

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института естествознания и стандартизации
И.Ю. Мезин
25 сентября 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории автоматического управления

Направление подготовки
12.03.01 Приборостроение

Профиль программы
Приборы и методы контроля качества и диагностики

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения
Очная

Институт	Естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение, утвержденного приказом МОиН РФ от 03.09.2015 г. № 959.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики

« 1 » сентября 2017 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / Ю.И. Савченко /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института естествознания и стандартизации

« 25 » сентября 2017 г., протокол № 1.

Председатель  / И.Ю. Мезин /




Рабочая программа составлена:
старший преподаватель кафедры физики

 / Д.О. Беглецов /

Рецензент:
Профессор кафедры ВТиП, доктор технических наук, профессор

 / И.М. Ячиков /

Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав.кафедрой
1	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения	26.09.2018 №2	
2	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения	05.09.2019 №1	
3	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения	01.09.2020 №1	

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цели освоения дисциплины (модуля) «Основы теории автоматического управления»: дать будущему специалисту основные понятия теории автоматического управления (регулирования), помочь в освоении основных принципов построения и функционирования автоматических систем управления на базе современных математических методов и технических средств.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Основы теории автоматического управления» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин: математика, физика, основы проектирования приборов и систем, компьютерные технологии в приборостроении, аналоговые измерительные устройства, цифровые измерительные устройства, схемотехника измерительных устройств.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для сдачи государственного экзамена и защиты выпускной квалификационной работы.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы теории автоматического управления» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию	
Знать	основные понятия физических явлений в САУ, основные положения теории управления, модели и методы исследования автоматических систем различной природы.
Уметь	применять методики расчетов САУ, оформлять отчеты и обрабатывать результаты.
Владеть	методами расчетов и моделирования параметров САУ, и грамотно составлять отчетную документацию и обрабатывать их результаты.
ОПК-4: способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	
Знать	иметь представление об использовании основных положений теории управления в науке и технике, в информатике
Уметь	проводить анализ и синтез современных систем автоматического управления
Владеть	навыками работы с программными средствами проектирования систем управления
ПК-12: готовностью к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества элементов приборов различного назначения	
Знать	основные проблемы и перспективы направления развития теории автоматического управления
Уметь	проводить настройку и обслуживание типовых САУ
Владеть	практическими навыками по использованию комплекса средств автоматизированного проектирования

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 49,3 акад. часов:
 - аудиторная – 48 акад. часов;
 - внеаудиторная – 1,3 акад. часов
- самостоятельная работа – 94,7 акад. часов;

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Виды систем автоматического регулирования (САР)	8	4	4		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув</i>
Линейные САР. Характеристики элементов САР (динамических звеньев)	8	2	2		15,7	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув</i>
Описание САР на языке диф. уравнений	8	4	4		16	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув</i>
Критерии устойчивости	8	4	4		16	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув ОПК-4 – зув ПК-12 –зув</i>

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Оценки качества регулирования	8	2	2		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
Случайные процессы в САР	8	2	2		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
Методы синтеза САР	8	2	2		8	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
Нелинейные САР	8	4	4		15	Текущая проработка материала лекций. Подготовка к лабораторным занятиям	Текущий контроль успеваемости	<i>ОК-7 – зув</i> <i>ОПК-4 – зув</i> <i>ПК-12 –зув</i>
Итого за семестр	8	24	24		94,7		зачет с оценкой	
Итого по дисциплине	8	24	24		94,7			

5 Образовательные и информационные технологии

Результат освоения дисциплины **Основы теории автоматического управления** – формирование у студентов компетенций ОК-7, ОПК-4, ПК-12, представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений и навыков, которую студент может продемонстрировать после завершения данной части образовательной программы.

Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются **традиционная** и **модульно-компетентностная** технологии.

Учебные занятия проводятся в виде:

1) лекций:

- *обзорных* – для систематизации и закрепления знаний по дисциплине
- *информационных* – для ознакомления со стандартами и справочной информацией
- *проблемных* – для развития исследовательских навыков и изучения способов решения задач.

Лекции проводятся в поточных аудиториях с применением демонстраций, компьютерных симуляций и компьютерных презентаций.

