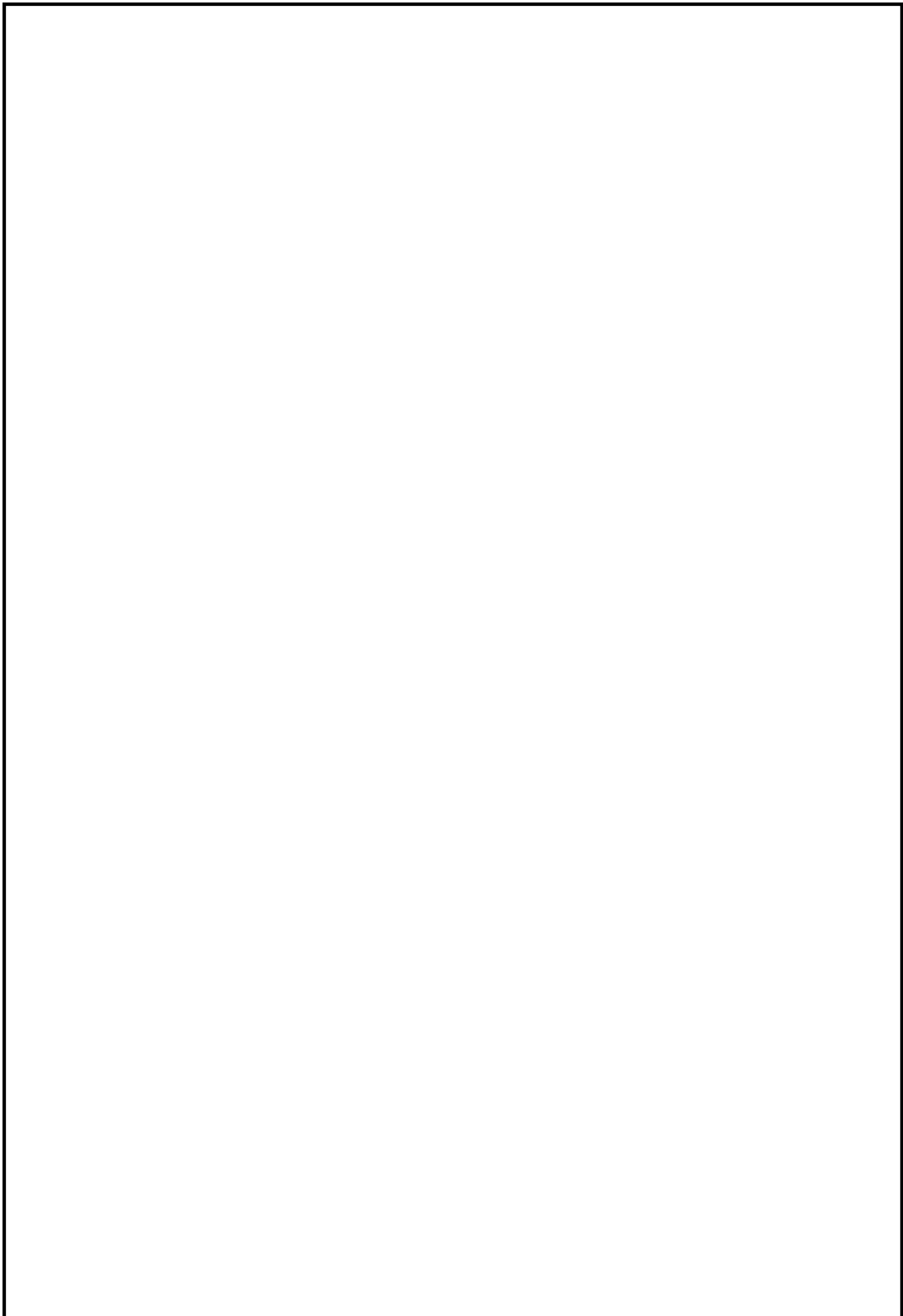
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

