



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин

03.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы  
Технологии производства и обработки черных металлов и сплавов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления 28.01.2026, протокол № 7

Зав. кафедрой  С.М. Андреев


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Согласовано:

Зав. кафедрой Metallurgy and Chemical Technologies

 А.С. Харченко

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры АСУ, 

Е.С. Рябчикова

Рецензент:  
Технический директор ЗАО «КонсОМ СКС», 

Е.Ю.Васильев



## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Андреев

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Автоматизация металлургических процессов» являются: изучение принципов построения и эксплуатации информационных систем в технологических процессах в металлургии; основ теории автоматического управления металлургическими процессами; принципов хранения и обработки, анализа и синтеза производственно-технической информации.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Автоматизация металлургических процессов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Введение в направление

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная - технологическая (проектно-технологическая) практика

Эксплуатация доменных печей

Производственная - преддипломная практика

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Автоматизация металлургических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-4	Способен выполнять задачи по оценке сырья и металлургической продукции, корректировать и контролировать производственный процесс
ПК-4.1	Оценивает сырье и металлургическую продукцию, корректирует и контролирует производственный процесс с обоснованием принятых технологических и технических мер

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 73,9 академических часов;
- аудиторная – 72 академических часов;
- внеаудиторная – 1,9 академических часов;
- самостоятельная работа – 34,1 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Основы техники измерения и управления технологическими процессами								
1.1 Технические измерения и приборы	3	4	4		2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос	ПК-4.1
1.2 Техника чтения схем автоматизации.		4	6		2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Контрольная работа	ПК-4.1
1.3 Методы и средства измерения параметров технологического процесса.		4	12		10	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к выполнению лабораторных работ	Тестирование Лабораторные работы	ПК-4.1
1.4 Свойства систем автоматического регулирования.		4	14		12	Самостоятельное изучение учебной литературы, подготовка к выполнению лабораторных работ	Лабораторные работы Проверка инд. заданий	ПК-4.1
Итого по разделу		16	36		26			
2. Автоматизация доменного производства								
2.1 Автоматизация доменного производства	3	4			2	Самостоятельное изучение учебной литературы	Тестирование	ПК-4.1
2.2 Автоматизация		4			2	Самостоятельно	Устный опрос	ПК-4.1

процессов производства агломерата					е изучение учебной литературы, подготовка к выполнению лабораторных работ	Лабораторные работы	
Итого по разделу		8			4		
3. Автоматизация производства стали							
3.1 Автоматизация сталеплавильного производства	3	8			2	Самостоятельное изучение учебной литературы	ПК-4.1
3.2 Автоматизация МНЛЗ		4			2,1	Самостоятельное изучение учебной литературы	Устный опрос Проверка инд. заданий
Итого по разделу		12			4,1		
Итого за семестр		36	36		34,1	зачёт	
Итого по дисциплине		36	36		34,1	зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Автоматизация металлургических процессов» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; лабораторные работы; практические занятия.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; лабораторные работы с использованием проблемного обучение, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме.

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке в процессе выполнения контрольных работ и индивидуальных заданий, а также в процессе подготовки к устному опросу, тестированию и итоговой аттестации.

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается:

- использование электронного демонстрационного материала по современной измерительной технике;
- использование электронных учебников по отдельным темам занятий;
- активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, контрольная работа, тестовый опрос, индивидуальная «защита» лабораторных работ и т.д.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Современные системы автоматизации и управления : учебное пособие / С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова, Е. Ю. Мухина, Т. Г. Сухоносорова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/3605>. - Текст : электронный. (дата обращения: 14.01.2026). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
2. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2026. — 224 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-

-16-021141-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2187786> (дата обращения: 14.01.2026). – Режим доступа: по подписке.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Бондарева, А. Р. Информационные технологии в металлургии: учебное пособие / А. Р. Бондарева, В. В. Гребенникова, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2014. - 191 с. : ил., схемы, табл. - ISBN 978-5-9967-0438-5. – Текст: непосредственный (9 экз.)
2. Мещеряков, В. А. Метрология. Теория измерений : учебник для вузов / В. А. Мещеряков, Е. А. Бадеева, Е. В. Шалобаев ; под общей редакцией Т. И. Мурашкиной. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 167 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07295-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/584483> (дата обращения: 14.01.2026).
3. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 224 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-021141-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2187786> (дата обращения: 14.01.2026). – Режим доступа: по подписке.
4. Мухина, Е. Ю. Проектирование автоматизированных систем: конспект лекций : учебное пособие / Е. Ю. Мухина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/167>. - Текст : электронный. (дата обращения: 14.01.2026).
6. Шишов, О. В. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие / О.В. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 396 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-015283-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2215726> (дата обращения: 14.01.2026). – Режим доступа: по подписке.
7. Андреев, С. М. Принципы построения и организации комплексов технических средств в системах автоматического управления. Курс лекций : учебное пособие / С. М. Андреев. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20336>. - Текст : электронный. (дата обращения: 14.01.2026).
8. Парсункин, Б. Н. Автоматизация технологических процессов и производств. Производство стали в мартеновских печах, двухванных агрегатах и кислородных конвертерах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, Т. Г. Сухонослова, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 264 с. : ил., табл. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1724>. - Текст : непосредственный.
9. Парсункин, Б. Н. Автоматизация технологических процессов и производств в металлургии : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Е. С. Рябчикова ; под ред. Б. Н. Парсункина ; МГТУ, [каф. ПККСУ]. - Магнитогорск, 2011. - 151 с. : ил., табл. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/3370>. - Текст : непосредственный.
10. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления тепловым режимом работы блока воздухонагревателей доменной печи : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, М. Ю. Рябчиков ; МГТУ, [каф. ПККСУ]. - Магнитогорск, 2009. - 148 с. : ил., граф., схемы, табл. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1479>. - Текст : непосредственный.
11. Парсункин, Б. Н. Автоматизация и оптимизация управления процессом выплавки чугуна в доменных печах : учебное пособие / Б. Н. Парсункин, С. М.

Андреев, Т. Г. Сухоносорова ; Б. Н. Парсункин, С. М. Андреев, Т. Г. Сухоносорова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 215 с. : ил., табл., схемы, граф., диагр., номогр., эскизы. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2196>. - ISBN 978-5-9967-1208-3. - Текст : непосредственный.

**в) Методические указания:**

1. Мухина, Е. Ю. Системы управления технологическими процессами и информационные технологии : учебное пособие / Е. Ю. Мухина, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/169>. - Текст : электронный. (дата обращения: 14.01.2026)
2. Мухина, Е. Ю. Автоматизация технологических процессов : практикум / Е. Ю. Мухина, А. Р. Бондарева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 110 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2057>. - Текст : непосредственный.
3. Индивидуальные задания по дисциплине «Автоматизация металлургических процессов». Приложение 3.
4. Требования к оформлению реферата. Приложение 4.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Электронная база периодических изданий ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации (ауд.448,437).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (ауд.448).

Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций: доска, мультимедийный проектор, экран (ауд.448,437).

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи для хранения учебно-методической документации (ауд.447а).

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: компьютерный класс: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (ауд.448).

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория метрологии и технологических измерений: лабораторные установки для выполнения лабораторных работ (ауд.452):

- лабораторный стенд «Измерение расхода газа»;
- лабораторный стенд «Поверка термопар»;
- лабораторный стенд «Поверка прибора Диск-250, логометра Ш-4540/1 и прибора А-566»;
- лабораторный стенд «Испытание и поверка КСП-3, вольтметра Ш-4540, прибора Диск-250»;
- лабораторный стенд «Измерение уровня жидкостей»;
- лабораторный стенд «Измерение уровня сыпучих материалов»;
- лабораторный стенд «Преобразователи давления Метран»;
- лабораторный стенд «Статические и динамические характеристики объекта управления»

Электронные плакаты по курсу «Основы метрологии и технические измерения» (136), ключ на 2 ПК.

**Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Автоматизация металлургических процессов» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение и защиту лабораторных работ, решение контрольных задач.