2) лабораторных работ.

В течение лабораторного практикума студент выполняет работы по моделированию работы систем автоматического управления, изученных во время лекций. Частично данные предоставляются преподавателем, частично – подготавливаются студентами во время самостоятельной работы. Студенты разделены на бригады не более 4-х человек. Перед началом выполнения лабораторной работы преподаватель должен проверить домашнюю подготовку студента. Далее преподаватель объясняет, каким инструментарием используемого программного пакета необходимо воспользоваться, указывает на наиболее эффективные методы обработки изучаемого типа данных. Студенты проводят расчёты, делают выводы.

В процессе обучения используются Учебно-Вычислительный Центр МГТУ, универсальная интегрированная система компьютерной математики MATLAB с пакетом расширения SIMULINK (в базовой комплектации).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Основы теории автоматического управления» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на лабораторных занятиях.

Подготовка к лабораторным работам

Данный вид самостоятельной работы предполагает самостоятельную проработку обучающимся методического описания лабораторных работ.

После проведения компьютерного эксперимента обучающийся на основании методического описания лабораторной работы самостоятельно проводит обработку данных и готовит отчет по работе.

Примерные требования к отчету по лабораторным работам:

В отчет по лабораторной работе должны быть включены следующие пункты:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- описание математической модели исследуемого поля;
- результаты компьютерного эксперимента;
- анализ результатов работы;
- выводы.

Требования к содержанию отдельных частей отчета в лабораторной работе:

Описание математической модели исследуемого поля. В данном разделе необходимо описать полную систему физико-математических уравнений, моделирующих исследуемое поле.

Результаты компьютерного эксперимента. В этом разделе приводятся непосредственно результаты, полученные в результате компьютерного моделирования определенные (значения величин, графики, таблицы, диаграммы). Обязательно необходимо оценить область применимости полученных результатов.

Анализ результатов работы. Раздел отчета должен содержать подробный анализ полученных результатов, интерпретацию этих результатов на основе физических законов. Следует сравнить полученные результаты с известными литературными данными, обсудить их соответствие существующим теоретическим моделям. Если обнаружено несоответствие полученных результатов и теоретических расчетов или литературных данных, необходимо обсудить возможные причины этих несоответствий.

Вывод. В выводе кратко излагаются результаты работы, их зависимости от условий или выбранной расчетной модели, указывается их соответствие или несоответствие физическим законам и теоретическим моделям, возможные причины несоответствия.

Типовой вариант задания для лабораторных работ

1. Исследование в среде «Matlab» процессов в САУ при внешних типовых воздействиях.
2. Определение устойчивости САУ с включенным звеном запаздывания и без него. Оценка запаса устойчивости двух систем.
3. Расчет и исследование переходных процессов САУ.
4. Исследование качества работы САУ.
5. Примеры систем автоматического управления и регулирования.
6. Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа.
7. Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов.

8. Структурные преобразования.
9. Передаточные функции замкнутых систем управления.
10. Амплитудно -и фазо -частотные характеристики.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала; подготовки к выполнению лабораторных работ и выполнение индивидуальных заданий.

Перечень тем для подготовки к лабораторным занятиям:

1. Какова классификация САР по задачам регулирования?
2. Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример.
3. В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения?
4. Как формулируется алгебраический критерий устойчивости?
5. Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка?
6. Как формулируется критерий устойчивости Михайлова?
7. Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова?
8. Какие критерии устойчивости называются частотными?
9. В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР?
10. Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста?
11. Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?
12. Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?
13. Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ?
14. В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР?
15. Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР?
16. Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?
17. Какова цель использования фазовой плоскости при анализе нелинейных САР?

Темы для самостоятельного изучения

1. Принципиальная схема САУ и САР.
2. Функциональная схема САУ и САР, их классификация.
3. Математические модели элементов и систем в ТАУ и ТАР. Принцип суперпозиции для линейных объектов.
4. Первоначальная модель объекта в форме обыкновенного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами.
5. Преобразование Лапласа и его свойства.
6. Математическая модель линейного стационарного объекта в форме передаточной функции.
7. Решение дифференциальных уравнений операционным методом с нулевыми и ненулевыми начальными условиями.