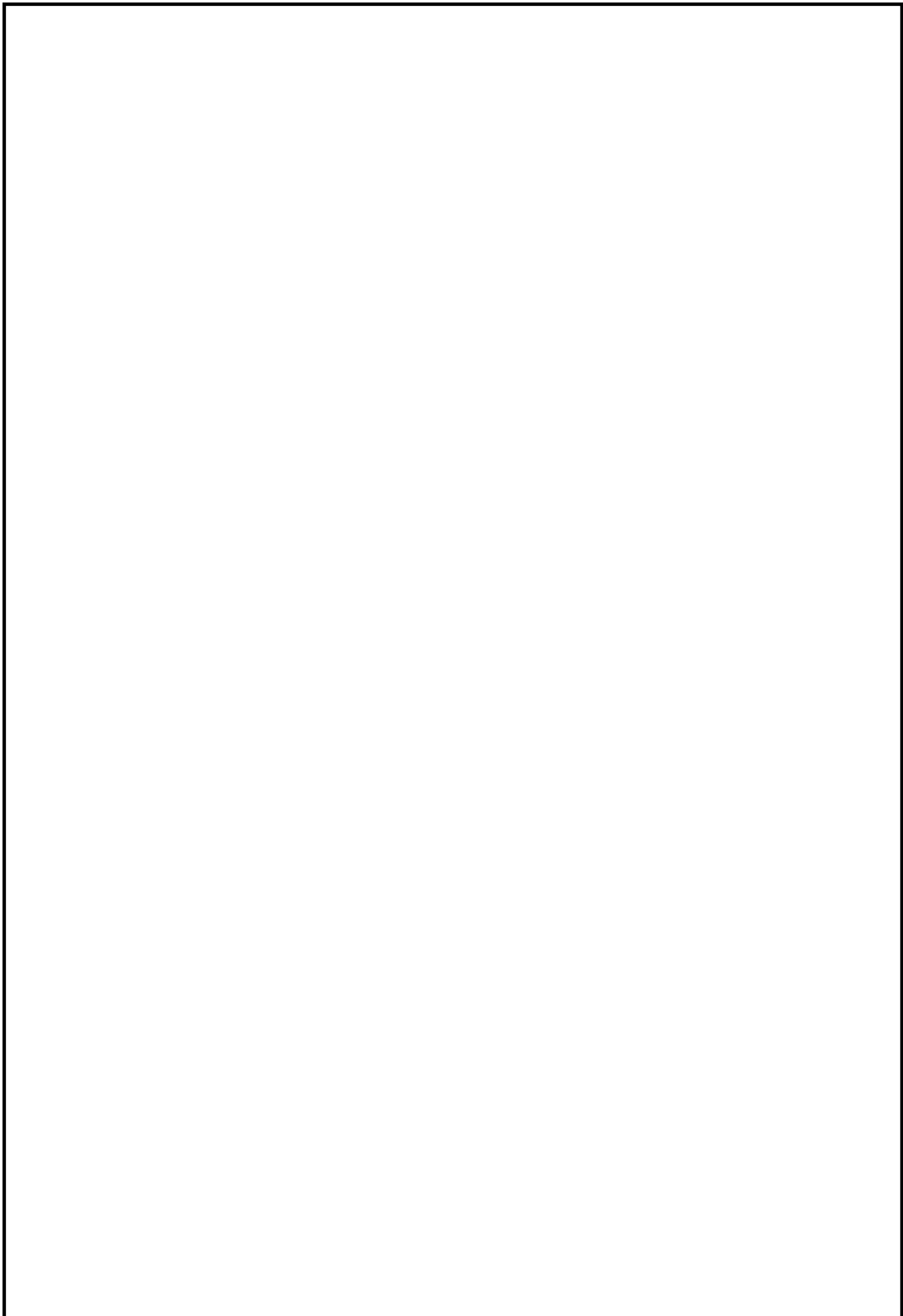


					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

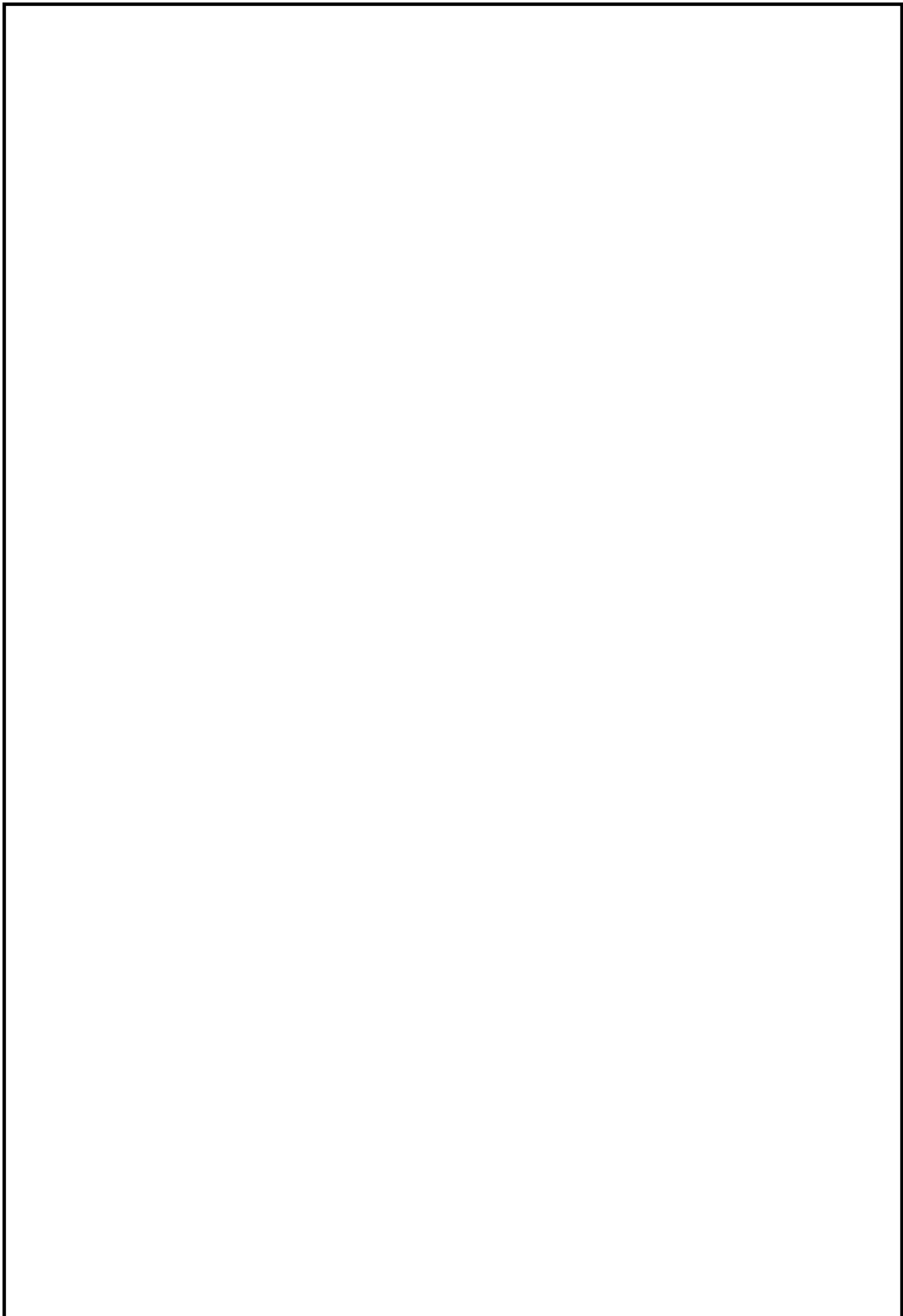
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		107