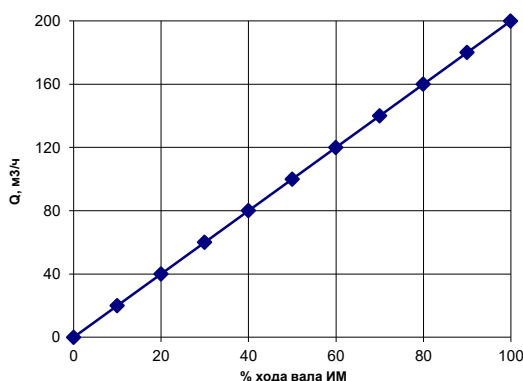
Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
<p>1. Методы и средства измерения технологических параметров:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Термоэлектрические преобразователи.</li> <li>– Термометры сопротивления.</li> <li>– Преобразователи серии Метран.</li> <li>– Расходомеры.</li> <li>– Уровнемеры</li> <li>– Испытание и поверка контрольно-измерительных приборов</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На каких явлениях основано действие термоэлектрических термометров?</li> <li>2. Как вводится поправка на температуру свободных концов термопары в автоматических и переносных потенциометрах, милливольтметрах?</li> <li>3. Пределы измерений стандартных термоэлектрических термометров?</li> <li>4. Какой принцип действия у термометров сопротивления?</li> <li>5. Какие преимущества у медного и у платинового термопреобразователей сопротивления?</li> <li>6. Принцип действия преобразователей серии Метран?</li> <li>7. Какие существуют модификации преобразователей серии Метран?</li> <li>8. Какие технологические параметры измеряются преобразователями серии Метран?</li> <li>9. Принцип действия тензометрического датчика.</li> <li>10. Измерение расхода методом постоянного перепада давления?</li> <li>11. Измерение расхода методом переменного перепада давления?</li> <li>12. Измерение расхода по динамическому давлению?</li> <li>13. Методы измерения уровня жидкостей?</li> <li>14. Методы измерения уровня сыпучих материалов?</li> <li>15. Что такое основная и дополнительная погрешность прибора?</li> <li>16. Какие погрешности необходимо рассчитать для того, чтобы сделать вывод о результатах поверки?</li> <li>17. Для чего выполняют поверку прибора и что понимают под классом точности прибора?</li> <li>18. Какие существуют виды поверок?</li> </ol>
<p>2. Системы автоматического управления:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Экспериментальное определение статической характеристики объекта управления.</li> <li>– Экспериментальное определение динамической характеристики объекта управления.</li> </ul> <p>Переходный процесс в системе управления.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое статическая характеристика объекта управления?</li> <li>2. Какой режим системы управления является установившемся?</li> <li>3. Дать определение динамической характеристики объекта управления.</li> <li>4. Дать определение Коб.</li> <li>5. Дать определение То.</li> <li>6. Дать определение тз.</li> <li>7. Что такое переходный процесс?</li> <li>8. Типы переходных процессов в системе управления?</li> <li>9. В каком режиме управления снимают переходный процесс?</li> </ol>
<p>3. Автоматизация металлургических процессов:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные технологические агрегаты доменного и сталеплавильного производства?</li> </ol>

Перечень лабораторных работ	Вопросы к защите
	2. Основные контролируемые и регулируемые технологические параметры металлургических процессов? 3. Виды и типы схем автоматизации. 4. Комплекс средств автоматизации для реализации системы управления конкретного технологического агрегата.

### Пример варианта контрольной работы №1

1. Нарисовать схему автоматизации для стабилизации давления. (подобрать датчик давления, вторичный прибор, регулятор и т.д. объяснить назначение всех элементов системы).

2. Нарисовать кривую разгона для объекта, обладающего следующими параметрами  $\tau_3 = 5$  с,  $T_0 = 25$  с, изменение входного воздействия от 30 до 20 % хода вала ИМ. Статическая характеристика объекта имеет следующий вид. Определить  $K_{об}$ .



3. Интегральный закон регулирования. Написать закон, нарисовать кривую разгона. Какие сигналы подаются на вход регулятора, что является выходным сигналом. Область применения.

### Пример вариантов контрольной работы №2

Определить, годен прибор к работе или нет, он работает на диапазоне  $X_B$ ,  $X_H$  (указанны в таблице). Отчет делений по прибору, производится через 10, начиная с  $X_H$ , до  $X_B$ . Класс точности прибора в таблице. Для получения результата определить: абсолютную, относительную и приведенную погрешности. Построить зависимость для определения вариации. Экспериментальные поверяемые точки назначить самостоятельно таким образом, чтобы в выводе значилось: прибор соответствует классу точности.

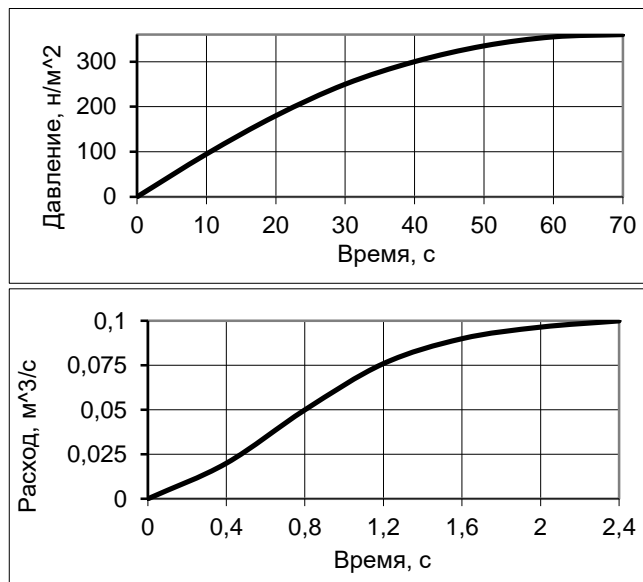
Вариант	$X_H$	$X_B$	Класс точности
1	-10	30	0,5
2	-20	20	1,0

### Пример вариантов индивидуальных заданий

**Задание 1.** Расчет коэффициентов статической характеристики объекта управления методом наименьших квадратов.  $Y(X) = a + bX$  - уравнение линии регрессии. Построить график статической характеристики, где точками показать экспериментальные значения, а линией – расчетную линию регрессии.

Экспериментальные данные	
X, Па	Эксп. точки, мм
8,0	4,83
8,7	4,12
9,2	3,45
9,5	2,86
10,0	1,83

**Задание 2.** Определение динамических параметров объекта управления по кривой разгона. Варианты заданий:



**Задание 3.** Написать реферат на заданную тему, используя различные источники информации.

*Примеры тем рефератов.*

1. Измерительные информационные системы
2. Способы представления информации
3. Информационные технологии, используемые при поиске информации
4. Методики поиска и обработки информации из различных источников
5. Представление информации в требуемом формате
6. Сетевые технологии при сборе информации
7. Управление процессом нагрева металла в АПК с учетом текущего температурного состояния металла.
8. Автоматизация процесса вакуумирования стали в установке порционного типа, особенности процесса.
9. Управление процессом дозирования сыпучих шихтовых материалов при составлении шихты для агломерации.
10. Особенности работы контуров регулирования уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ и теплового режима кристаллизатора.

### Примеры тестовых заданий

1. В каких случаях применяются пирометры?
  - а) при измерении высоких температур;
  - б) при измерении температур ниже 0°С;
  - в) при измерении температуры движущихся объектов;
  - г) когда необходимо обеспечить высокую точность.
2. Какой метод измерения лежит в основе работы термопары и термометра сопротивления
  - а) контактный;
  - б) бесконтактный;
  - в) косвенный.
3. Как изменяются свойства материала термометра сопротивления при изменении температуры
  - а) изменяется электрическое сопротивление;
  - б) изменяется плотность;
  - в) изменяется длина проводника.
4. Для чего вводят поправку на температуру холодных спаев, чтобы
  - а) температура холодных спаев была ноль;
  - б) температура холодных спаев была равна температуре горячих спаев.