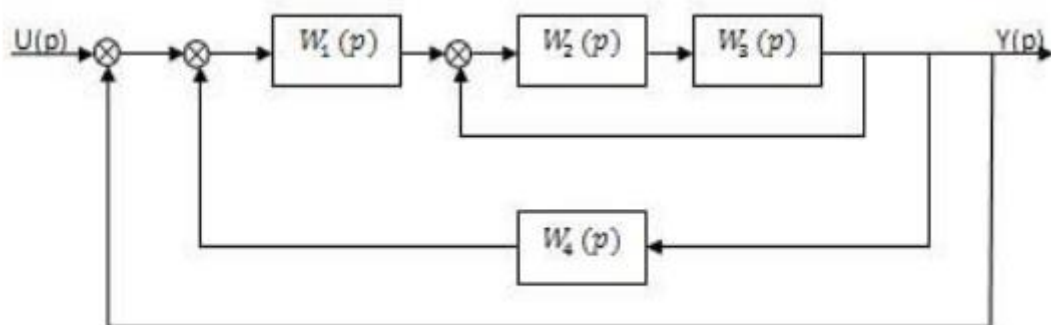
8. Алгебра передаточных функций. Передаточные функции типовых соединений.
9. Замкнутая система. Метод эквивалентных преобразований.
10. Переходная и импульсная переходная характеристики линейных динамических объектов.
11. Амплитудно-фазо-частотная характеристика и производные частотные характеристики. Годограф.
12. Показатели передаточных функций. Характеристики и взаимосвязь математических моделей автоматических систем.
13. Типовые звенья автоматических систем и их характеристики
14. Математические модели типовых управляющих устройств и их характеристики. Регуляторы П; ПД; ПИ; ПИД.
15. Процесс управления и требования к нему: точность, устойчивость, качество переходного процесса.
16. Статическая ошибка. Установившаяся ошибка при ступенчатом, линейном и произвольном воздействиях. Астатизм.
17. Понятие устойчивости. Основные результаты по анализу устойчивости А.М.Ляпунова.
18. Алгебраические критерии устойчивости. Необходимое условие устойчивости. Критерий Гурвица, результаты И.А.Вышнеградского.
19. Принцип аргумента. Критерий устойчивости Михайлова.
20. Частотный критерий устойчивости Найквиста.
21. Построение областей устойчивости в плоскости параметров системы. Д - разбиение по одному (комплексному) параметру.
22. Критерии качества переходного процесса. Прямые и косвенные критерии качества. Метод симплекс –планирования

Типовой вариант задания на контрольную работу

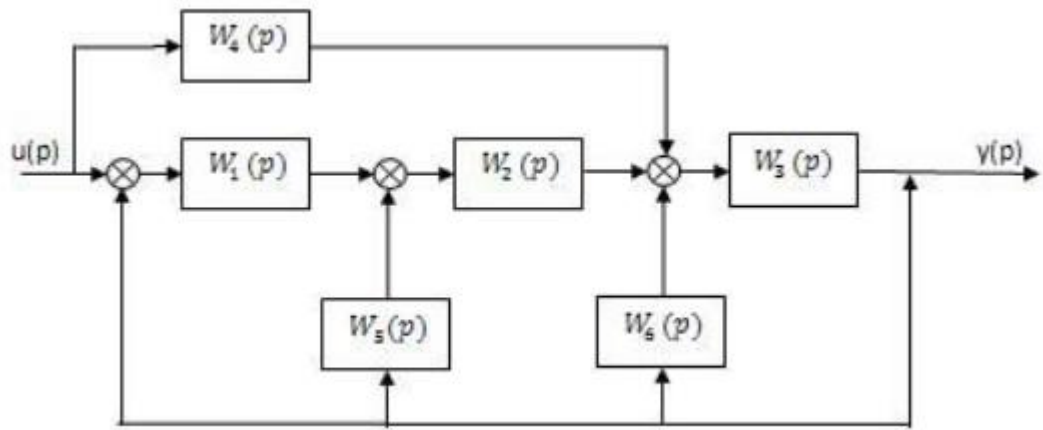
1. Сделать вывод об устойчивости системы автоматического управления, выполнив соответствующие расчеты по следующим критериям:

- 1) алгебраического критерия устойчивости Гурвица;
- 2) критерия устойчивости Михайлова;
- 3) критерия устойчивости Найквиста;
- 4) по логарифмическим амплитудной и фазовой характеристикам разомкнутой системы.