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Материалы визуализации

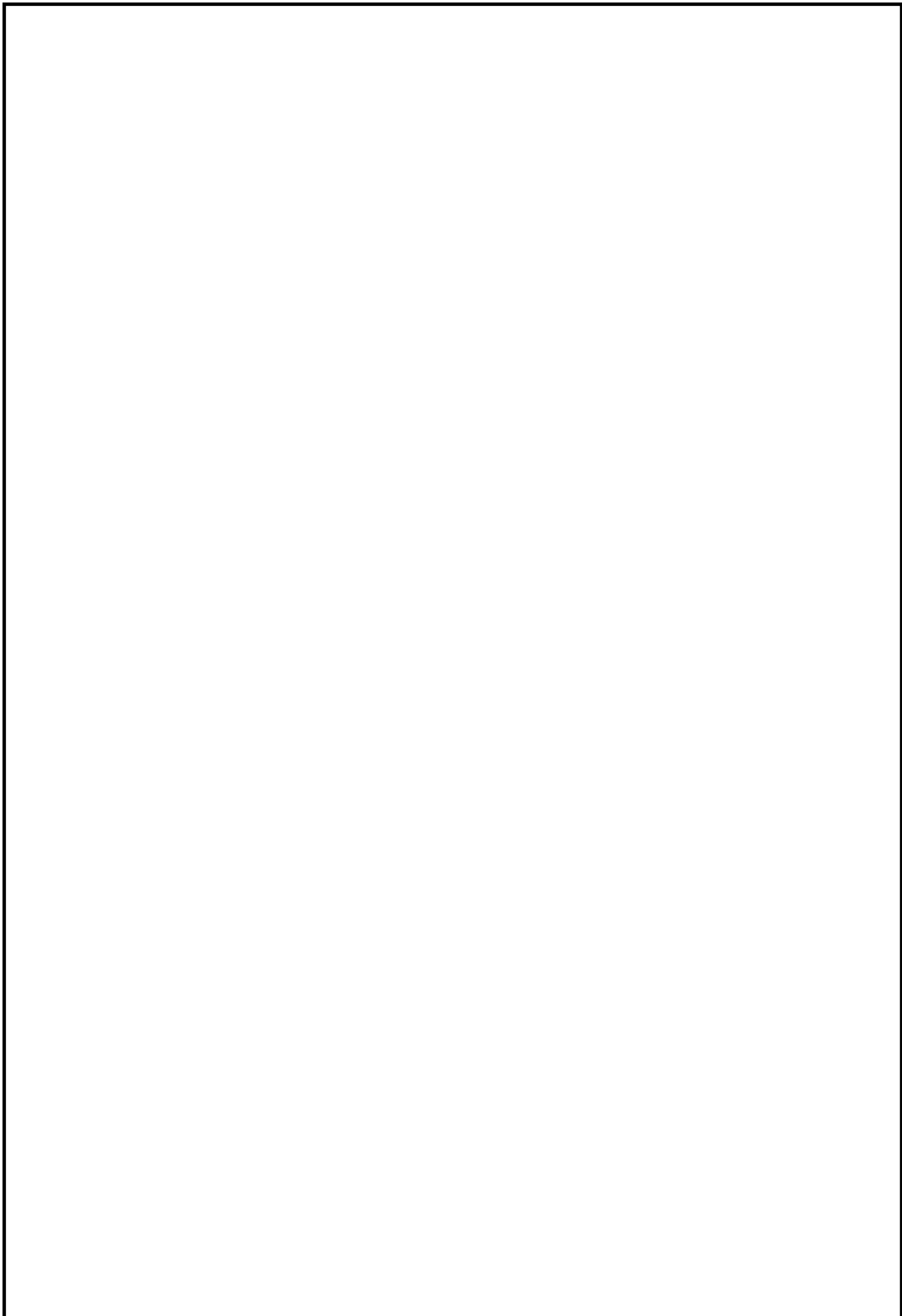
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		108