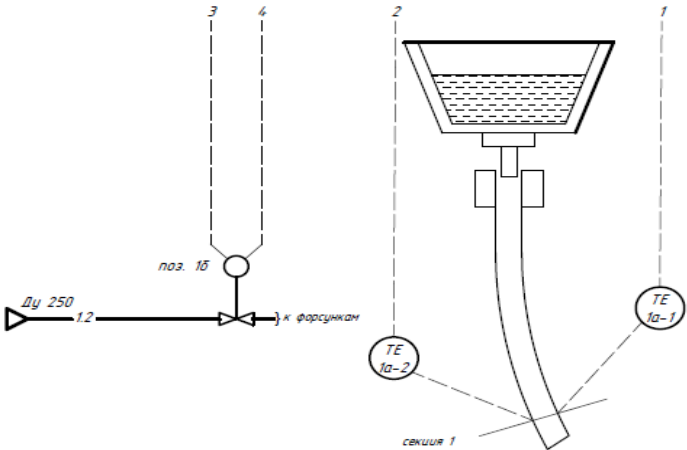
## Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-4Способен выполнять задачи по оценке сырья и металлургической продукции, корректировать и контролировать производственный процесс</b>		
ПК 4.1	Оценивает сырье и металлургическую продукцию, корректирует и контролирует производственный процесс с обоснованием принятых технологических и технических мер	<p><i>Перечень теоретических вопросов к зачету:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Измерительные информационные системы</li> <li>2. Способы представления информации</li> <li>3. Компьютерные технологии, используемые при поиске информации</li> <li>4. Информационные технологии, используемые при поиске информации</li> <li>5. Методики поиска и обработки информации из различных источников</li> <li>6. Представление информации в требуемом формате</li> <li>7. Анализ информации из различных источников</li> <li>8. Сетевые технологии при сборе информации</li> <li>9. Технологические измерения в зоне нижнего строения агломерационной машины</li> <li>10. Технические средства для измерения параметров технологического процесса</li> <li>11. Виды стандартов.</li> <li>12. Нормативные документы</li> <li>13. Государственные и отраслевые стандарты для разработки проекта по АСУ ТП</li> <li>14. Технические средства автоматизации</li> <li>15. Средства автоматического регулирования</li> <li>16. Средства сигнализации</li> <li>17. Статический и динамический режим работы объекта управления.</li> <li>18. Статическая характеристика объекта управления.</li> <li>19. Определение динамических параметров объекта управления по кривой разгона.</li> <li>20. Типовые динамические звенья. Статические и динамические характеристики типовых соединений элементов.</li> <li>21. Непрерывные законы регулирования (П, И, ПИ, ПД, ПИД - законы) и регуляторы, формирующие эти законы. Определение настроечных параметров типовых регуляторов.</li> <li>22. Показатели качества регулирования.</li> <li>23. Система автоматического регулирования (САР). Контур регулирования.</li> <li>24. Классификация систем регулирования и управления: АСУ, АСУП, АСУТП.</li> <li>25. Использование ЭВМ для формирования различных законов регулирования. Промышленные контроллеры и управляющие ЭВМ.</li> <li>26. Функции и назначение АСУ ТП.</li> <li>27. Проблемы управления теплоэнергетическими процессами.</li> <li>28. Принципы оптимального планирования и управления.</li> <li>29. Применение информационных и вычислительных сетей для совершенствования металлургических технологий и управления</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>теплотехническими объектами.</p> <p>30. Функциональные схемы автоматизации тепловых процессов.</p> <p>31. Структура современной системы управления производством. Уровни структуры, основные выполняемые функции</p> <p>32. Уровень получения информации об объекте, состав уровня, программные и технические средства уровня.</p> <p>33. Уровень управления. Информационные связи уровня с другими уровнями иерархии.</p> <p>34. Уровень диспетчеризации процесса управления. Задачи уровня. Структура программных средств уровня.</p> <p>35. Программные средства автоматизированной обработки и отображения параметров технологического процесса, состав и структура средств.</p> <p>36. Основные характеристики программных средств накопления и поиска информации. Структура и классификация баз данных.</p> <p>37. Программные средства автоматизированного сбора и передачи информации, сети передачи данных.</p> <p>38. Информационные технологии объединения (связывания) источников данных, единое информационное пространство.</p> <p>39. Методы связывания и передачи данных на уровне операционных систем. Сервера передачи данных.</p> <p>40. Назначение и структура автоматизированного технологического комплекса. Элементы структуры, назначение и состав.</p> <p>41. Метрологические характеристики. Неметрологические характеристики</p> <p>42. Структурные схемы и свойства средств измерения</p> <p>43. Обработка результатов измерения</p> <p>44. Измерение неэлектрических величин. Классификация</p> <p>45. Измерение температуры термометрами сопротивления (пределы измерения, градуировки). Требования, предъявляемые к материалу</p> <p>46. Преобразователи неэлектрических величин. Металлические термометры сопротивления</p> <p>47. Преобразователи неэлектрических величин. Полупроводниковые термометры сопротивления</p> <p>48. Преобразователи неэлектрических величин. Термоэлектрические преобразователи</p> <p>49. Стандартные термоэлектрические преобразователи (пределы измерения, градуировки, материал электродов)</p> <p>50. Способы исключения влияния температуры свободных концов термопар. Требования, предъявляемые к материалам, термопар</p> <p>51. Преобразователи неэлектрических величин. Пирометры</p> <p>52. Методы и средства измерения расхода</p> <p>53. Преобразователи серии МЕТРАН</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																															
		54. Методы и средства измерения уровня																																																															
		<p><b>Примеры практических заданий для зачета:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования температуры.</li> <li>2. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования давления</li> <li>3. Предложить комплекс технических средств для реализации типового контура регулирования расхода</li> <li>4. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура уровня металла в кристаллизаторе МНЛЗ.</li> <li>5. Составить структурную и функциональную схемы автоматизации типового контура регулирования расхода природного газа на фурму доменной печи.</li> </ol>																																																															
		<p><b>Примеры задач к зачету:</b></p> <p><b>Задача 1.</b> Используя ГОСТ 21.208-2013 дать расшифровку следующим условным обозначениям средств автоматизации:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">RR</div> <div style="text-align: center;">FFC</div> <div style="text-align: center;">TT</div> <div style="text-align: center;">ZI</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">PDE</div> <div style="text-align: center;">PS</div> <div style="text-align: center;">EG</div> </div> <p><b>Задача 2.</b> Используя ГОСТ 21.408-2013 составить перечень основных рабочих чертежей проекта по АСУ ТП.</p> <p><b>Задача 3.</b> Используя ГОСТ 21.208-2013 пояснить объем технических средств на предложенной схеме автоматизации:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 20px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Виды технических средств</td> <td>FGT 16</td> <td>FGT 20-1</td> <td>PI 20-1</td> <td>PI 20-1</td> <td>PI 20-1</td> <td>PI 20-1</td> </tr> <tr> <td>Польза преобразования</td> <td>PI 16</td> <td>PI 20-1</td> <td>PI 20-1</td> <td>PI 20-1</td> <td>PI 20-1</td> <td>PI 20-1</td> </tr> <tr> <td>Вид управления ПЛУ</td> <td>Y 16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Y 20-1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Вид распределения СЛ</td> <td>φA φD φD</td> <td>φA</td> <td>φA</td> <td>φD</td> <td>φD</td> <td>φD</td> </tr> <tr> <td>Вид контроллеров</td> <td>φBI φBφ φBI</td> <td>φBI</td> <td>φBI</td> <td>φBφ</td> <td>φBI φПЛК</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ГК</td> <td colspan="6" style="text-align: center;">φ ПЛК 1</td> </tr> <tr> <td>Параметры</td> <td>Расход</td> <td>Расход природного газа</td> <td>Расход горючего газа</td> <td colspan="3">Управление клапаном подачи природного газа</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Природный газ на фурму</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">Распределение по фурмам</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	Виды технических средств	FGT 16	FGT 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	Польза преобразования	PI 16	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	Вид управления ПЛУ	Y 16				Y 20-1		Вид распределения СЛ	φA φD φD	φA	φA	φD	φD	φD	Вид контроллеров	φBI φBφ φBI	φBI	φBI	φBφ	φBI φПЛК		ГК	φ ПЛК 1						Параметры	Расход	Расход природного газа	Расход горючего газа	Управление клапаном подачи природного газа				Природный газ на фурму	Распределение по фурмам				
	1	2	3	4	5	6																																																											
Виды технических средств	FGT 16	FGT 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1																																																											
Польза преобразования	PI 16	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1	PI 20-1																																																											
Вид управления ПЛУ	Y 16				Y 20-1																																																												
Вид распределения СЛ	φA φD φD	φA	φA	φD	φD	φD																																																											
Вид контроллеров	φBI φBφ φBI	φBI	φBI	φBφ	φBI φПЛК																																																												
ГК	φ ПЛК 1																																																																
Параметры	Расход	Расход природного газа	Расход горючего газа	Управление клапаном подачи природного газа																																																													
	Природный газ на фурму	Распределение по фурмам																																																															