2. Найти передаточные функции соединения звеньев



3. Используя правила структурных преобразований, получить передаточную функцию системы, приведенной на рисунке

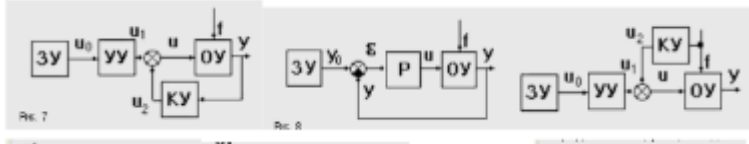
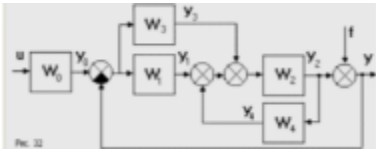


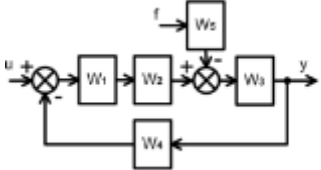
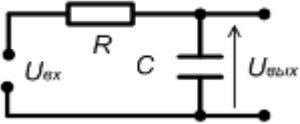
4. Пользуясь свойствами преобразования Лапласа, найти изображение $F(p)$ по заданному оригиналу. $f(t)=t \cos 3t$

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

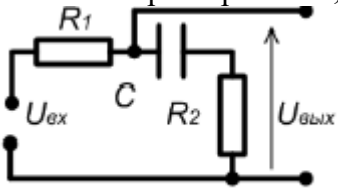
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию		
Знать	основные понятия физических явлений в САУ, основные положения теории управления, модели и методы исследования автоматических систем различной природы.	<p>Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия. Математическое описание систем автоматического регулирования непрерывного действия. 2. Аналитическое построение математической модели технического объекта. 3. Задачи проектирования многомерных систем управления. Преобразование Лапласа. Понятие передаточной функции. 4. Элементарные звенья обыкновенных линейных систем. Типовые апериодические звенья первого и второго порядка. Способы соединения элементов. 5. Типовые воздействия. Вычисление передаточных функций. 6. Свободное и вынужденное движение. 7. Характеристическое уравнение. Понятие корневого годографа. 8. Понятие устойчивости систем управления. 9. Критерий устойчивости Гурвица (алгебраический). 10. Критерий устойчивости Михайлова (частотный). 11. Корневые показатели качества. 12. Анализ качества САУ по переходной характеристике. 13. Анализ качества САУ по частотным характеристикам. 14. Постановка задачи параметрической оптимизации. 15. Методика решения задачи параметрической оптимизации. 16. Динамические системы управления. Синтез схем по заданным передаточным функциям входов. 17. Дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Частота Найквиста.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>18. Спектр дискретного сигнала. Теорема Котельникова. 19. Z–преобразование. Примеры вычисления z-преобразования. 20. Связь z-преобразования с преобразованием Лапласа и Фурье. 21. Свойства z-преобразования. Обратное z-преобразование. 22. Линейные дискретные системы. Дискретная передаточная функция. 23. Устойчивость дискретных систем. Устойчивость линейных систем. 24. Алгебраические критерии устойчивости. 25. Критерии устойчивости в частотной области. 26. Критерий устойчивости Найквиста. 27. Синтез цифровых автоматических регуляторов.</p>
Уметь	применять методики расчетов САУ, оформлять отчеты и обрабатывать результаты.	<p>Примерный вариант практической части к зачету с оценкой</p> <p>Задача 1.</p> <p>Назвать все сигналы. Охарактеризовать структуры.</p>  <p>Задача 2.</p> <p>Упростить структуры. Свести их по отдельности к одному блоку.</p> 

