

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**по организации самостоятельной работы по дисциплине  
«Системы управления и контроля технологическими процессами»**

Донецк  
2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
по организации самостоятельной работы по дисциплине  
«Системы управления и контроля технологическими процессами»**

для обучающихся по направлению подготовки  
18.03.01 «Химическая технология»  
всех форм обучения

**РАССМОТРЕНО**  
на заседании кафедры  
прикладной экологии и охраны  
окружающей среды  
Протокол № 6 от 21.01.2021 г.

**УТВЕРЖДЕНО**  
на заседании учебно-издательского  
совета ДОННТУ  
Протокол № 2 от 24.02.2021 г.

Донецк  
2021

УДК 681.51:66(076)  
М 54

**Составители:**

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

**М54 Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплине «Системы управления и контроля технологическими процессами» : для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. прикладной экологии и охраны окружающей среды: сост.: В. В. Шаповалов, С. В. Горбатко. – Донецк: ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. - Загл. с титул. экрана.**

В методических рекомендациях приведены объяснения по организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Системы управления и контроля технологическими процессами», которые содержат способы организации самостоятельной работы студентов, позволяющие более эффективно работать с учебной и научной литературой, критически осмысливать прочитанный и изученный материал по курсу.

УДК 681.51:66(076)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ	6
3. ТЕМАТИКА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
Тема 1. Значение автоматического управления для развития химической промышленности на современном этапе	6
Тема 2. Основные понятия управления технологическими процессами	7
Тема 3. Объекты управления и их основные свойства	8
Тема 4. Первичные измерительные преобразователи	9
Тема 5. Вторичные измерительные приборы. Регуляторы. Нормирующие преобразователи	10
Тема 6. Автоматические системы регулирования	11
Тема 7. Современная реализация АСУ ТП, SCADA- системы	11
Тема 8. Характеристики и особенности управления типовыми процессами и аппаратами химической технологии	12
4. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	13
5. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ	13
6. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	14
Список рекомендованной литературы	14

## 1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы автоматизация технологических процессов и систем защиты окружающей среды

Целью дисциплины является: формирование у студентов знаний о методах и средствах контроля за состоянием окружающей среды, регулирования, управления и автоматизации производственных процессов и навыков их применения.

Задачи дисциплины:

- изучение основных принципов подготовки технологических процессов производств и систем контроля для автоматизации;
- формирование представлений об автоматизации технологических процессов и систем контроля ОС на базе локальных средств и программно-технических комплексов
- Изучение функций автоматизированных систем управления, информационного, математического и программного обеспечения

**В результате освоения дисциплины студент должен:**

знать

- принцип организации систем контроля, регулирования и автоматического управления,
- современные технические средства систем управления (преобразователи технологических параметров, регуляторы, исполнительные механизмы, контроллеры);
- основные схемы автоматизации типовых технологических объектов, структуры и функции автоматизированных систем управления;
- задачи и алгоритмы централизованной обработки информации в системе управления технологическими процессами и системами защиты ОС;
- задачи и алгоритмы управления технологическими процессами с помощью ЭВМ;
- принципы организации и состав программного обеспечения АСУ ТП;
- задачи, технические и программные средства систем управления.

уметь

- проводить анализ объекта контроля и управления; выбирать для данного технологического процесса функциональную схему автоматизации;
- разрабатывать алгоритмы централизованного контроля координат технологического объекта;
- разрабатывать алгоритмы и программы для систем программно-логического управления;
- разрабатывать системы визуализации и супервизорного управления и контроля на основе SCADA-систем;

- составить в SCADA-системе программу контроля параметров и автоматического регулирования применительно к конкретному объекту;
- Владеть навыками работы с современными техническими и программными средствами автоматизации: измерительными преобразователями, датчиками исполнительными механизмами, программируемыми логическими контроллерами и системами их программирования, системами визуализации и супервизорного управления.

### Самостоятельная работа студента

№ п./п.	Виды самостоятельной работы студента
1.	Изучение лекционного материала
2	Изучение тем, не рассмотренных на лекциях
3.	Подготовка к практическим занятиям
4.	Выполнение индивидуального задания
5	Подготовка к экзамену

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

При изучении дисциплины «Автоматизация технологических процессов и систем защиты окружающей среды» используются знания, приобретённые студентами при освоении дисциплин «Математика», «Физика», «Химия» «Электротехника», «Информатика», «Физическая химия», дисциплин профессионального цикла

Знания, полученные студентами при освоении дисциплины, дополняются, расширяются, углубляются при изучении ряда дисциплин профессионального цикла в 7 и 8 семестрах, используются при написании выпускной квалификационной работы и в практической деятельности.