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																		
		<p><b>Задача 4.</b> Используя ГОСТ 21.208-2013 пояснить объем технических средств на предложенной схеме автоматизации:</p>  <p>The diagram shows a tank with a heating coil (section 1) and two temperature sensors (TE 1a-1 and TE 1a-2). A control system includes a regulating controller, a visualization station, and a parameter table. The parameter table lists four 4-20 mA signals (1, 2, 3, 4) and their connections to PMK and ZBM modules.</p> <table border="1" data-bbox="754 1176 1444 1366"> <tr> <td data-bbox="754 1176 954 1238">Регулирующий контроллер</td> <td data-bbox="954 1176 1013 1238">1 4...20 мА</td> <td data-bbox="1013 1176 1072 1238">2 4...20 мА</td> <td data-bbox="1072 1176 1131 1238">3 4...20 мА</td> <td data-bbox="1131 1176 1190 1238">4</td> <td data-bbox="1190 1176 1444 1238">Bo PMK</td> </tr> <tr> <td data-bbox="754 1238 954 1301">Станция визуализации</td> <td data-bbox="954 1238 1013 1301"></td> <td data-bbox="1013 1238 1072 1301"></td> <td data-bbox="1072 1238 1131 1301"></td> <td data-bbox="1131 1238 1190 1301"></td> <td data-bbox="1190 1238 1444 1301">Bi ZBM</td> </tr> <tr> <td data-bbox="754 1301 954 1366">Параметр</td> <td colspan="5" data-bbox="954 1301 1444 1366">Температура</td> </tr> </table>	Регулирующий контроллер	1 4...20 мА	2 4...20 мА	3 4...20 мА	4	Bo PMK	Станция визуализации					Bi ZBM	Параметр	Температура				
Регулирующий контроллер	1 4...20 мА	2 4...20 мА	3 4...20 мА	4	Bo PMK															
Станция визуализации					Bi ZBM															
Параметр	Температура																			

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Автоматизация металлургических процессов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений.

Зачет проводится в устной форме по теоретическим вопросам, практическим заданиям и задачам.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

- на оценку *«зачтено»* - обучающийся показывает усвоение основного содержания материала в объеме программы, в основном правильно дает определения и понятия, демонстрирует практические навыки по дисциплине;
- на оценку *«незачтено»* - обучающийся не показывает усвоение основного содержания материала в объеме программы, в основном неправильно дает определения и понятия, не демонстрирует практические навыки по дисциплине.

**Задания для расчетной части лабораторного практикума по дисциплине  
«Автоматизация металлургических процессов»**

**Задание №1. Расчет коэффициентов статической характеристики объекта управления методом наименьших квадратов**

*Метод наименьших квадратов*

Для математического описания статических экспериментальных характеристик технологического процесса используются уравнения, полученные методом математической статистики для получения зависимости  $Y = f(X)$ . Эту зависимость наиболее просто и удобно выразить с использованием многочлена вида:

$$Y(X) = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + \dots + a_n \cdot X^n \quad (1)$$

Так как статическая характеристика нелинейная, то для получения уравнения статической характеристики используется полином четвертой степени вида:

$$Y(X) = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 + a_3 \cdot X^3 + a_4 \cdot X^4 \quad (2)$$

Коэффициенты полинома (2) определяются из решения системы уравнений, полученных с использованием метода наименьших квадратов:

$$\begin{cases} \sum Y = N \cdot a_0 + a_1 \cdot \sum X + a_2 \cdot \sum X^2 + a_3 \cdot \sum X^3 + a_4 \cdot \sum X^4 \\ \sum XY = a_0 \cdot \sum X + a_1 \cdot \sum X^2 + a_2 \cdot \sum X^3 + a_3 \cdot \sum X^4 + a_4 \cdot \sum X^5 \\ \sum X^2Y = a_0 \cdot \sum X^2 + a_1 \cdot \sum X^3 + a_2 \cdot \sum X^4 + a_3 \cdot \sum X^5 + a_4 \cdot \sum X^6 \\ \sum X^3Y = a_0 \cdot \sum X^3 + a_1 \cdot \sum X^4 + a_2 \cdot \sum X^5 + a_3 \cdot \sum X^6 + a_4 \cdot \sum X^7 \\ \sum X^4Y = a_0 \cdot \sum X^4 + a_1 \cdot \sum X^5 + a_2 \cdot \sum X^6 + a_3 \cdot \sum X^7 + a_4 \cdot \sum X^8 \end{cases} \quad (3)$$

Расчет коэффициентов уравнения статической характеристики методом наименьших квадратов приведен в таблице ниже.

Решение системы уравнений осуществляется методом Крамера и заключается в определении коэффициентов полинома (2) с помощью определителей, составленных по системе уравнений (3). Данные берутся из таблицы (сумма по столбцам)

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} Y & X & X^2 & X^3 & X^4 \\ XY & X^2 & X^3 & X^4 & X^5 \\ X^2Y & X^3 & X^4 & X^5 & X^6 \\ X^3Y & X^4 & X^5 & X^6 & X^7 \\ X^4Y & X^5 & X^6 & X^7 & X^8 \end{vmatrix} \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} N & Y & X^2 & X^3 & X^4 \\ X & XY & X^3 & X^4 & X^5 \\ X^2 & X^2Y & X^4 & X^5 & X^6 \\ X^3 & X^3Y & X^5 & X^6 & X^7 \\ X^4 & X^4Y & X^6 & X^7 & X^8 \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} N & X & Y & X^3 & X^4 \\ X & X^2 & XY & X^4 & X^5 \\ X^2 & X^3 & X^2Y & X^5 & X^6 \\ X^3 & X^4 & X^3Y & X^6 & X^7 \\ X^4 & X^5 & X^4Y & X^7 & X^8 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} N & X & X^2 & Y & X^4 \\ X & X^2 & X^3 & XY & X^5 \\ X^2 & X^3 & X^4 & X^2Y & X^6 \\ X^3 & X^4 & X^5 & X^3Y & X^7 \\ X^4 & X^5 & X^6 & X^4Y & X^8 \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} N & X & X^2 & X^3 & Y \\ X & X^2 & X^3 & X^4 & XY \\ X^2 & X^3 & X^4 & X^5 & X^2Y \\ X^3 & X^4 & X^5 & X^6 & X^3Y \\ X^4 & X^5 & X^6 & X^7 & X^4Y \end{vmatrix} \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} N & X & X^2 & X^3 & X^4 \\ X & X^2 & X^3 & X^4 & X^5 \\ X^2 & X^3 & X^4 & X^5 & X^6 \\ X^3 & X^4 & X^5 & X^6 & X^7 \\ X^4 & X^5 & X^6 & X^7 & X^8 \end{vmatrix}$$

Коэффициенты полинома (2):  $a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta}$ ;  $a_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}$ ;  $a_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}$ ;  $a_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta}$ ;  $a_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta}$ .