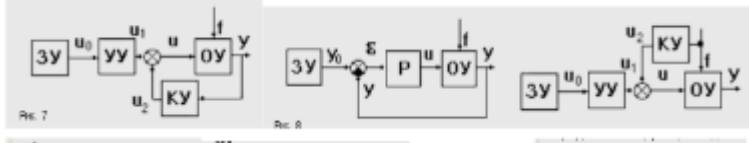
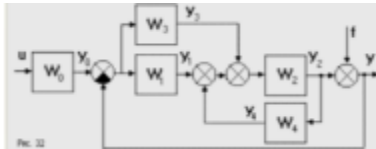
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;">Задача 3.</p> <p>Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Задача 4.</p> <p>Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение $U_T=f(U_B)$). Считать нелинейной зависимостью $\Phi_B=f(I_B)$.</p> <p style="text-align: center;">Задача 5.</p> <p>Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Задача 6.</p> <p>Составить уравнение движения САП генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.</p> <p style="text-align: center;">Задача 7.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p data-bbox="943 352 2172 440">Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.</p> <div data-bbox="1384 464 1765 619" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1525 655 1653 687">Задача 8.</p> <p data-bbox="943 711 2172 799">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.</p> <div data-bbox="1037 815 1305 995" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1525 1023 1653 1054">Задача 9.</p> <p data-bbox="943 1078 2172 1166">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1518 1190 1659 1222">Задача 10.</p> <p data-bbox="943 1246 2172 1334">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1518 1358 1659 1390">Задача 11</p> <p data-bbox="1016 1398 2172 1430">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Постро-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ</p> 
Владеть	методами расчетов и моделирования параметров САУ, и грамотно составлять отчетную документацию и обрабатывать их результаты.	<p>Основными оценочными средствами планируемых результатов обучения данного раздела служат лабораторные работы и индивидуальные задания каждого семестра.</p> <p>Примерные темы лабораторных заданий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Примеры систем автоматического управления и регулирования. 2.Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа. 3.Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов. 4.Структурные преобразования. 5.Передаточные функции замкнутых систем управления. 6.Амплитудно -и фазо -частотные характеристики. 7.Устойчивость замкнутых систем управления. 8.Качество замкнутых систем управления. <p>Вопросы по темам/разделам дисциплины для защиты лабораторных работ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Понятия управления и регулирования технологическим процессом. 2.Объект управления. 3.Классификация объектов управления. 4.Фундаментальные принципы управления. 5.Принцип разомкнутого управления . 6.Принцип компенсации возмущений (управление по возмущению). 7.Принцип обратной связи. Управление по отклонению. 8.Алгоритм управления.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>9.Функциональная схема системы автоматического управления. 10.Классификация систем автоматического управления</p> <p>Темы для самостоятельного изучения</p> <p>1.Какова классификация САР по задачам регулирования? 2.Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример. 3.В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения? 4.Как формулируется алгебраический критерий устойчивости? 5.Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка? 6.Как формулируется критерий устойчивости Михайлова? 7.Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова? 8.Какие критерии устойчивости называются частотными? 9.В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР? 10.Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста? 11.Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?12.Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?13.Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ? 14.В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР? 15.Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР? 16.Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?</p>
ОПК-4: способностью учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности		
Знать	– иметь представление об использовании основных положений теории	<p>Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой</p> <p>1. Основные понятия. Математическое описание систем автоматического регули-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	управления в науке и технике, в информатике	<p>рования непрерывного действия.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Аналитическое построение математической модели технического объекта. 3. Задачи проектирования многомерных систем управления. Преобразование Лапласа. Понятие передаточной функции. 4. Элементарные звенья обыкновенных линейных систем. Типовые апериодические звенья первого и второго порядка. Способы соединения элементов. 5. Типовые воздействия. Вычисление передаточных функций. 6. Свободное и вынужденное движение. 7. Характеристическое уравнение. Понятие корневого годографа. 8. Понятие устойчивости систем управления. 9. Критерий устойчивости Гурвица (алгебраический). 10. Критерий устойчивости Михайлова (частотный). 11. Корневые показатели качества. 12. Анализ качества САУ по переходной характеристике. 13. Анализ качества САУ по частотным характеристикам. 14. Постановка задачи параметрической оптимизации. 15. Методика решения задачи параметрической оптимизации. 16. Динамические системы управления. Синтез схем по заданным передаточным функциям входов. 17. Дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Частота Найквиста. 18. Спектр дискретного сигнала. Теорема Котельникова. 19. Z-преобразование. Примеры вычисления z-преобразования. 20. Связь z-преобразования с преобразованием Лапласа и Фурье. 21. Свойства z-преобразования. Обратное z-преобразование. 22. Линейные дискретные системы. Дискретная передаточная функция. 23. Устойчивость дискретных систем. Устойчивость линейных систем. 24. Алгебраические критерии устойчивости. 25. Критерии устойчивости в частотной области. 26. Критерий устойчивости Найквиста.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	– проводить анализ и синтез современных систем автоматического управления	27. Синтез цифровых автоматических регуляторов.
		<p>Примерный вариант практической части зачета с оценкой</p> <p>Задача 1.</p> <p>Назвать все сигналы. Охарактеризовать структуры.</p>  <p>Задача 2.</p> <p>Упростить структуры. Свести их по отдельности к одному блоку.</p>  <p>Задача 3.</p> <p>Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования</p>