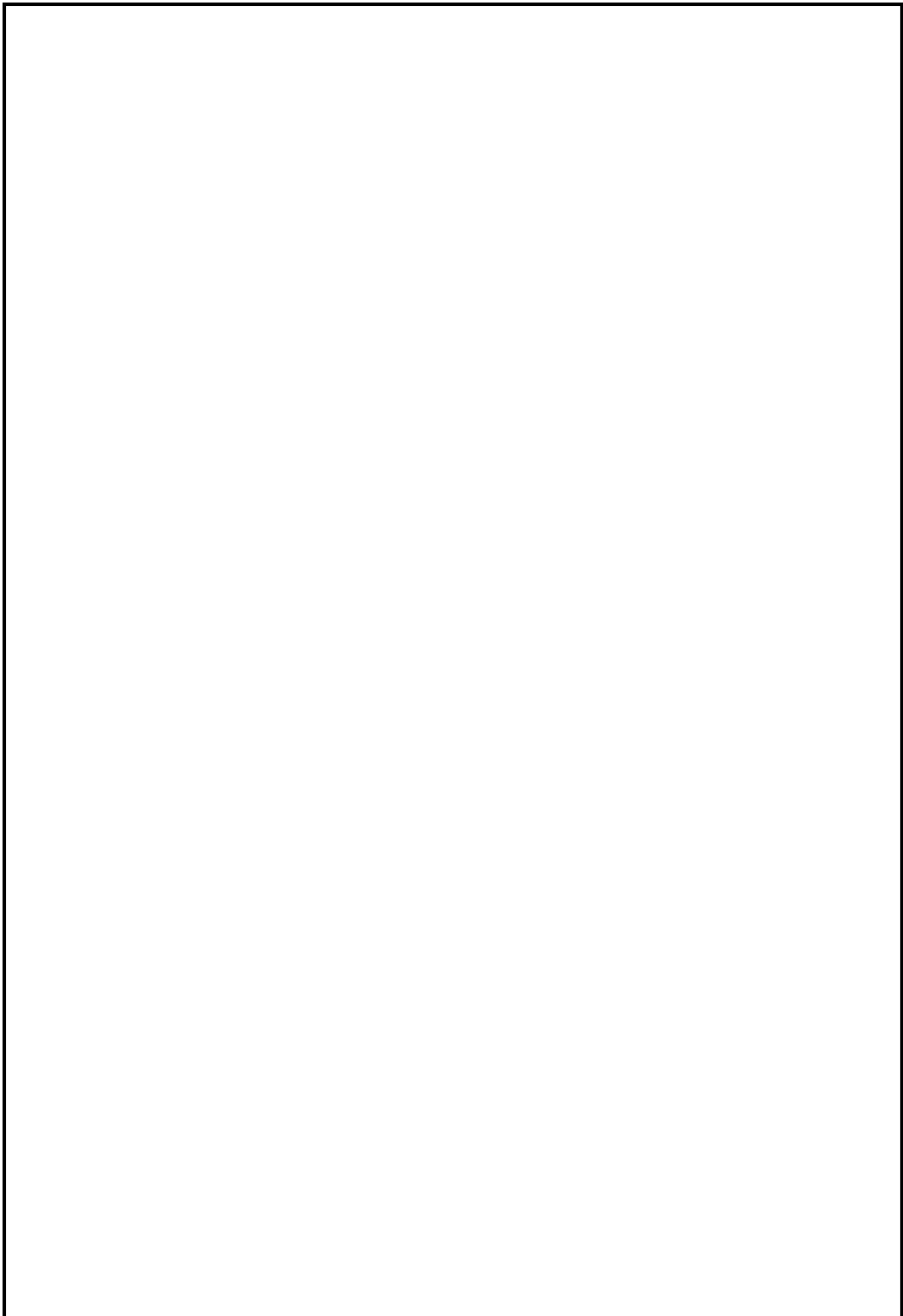
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109



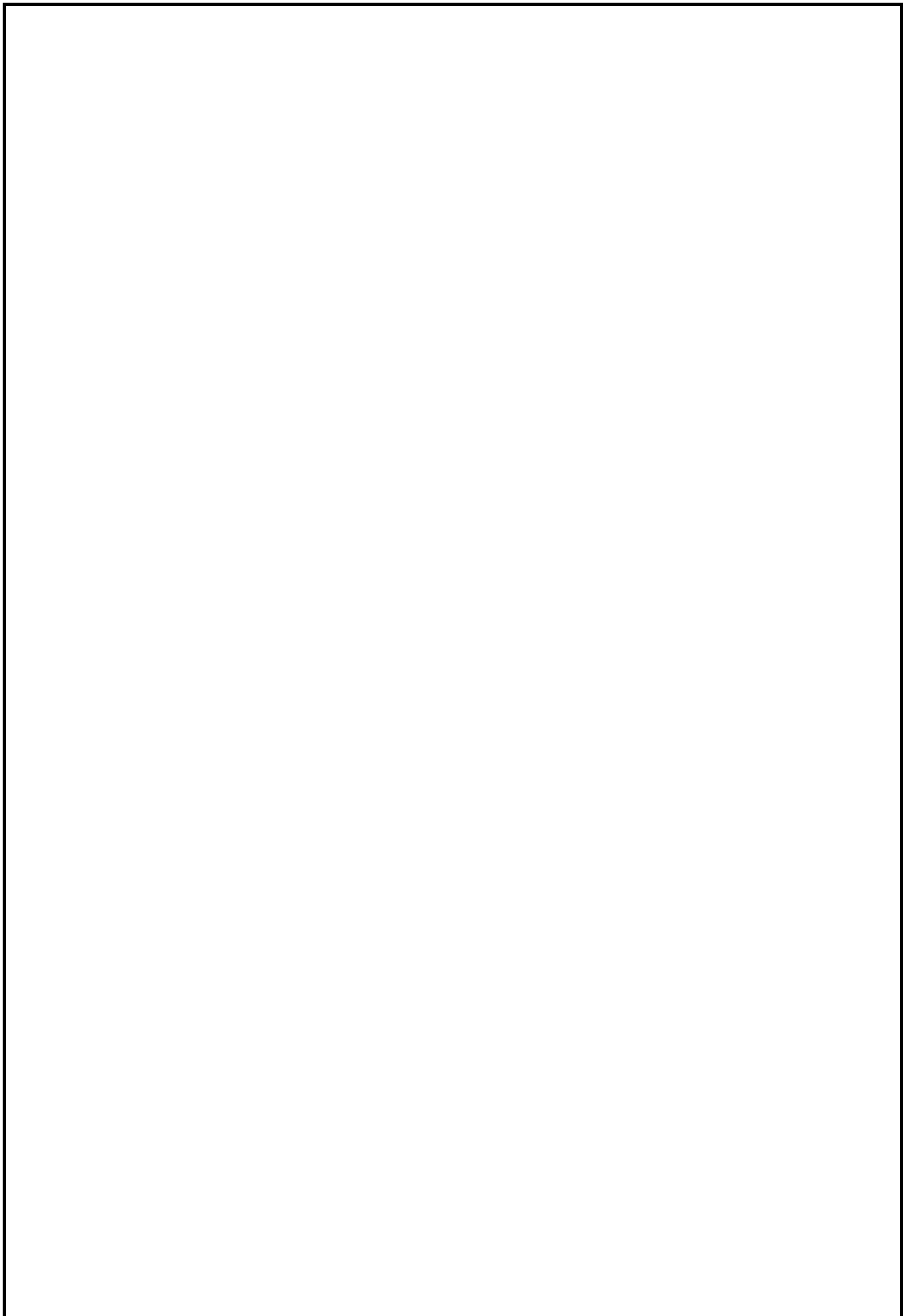
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