Коэффициенты уравнения:

$$a_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = 1235,43; \quad a_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = -135,03; \quad a_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = 565,069; \quad a_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = -563,74; \quad a_4 = \frac{\Delta_4}{\Delta} = 170,227$$

Уравнение статической характеристики будет иметь следующий вид:

$$Y(X) = 1235,43 - 135,03 \cdot X + 565,069 \cdot X^2 - 563,74 \cdot X^3 + 170,227 \cdot X^4$$

Полученная статическая характеристика приведена на рисунке:

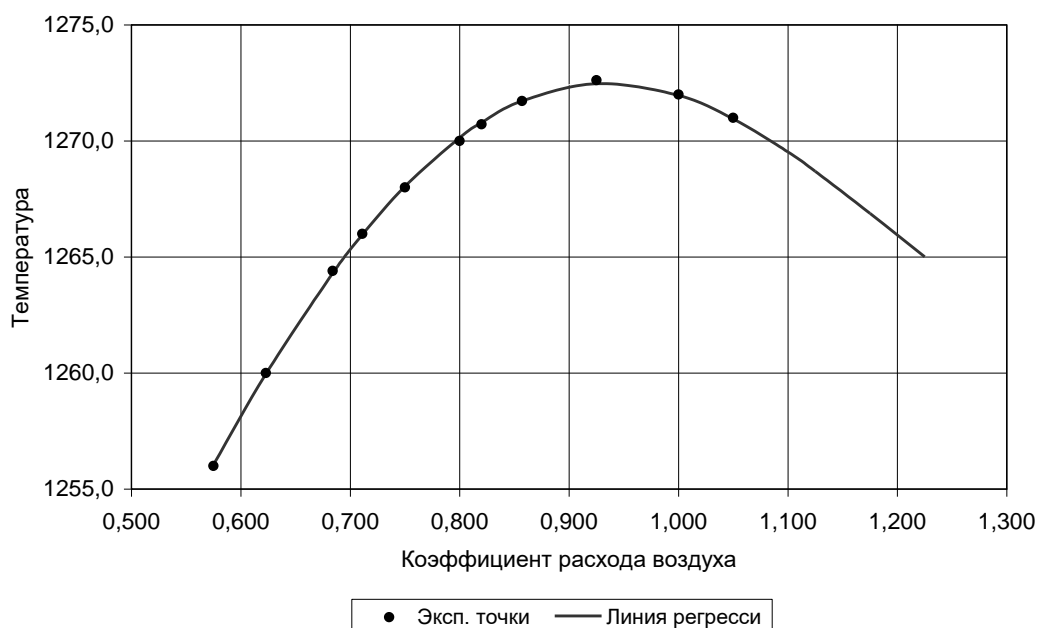


Рисунок – Статическая характеристика

Задание. Экспериментальные точки для расчета получить на имитационной модели объекта управления (по вариантам) - программа сау.exe.

## Задание №2. Определение динамических параметров объекта управления по кривой разгона

Динамической характеристикой объекта регулирования называется зависимость изменения во времени выходной величины у объекта в переходном режиме. При этом предполагается, что неустановившийся (переходный) режим вызван однократным ступенчатым скачкообразным единичным возмущением входной величины (регулирующим воздействием или внешним возмущением). Динамическая характеристика объекта также называется кривой разгона и является временной характеристикой объекта.

Кривая разгона объекта может быть получена экспериментальным путем, или рассчитана аналитически.

При экспериментальном способе получения кривой разгона регулятор отключается от объекта регулирования, а на вход объекта вручную вносится единичное ступенчатое воздействие.

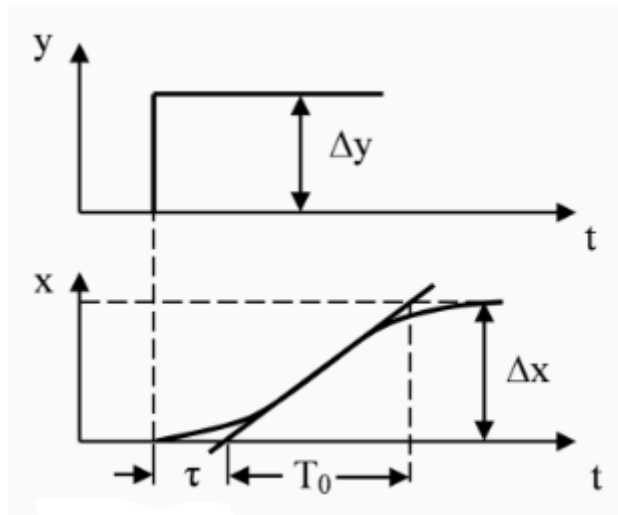


Рисунок 1 – Переходная характеристика объекта.

Динамические характеристики объекта:

$\tau_{\text{зап}}$  – время запаздывания, характеризует запаздывание изменения регулируемого параметра при возникновении регулирующего воздействия или возмущения. Увеличение  $\tau_{\text{зап}}$  затрудняет работу регулятора, ухудшает устойчивость.

$T_{\text{об}}$  – постоянная времени объекта, мера инертности объекта, чем больше  $T_{\text{об}}$  тем медленнее изменяется регулируемый параметр, тем легче работать регулятору.

$k_{\text{об}}$  – коэффициент передачи объекта, показывает, как изменяется параметр  $X$  при изменении регулирующего воздействия  $Y$ . Чем больше  $k_{\text{об}}$  тем объект чувствительнее к воздействиям.  $k_{\text{об}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$

По переходному процессу, изображенному на графике, определяем характеристики объекта:

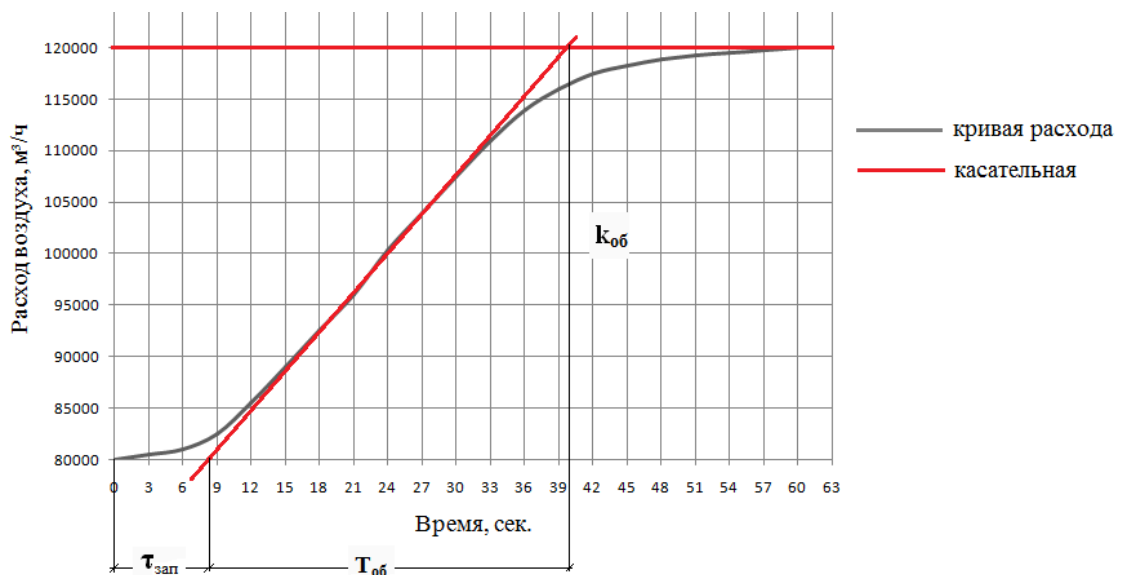


Рисунок 2 – График для определения динамических параметров объекта управления  
Коэффициент передачи объекта  $k_{\text{об}}$  находим по формуле:

$$k_{\text{об}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad , \quad (1)$$

где  $\Delta X$  – изменение входной величины;

$\Delta Y$  – изменение выходной величины.

$$k_{\text{об}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{120000 - 80000}{60 - 40} = \frac{40000}{20} = 2000 \text{ м}^3/\% \text{хода ИМ}$$

По графику на рисунке 1 определяем время запаздывания  $\tau_{\text{зап}}$  и постоянную времени  $T_{\text{об}}$ .

$\tau_{\text{зап}} = 8 \text{ сек.}$

$T_{\text{об}} = 32 \text{ сек.}$

Задание. Экспериментальные точки для расчета получить на имитационной модели объекта управления (по вариантам) - программа сау.exe.

### Задание №3. Составление структурной схемы контура управления технологическим процессом

В результате работы САР технологические параметры поддерживаются на определенном значении без вмешательства человека.

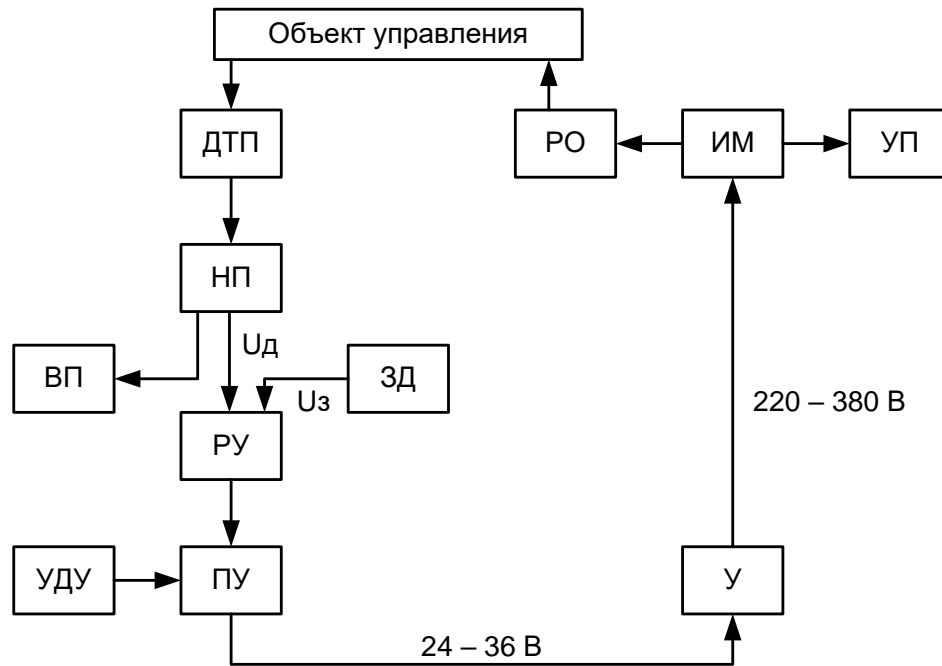


Рисунок 1 – Структурная схема САР

Стабилизирующий контур в своей структуре содержит следующие элементы:  
*ДТП* (датчик технологического параметра) - устройство, предназначенное для измерения фактического значения управляемого технологического параметра и преобразования в величину доступную для инструментального контроля.

*НП* (нормирующий преобразователь) - устройство, предназначенное для преобразования фактического сигнала, формируемого ДП в унифицированный сигнал. Унифицированные сигналы: 4-20мА, 0-20мА, 0-10В.

*ВП* (вторичный прибор) - устройство, предназначенное для отображения и визуализации текущих значений регулируемого параметра.

*РУ* (регулирующее устройство, регулятор) – устройство, предназначенное для определения сигнала рассогласования в измерительной части регулятора и формирования управляющего воздействия в соответствии с принятым законом регулирования. Выходным параметром регулятора является положение вала исполнительного механизма. Регулирующее устройство формирует управляющий сигнал в виде напряжения постоянного тока, который подается на переключатель режима управления.

*ПУ* (переключатель режима управления) - обеспечивает выбор режима управления исполнительным механизмом.

Есть два режима управления:

- Автоматический режим - управление осуществляется от регулирующего устройства.
- Дистанционный (ручной) режим - управление ИМ осуществляется от устройства дистанционного управления (УДУ).

У (усилитель мощности) – предназначен для усиления и преобразования управляющего сигнала, формируемого регулирующим устройством в сигнал, достаточный для управления исполнительным механизмом. В качестве усилителя мощности обычно используется устройство типа ПБР (пускатель бесконтактный реверсивный).

ИМ (исполнительный механизм) – устройство, содержащее электрический двигатель и редуктор, предназначенный для преобразования управляющего сигнала регулятора в угол поворота регулирующего органа. В САУ используются исполнительные механизмы постоянной скорости. Их скорость должна соответствовать инерционности управляемого процесса и массе регулирующего органа.

Пример исполнительного механизма:

Название: МЭО-100-63-0.25

100 – вращающий момент (измеряется в ньютон на метр)

63 – время одного полного оборота выходного вала

0.25 – на сколько градусов настроены концевые выключатели, то есть процент хода исполнительного механизма  $90^\circ = 100\%$ .

УП (указатель положения) – предназначен для измерения текущего значения положения регулирующего органа или выходного вала исполнительного механизма.

ЗД (задающее устройство) – устройство, предназначенное для формирования сигнала задания.

РО (регулирующий орган) – механическое устройство, представляющее собой поворотный клапан или шибер, изменяющее величину регулирующего физического воздействия.

Задание. По описанию схемы лабораторной установки и имитационной модели составить структурную схему контура управления.

#### Задание №4. Расчёт параметров настройки регулятора

Пропорциональный регулятор имеет один параметр динамической настройки – коэффициент передачи регулятора  $K_p$ , который численно равен углу поворота вала ИМ, приходящегося на единицу отклонения регулируемого параметра от задания. П - регулятор обеспечивает быстрое регулирование, но в системе присутствует статическая ошибка  $e_0$ . При увеличении параметра настройки регулятора  $K_p$  статическая ошибка уменьшается, но уменьшается и устойчивость системы. Поэтому в промышленных системах типа в чистом виде П - регулятор используется редко.

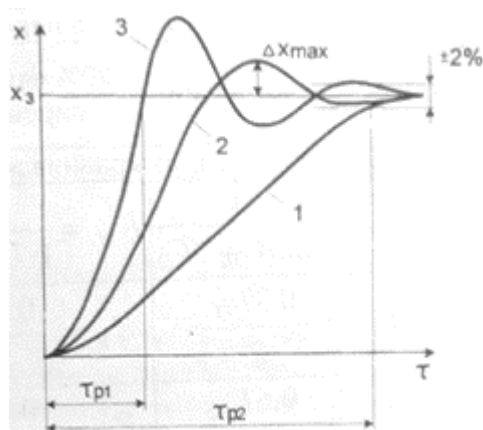
Интегральный регулятор иногда называют астатическим.  $T_i$  – время интегрирования – это настроечный параметр регулятора. Время интегрирования  $T_i$  – это время, за которое выходная величина, изменяясь с постоянной скоростью, достигнет значения входной величины, если обе величины измеряются в одних единицах.

Дифференциальный регулятор реализуют закон регулирования, чувствительный к скорости изменения сигнала рассогласования, что позволяет системе быстро реагировать даже на малые отклонения регулируемой величины от задания.  $T_d$  – время предварения, это время, в течение которого угол поворота вала ИМ под действием дифференцирующей части удваивается пропорциональной частью.

*Определение динамических параметров настройки регулятора по динамическим параметрам объекта*

В реальных производственных условиях перед каждым инженером возникает задача оптимизации контура управления, которая заключается в том, что для каждого объекта с известными динамическими параметрами  $\tau_{\text{зап}}$ ,  $T_{\text{об}}$ ,  $k_{\text{об}}$  необходимо определить значения параметров динамической настройки регулятора  $K_P$ ,  $T_{\text{ИЗ}}$ ,  $T_{\text{П}}$ , при которых максимально возможно компенсируется влияние инерционных свойств объекта.

На рисунке 1 приведены типовые переходные процессы в системах автоматического регулирования при скачкообразном изменении задания.



- 1 – апериодический процесс с минимальным временем регулирования; 2 – 20 % перерегуливание;  
3 – минимальное значение квадратичного критерия.

Рисунок 1 – Типовые переходные процессы в системах автоматического регулирования при скачкообразном изменении задания

При инженерных методах выбора закона регулирования и близких к оптимальным значений параметров динамической настройки регулятора, рекомендуется пользоваться формулами, представленными в таблице 1.

Если объект является объектом с самовыравниванием, а это означает, что он характеризует способность объекта восстанавливать состояние равновесия, при этом параметр принимает новое равновесное состояние.

В зависимости от технологических требований, динамических свойств объекта управления и характера, действующих на него возмущений выбираем один из трех типовых процессов – апериодический процесс с минимальным временем регулирования.

Тип регулятора выбирается с учетом свойств объекта регулирования. Для достижения требуемого качества регулирования при выбранном переходном процессе следует принять подходящий закон регулирования.

Таблица 1 - Расчетные формулы для определения настроек регулятора для инерционных объектов с запаздыванием

Закон регулирования	Вид типового переходного процесса		
	апериодический	20% перерегуливание	Минимум $I'$
Объекты с самовыравниванием (статические)			
И	$K_{\text{И}} = \frac{1}{4,2 K_{\text{ОБ}} \cdot T_{\text{О}}}$	$K_{\text{И}} = \frac{1}{1,7 K_{\text{ОБ}} \cdot T_{\text{О}}}$	$K_{\text{И}} = \frac{1}{1,7 K_{\text{ОБ}} \cdot T_{\text{О}}}$
П	$K_{\text{П}} = \frac{0,3 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$	$K_{\text{П}} = \frac{0,7 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$	$K_{\text{П}} = \frac{0,9 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$
ПИ	$K_{\text{П}} = \frac{0,6 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$ $T_{\text{И}} = 0,6 T_{\text{О}}$	$K_{\text{П}} = \frac{0,7 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$ $T_{\text{И}} = 0,7 T_{\text{О}}$	$K_{\text{П}} = \frac{T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$ $T_{\text{И}} = T_{\text{О}}$
ПИД	$K_{\text{П}} = \frac{0,95 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$ $T_{\text{И}} = 2,4 \tau_3$ $T_{\text{П}} = 0,4 \tau_3$	$K_{\text{П}} = \frac{1,2 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$ $T_{\text{И}} = 2,0 \tau_3$ $T_{\text{П}} = 0,4 \tau_3$	$K_{\text{П}} = \frac{1,4 T_{\text{О}}}{K_{\text{ОБ}} \cdot \tau_3}$ $T_{\text{И}} = 1,3 \tau_3$ $T_{\text{П}} = 0,5 \tau_3$

Характер действия регулятора определяют по величине отношения времени запаздывания объекта  $\tau_{\text{зап}}$  к его постоянной времени  $T_{\text{об}}$ :

$$\begin{aligned}\tau_{\text{зап}} / T_{\text{об}} < 0,2 & \quad - \text{релейный регулятор} \\ 0,2 < \tau_{\text{зап}} / T_{\text{об}} < 1,0 & \quad - \text{регулятор непрерывного действия} \\ \tau_{\text{зап}} / T_{\text{об}} > 1,0 & \quad - \text{многоконтурная система регулирования} \\ \tau_{\text{зап}} / T_{\text{об}} = 8 / 32 = 0,25 & \quad (1)\end{aligned}$$

Выбираем регулятор непрерывного действия, так как  $0,2 < 0,25 < 1,0$ .

При выборе закона регулирования регулятора непрерывного действия учитываем величину отношения постоянной времени объекта  $T_{\text{об}}$  к времени запаздывания  $\tau_{\text{зап}}$ :

$$\begin{aligned}T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} > 1,0 & \quad - \text{П - регулятор} \\ 10 > T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} > 7,5 & \quad - \text{ПИ - регулятор} \\ 7,5 > T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} > 3 & \quad - \text{ПИД - регулятор} \\ T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} < 3,0 & \quad - \text{многоконтурная система регулирования} \\ T_{\text{об}} / \tau_{\text{зап}} = 32 / 8 = 4 & \quad (2)\end{aligned}$$

Выбираем ПИД – регулятор непрерывного действия, так как  $7,5 > 4 > 3$ .

Рассчитаем параметры настройки ПИД – регулятора теоретическим способом, используя для расчета определенные параметры объекта –  $\tau_{\text{зап}}$ ,  $T_{\text{об}}$ ,  $k_{\text{об}}$ .

$$K_p = \frac{0,95 \cdot T_{\text{об}}}{K_{\text{об}} \cdot \tau_{\text{зап}}} = \frac{0,95 \cdot 32}{2000 \cdot 8} = \frac{30,4}{16000} = 0,0019$$

$$T_i = 2,4 \cdot \tau_{\text{зап}} = 2,4 \cdot 8 = 19,2$$

$$T_D = 0,4 \cdot \tau_{\text{зап}} = 0,4 \cdot 8 = 3,2$$

Задание. На имитационной модели объекта управления (по вариантам) получить характеристики объекта управления, выбрать для данного объекта регулятор и рассчитать для него настроечные параметры - программа сау.exe

## Требования к оформлению отчета

Формат листа А4. Шрифт Times New Roman, размер 12, межстрочный интервал 1,5. Выравнивание текста по ширине. Абзац 1,25. Параметра страницы: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу 20 мм. Номер страницы проставляется внизу от центра.

Текст отчета по лабораторным работам должен быть структурирован. Заголовки первого уровня записываются прописными буквами, симметрично тексту, жирно. Заголовки второго уровня – с прописной буквы, остальные строчные, жирно, с абзацного отступа. Заголовки третьего уровня – с прописной буквы, остальные строчные, жирным курсивом, с абзацного отступа.

*Структура реферата:*

- Титульный лист.
- Содержание.
- Текст отчета.
- Список использованных источников.

В тексте обязательно должны быть расставлены ссылки на использованные источники. Список использованных источников формируется в порядке ссылок по тексту реферата и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100 -2018.

*Примеры библиографических описаний (ГОСТ 7.0.100 -2018)*

### *1. Описание изданий с одним автором*

Сибикин, Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий: учеб. для сред. проф. образ. / Ю.Д. Сибикин; Среднее проф. Образование, Строительство и архитектура. – Москва: Academia, 2006. – 362 с.: ил., табл. – ISBN 5-7695-2250-3. – Текст: непосредственный.

### *2. Описание с двумя авторами*

Чертов, А.Г. Задачник по физике: учеб. пособие / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва: Физматлит, 2008. – 640 с.: ил. – ISBN 9875-94052-145-2. – Текст: непосредственный.

### *3. Описание с тремя авторами*

Варламова, Л.Н. Управление документацией: англо-русский аннотированный словарь стандартизированной терминологии / Л.Н. Варламова, Л.С. Баюн, К.А. Бастрикова. – Москва: Спутник+, 2017. – 398 с. – ISBN 978-5-9973-4489-4. – Текст: непосредственный.

### *4. Описание изданий под заглавием (5 и более авторов)*

Математика: учеб. пособие / Ю.М. Данилов, Л.Н. Журбенко, Г.А. Никонова [и др.]; Министерство образования и науки Российской Федерации, Казанский государственный технологический университет. – Москва: ИНФРА-М, 2011. – 496 с.: ил., табл. – ISBN 5-16-0022673-2. – Текст: непосредственный.

### *5. Описание многотомных изданий*

Материалы и элементы электронной техники. В 2 томах. Т.1. Проводники, полупроводники, диэлектрики: учебник для студ. вузов, обучающихся по направлению «Электроника и микроэлектроника» / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. – Москва: ИЦ Академия, 2006. – 440 с. – Библиогр.: с. 435-438. – Предм. указ.: с. 438-440. – ISBN 5-7695-2785-4. – Текст: непосредственный.

### *6. Описание законодательных материалов*

Гражданский процессуальный кодекс РСФСР: [принят третьей сес. Верхов. Совета РСФСР шестого созыва 11 июня 1964 г.]: офиц. текст: по состоянию на 15.11.2001 г.; Министерство юстиции Российской Федерации. – Москва: Маркетинг, 2001. – 159 с. – 3000 экз. – ISBN 5-94462-191-5. – Текст: непосредственный.

### *7. Описание стандартов*

ГОСТ Р 57564–2017. Организация и проведение работ по международной стандартизации в Российской Федерации = Organization and implementation of activity on international standardization in Russian Federation: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2017 г. № 767-ст : введен впервые: дата введения 2017-12-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ). – Москва: Стандартинформ, 2017. – V, 43, [1] с.; 29 см. – 33 экз. – Текст непосредственный.

### 8. Описание патентных документов

Патент № 2637215 Российская Федерация, МПК В02С 19/16 (2006.01), В02С 17/00 (2006.01). Вибрационная мельница: № 2017105030: заявл. 15.02.2017: опублик. 01.12.2017 / [Артеменко К. И.](#), [Богданов Н. Э.](#); заявитель БГТУ. – 4 с.: ил. – Текст: непосредственный.

### 9. Описание периодических изданий

Безопасность жизнедеятельности. – ISSN 1684-6435. – Текст: непосредственный.

Вестник древней истории. – ISSN 0321-0391. – URL:

<https://dlib.eastview.com/browse/publication/669/udb/12> (дата обращения 02.10.2019). – Текст: электронный.

### 10. Описание изданий МГТУ

Парсункин, Б.Н. Локальные стабилизирующие контуры автоматического управления в АСУ ТП промышленного производства: монография / Б.Н. Парсункин, С.М. Андреев, О.С. Логунова, Т.У. Ахметов; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г.И. Носова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2012. – 406 с. – ISBN 978-5-4253-0418-0. – Текст: непосредственный.

### 11. Описание электронных изданий МГТУ (макрообъекты)

Мухина, Е. Ю. Проектирование автоматизированных систем: конспект лекций / Е.Ю.

Мухина; МГТУ. – Магнитогорск: МГТУ, 2014. – 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. –

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1154.pdf&show=dcatalogues/1/1121181/1154.pdf&view=true> (дата обращения 09.10.2019). – Макрообъект. – Текст: электронный.

### 12. Описание ЭБС «Лань»

Основы металлургического производства: учебник / В.А. Бигеев, К.Н. Вдовин, В.М.

Колокольцев, В.М. Салганик. – Санкт-Петербург: Лань, 2017. – 616с.: ил., табл. – ISBN 978-5-8114-2486-3. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e/lanbook.com/book/90165> (дата обращения 02.10.2019). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 13. Описание ЭБС «Знаниум»

Попов, Ю. И. Управление проектами: учебное пособие / Ю. И. Попов, О. В. Яковенко. —

Москва: ИНФРА-М, 2019. — 208 с. — (Учебники для программы MBA). – ISBN 978-5-16-002337-3. — URL: <https://new.znanium.com/read?id=329884> (дата обращения 10.10.2019). – Текст: электронный.

### 14. Описание ЭБС «Юрайт»

Троценко, В.В. Системы управления технологическими процессами и информационные

технологии: учебное пособие для академического бакалавриата / В.В. Троценко, В.К. Федоров, А.И. Забудский, В.В. Комендантов. - Москва: Юрайт, 2019. – 136с. – ISBN 978-5-534-09938-6. – Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. – URL:

<https://urait.ru/viewer/sistemy-upravleniya-tehnologicheskimi-processami-i-informacionnye-tehnologii-438994#page/2> (дата обращения 10.10.2019).

### 15. Описание сайтов в сети Интернет

Государственный Эрмитаж: [сайт]. – Санкт-Петербург, 1998. – URL:

<http://www.hermitagemuseum.org/wps/portal/hermitage> (дата обращения: 16.08.2019). – Текст. Изображение: электронные.

ТАСС: информационное агентство России: [сайт]. – Москва, 1999. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://tass.ru> (дата обращения: 26.05.2019). – Текст: электронный.

Электронная библиотека: библиотека диссертаций: сайт / Российская государственная библиотека. – Москва: РГБ, 2003. – URL: <http://diss.rsl.ru/?lang=ru> (дата обращения: 20.07.2019). – Режим доступа: для зарегистрир. читателей РГБ. – Текст: электронный.

### Примеры выполнения элементов реферата.

Таблица 1.1 – Название таблицы

Масса, кг,	Длина, мм	$L_1$	$L_2$	$L_3$
не менее				

160	1000	4	5	6
170	1125	52	60	39
190	1165	389	405	247

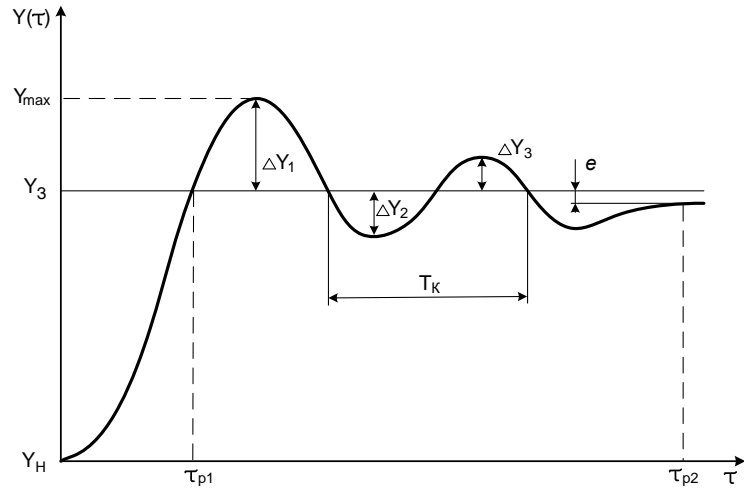


Рисунок 1.1 – Пример графика функциональной зависимости

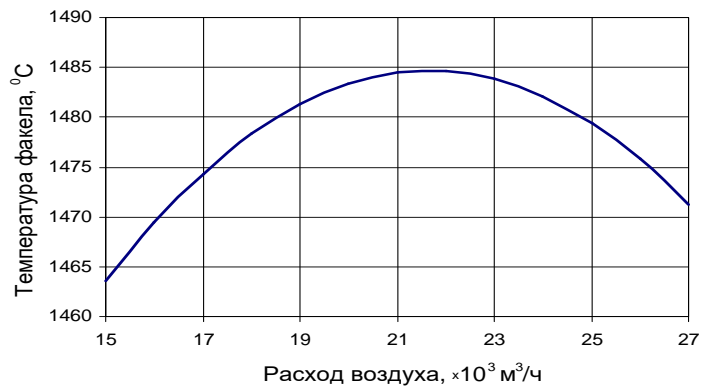


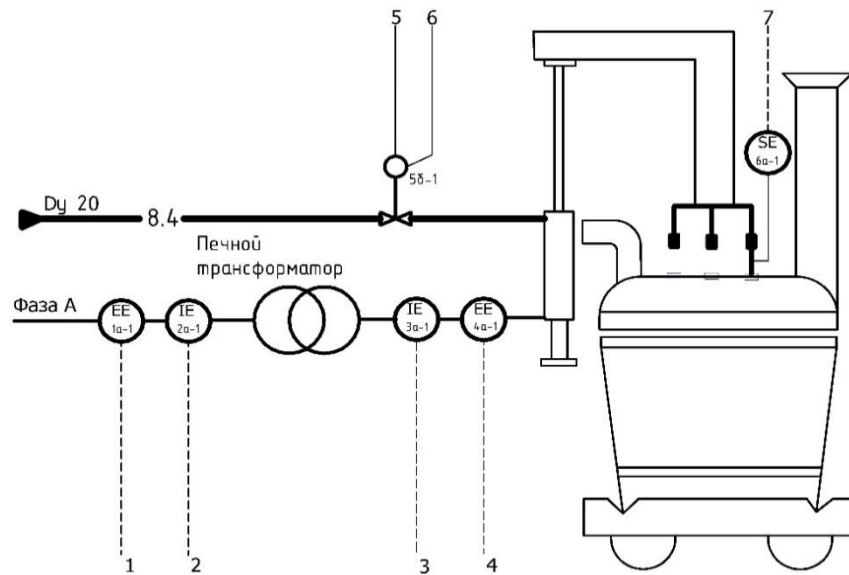
Рисунок 2.1 – Пример графика количественной зависимости

Плотность  $\rho$  в килограммах на кубический метр вычисляют по формуле

$$\rho = m / V, \quad (1.1)$$

где  $m$  - масса образца, кг;

$V$  - объем образца,  $\text{м}^3$ .



	1	2	3	4	5	6	7
Приборы по месту			IE 3a-1	EE 4a-1			SE 6a-1
Гидравлическая установка					BC		
Станция децентрализованной периферии	ДПЭ	Vi	Vi	Vi	Vi	Vo	Vi
Регулирующий контроллер	РК						
Станция визуализации	ЭВМ						
Наименование параметра	Регулирование электрического режима						

Рисунок 3.1 – Пример выполнения схемы автоматизации