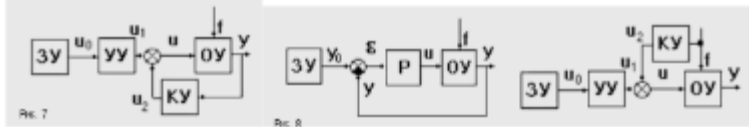
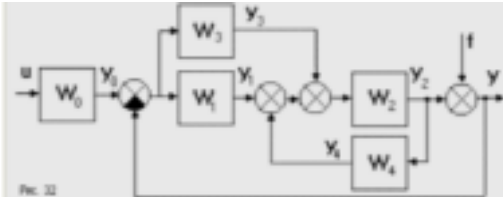
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1014 368 1332 544" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1525 587 1653 619">Задача 4.</p> <p data-bbox="943 643 2168 730">Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение $U_{\Gamma} = f(U_{\text{В}})$). Считать нелинейной зависимостью $\Phi_{\text{В}} = f(I_{\text{В}})$.</p> <p data-bbox="1525 754 1653 786">Задача 5.</p> <p data-bbox="1025 810 1984 842">Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.</p> <div data-bbox="1048 879 1346 1007" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1525 1050 1653 1082">Задача 6.</p> <p data-bbox="943 1106 2168 1193">Составить уравнение движения САП генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.</p> <p data-bbox="1525 1217 1653 1249">Задача 7.</p> <p data-bbox="943 1273 2168 1361">Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1384 357 1765 507" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1532 549 1653 577">Задача 8.</p> <p data-bbox="945 603 2168 689">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.</p> <div data-bbox="1039 708 1308 890" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1532 916 1653 944">Задача 9.</p> <p data-bbox="945 970 2168 1056">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1532 1082 1653 1110">Задача 10.</p> <p data-bbox="945 1136 2168 1222">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1016 1283 1151 1311">Задача 11</p> <p data-bbox="945 1321 2168 1391">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		
Владеть	– навыками работы с программными средствами проектирования систем управления	<p>Основными оценочными средствами планируемых результатов обучения данного раздела служат лабораторные работы и индивидуальные задания каждого семестра.</p> <p>Примерные темы лабораторных заданий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Примеры систем автоматического управления и регулирования. 2.Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа. 3.Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов. 4.Структурные преобразования. 5.Передаточные функции замкнутых систем управления. 6.Амплитудно -и фазо -частотные характеристики. 7.Устойчивость замкнутых систем управления. 8.Качество замкнутых систем управления. <p>Вопросы по темам/разделам дисциплины для защиты лабораторных работ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Понятия управления и регулирования технологическим процессом. 2.Объект управления. 3.Классификация объектов управления. 4.Фундаментальные принципы управления. 5.Принцип разомкнутого управления . 6.Принцип компенсации возмущений (управление по возмущению). 7.Принцип обратной связи. Управление по отклонению. 8.Алгоритм управления. 9.Функциональная схема системы автоматического управления.