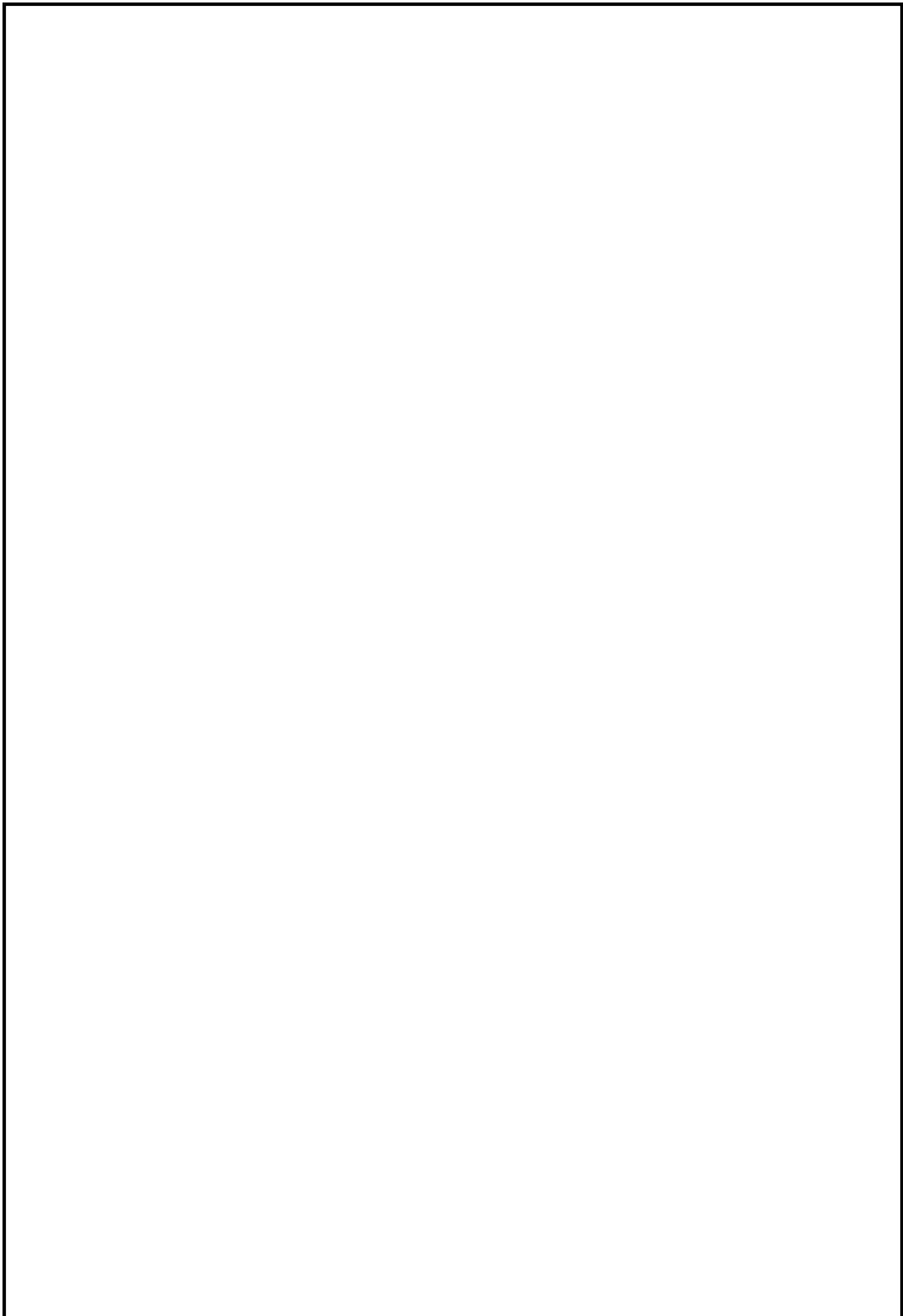


					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

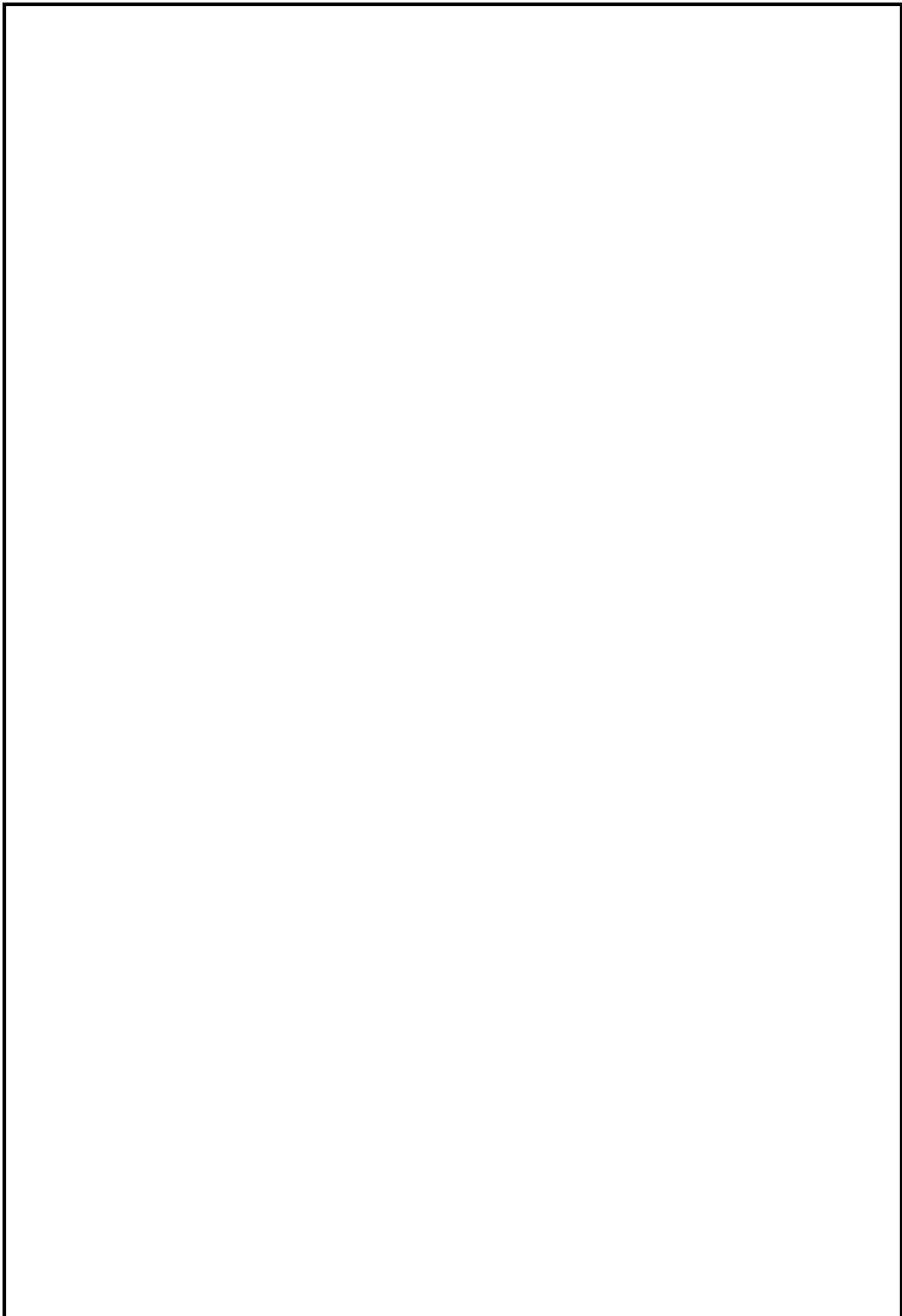


					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

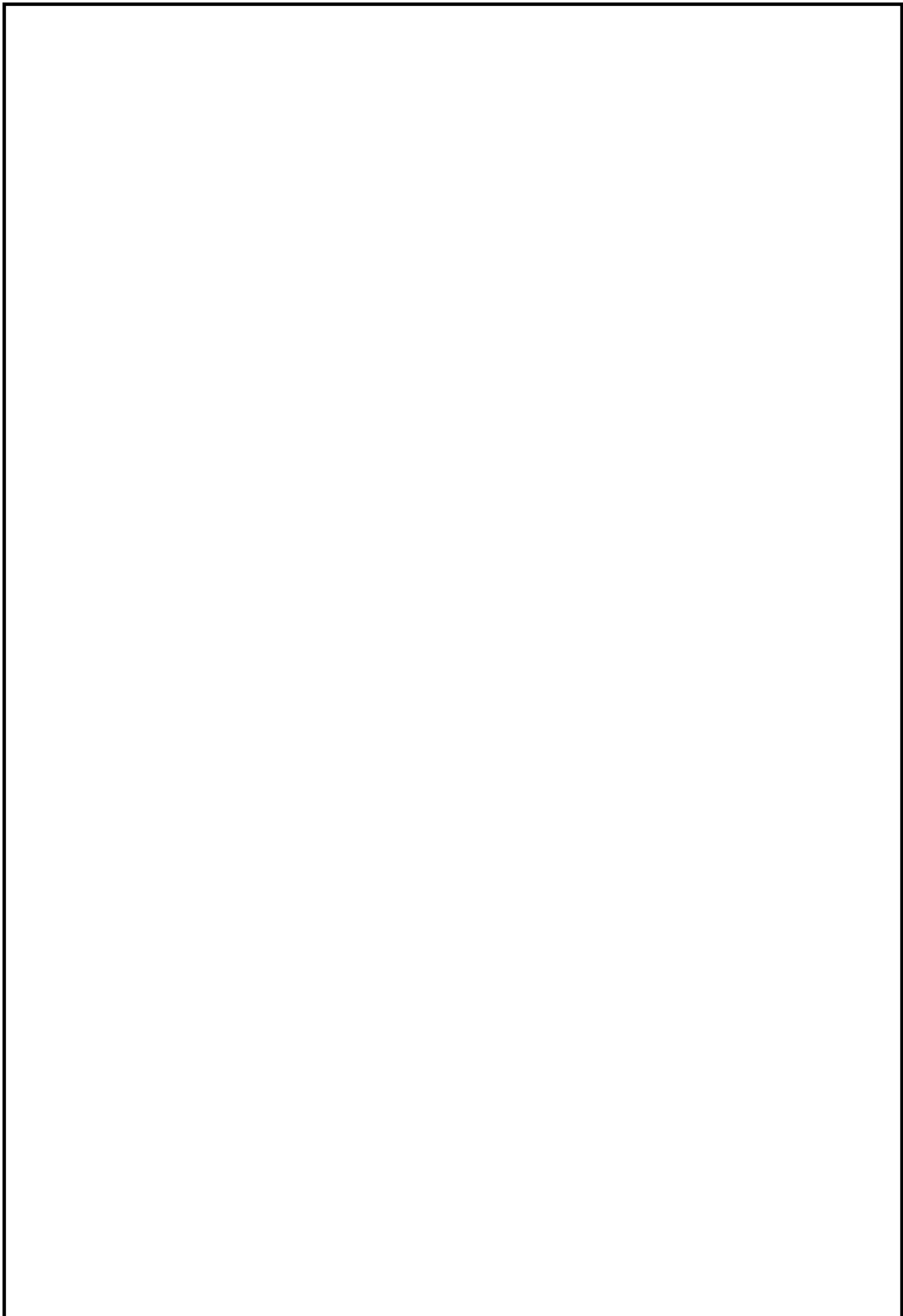


					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

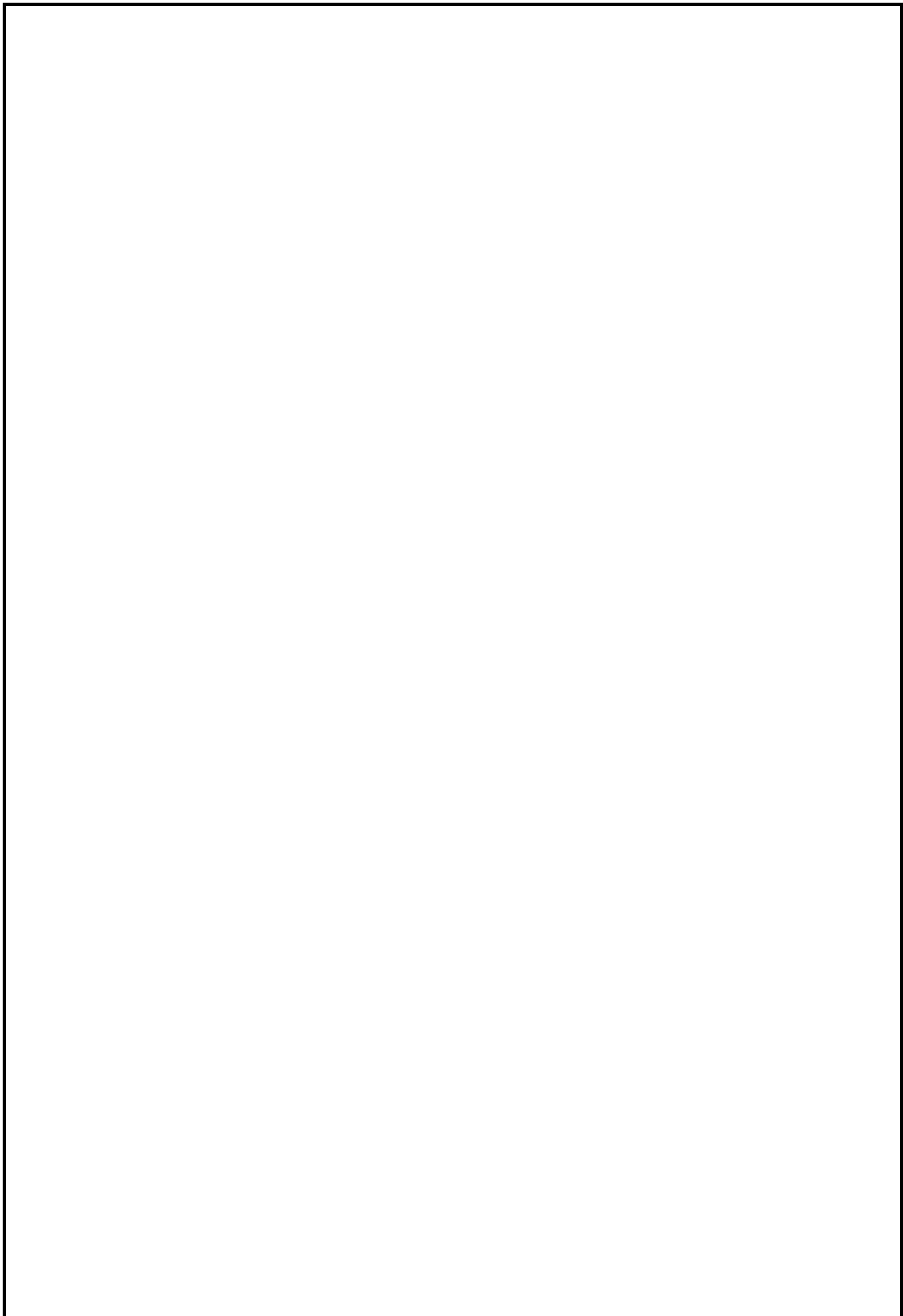


					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

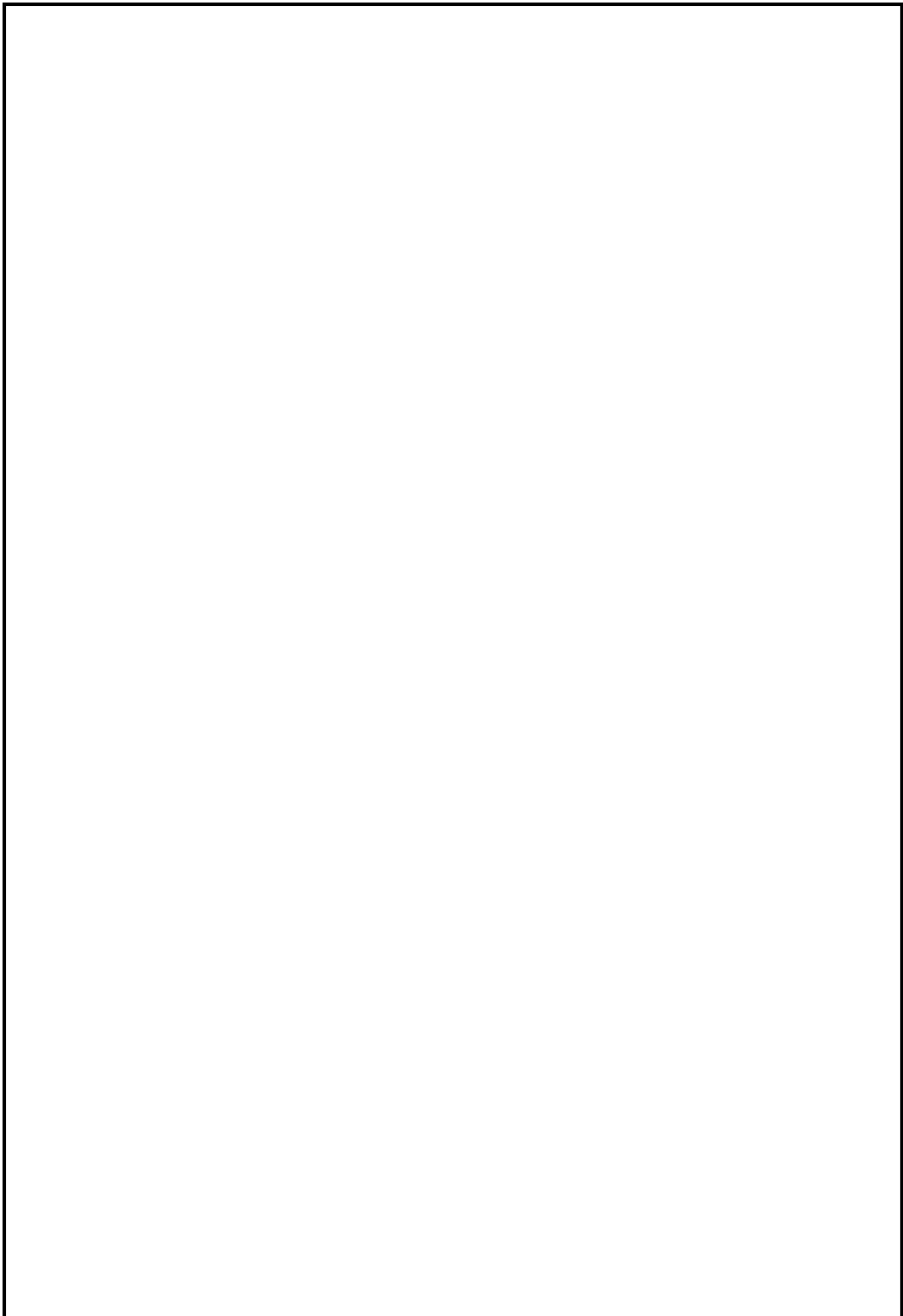
					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						118
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						121
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					ЮУрГУ–15.04.04.2017.375.00.00 ПЗ	Лист
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		