## 3. ТЕМАТИКА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Тема 1. Значение автоматического управления для развития химической промышленности на современном этапе.**

Содержание темы 1:

Введение в системы управления технологическими процессами и техническими системами. История развития систем автоматического управления. Значение автоматического контроля и управления для развития промышленности и защиты ОС на современном этапе. Технико-экономический эффект управления. Роль управления. В обеспечении безопасности химического производства и охраны окружающей среды. Основные понятия и определения технической кибернетики. Локальные системы автоматического управления. Понятие об автоматизированных системах управления (АСУ), их классификация. Роль человека-оператора и вычислительной техники в АСУ.

#### Контрольные вопросы.

1. Кто является автором первого русского учебника «Теория регулирования хода машин»?
2. Когда была создана первая электронная вычислительная машина (ЭВМ)?
3. Какие элементы включает АСУ?
4. Какие меры предпринимаются системой управления для обеспечения безопасности технологического процесса?
5. Какие функции выполняют программные пакеты, предназначенные для экологических служб?

#### Литература к теме 1: [1,2,3]

### **Тема 2. Основные понятия управления технологическими процессами.**

#### Содержание темы 2:

Основные термины и определения. Иерархия управления. Назначение систем управления химическим предприятием и химико-технологическим процессом. Особенности управления химико-технологическим процессом. Принципы управления. Управление по задающему воздействию. Управление по возмущающему воздействию. Управление по отклонению. Комбинированное управление.

#### Контрольные вопросы.

1. Продолжите определения:  
*Управление* — это...  
*Объект управления* — это объект...  
*Цель управления* — это ...  
*Регулирование* — это...
2. Какими факторами обусловлена сложность управления химико-технологическим процессом?
3. Приведите примеры параметров состояния технической системы, окружающей среды

4. К каким воздействиям относятся изменения параметров окружающей среды?
5. Перечислите уровни управления технологическим процессом.
6. Назовите управляющие переменные технологического процесса.
7. Почему некоторые возмущающие воздействия называются неконтролируемыми?

Литература к теме 2: [1,2,3,4]

### **Тема 3. Объекты управления и их основные свойства.**

#### Содержание темы 3:

Классификация объектов управления. Одномерные и многомерные объекты. Односвязные и многосвязные объекты. Линейные и нелинейные объекты. Объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами. Свойства объектов управления. Емкость. Самовыравнивание. Запаздывание. Методы определения свойств объектов управления. Аналитический метод определения свойств объектов. Экспериментальное определение динамических свойств объектов.

#### Контрольные вопросы.

1. Перечислите элементы функциональная схема САР.
2. Охарактеризуйте типы контроля.
3. Какие элементы включает одноконтурная система АР объектом управления
4. Как различаются системы по характеру изменения параметра регулирования?
5. Дайте определение следящим системам автоматического регулирования.
6. Самонастраивающиеся автоматические системы — это...
7. Какую зависимость характеризуют Статические свойства объекта?
8. Какую зависимость характеризуют динамические свойства объекта?
9. Что понимается Под емкостью объекта регулирования?
- 10.Самовыравнивание объекта регулирования — это...
- 11.Запаздывание — это время, требующееся...
- 12.Перечислите типы запаздывания.
- 13.Какие требования предъявляются к выбору канала управления?

Литература к теме 3: [1,2,4,5]

### **Тема 4. Первичные измерительные преобразователи.**

#### Содержание темы 4:



Элементы метрологии и техники измерений, функциональная структура измерительной системы. Основные требования к измерительным приборам. Понятия о точности измерительных приборов: погрешности измерительных приборов. Температурные шкалы. Термометры расширения. Манометрические термометры. Термоэлектрические термометры: первичные преобразователи, милливольтметры и потенциометры. Термометры сопротивления: первичные преобразователи, мосты. Пирометры излучения. Системы дистанционного измерения. Виды преобразователей и систем передачи сигналов. Контроль давления и разрежения. Жидкостные, деформационные и электрические манометры. Измерение расхода и количества вещества. Расходомеры переменного перепада давления, электромагнитные. Счетчики для жидкостей и газов. Уровнемеры для жидких и сыпучих сред: поплавковые, гидростатические, радиоизотопные. Контроль состава и физических свойств веществ. Газоанализаторы: термомагнитные, термохимические, термокондуктометрические, оптико-абсорбционные. Методы измерения концентрации растворов: кондуктометрический метод (контактные и бесконтактные низкочастотные приборы). Измерения вязкости. Вискозиметры истечения и ротационные. Измерение влажности газов и сыпучих материалов. Психометрический и кондуктометрический методы. Метод точки росы.

#### Контрольные вопросы.

1. Что такое погрешность измерений?
2. Что такое первичный преобразователь?
3. Какими основными физическими величинами характеризуются химико-технологические процессы?
4. Какие методы и приборы используются для измерения температуры?
5. Какие температурные шкалы Вы знаете?
6. Как определяется давление? Каковы единицы измерения давления?
7. Каким образом подразделяются приборы измерения давления по принципу действия?
8. Каким образом подразделяются приборы измерения давления по роду измеряемой величины?
9. Как определяется расход вещества?
10. На какие группы подразделяются расходомеры в зависимости от метода измерения?
11. Что понимается под измерением уровня? На какие типы подразделяются уровнемеры?
12. Что такое абсолютная влажность? Что такое относительная влажность?
13. Как определяется давление насыщенного пара?
14. Как определяется массовое отношение влаги?
15. Какими методами измеряется влажность газов?
16. На каком методе основана работа конденсационного гигрометра?
17. На каком методе основана работа сорбционного гигрометра?
18. На каком методе основана работа психометрического гигрометра?

19. Как измеряется влажность сыпучих материалов?
20. Какими приборами измеряется химический состав жидкостей и газов?
21. Какие методы используются для измерения химического состава жидкостей и газов?
22. Какие методы и приборы используются для измерения плотности вещества?
23. Какие методы используются для измерения вязкости?
24. Что такое вязкость? Как определяется кинематическая вязкость?
25. Как определяется динамическая вязкость?

Литература к теме 4: [1,3,4]

## **Тема 5. Вторичные измерительные приборы. Регуляторы. Нормирующие преобразователи**

### Содержание темы 5:

Уравновешенные и неуравновешенные мосты. Логометры. Милливольтметры. Цифровые измерительные приборы. Задачи синтеза регуляторов. Основные законы регулирования. Пропорциональный закон регулирования. Интегральный закон регулирования. Пропорционально-интегральный закон регулирования. Пропорционально-дифференциальный закон регулирования. Пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования. Позиционные регуляторы. Двухпозиционные регуляторы. Трехпозиционные регуляторы. Регуляторы с прогнозирующей моделью. Регуляторы на основе искусственных нейронных сетей. Определение оптимальных параметров настройки промышленных регуляторов. Унифицированные сигналы ГСП. Нормирующие преобразователи.

### Контрольные вопросы.

1. Каково назначение вторичных приборов?
2. Расшифруйте понятие «ГСП. Какие принципы положены в основу ГСП?
3. По каким признакам классифицируются измерительные приборы?
4. Чем отличаются автоматические регуляторы прямого и непрямого действия?
5. Каким образом подразделяются регуляторы непрямого действия?
6. Расшифруйте аббревиатуры: П-регулятор, ПИ-регулятор, ПИД-регулятор.
7. Каково назначение исполнительных устройств?
8. Как классифицируются исполнительные устройства?
9. Для чего предназначен исполнительный механизм?
10. Какую функцию выполняют нормирующие преобразователи?
11. Каков принцип классификации исполнительных механизмов?

Литература к теме 5: [1,3,5,7]

## **Тема 6. Автоматические системы регулирования.**

### Содержание темы 6:

Задача автоматического регулирования. Основные понятия и определения. Регулирование по отклонению и по возмущению; комбинированные системы. Понятие обратной связи. Функциональная структура замкнутой автоматической системы регулирования (АСР). Стабилизирующие, программные и следящие АСР. Математическое описание АСР и их элементов. Автоматические регуляторы. Функциональная структура регулятора. Классификация регуляторов. Законы регулирования. Регуляторы непрерывного действия (пропорциональный, интегральный, пропорционально-интегральный), их динамические характеристики и основные свойства. Регуляторы дискретного действия (позиционные). Исполнительные механизмы и регулирующие органы.