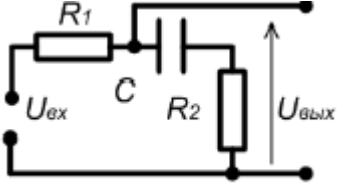
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>10.Классификация систем автоматического управления</p> <p>Темы для самостоятельного изучения</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Какова классификация САР по задачам регулирования? 2.Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример. 3.В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения? 4.Как формулируется алгебраический критерий устойчивости? 5.Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка? 6.Как формулируется критерий устойчивости Михайлова? 7.Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова? 8.Какие критерии устойчивости называются частотными? 9.В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР? 10.Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста? 11.Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?12.Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?13.Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ? 14.В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР? 15.Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР? 16.Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?
ПК-12: готовностью к внедрению технологических процессов производства, метрологического обеспечения и контроля качества элементов приборов различного назначения		
Знать	основные проблемы и перспективы направления развития теории	Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	автоматического управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия. Математическое описание систем автоматического регулирования непрерывного действия. 2. Аналитическое построение математической модели технического объекта. 3. Задачи проектирования многомерных систем управления. Преобразование Лапласа. Понятие передаточной функции. 4. Элементарные звенья обыкновенных линейных систем. Типовые апериодические звенья первого и второго порядка. Способы соединения элементов. 5. Типовые воздействия. Вычисление передаточных функций. 6. Свободное и вынужденное движение. 7. Характеристическое уравнение. Понятие корневого годографа. 8. Понятие устойчивости систем управления. 9. Критерий устойчивости Гурвица (алгебраический). 10. Критерий устойчивости Михайлова (частотный). 11. Корневые показатели качества. 12. Анализ качества САУ по переходной характеристике. 13. Анализ качества САУ по частотным характеристикам. 14. Постановка задачи параметрической оптимизации. 15. Методика решения задачи параметрической оптимизации. 16. Динамические системы управления. Синтез схем по заданным передаточным функциям входов. 17. Дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Частота Найквиста. 18. Спектр дискретного сигнала. Теорема Котельникова. 19. Z-преобразование. Примеры вычисления z-преобразования. 20. Связь z-преобразования с преобразованием Лапласа и Фурье. 21. Свойства z-преобразования. Обратное z-преобразование. 22. Линейные дискретные системы. Дискретная передаточная функция. 23. Устойчивость дискретных систем. Устойчивость линейных систем. 24. Алгебраические критерии устойчивости. 25. Критерии устойчивости в частотной области.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		26. Критерий устойчивости Найквиста. 27. Синтез цифровых автоматических регуляторов.
Уметь	проводить настройку и обслуживание типовых САУ	<p>Примерный вариант практической части зачета с оценкой</p> <p>Задача 1.</p> <p>Назвать все сигналы. Охарактеризовать структуры.</p>  <p>Задача 2.</p> <p>Упростить структуры. Свести их по отдельности к одному блоку.</p>  <p>Задача 3.</p> <p>Считая все звенья пропорциональными сделать полный анализ статической ошибки регулирования по всем видам воздействия. Указать характер влияния параметров структуры на ошибку регулирования</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1014 363 1335 539" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1370 539 1496 568">Задача 4.</p> <p data-bbox="943 595 2168 683">Получить и линеаризовать уравнение движения генератора (получить уравнение $U_{г} = f(U_{в})$). Считать нелинейной зависимость $\Phi_{в} = f(I_{в})$.</p> <p data-bbox="1527 703 1653 732">Задача 5.</p> <p data-bbox="1025 759 1984 788">Определить передаточную функцию в операторной форме для схемы.</p> <div data-bbox="1048 831 1346 954" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1527 999 1653 1027">Задача 6.</p> <p data-bbox="943 1054 2168 1142">Составить уравнение движения САП генератора, считая генератор инерционным линейным звеном. Сделать анализ статики и динамики.</p> <p data-bbox="1527 1166 1653 1195">Задача 7.</p> <p data-bbox="943 1222 2168 1310">Записать аналитическую форму и качественно построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ для представленной схемы.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div data-bbox="1384 357 1765 507" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1532 549 1653 576">Задача 8.</p> <p data-bbox="943 603 2166 687">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ.</p> <div data-bbox="1039 708 1308 884" data-label="Diagram"> </div> <p data-bbox="1532 916 1653 943">Задача 9.</p> <p data-bbox="943 970 2166 1054">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей последовательной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1532 1082 1653 1109">Задача 10.</p> <p data-bbox="943 1136 2166 1220">Сформировать пример с конкретной передаточной функцией разомкнутой системы для демонстрации возможностей параллельной коррекции с помощью ЛАЧХ.</p> <p data-bbox="1016 1283 1151 1310">Задача 11</p> <p data-bbox="943 1321 2166 1390">Построить переходную характеристику, получить аналитическую форму. Построить частотные характеристики, ЛАЧХ и ЛФЧХ</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		
