



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

Кафедра
автоматизации
и управления

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА

Методические указания по производственной практике для студентов
специальности 5В070200 – Автоматизация и управление

Алматы 2018

СОСТАВИТЕЛЬ: Б.А.Чернов. Производственная практика. Методические указания по производственной практике для студентов специальности 5В070200 – Автоматизация и управление. – Алматы: НАО АУЭС, 2018. – 24 с.

В методических указаниях описываются организация и проведение производственной практики студентов специальности 5В070200 – Автоматизация и управление. Подробно рассматриваются цели, задачи, индивидуальное задание и базы производственной практики, а также составление и оформление отчёта по производственной практике. Даются сведения по таким аспектам практической автоматики, как системы автоматического управления и регулирования, исполнительные устройства, регулирующие органы, электрические, пневматические и гидравлические регуляторы, электронные измерительные приборы. Данная информация поможет студентам-практикантам лучше ориентироваться в производственно-технических вопросах.

Ил. 2, библиогр. – 12 назв.

Рецензент: старший преподаватель кафедры электрических станций и электроэнергетических систем АУЭС А.А. Абдурахманов

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2018 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2018 г.

Содержание

1 Общие положения.....	4
2 Цели и задачи производственной практики.....	4
2.1 Особенности производственной практики в конце 2 курса.....	5
2.2 Особенности производственной практики в конце 3 курса.....	5
3 Индивидуальное задание по производственной практике.....	6
4 Базы производственной практики.....	7
5 Практическая автоматика.....	8
5.1 Системы автоматического регулирования.....	8
5.2 Классификация автоматических регуляторов.....	12
5.3 Электрические регуляторы	13
5.4 Пневматические регуляторы.....	15
5.5 Гидравлические регуляторы.....	16
5.6 Исполнительные устройства.....	17
5.7 Дроссельные регулирующие органы.....	18
5.8 Электронные измерительные приборы.....	20
6 Составление и оформление отчёта по производственной практике.....	21
Перечень сокращений.....	22
Список литературы.....	23

1 Общие положения

1.1 Обязательным компонентом образовательной программы является профессиональная практика, направленная на закрепление результатов теоретического обучения, приобретение практических навыков и компетенций, освоение инновационных технологий. В соответствии с рабочими учебными программами и рабочими учебными планами профессиональная практика подразделяется на учебную, производственную и преддипломную. Виды, сроки, объём и содержание профессиональной практики определяются стандартами, типовыми и рабочими учебными планами и программами [1-2].

1.2 Рассматриваемая в данной методической разработке производственная практика имеет цель, задачи и программу [3], исходя из которых определяется соответствующая база производственной практики (раздел 4). Программа производственной практики согласовывается с одной из основных баз практики и утверждается ректором университета. Программа производственной практики по своему содержанию отражает профиль специальности 5В070200, специфику вида практики, требования профессиональных стандартов и образовательной программы, а также характер деятельности учреждения, технологического процесса и объекта практики. Данная программа периодически обновляется для соответствия современным достижениям науки и техники и инновационным технологиям, применяемым на базах практики.

1.3 Направление обучающихся на производственную практику оформляется приказом ректора университета с указанием сроков прохождения, базы практики и руководителя практики от университета. При этом выдаются рабочий план-график производственной практики, направление и дневник-отчёт о прохождении производственной практики.

Обучающийся университета по итогам производственной практики представляет отчёт на кафедру «Автоматизация и управление», который проверяется руководителем и консультантом и защищается перед комиссией, созданной распоряжением заведующего кафедрой. Результаты защиты отчёта оцениваются по балльно-рейтинговой буквенной системе оценок.

2 Цели и задачи производственной практики

Целью производственной практики являются закрепление профессиональной компетенции, приобретение практических навыков и опыта профессиональной деятельности.

Основными задачами производственной практики являются:

- изучение видов профессиональной деятельности по специальности 5В070200, их функций и задач;
- закрепление теоретических знаний и формирование на этой основе профессиональных умений, навыков и компетенций;
- овладение инновационными технологиями, передовыми методами труда и производства;

- приобретение организаторского и профессионального опыта;
- приобретение навыков командной работы, компетенций корпоративных принципов управления;
- овладение умением самостоятельно планировать свою деятельность, устанавливать полезные контакты с коллегами, определять ролевую профессиональную позицию, формировать чувство ответственности.

Производственная практика проводится и организуется для обучающихся, начиная со 2-го курса и до выпуска обучающихся.

2.1 Особенности производственной практики в конце 2 курса

Первая производственная практика в конце 2-го курса имеет эксплуатационно-ознакомительный характер и проводится для закрепления общеобразовательных курсов и перехода к изучению специальных дисциплин. При прохождении практики студенты-практиканты должны ознакомиться:

- с административной структурой предприятия;
- с производственными процессами получения электрической и тепловой энергии;
- с технологическими процессами и технологическим оборудованием;
- с конструкцией отдельного технологического агрегата, например, парового или водогрейного котлов, паровой или газовой турбин, компрессора, установки химической обработки исходной воды, насоса, вентилятора, кондиционера, нагревательной печи, электротермической установки;
- с термодинамическими, теплофизическими и физико-химическими процессами, происходящими в агрегате;
- с перечнем измеряемых, управляемых и регулируемых параметров;
- со структурой измерительных каналов и контуров регулирования, с их аппаратурной реализацией;
- с организацией обслуживания и метрологической поверки технических средств автоматизации;
- с экономическими и экологическими аспектами предприятия, с обеспечением безопасности жизнедеятельности.

Студенты-практиканты должны получить навыки в настройке и лабораторной проверке датчиков, вторичных приборов, регуляторов, исполнительных устройств и механизмов, а также в расчете сужающих устройств.

При прохождении практики в тематической научно-исследовательской лаборатории «АСУТП» при кафедре «Автоматизация и управление» практиканты знакомятся с постановкой научно-исследовательской работы на упомянутой кафедре для своей дальнейшей ориентации в научных исследованиях.

2.2 Особенности производственной практики в конце 3 курса

Вторая производственная практика в конце 3-го курса имеет проектно-эксплуатационный характер и проводится для закрепления знаний по специ-

альным дисциплинам. Конкретизируя начало данного раздела, задачами практики в данном случае являются:

- изучение технологии конкретного производства;
- получение широких представлений о технологических схемах предприятия, конструкции и компоновки технологического оборудования основных цехов;
- приобретение навыков работы в трудовом коллективе при наладке, эксплуатации и ремонте систем автоматизации;
- ознакомление со структурой управления производственным процессом, составом операторских пунктов управления и компоновкой на них технических средств автоматизации;
- изучение планирования и финансирования разработок, охраны интеллектуальной собственности;
- освоение действующих стандартов, технических условий, положений и инструкций по разработке, созданию и ведению проектно-конструкторской и нормативно-технической документации;
- изучение и освоение технологий проектирования автоматизированных средств и систем автоматизации и управления, определения экономической эффективности исследований и разработок;
- изучение и освоение пакетов программ компьютерного моделирования и проектирования средств и систем автоматизации и управления;
- освоение правил проведения патентных исследований, оформления прав интеллектуальной собственности на технические и программные разработки и изобретения;
- освоение Интернет-технологий и технологий работы с периодическими, реферативными и информационно-справочными изданиями по профилю специальности 5В070200.

В соответствии с изложенными задачами и рабочим план-графиком производственной практики студенты-практиканты выполняют индивидуальные задания (раздел 3), могут выполнять работы по ремонту, наладке и эксплуатации технических средств автоматизации, слушать лекции.

Изучение технологии конкретного производства и его системы автоматизации проводится по технической литературе и проектной документации. При этом практикант должен проявить инициативу, самостоятельность.

При прохождении производственной практики в научно-исследовательских и опытно-конструкторских организациях и фирмах студенты-практиканты приобретают первичные навыки проведения экспериментальных исследований и обработки опытных данных.

3 Индивидуальное задание по производственной практике

Наряду с ознакомлением с производством, получением производственных навыков, каждый студент-практикант выполняет индивидуальное задание по изучению систем автоматизации. Это могут быть измерительные сис-

темы, системы автоматического управления (САУ) и регулирования (САР), системы сигнализации, защиты, блокировок и управления технологическим процессом и производством, системы автоматического контроля технологических параметров. При этом индивидуальное задание направлено на изучение функционирования, схем, конструкций, статических и динамических характеристик, регулировочных и нагрузочных зависимостей технических средств, входящих в состав отдельных измерительных каналов и контуров регулирования, методов их проверки и настройки. Индивидуальное задание, выдаваемое каждому студенту-практиканту и записанное в его рабочем плане-графике, отражает основное содержание работы, выполняемой студентом-практикантом в период прохождения производственной практики.

Данное задание должно предусматривать также изучение конкретных вопросов обеспечения безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты. Поэтому рекомендуется дополнительно изучить один из следующих вопросов: организация рабочего места, микроклимат на рабочем месте, защита от воздействия вредных веществ, естественное и искусственное освещение рабочего места, электробезопасность, противопожарные меры на рабочем месте.

4 Базы производственной практики

В качестве базы для проведения производственной практики обучающихся определяются организации, уставная или лицензионная деятельность которых соответствует профилю подготовки обучающегося и требованиям образовательной программы, имеющие квалифицированные кадры для осуществления руководства производственной практикой и материально-техническую базу. К таким предприятиям относятся тепловые электростанции, автоматизированные насосные станции тепловых сетей, котельные, научно-исследовательские, проектные и опытно-конструкторские фирмы, промышленные предприятия и другие хозяйствующие субъекты производственного профиля, оснащённые современным электронным оборудованием, измерительной, регулирующей и компьютерной техникой. Например: АО «Алматинские электрические станции» (департаменты ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, Западный тепловой комплекс - ЗТК), АО «Алматинские тепловые сети», ТОО «Zeinet», АО «Казахтелеком», «Карачаганак Петролеум Оперейтинг Б.В.», ТОО «Алматинский электромеханический завод», АО «Кегок», АО «Алатау Жарык Компаниясы», ТОО «VerBulak», ТОО «ТЕСЛА-2», ТОО «Алматытеплокоммунэнерго», ТОО «Корпорация Сайман-приборостроительный завод», АО «Кентауский трансформаторный завод», ДТОО «Институт космической техники и технологий», ТОО «Системотехника», АО «Атырау жарык», ТОО «ХАНИУЭЛ-АСУ» и др.

С организацией, определённой в качестве базы производственной практики, заключается трёхсторонний договор о проведении производственной практики с указанием её вида, составленный на основе типовой формы [2]. Данный договор заключается не позднее, чем за один месяц до начала прак-

тики. В договоре определяются обязанности и ответственность университета, предприятия (учреждения, организации), являющегося базой производственной практики, и обучающихся. Обучающимся по производственной практике назначаются руководители от университета и от предприятия – базы практики. При необходимости - назначаются консультанты.

При производственной необходимости обучающиеся (практиканты) принимаются на временную работу на определённые должности с оплатой их труда. Организация, являющаяся базой производственной практики, предоставляет места для прохождения обучающимися производственной практики в соответствии с её программой и обеспечивает обучающимся безопасные условия труда на рабочем месте. Организация - база производственной практики - несёт полную ответственность за несчастные случаи с обучающимися в период прохождения производственной практики в соответствии с трудовым кодексом Республики Казахстан.

5 Практическая автоматика

5.1 Системы автоматического регулирования

Для ознакомления с основными видами систем автоматического регулирования (САР) и соответствующей терминологией рассмотрим классификацию систем по ряду существенных с позиции теории автоматического управления (ТАУ) признаков [4].

В общем виде САР с одной выходной координатой, одним задающим и одним возмущающим воздействиями представлена на рисунке 1, на котором обозначено: ОУ – объект управления; УУ – управляющее устройство (регулятор); Y – выходная величина, характеризующая состояние объекта; X , G и F – соответственно регулирующее, задающее и возмущающее воздействия. На входы УУ, помимо задающего воздействия, поступает информация о возмущающем воздействии и о текущем реальном значении выходной величины. В соответствии с этим УУ полученную информацию преобразует и формирует регулирующее воздействие. В частных случаях САР могут иметь не все представленные связи.

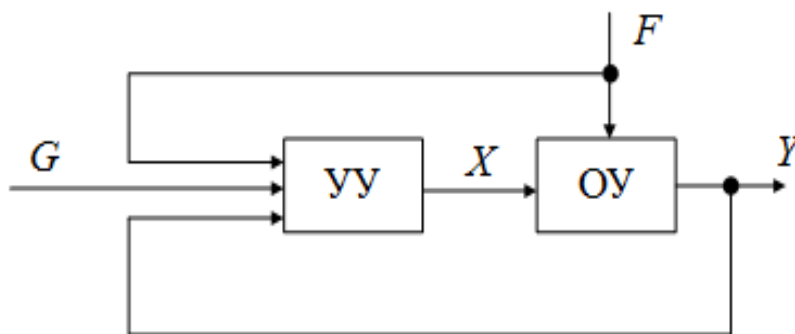


Рисунок 1 - Схема САР

В зависимости от наличия связей, внутреннего содержания УУ и ОУ, характера воздействий и назначения САР последние можно классифицировать по следующим признакам.

По принципу регулирования различают разомкнутые, замкнутые и комбинированные САР. В *разомкнутых САР* выходная величина объекта не измеряется, т. е. нет контроля за состоянием объекта. Разомкнутыми они называются потому, что в них отсутствует связь между выходом объекта и входом управляющего устройства.

Возможны варианты, в которых УУ измеряет только задающее воздействие G , либо задающее G и возмущающее F воздействия. В первом варианте принято говорить, что регулирование осуществляется *по задающему воздействию*, во втором – *по возмущающему воздействию*.

При реализации регулирования по задающему воздействию команды G путем изменения регулирующего воздействия X приводят к соответствующим изменениям выходной величины Y . Точность соответствия Y и G определяется стабильностью параметров УУ и ОУ, а также величиной возмущения.

В САР с регулированием по возмущающему воздействию (такие САР называют еще системами, реализующими *принцип регулирования по возмущению*) регулирующее воздействие X формируется таким, чтобы скомпенсировать отклонение выходной величины Y , вызванное измеряемым возмущением F . Для повышения точности необходимо учитывать все возможные возмущения. Практически большинство возмущений трудно измерить и преобразовать в нужный тип сигнала. Кроме того, измерение нескольких возмущений усложняет схему САР.

В *замкнутых САР* на входы УУ подаются задающее воздействие G и выходная величина объекта Y . Исходя из величины G , управляющее устройство определяет соответствующее требуемое значение Y_1 выходной величины и, имея информацию о текущем значении Y , обеспечивает необходимое соответствие между Y и G путем воздействия на объект. В такой САР управляющее устройство стремится ликвидировать все отклонения Y от предписанного Y_1 независимо от причин, вызывающих эти отклонения, включая любые возмущения и внутренние помехи.

Системы такого типа представляют собой замкнутый контур, образованный ОУ и УУ. Управляющее устройство создает обратную связь вокруг объекта, связывая его выход со входом. Замкнутые САР называют поэтому еще *системами с обратной связью* или системами, реализующими *принцип регулирования по отклонению*. Именно системы с обратной связью представляют основной тип САР.

При использовании в одной системе принципов регулирования по возмущению и по отклонению получают *комбинированную САР*. В этом случае повышается качество регулирования, так как увеличивается используемая информация о состоянии объекта управления и внешней среды.

По идеализации математического описания УУ и ОУ различают линейные и нелинейные САР. *Линейной* называется система, которая описывается

только линейными уравнениями. Чтобы система была *нелинейной*, достаточно иметь в ее составе хотя бы одно нелинейное звено, описываемое нелинейными уравнениями.

Для линейных САР применим *принцип суперпозиции*: реакция системы на любую комбинацию внешних воздействий равна сумме реакций на каждое из этих воздействий, поданных на систему порознь. Необходимо отметить, что реальные линейные системы являются таковыми лишь в определенном диапазоне изменения воздействий. Если не ограничивать диапазон изменения воздействий, то любая САР становится нелинейной.

По характеру сигналов в УУ различают САР непрерывного действия, дискретного действия и САР с гармоническим модулированным сигналом.

Непрерывная система состоит из звеньев, выходная величина которых изменяется плавно (без скачков) при плавном изменении входного воздействия. *Дискретная* САР должна содержать хотя бы одно звено дискретного действия, т. е. звено, в котором выходной сигнал имеет прерывистый характер при плавном изменении входной величины. САР с гармоническим модулированным сигналом содержит элементы, в которых входной и выходной величинами является переменное электрическое напряжение (или ток) частоты ω_H , называемой *несущей частотой*. При подаче сигнала на вход этого элемента напряжение (или ток) модулируется, т. е. его амплитуда и фаза изменяются соответственно величине и знаку подаваемого воздействия.

По характеру параметров различают стационарные, нестационарные системы и САР с распределенными параметрами. *Стационарной* называется система, все параметры которой не изменяются во времени. *Нестационарная система* – это система с переменными во времени параметрами. При математическом описании такой системы некоторые коэффициенты являются функциями времени. В САР с *распределенными параметрами* процессы описываются дифференциальными уравнениями в частных производных.

По количеству регулируемых величин различают одномерные и многомерные САР. В *одномерных* системах регулируется только одна величина. Если регулируемых величин две и более, то САР – *многомерная*. Пример одномерной системы – источник питания постоянного тока (выходная координата одна – среднее напряжение), двухмерной – источник питания переменного тока (выходных координат две – частота и эффективное переменное напряжение), трехмерной – радиолокационная станция слежения за летательными аппаратами (выходных координат три – дальность, угол места и азимут).

По цели управления различают системы стабилизации, программного управления и следящие. *Системы стабилизации* характеризуются неизменностью задающего воздействия. Задача таких систем – поддержание с допустимой ошибкой выходной величины при наличии возмущающих воздействий. *Системы программного управления* отличаются тем, что задающее воздействие изменяется по заранее установленному закону. В *следящих системах* задающее воздействие также является величиной переменной, но заранее закон его изменения неизвестен. Источником сигнала является внешнее явление.

Таким образом, для систем стабилизации $G = \text{const}$, для следящих систем и систем программного управления $G = \text{var}$, причем в САР с программным управлением задающее воздействие – детерминированная величина, а в следящих системах – случайная.

Помимо рассмотренных, системы могут быть оптимальными и неоптимальными (обыкновенными). В *оптимальных* системах должно обеспечиваться оптимальное значение какого-либо одного из параметров функционирования. Но так как связь между отдельными параметрами обычно противоречивая, то на остальные параметры накладываются ограничения (значение их должно быть не хуже заданного уровня). В *обыкновенных* системах указанная задача оптимизации не ставится.

Приведем понятие функциональной схемы, принятое в ТАУ, которое не следует путать с функциональной схемой автоматизации, а также с функциональными схемами различных видов (электрическими, гидравлическими, пневматическими, кинематическими, комбинированными). При составлении функциональной схемы система разбивается на такие устройства, каждое из которых несет законченное функциональное назначение. При этом сложность этих устройств значения не имеет. Выделенные таким образом устройства на функциональной схеме соединяются линиями связи с указанием направления распространения сигналов.

В целом САР имеют одну и ту же функциональную схему, но только некоторые элементы могут отсутствовать или, наоборот, повторяться. Такая типовая функциональная схема представлена на рисунке 2. Здесь обозначено:

- 1 – задающее устройство, формирующее задающее воздействие G ;
- 2 – сумматор; сектор круга зачерняется, если подаваемый сигнал имеет знак «минус», например, реализуется отрицательная обратная связь (ООС);
- 3 – последовательное корректирующее устройство;
- 4 – усилитель;
- 5 – исполнительный элемент или исполнительное устройство;
- 6 – объект управления;
- 7 – местная обратная связь (параллельное корректирующее звено);
- 8 – главная отрицательная обратная связь (ГООС).

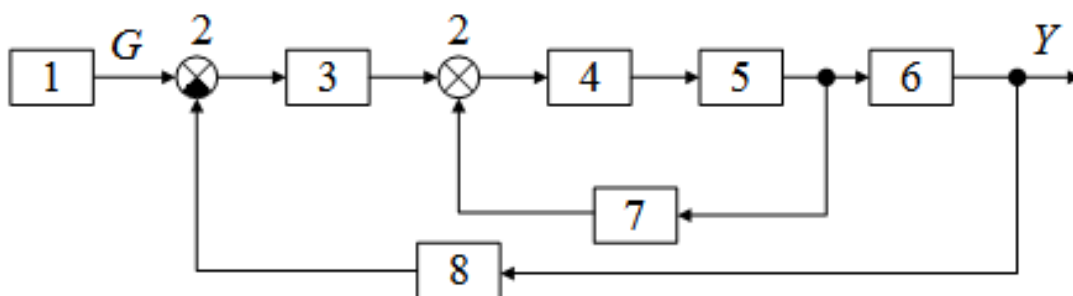


Рисунок 2 – Функциональная схема САР

5.2 Классификация автоматических регуляторов

Автоматический регулятор – средство автоматизации, получающее, усиливающее и преобразующее сигнал отклонения регулируемой величины, воздействующее на объект управления и обеспечивающее поддержание заданного значения регулируемой величины или ее изменение по заданному закону [5-10]. Автоматические регуляторы (АР) классифицируются в зависимости от назначения, принципа действия, конструкции, вида используемой энергии и др. По виду регулируемого параметра АР подразделяются на *регуляторы температуры, давления, расхода, уровня, скорости, толщины, натяжения, электрического напряжения и тока, момента вращения, частоты* и т. д.

По конструктивным особенностям АР подразделяются на *аппаратные, приборные, агрегатные и модульные*. *Аппаратные* АР работают в комплекте со своим первичным измерительным преобразователем, т. е. независимо (параллельно) от средств измерения данного технологического параметра.

Приборные АР работают в комплекте с вторичным измерительным прибором и не имеют непосредственной связи с первичным измерительным преобразователем. Вторичный измерительный прибор имеет задающее устройство, на котором устанавливается требуемое значение регулируемой величины $g(t)$, которое сравнивается в самом приборе с измеренным значением $x(t)$ регулируемой величины. Разность $\varepsilon(t) = g(t) - x(t)$ подается на вход регулятора. В ряде случаев и само регулирующее устройство размещается в одном корпусе с вторичным измерительным прибором.

Достоинство приборных АР состоит в том, что не требуется установки дополнительных первичных измерительных преобразователей и прокладки линий связи от них до регуляторов. Их недостаток – более низкие быстродействие и надежность по сравнению с аппаратными АР.

Агрегатные АР состоят из отдельных унифицированных блоков, выполняющих определенные функции. Входные и выходные сигналы этих блоков унифицированы, что позволяет строить из них АР различного назначения.

Автоматические регуляторы, построенные по *модульному* принципу, состоят из отдельных элементов (модулей), выполняющих простейшие операции. Входные и выходные сигналы модулей унифицированы, что позволяет, как и в случае агрегатных регуляторов, собирать АР различного назначения.

В зависимости от источника используемой энергии АР подразделяются на регуляторы *прямого и непрямого действия*. В регуляторах прямого действия (РПД) одновременно с измерением регулируемой величины от ОУ отбирается энергия для работы регулятора и воздействия на его исполнительный механизм (ИМ). Таким образом, к САР энергия извне не подводится. В АР непрямого действия для работы регулятора и воздействия на исполнительный механизм энергия подводится извне.

В зависимости от вида используемой энергии регуляторы *непрямого действия* подразделяются на *электрические (электромеханические, электронные), пневматические, гидравлические и комбинированные (электропневмати-*

ческие, электрогидравлические и т. д.). *Электрические АР* применяются в основном на невзрывоопасных объектах при большом удалении пункта управления от ОУ. Данные регуляторы (особенно электронные) являются сложными устройствами и требуют высокой квалификации эксплуатационного и наладочного персонала и оснащения последнего дорогостоящей испытательной и радиоэлектронной аппаратурой.

Пневматические АР применяются во взрыво- и пожароопасных зонах при небольших расстояниях (до 400 м) от пункта управления до ОУ. Достоинствами пневматических АР являются простота всех элементов регулятора, простота в обслуживании и наладке, взрыво- и пожаробезопасность.

Недостатками пневматических АР являются необходимость в специальном источнике питания сжатым воздухом, высокие требования к очистке воздуха от пыли, влаги и масла, большая инерционность элементов автоматики и линий связи по сравнению с инерционностью электрических АР.

Гидравлические регуляторы применяются во взрыво- и пожароопасных зонах, как правило, при непосредственном размещении элементов регулятора в зоне объекта управления. Гидравлические регуляторы надежны в работе, их ИМ при небольших размерах развивают большие перестановочные усилия.

Недостатками гидравлических регуляторов являются необходимость в специальном источнике питания рабочей жидкостью (в большинстве случаев – маслом), ограниченность радиуса действия, требование полной герметизации всех элементов регулятора и линий связи, трудность реализации сложных законов регулирования.

Комбинированные регуляторы применяются тогда, когда нужно использовать отдельные преимущества электро-, пневмо- или гидрорегуляторов. Например, если требуется разработать САУ взрывоопасным объектом при большом удалении пункта управления от объекта, то можно применить электропневматическое регулирование. Первичный измерительный преобразователь, ИМ и линии связи в пределах взрывоопасных зон выполняют пневматическими, а элементы регулятора на пункте управления и линии связи до объекта выполняют электрическими. Сопряжение электрических линий связи с пневматическими осуществляют на границах взрывоопасных зон с помощью преобразующей пневмоэлектрической и электропневматической аппаратуры.

По характеру изменения регулирующего воздействия автоматические регуляторы подразделяются на регуляторы с *линейными* и *нелинейными законами регулирования*. Примером регуляторов с нелинейным законом регулирования могут служить позиционные регуляторы, в частности, двух- и трехпозиционные.

5.3 Электрические регуляторы

Задача локального управления режимами объекта возложена в целом на *технологический контроллер*, который посредством устройств ввода считывает информацию о параметрах объекта управления, вычисляет регулиру-

ющие воздействия и с помощью устройств вывода передает их на исполнительные устройства (ИУ), некоторые из которых могут являться регулируемым электроприводом. В качестве аппаратного решения технологического контроллера могут быть использованы программируемые логические контроллеры (ПЛК), РС-совместимые промышленные контроллеры и промышленные компьютеры, т. е. универсальные изделия стандартного ряда средств промышленной автоматизации.

В недавнем прошлом, в качестве технологического контроллера использовались преимущественно ПЛК. На них возлагались функции релейно-контактной автоматики, вычислителей и регуляторов технологических контуров. Такое положение дел объясняется ходом исторического развития - ПЛК был первым специализированным микропроцессорным средством промышленной автоматизации, и удобством его программирования (ПЛК программируются на проблемно ориентированных языках таких, как язык релейно-контактных схем, функциональных блоков регуляторов).

Однако в настоящее время положение дел коренным образом изменилось. Под функциональным определением *технологический контроллер* теперь скрывается целая гамма технических средств автоматизации, среди которых наиболее ярко выделяются три группы изделий: промышленные компьютеры, промышленные контроллеры и программируемые логические контроллеры. Эти средства часто характеризуют общим понятием «промышленный контроллер» (ПК), поскольку все они обладают следующими чертами:

1) Средства выполнены на основе микропроцессорной элементной базы, т. е. являются микропроцессорными системами (МП-системами). Каждая МП-система имеет в своем составе память, в которую разработчик САУ заносит последовательность действий, законы регулирования и необходимые параметры уже после выпуска ПК, на этапе проектирования, наладки и эксплуатации конечной системы. Именно программируемость МП-систем в общем и ПК, в частности, обеспечивает широкое внедрение этих средств во все сферы промышленного производства.

2) Средства имеют в своем составе устройства сопряжения с объектом (УСО) или могут быть дооснащены ими. На УСО возлагаются функции гальванической развязки между источниками дискретных и аналоговых сигналов, оконечным силовым оборудованием и портами ввода-вывода МП-системы; приведения границ шкалы непрерывного сигнала к стандартному диапазону измерительного канала; предварительной низкочастотной фильтрации. Именно наличие УСО делает ПК полностью законченным средством автоматизации (СА), которое не требует никаких аппаратных доработок в процессе адаптации к объекту управления (ОУ).

3) Большинство ПК имеют модульное конструктивное исполнение, при котором базовая модель представляет собой крейт с набором посадочных мест, объединенных внутренней магистралью ПК, и минимально необходимый набор модулей: центральный процессор, память, источник питания, устройства ввода-вывода дискретных сигналов. Дополнительные модули разно-

образных УСО, коммуникационных процессоров для работы в информационной промышленной сети, модули обслуживания клавиатуры и панелей индикации выбираются пользователем и устанавливаются на свободные места крейта. Такая конструкция обеспечивает большую гибкость технических средств ПК и для большинства задач управления позволяет собрать необходимую конфигурацию аппаратных средств.

4) ПК имеет специальное конструктивное исполнение: размещение плат на специальных шасси, применение пыле- и влагонепроницаемых корпусов, покрытие плат спецсоставами, создание избыточного давления внутри корпуса и т. д. Все эти меры обеспечивают работоспособность с высокой надежностью в условиях повышенного уровня помех, агрессивной химической среды, вибраций, удаленного расположения объекта от средств управления САУ.

5.4 Пневматические регуляторы

Отличительной особенностью пневматических регуляторов является то, что в качестве носителя сигналов и источника энергии в них используется давление сжатого воздуха, которое изменяется в стандартном диапазоне 0,02... 0,1 МПа. В качестве дискретных сигналов приняты 0 и 0,14 МПа (0 и 1).

По аппаратному составу пневматическая САУ аналогична любым другим промышленным САУ, которые обычно состоят из датчика, задающего и регулирующего устройств, ИМ и линий связи – каналов передачи сигналов. Но пневматическому варианту выполнения каждого из этих устройств и самой САУ характерны следующие особенности:

1) Все датчики систем пневмоавтоматики имеют встроенный пневматический усилитель, стандартный выходной сигнал которого обладает достаточной мощностью. Это позволяет соединять любой из датчиков с пневматическими регулирующими устройствами, существенно упрощая задачу построения пневматических САУ разнообразных технологических величин.

2) В качестве задатчика в пневматических регуляторах обычно применяют редукторы – стабилизаторы давления «после себя». С помощью настроечной пружины редуктора можно плавно изменять величину давления на выходе задатчика в пределах стандартного диапазона и затем поддерживать ее на выбранном уровне с нестабильностью, не превышающей 0,5...1,0 %.

3) Пневматические ИМ отличаются простотой конструкции, высокой мощностью и достаточным быстродействием, имеют низкую стоимость. Благодаря этому пневмоприводы используют не только в составе пневматических регуляторов, но и в комбинированных электронно-пневматических САУ.

4) Наиболее существенным недостатком устройств пневмоавтоматики следует считать низкое быстродействие по сравнению с электроавтоматикой. Дело в том, что в качестве линий связи - каналов для передачи информации в пневмоавтоматике – используют металлические или пластмассовые трубопроводы. По ним сигнал в виде избыточного давления сжатого воздуха, изме-

няющегося в стандартном диапазоне, передается от датчика или задатчика к регулируемому устройству и далее к ИМ.

В отличие от электроавтоматики, где скорость передачи сигналов определяется скоростью распространения электромагнитных волн, скорость передачи пневматических сигналов значительно ниже скорости звука в воздухе, равной около 330 м/с. В связи с этим пневматические регуляторы желательнее использовать для автоматизации только достаточно инерционных объектов, например, с постоянными времени не менее 3...5 с. Протяженность пневматических линий связи также ограничена и обычно не превышает 300 м.

5) Для пневматических систем автоматизации необходимо иметь особый источник питания – систему подачи сжатого воздуха, осушенного и очищенного от пыли и масла, со стабилизированным давлением 0,14 МПа с допустимым отклонением $\pm 10\%$ от номинального. Для этой цели обычно применяют специальные установки осушки воздуха.

6) Все элементы пневмоавтоматики характеризуются высокой надежностью, что вместе со свойственной им простотой конструкции, возможностью применения в агрессивных средах предопределяет простоту их эксплуатации.

5.5 Гидравлические регуляторы

В системах гидроавтоматики в качестве энергоносителя применяется рабочая жидкость (минеральное масло) под определенным давлением.

Основными достоинствами гидравлических устройств являются хорошие силовые и динамические показатели при весьма незначительных габаритах и массе этих устройств, высокая надежность, простота конструкции и обслуживания. Наиболее полно достоинства гидравлических устройств проявляются в гидравлической силовой исполнительной аппаратуре, которая незаменима при создании САР с повышенными силовыми и динамическими показателями. Так, например, гидравлические ИМ позволяют реализовать удельные усилия в 15...20 раз больше, чем электрические ИМ при одновременных повышенных скорости перемещения и точности позиционирования.

Указанные особенности гидравлических средств, обеспечивающие в первую очередь возможность реализации высокоэффективных ИМ, определяют и предпочтительную область применения этих средств. В частности, в металлургической промышленности - при автоматизации прокатных станов, гидравлических нажимных устройств, систем выдачи слябов; в металлообрабатывающей промышленности - при создании систем числового программного управления, реализации высокоточных копировальных систем, для приводов мощных прессов и ковочных машин.

При этом нужно отметить, что гидравлические средства автоматизации в первую очередь являются органичными для тех промышленных агрегатов, у которых гидравлику используют в основных технологических операциях.

К недостаткам гидравлических средств контроля и автоматизации следует отнести ограниченные функциональные возможности этих средств в об-

ласти обработки и передачи информации. Для устранения данного недостатка и расширения возможностей гидравлических средств применяют специальные электрогидравлические устройства (усилители), что позволяет создавать более гибкие электрогидравлические системы.

С помощью электрогидравлических усилителей осуществляется связь быстродействующих электронных устройств получения контрольной и выработки командной информации с высокомошными и быстродействующими гидравлическими ИМ. Устройства, относящиеся к этой группе, являются наиболее распространенными.

Гидравлические ИМ осуществляют управление регулирующими органами (РО), которые требуют для обеспечения воздействия на процесс значительных перестановочных усилий и быстродействия (скорости перемещения). Устройства этой группы также достаточно широко распространены.

Гидравлические регуляторы, у которых все устройства, входящие в их состав (датчики, регулирующие устройства, ИМ и РО), используют в качестве энергоносителя жидкость под давлением, практически не применяют.

При комбинированных вариантах регулятора в исполнительной части САР применяют гидравлический ИМ, а управляющая часть выполняется на серийных электрических (а иногда и на пневматических) средствах. Необходимым элементом такого регулятора является электрогидропреобразователь.

Электрогидравлические усилители предназначены для управления гидравлическими ИМ, причем это управление осуществляется изменением величины дросселирования и реверсированием направления движения потока масла, подаваемого на ИМ.

5.6 Исполнительные устройства

Исполнительное устройство (ИУ) – одно из звеньев автоматизированных (АСУ) и автоматических систем (САР и САУ), предназначенных для непосредственного воздействия на объект управления. В общем случае ИУ состоит из исполнительного механизма (ИМ) и регулирующего органа (РО). В зависимости от используемой энергии ИУ подразделяются на следующие виды:

- пневматические с пневматическим ИМ;
- гидравлические с гидравлическим ИМ;
- электрические с электрическими ИМ;
- электропневматические с пневматическим ИМ и электропневматическим преобразователем;
- электрогидравлические с гидравлическим ИМ и электрогидравлическим преобразователем;
- пневмогидравлические с гидравлическим ИМ и пневмогидравлическим преобразователем.

Исполнительный механизм является приводной частью регулирующего органа. Применяются ИМ следующих видов:

- электрические (электромагнитные и электродвигательные);

- пневматические (мембранные, поршневые и лопастные);
- гидравлические (прямоходовые и кривошипные).

Регулирующим органом называется звено исполнительного устройства, предназначенное для изменения расхода вещества или энергии в объекте управления. Различают дозирующие и дроссельные РО. К *дозирующим* относятся такие устройства, которые изменяют расход вещества за счет изменения производительности агрегатов: дозаторы, питатели, насосы, компрессоры и др. *Дроссельный* РО представляет собой переменное гидравлическое сопротивление, изменяющее расход вещества за счет изменения своего проходного сечения. К дроссельным РО относятся *регулирующие клапаны, поворотные заслонки, шиберы и краны*. Регулирующие органы характеризуются многими параметрами и характеристиками.

5.7 Дроссельные регулирующие органы

Дроссельные РО получили наибольшее распространение в автоматических системах, несмотря на то, что иногда экономически целесообразнее применение дозирующих РО.

5.7.1 Шиберы.

В шиберах затвор в виде полотна перемещается перпендикулярно направлению потока регулируемой среды. Шиберы широко применяют для регулирования расходов воздуха и газов при небольших статических давлениях до 10 кПа. Шиберы устанавливают на трубопроводах, коробах и каналах любой формы сечения, но чаще всего их применяют на трубопроводах и каналах прямоугольного и круглого сечений.

Шиберы изготавливают из различных материалов в зависимости от условий работы. Для работы на инертных газах с температурой до 300 °С шиберы изготавливают из листовой стали, с температурой выше 300 °С – из чугуна. Для регулирования агрессивных газов применяют шиберы из легированных сталей или со специальным покрытием.

5.7.2 Поворотные заслонки.

Поворотные заслонки применяют для регулирования расходов воздуха и газов на трубопроводах прямоугольного и круглого сечений при небольших статических давлениях до 10 кПа. В некоторых случаях заслонки применяют для регулирования расходов жидкости и пара. Изменение проходного сечения заслонки осуществляется путем ее вращения вокруг оси, перпендикулярной направлению потока регулируемой среды.

Поворотные заслонки имеют ряд преимуществ перед другими типами РО. Так, в заслонках затвор в значительной степени разгружен, так как силы, создаваемые давлением на обе его половины, частично уравниваются. Поэтому для поворота затвора нужен ИМ небольшой мощности. Также пово-

ротные заслонки выгодно отличаются от других РО простотой конструкции, небольшими габаритами и массой.

По конструкции поворотные заслонки могут быть с одним затвором (однолопастные) или несколькими (многолопастные), безупорными и упорными. В *безупорных заслонках* затвор имеет форму окружности и при закрытом проходе находится в вертикальном положении. Причем диаметр окружности затвора меньше диаметра прохода в корпусе, поэтому проход полностью не закрывается. Безупорные заслонки являются только регулирующими. Однако при помощи дополнительных устройств (затвор с уплотнительными кольцами, седло с резиновым покрытием) в безупорных заслонках достигается необходимая герметичность для использования их как запорно-регулирующие.

В *упорных заслонках* затвор имеет форму эллипса и закрывает проход с меньшими зазорами. Данные заслонки могут использоваться как запорно-регулирующие, но их нельзя применять для работы на загрязненных газах и жидкостях, из которых могут выделяться твердые частицы.

5.7.3 Регулирующие клапаны.

Регулирующие клапаны являются наиболее распространенным видом дроссельных РО. Их применяют для регулирования расходов жидкостей, газов и пара при любых параметрах среды. Данные клапаны различают по виду и числу опорных поверхностей, по конструкции плунжеров и корпусов.

В *двухседельных РО* корпус имеет два седла, а проходящий через эти седла затвор имеет два утолщения с дросселирующими и запирающими поверхностями. Перемещение затвора относительно седел изменяет площадь прохода. Основным преимуществом двухседельного РО является значительная разгруженность затвора от одностороннего действия статического давления среды. Кроме того, в двухседельных регулирующих клапанах есть возможность изготовления дросселирующих поверхностей различной конфигурации для получения нужных конструктивной и пропускной характеристик.

Недостатком двухседельного регулирующего клапана является сравнительно большая негерметичность затвора. Кроме того, при больших перепадах давления и обычных конфигурациях дросселирующих поверхностей движение среды создает большие усилия на клапан из-за динамической неуравновешенности затвора. По конструкции затворы двухседельных регулирующих клапанов разделяются на тарельчатые, пробковые и поршневые.

Односедельные РО также могут быть с тарельчатым, пробковым и поршневым затворами. Кроме того, к односедельным РО относятся клапаны с канавчатыми и ступенчатыми затворами.

Односедельные РО могут быть проходными и угловыми. В проходных РО направление потока среды при входе и выходе не изменяется, а в угловых изменяется на 90° при выходе. Односедельные РО применяют тогда, когда невозможно применение разгруженных двухседельных РО. Важным преимуществом односедельных РО является герметичность затвора.

5.7.4 Краны.

В *крановых* РО изменение проходного сечения осуществляется смещением отверстий в затворе при его повороте относительно проходного сечения корпуса. Краны применяют для регулирования расходов жидкостей и газов в трубопроводах небольшого сечения.

Наиболее распространена конструкция крана, в которой затвор выполнен в виде конусообразной пробки, притертой к корпусу, с проходным отверстием. Краны выполняются для установки в круглых и прямоугольных трубопроводах. Отверстия в затворе и корпусе могут быть круглыми и прямоугольными. Отверстия в затворе и корпусе могут быть любой формы (овальной, треугольной в сочетании с прямоугольной и т. д.).

Для непрерывного регулирования краны применяют редко. Для двухпозиционного регулирования краны имеют преимущества по сравнению с другими РО: небольшие масса и габариты, простота конструкции, малое гидравлическое сопротивление при полностью открытом проходе.

Конические краны не обеспечивают герметичности закрытия прохода из-за неодинаковой конусности затворов и седел. Кроме того, в конических РО часто возникает заклинивание затвора.

Шаровые краны имеют существенные преимущества по сравнению с коническими: нет заклинивания пробки, при несовпадении радиусов сфер затвора и седла уплотнительный контакт создается по окружности вокруг прохода. Однако шаровые краны с цилиндрическим проходом в затворе не применяются для регулирования расхода среды в широком диапазоне, так как не обладают необходимой пропускной характеристикой.

В этих случаях чаще других применяют *краны с цилиндрическим затвором*. В этом кране затвор представляет собой полый цилиндр, на боковых стенках которого прорезаны окна. Цилиндрический затвор вращается в стакане, запрессованном в корпус. Прорезанные в цилиндрическом затворе и стакане окна образуют дросселирующие поверхности. В цилиндрических кранах зазоры между затвором и седлом малы (0,1..0,2 мм), поэтому такие РО чувствительны к попаданию в зазоры твердых частиц.

5.8 Электронные измерительные приборы

Без современных измерительных приборов невозможна организация даже сервиса и ремонта сложной бытовой и промышленной аппаратуры, номенклатура которой в наши дни резко расширилась – достаточно отметить появление в продаже таких сложных бытовых устройств, как жидкокристаллические и плазменные панели и телевизоры, цифровые видеокамеры и фотоаппараты, цифровые плееры и рекордеры, холодильники и стиральные машины с микропроцессорным управлением, микроволновые печи и т. д. Их ремонт, отладка и сервисное обслуживание во время эксплуатации невозможны без применения самой современной измерительной техники. А что говорить о науч-

ных исследованиях и опытно-конструкторских разработках в научном и оборонном секторах экономики?

В последние годы на рынок поступают новейшие зарубежные измерительные приборы – как действительно уникальные (например, цифровые сверхскоростные осциллографы с полосой частот до 100 ГГц), так и дешёвые приборы, называемые бюджетными. Последние иногда уступают по своим электрическим характеристикам добротным советским измерительным приборам, но легче их, меньше по размеру и удобнее в эксплуатации. В результате выбор измерительных приборов сильно усложнился и многие организации, специалисты и радиолюбители испытывают трудности в их подборе для проведения исследований, наладки и тестирования всевозможных технических устройств, даже в учебной и радиолюбительской практике. Молодые специалисты порою не знакомы с новой измерительной техникой, например, с цифровыми осциллографами и виртуальными измерительными лабораториями.

Осциллограф, хотя и важный, но далеко не единственный прибор для исследования и наладки радиоэлектронных устройств. Не менее важны и даже более популярны измерители параметров радиокомпонентов (резисторов, конденсаторов и катушек индуктивности), мультиметры, измерительные и функциональные генераторы, цифровые частотомеры, лабораторные источники питания и многие другие измерительные приборы. Только грамотное совместное их применение позволяет решать сложные вопросы измерений в радиоэлектронике [11].

6 Составление и оформление отчёта по производственной практике

Отчёт выполняется по стандарту [12] на бумаге формата А4 (210x297) и должен включать в указанной последовательности: титульный лист, содержание, введение, разделы основной части, заключение, список литературы и приложения. На титульном листе указывается наименование производственной практики, место её проведения, фамилия и инициалы обучающегося и руководителей практики.

В основной части отчёта последовательно излагается материал, отражающий выполнение заданий производственной практики, в том числе и индивидуального задания. В отчёте освещаются, в частности, такие вопросы:

- общие сведения о базе производственной практики, порядок и сроки проведения практики;
- цели и задачи работ, методы производства работ и исследований;
- содержание и выполнение рабочего плана-графика и индивидуального задания, анализ и обобщение по отдельным вопросам.

Отчёт по мере надобности иллюстрируется схемами, графиками, рисунками, фотографиями. К нему могут быть приложены распечатки программ, чертежи и т. п. Прикладывать к отчёту копии чертежей, полученных на предприятии, можно только с разрешения руководителя практики от предприятия.

Текст основной части отчёта при необходимости разделяют на разделы, подразделы, пункты и подпункты. Разделы должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделённых точкой. Разделы и подразделы должны иметь краткие содержательные заголовки, которые не подчёркиваются, а выделяются полужирным шрифтом. Раздел или подраздел начинают с нового листа, если на предыдущем листе размещается менее трёх строк его текста. Нумерация страниц должна быть сквозной. На первой странице (титульном листе) номер не ставят.

Раздел «Содержание» включает номера и заголовки разделов и подразделов с указанием номеров страниц. В разделе «Список литературы» приводятся только использованные при составлении отчёта источники в порядке появления ссылок на них. Ссылки в тексте отчёта указывают порядковым номером по списку в квадратных скобках.

Подготовка отчёта осуществляется обучающимся в течении всей производственной практики. Содержание отчёта не должно сводиться только к краткой информации о базе производственной практики и её истории, к описанию лишь правил по технике безопасности, должностных инструкций персонала, технологической документации, инструкций и паспортов оборудования, рутинной работы по копированию чертежей и склеиванию бумаг, приёма и раздачи корреспонденции и т. п. Невыполнение программы производственной практики служит основанием для отклонения отчёта обучающегося в целом. Отчёты у обучающихся, прошедших производственную практику в организации, не соответствующей базе практики, указанной в приказе, к защите не принимаются.

Перечень сокращений

АР – автоматический регулятор
АСУ – автоматизированная система управления
ИМ, ИУ – исполнительные механизм и устройство
МП-система – микропроцессорная система
ПК – персональный компьютер, промышленный контроллер
ПЛК – программируемый логический контроллер
ООС - отрицательная обратная связь
ОУ – объект управления
РО - регулирующий орган
РПД – регулятор прямого действия
СА – средства автоматизации
САР, САУ – системы автоматического регулирования и управления
ТАУ – теория автоматического управления
УСО – устройство сопряжения с объектом
УУ – управляющее устройство (регулятор)

Список литературы

1 Правила организации и проведения профессиональной практики и правила определения организаций в качестве баз практик. Утверждены приказом Министра образования и науки РК от 29.09.2016 г. № 107.

2 Положение об организации и проведении профессиональной практики в некоммерческом акционерном обществе «Алматинский университет энергетики и связи». Утверждено решением Учёного Совета от 20.09.2016 г. № 1.

3 Программа профессиональной практики по специальности 5В070200 – Автоматизация и управление. Утверждена ректором НАО АУЭС от 08.10.2016 г.

4 Чернов Б.А. Линейные системы автоматического регулирования: Учебное пособие. – Алматы: НАО АУЭС, 2015. – 80 с.

5 Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие / Под ред. А.С. Ключева. – М.: ООО «Издательство Альянс», 2013. – 368 с.

6 Чернов Б.А. Наладка систем автоматизации: Учебное пособие. – Алматы: НАО АУЭС, 2016. – 86 с.

7 Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / Под ред. А.В. Калиниченко. – М.: Инфра-Инженерия, 2008. – 576 с.

8 Кисаримов Р.А. Практическая автоматика. Справочник. - М.: ИП РадиоСофт, 2004. – 192 с.

9 Николайчук О.И. Системы малой автоматизации. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с. (серия «Библиотека инженера»).

10 Каминский М.Л., Каминский В.М. Монтаж приборов и систем автоматизации: Учебник. – М.: Высш. шк., 2005. – 304 с.

11 Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Серия «Библиотека инженера». Под ред. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. – 544 с.

12 Стандарт организации СТ НАО 56023-1910-04-2014 Учебно-методические и учебные работы. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию учебно-методических и учебных работ. – Алматы: НАО АУЭС, 2014. – 43 с.

Борис Алексеевич Чернов

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА

Методические указания по производственной практике для студентов
специальности 5В070200 – Автоматизация и управление

Редактор Л.Т. Сластихина

Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать _____

Тираж 25 экз.

Объем 1,5 уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16

Бумага типографская №1

Заказ _____ Цена 750 тг.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, Байтурсынова, 126

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
Кафедра автоматизации и управления

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по АД

_____ С.В. Коньшин
“ ___ ” _____ 2018 г.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА

Методические указания по производственной практике для студентов
специальности 5В070200 – Автоматизация и управление

СОГЛАСОВАНО

Директор ДАВ

_____ 2018 г.
“ ___ ” _____

Председатель ОУМК по МОиЭ

_____ Б.К. Курпенов
« ___ » _____ 2018 г.

Редактор Л.Т. Сластихина

_____ 2018 г.
“ ___ ” _____

Специалист по стандартизации

_____ Н.К. Молдабекова
“ ___ ” _____ 2018 г.

Рассмотрено и одобрено на
заседании кафедры АиУ

Протокол № ___ от “ ___ ” _____ 2018 г.

Зав. кафедрой _____ И.А. Федоренко

Составитель

_____ Б.А. Чернов

Алматы 2018