### Контрольные вопросы.

1. Охарактеризуйте возмущающие воздействия.
2. Перечислите достоинства и недостатки регулирования по возмущению и по отклонению.
3. К каким последствиям приводит появление в системе регулирования положительной обратной связи?
4. Что такое статические и динамические характеристики объекта?.
5. Статические и динамические характеристики технологических объектов управления.
6. Классификация автоматических регуляторов.
7. Качество процесса регулирования.
8. Исходя из каких положений выбирается управляемый параметр?
9. Типовые законы регулирования.
10. Понятие об управляющем устройстве, технологическом объекте управления, технологических параметрах.
11. В чем состоит принцип широтно-импульсной модуляции?

Литература к теме 6: [1, 3, 10]

## **Тема 7. Современная реализация АСУ ТП, SCADA- системы.**

### Содержание темы 7:

Концепция SCADA. Компоненты систем контроля и управления и их назначение. Графический интерфейс. Организация взаимодействия с контроллерами. Протоколы для обмена данными. Аппаратная реализации связи с устройствами ввода/вывода. Тренды в SCADA - системах. Примеры технических решений систем диспетчерского контроля.

### Контрольные вопросы.

1. Какие функции выполняет АСУ ТП?

2. На какие основные уровни подразделяется АСУ ТП?
  3. Какие задачи решаются на нижнем уровне АСУ ТП?
  4. Какие задачи решаются на среднем уровне АСУ ТП?
  5. Какие задачи решаются на верхнем уровне АСУ ТП?
  6. Какие специализированные пакеты используются при построении АСУ ТП?
- ТП?
7. Что представляют собой пакеты SCADA?
  8. В чем состоит разница между микропроцессором и микроконтроллером?

Литература к теме 7: [1,3,5,6,11]

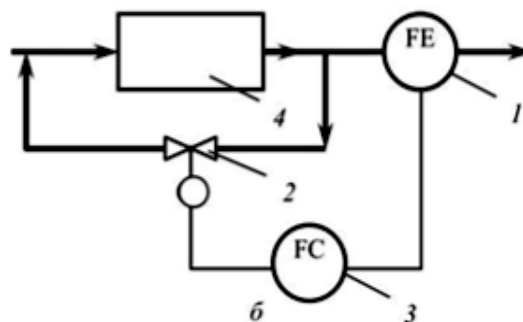
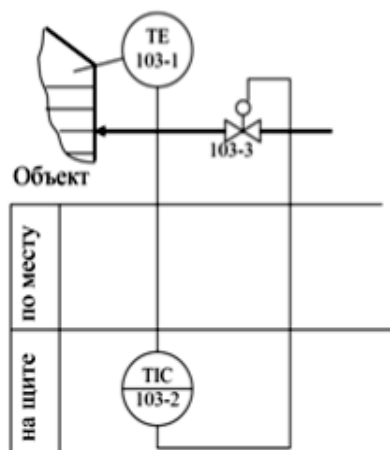
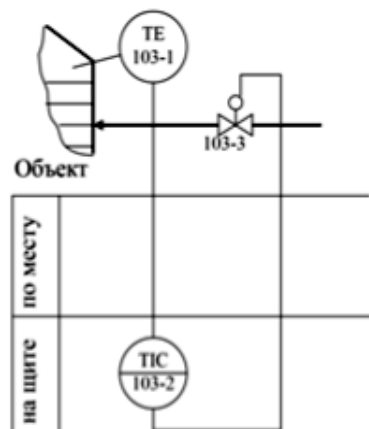
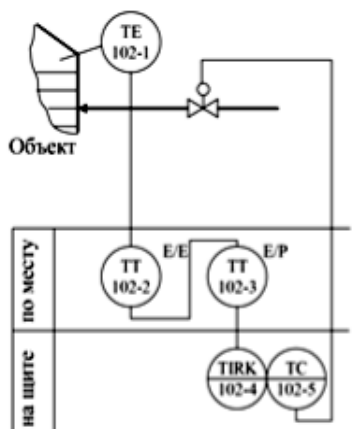
## **Тема 8. Характеристики и особенности управления типовыми процессами и аппаратами химической технологии.**

### Содержание темы 8:

Регулирование основных технологических параметров. Регулирование расхода. Регулирование устройств для перемещения жидкостей и газов. Регулирование уровня. Регулирование давления. Регулирование температуры. Регулирование рН. Регулирование параметров состава. Регулирование типовых тепловых процессов. Регулирование массообменных процессов..

### Контрольные вопросы.

1. Охарактеризуйте схемы управления:



2. Охарактеризуйте принцип построения условного обозначения прибора по ГОСТ 21.208—2013.

3. В чем состоит особенность регулирования процессов перемещения жидкостей поршневыми и центробежными насосами .

4. Составьте схему регулирования тепловых процессов.

5. Регулирование массообменных процессов.

6. Регулирование химических процессов.

7. Системы отображения параметров технологических процессов, приборы сигнализации, регистрации, вызывного контроля, мнемосхемы, табло.

Литература к теме 8: [1,3, 7 8]

#### 4. ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п./п.	Тема занятия
1.	Общие принципы контроля и управления технологическими процессами
2.	Измерители, измерители-регуляторы, модули ввода/вывода в системе контроля и управления
3.	Микроконтроллеры в АСУТП
4	OPC сервер в системе контроля и управления, его структура и настройка
5	Подключение микроконтроллера к ОВЕН OPC серверу
6	Создание коммуникационного узла микроконтроллер – MasterOPC Universal Modbus Server
7	Системы контроля и управления на основе микроконтроллеров и измерителей-регуляторов
8	Разработка автоматизированной системы контроля и управления на основе SCADA SIMP Light

#### 5. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Тематика индивидуального задания связана с самостоятельным составлением схемы контроля и управления участка технологического объекта в соответствии с ГОСТ 21.208—2013, выбору первичных измерительных преобразователей,

модулей ввода/вывода, информации о течении технологического процесса по прайс-листам оборудования (по интернет ресурсам).

## 6. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Текущий контроль** знаний студентов производится по результатам выполнения индивидуального задания, во время контрольных опросов в ходе проведения лабораторных занятий.

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации и проведении семестрового контроля знаний студентов в Донецком национальном техническом университете», утвержденном 25.09.2013 года.

Для определения уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

### Список рекомендованной литературы

1. Фёдоров, А. Ф. Системы управления химико-технологическими процессами : учебное пособие / А. Ф. Фёдоров, Е. А. Кузьменко. — Томск : Томский политехнический университет, 2015. — 224 с. — ISBN 978-5-4387-0552-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/55207.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Богомолов, В. Ю. Информационные технологии в сфере экологической безопасности : учебное пособие / В. Ю. Богомолов, А. В. Козачек, И. В. Хорохорина, Ю. А. Суворова, Е. Ю. Копылова ; под. науч. ред. канд. пед. наук, доцента А. В. Козачека. — Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. — 88 с.
3. URL: <https://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2019/bogomolov1.pdf>
4. Гаврилов, А. Н. Системы управления химико-технологическими процессами. Часть 2 : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. — 200 с. — ISBN 978-5-00032-044-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/47451.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Фёдоров А.Ф., Кузьменко Е.А. Системы управления химико-технологическими процессами. Учебное пособие. Электронная ознакомительная версия.- Томск: Изд. ТПУ, 2009, - 217с ([http://edulib.pgta.ru/els/su\\_himiko-tehn\\_processami.pdf](http://edulib.pgta.ru/els/su_himiko-tehn_processami.pdf))
6. Документация по SCADA системе Simp Light. URL: [https://simplight.ru/manual\\_next/redaktor-mnemoskhem/bystryy-start](https://simplight.ru/manual_next/redaktor-mnemoskhem/bystryy-start)
7. MasterSCADA. [http://www.masterscada.ru/?additional\\_section\\_id=141](http://www.masterscada.ru/?additional_section_id=141)
8. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. - 690 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/2603397/>
9. ГОСТ 21.208—2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2016. – 18 с.
10. Автоматическое управление в химической промышленности: учеб. для вузов / под ред. Е.Г. Дудникова. - М.: Химия, 1987. - 368 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/216444/>

### **Internet-ресурсы**

1. <http://www.insat.ru/>
2. <https://owen.ru/contacts>

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
**для самостоятельной работы по дисциплине**  
**«Системы управления и контроля технологическими процессами»**

**Составители:**

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

**Ответственный за выпуск:**

Шаповалов Валерий Васильевич – заведующий кафедрой «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУВПО «ДОННТУ», доктор химических наук, профессор