Владеть	практическими навыками по использованию комплекса средств автоматизированного проектирования	<p>Основными оценочными средствами планируемых результатов обучения данного раздела служат лабораторные работы и индивидуальные задания каждого семестра.</p> <p>Примерные темы лабораторных заданий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Примеры систем автоматического управления и регулирования. 2.Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа. 3.Временные характеристики и передаточные функции типовых звеньев и типовых регуляторов. 4.Структурные преобразования. 5.Передаточные функции замкнутых систем управления. 6.Амплитудно -и фазо -частотные характеристики. 7.Устойчивость замкнутых систем управления. 8.Качество замкнутых систем управления. <p>Вопросы по темам/разделам дисциплины для защиты лабораторных работ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Понятия управления и регулирования технологическим процессом. 2.Объект управления. 3.Классификация объектов управления. 4.Фундаментальные принципы управления. 5.Принцип разомкнутого управления . 6.Принцип компенсации возмущений (управление по возмущению). 7.Принцип обратной связи. Управление по отклонению. 8.Алгоритм управления.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>9.Функциональная схема системы автоматического управления. 10.Классификация систем автоматического управления</p> <p>Темы для самостоятельного изучения</p> <p>1.Какова классификация САР по задачам регулирования? 2.Чем отличается объект регулирования от регулятора? Привести пример. 3.В чём состоят правила преобразования структурных схем и какова цель их применения? 4.Как формулируется алгебраический критерий устойчивости? 5.Какие необходимые и достаточные условия устойчивости по алгебраическому критерию для САР с характеристическим уравнением передаточной функции замкнутой системы третьего порядка? 6.Как формулируется критерий устойчивости Михайлова? 7.Какую передаточную функцию САР используют для анализа в критерии Михайлова? 8.Какие критерии устойчивости называются частотными? 9.В чём состоит принцип аргументов, положенный в основу частотных критериев устойчивости САР? 10.Чем отличаются критерии устойчивости Михайлова и Найквиста? 11.Что такое ЛАЧХ и какую ЛАЧХ называют «асимптотической»?12.Какие следствия есть из полной формулировки критерия Найквиста?13.Как показатели качества регулирования связаны с ЛАЧХ? 14.В чём различие между статической, кинетической и динамической ошибками работы САР? 15.Как найти параметры автоколебаний нелинейной САР? 16.Как связан при анализе нелинейных САР принцип гармонической линеаризации с методом Гольдфарба?</p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме и зачета с оценкой.

Зачет с оценкой по данной дисциплине проводится в устной форме по билетам, каждый из которых включает один теоретический вопрос и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Кафедра промышленной электроники (ПРЭ). – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010. – 163 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208587> (дата обращения: 08.11.2020). – Текст : электронный.

2 Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1034-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/71753> (дата обращения: 08.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : учебное пособие / А. Ю. Ощепков. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1471-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5848> (дата обращения: 08.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Андреев, С. М. Моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / С. М. Андреев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3337.pdf&show=dcatalogues/1/1138496/3337.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-1028-7. - Сведения доступны также на CD-ROM.

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространя-	бессрочно
FAR Manager	свободно распространя-	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория: Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации с выходом в Интернет

Учебные аудитории. Классы Учебно-Вычислительный Центр МГТУ: Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Excel, пакетом MATLAB 14, с выходом в Интернет.

Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации включают: Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Excel, пакетом MATLAB 14, с выходом в Интернет

Аудитории для самостоятельной работы с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета: Персональные компьютеры с пакетом MSOffice, Excel, с выходом в Интернет

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования.