

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теория оптимального управления
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 360 (10)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.02 Системы управления движением и навигация
(код и наименование направления)

Направленность: Системы инерциальной навигации и управления подвижных объектов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является овладение студентами методами теории оптимального управления.
Основные задачи дисциплины: формирование навыков и опыта постановки задач оптимального управления;
Изучение математического аппарата теории оптимального управления

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Классическое вариационное исчисление, метод множителей Лагранжа, принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование, оптимальные наблюдатели, постановки задач оптимального управления объектами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями, вариационные принципы в физике, некоторые постановки задач оптимизации в экономике

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|--------------------|
| ОПК-2 | ИД-1ОПК-2 | Знает стандартные постановки задач теории оптимального управления техническими объектами, описываемыми обыкновенными дифференциальными уравнениями | Знает способы решения задач по проектированию, конструированию и производству объектов авиационной и ракетно-космической техники | Экзамен |
| ОПК-2 | ИД-2ОПК-2 | Умеет формулировать критерии оптимальности при проектировании узлов авиационной и ракетно-космической техники. | Умеет ставить и решать задачи по проектированию, конструированию и производству объектов авиационной и ракетно-космической техники | Контрольная работа |
| ОПК-2 | ИД-3ОПК-2 | Владеет навыками постановки задач оптимального управления при проектировании узлов авиационной и ракетно-космической техники. | Владеет навыками проектирования объектов авиационной и ракетно-космической техники с использованием современных информационных технологий | Экзамен |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|--------------------|
| ОПК-3 | ИД-1ОПК-3 | Знает актуальные тенденции развития теории оптимального управления. | Знает способы применения новых научных принципов и методов исследования | Зачет |
| ОПК-3 | ИД-2ОПК-3 | Умеет применять положения вариационного исчисления при освоении новых научных принципов и методов исследования. | Умеет применять на практике новые научные принципы и методы исследований | Контрольная работа |
| ОПК-3 | ИД-3ОПК-3 | Владеет навыками постановки и решения вариационных задач в рамках новых научных принципов и методов исследований. | Владеет навыками применения новых научных принципов и методов исследования на основе анализа научной и патентной литературы | Экзамен |
| ОПК-4 | ИД-1ОПК-4 | Знает способы выбора оптимальных технических решений на основе минимизации экономических критериев. | Знает способы применения технических решений на основе экономических нормативов | Зачет |
| ОПК-4 | ИД-2ОПК-4 | Умеет выбирать оптимальные технические решения на основе минимизации экономических критериев. | Умеет применять технические решения на основе экономических нормативов | Контрольная работа |
| ОПК-4 | ИД-3ОПК-4 | Владеет навыками применения технических решений на основе экономических нормативов. | Владеет навыками применения технических решений на основе экономических нормативов | Контрольная работа |
| ОПК-5 | ИД-1ОПК-5 | Знает математический аппарат теории оптимального управления | Знает способы проведения научного поиска в области авиационной и ракетно-космической техники | Зачет |
| ОПК-5 | ИД-2ОПК-5 | Умеет применять математический аппарат теории оптимального управления в рамках научного поиска в области авиационной и ракетно-космической техники | Умеет выполнять научный поиск в области авиационной и ракетно-космической техники | Контрольная работа |
| ОПК-5 | ИД-3ОПК-5 | Владеет навыками разработки новых подходов и методов решения профессиональных задач | Владеет навыками разработки новых подходов и методов решения профессиональных задач | Зачет |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|--|---|--------------------------------|
| | | с использованием методов теории оптимального управления | | |
| ОПК-7 | ИД-1ОПК-7 | Знает технологии проведения натурных, полунатурных и имитационных исследований динамических объектов. | Знает технологии проведения исследования на динамических объектах по заданным методикам | Контрольная работа |
| ОПК-7 | ИД-2ОПК-7 | Умеет проводить обработку результатов натурных, полунатурные и имитационных испытаний динамических объектов | Умеет обрабатывать результаты исследований с применением современных информационных технологий | Экзамен |
| ОПК-7 | ИД-3ОПК-7 | Владеет навыками проведения исследований на динамических объектах с применением средств измерений, сбора и обработки информации. | Владеет навыками проведения исследований на динамических объектах с применением технических средств | Зачет |
| ПКО-1 | ИД-1ПКО-1 | Знает этапы проектирования, принципы построения математических моделей систем автоматического управления. | Знает этапы проектирования, принципы построения компьютерных и математических моделей сложных систем и их частей | Экзамен |
| ПКО-1 | ИД-2ПКО-1 | Умеет проводить технические расчеты оптимальных систем автоматического управления в составе приборов ориентации, навигации и стабилизации с использованием современных средств проектирования. | Умеет проводить технические расчеты приборов ориентации, навигации и стабилизации с использованием современных средств проектирования | Отчёт по практическому занятию |
| ПКО-1 | ИД-3ПКО-1 | Владеет навыками математического и компьютерного моделирования динамических объектов и их систем автоматического управления | Владеет навыками математического и компьютерного моделирования технических систем | Экзамен |
| ПКО-2 | ИД-1пко-2 | Знает математический аппарат оптимального оценивания и | Знает математический аппарат оптимального оценивания и | Контрольная работа |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|--|--------------------------------|
| | | оптимального управления | оптимального управления | |
| ПКО-2 | ИД-2пко-2 | Умеет применять математический аппарат оптимального управления и оптимального оценивания для решения задач профессиональной деятельности. | Умеет применять математический аппарат оптимального управления и оптимального оценивания для решения задач профессиональной деятельности | Отчёт по практическому занятию |
| ПКО-2 | ИД-3пко-2 | Владеет навыками разработки оптимальных бортовых алгоритмов систем ориентации, навигации и стабилизации | Владеет навыками разработки бортовых алгоритмов систем ориентации, навигации и стабилизации | Экзамен |
| УК-2 | ИД-1УК-2 | Знает критерии оптимальности, применяемые при планировании и оценке результатов проектной деятельности. | Знает методы представления и описания результатов проектной деятельности; методы, критерии и параметры оценки результатов выполнения проекта; принципы, методы и требования, предъявляемые к проектной работе | Экзамен |
| УК-2 | ИД-2УК-2 | Умеет проводить расчет критериев, применяемых при планировании и оценке проектной деятельности. | Умеет обосновывать практическую и теоретическую значимость полученных результатов; проверять и анализировать проектную документацию; прогнозировать развитие процессов в проектной профессиональной области; выдвигать инновационные идеи и нестандартные подходы к их реализации в целях реализации проекта; рассчитывать качественные и количественные результаты, сроки выполнения проектной работы | Контрольная работа |
| УК-2 | ИД-3УК-2 | Владеет методами теории оптимальных решений при планировании проектной деятельности, распределения | Владеет навыками управления проектами в области, соответствующей профессиональной деятельности, в том числе: | Экзамен |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть) | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|--|-----------------|
| | | материальных и человеческих ресурсов. Владеет навыками участия в научных дискуссиях | навыками распределения заданий и побуждения других к достижению целей; навыками управления разработкой технического задания проекта, управления реализацией профильной проектной работы; управления процессом обсуждения и доработки проекта; навыками разработки программы реализации проекта в профессиональной области; навыками организации проведения профессионального обсуждения проекта, участия в ведении проектной документации; навыками проектирования план-графика реализации проекта; определения требований к результатам реализации проекта, участия в научных дискуссиях и круглых столах | |

3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|-----|
| | | Номер семестра | |
| | | 1 | 2 |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 120 | 60 | 60 |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них: | | | |
| - лекции (Л) | 36 | 18 | 18 |
| - лабораторные работы (ЛР) | | | |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ) | 72 | 36 | 36 |
| - контроль самостоятельной работы (КСР) | 12 | 6 | 6 |
| - контрольная работа | | | |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС) | 204 | 102 | 102 |
| 2. Промежуточная аттестация | | | |
| Экзамен | 36 | | 36 |
| Дифференцированный зачет | | | |
| Зачет | 9 | 9 | |
| Курсовой проект (КП) | | | |
| Курсовая работа (КР) | | | |
| Общая трудоемкость дисциплины | 360 | 162 | 198 |

4. Содержание дисциплины

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| 1-й семестр | | | | |
| Введение в оптимальное управление. Краткое введение в выпуклое программирование. | 6 | 0 | 12 | 51 |
| Общая постановка и классификация задач оптимизации. Критерии оптимальности, ограничения. Классические задачи теории оптимизации. Общие понятия выпуклого программирования. Обзор аналитических и градиентных методов. Линейное программирование. Симплекс метод. Метод множителей Лагранжа, формальный вывод. | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| Вариационное исчисление | 12 | 0 | 24 | 51 |
| Функционал и его вариация. Свойства функционалов, непрерывность функционала. Сильная и слабая окрестности. Два определения вариации функционала. Основная задача вариационного исчисления. Необходимое условие экстремума функционала. Простейшая задача вариационного исчисления. Выводы уравнений Эйлера. Частные случаи интегрируемости уравнения Эйлера. Обобщения уравнений Эйлера. Уравнения Эйлера – Пуассона, Эйлера – Остроградского. Задачи в параметрической форме. Задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности. Задачи с угловыми точками. Односторонние вариации. Достаточные условия экстремума функционала. Поле экстремалей. Условие Якоби. Функция Вейерштрасса. Достаточные условия Вейерштрасса и Лежандра. Задачи с ограничениями. Ограничения в виде равенств, дифференциальных уравнений, изопериметрические ограничения. Метод множителей Лагранжа. | | | | |
| ИТОГО по 1-му семестру | 18 | 0 | 36 | 102 |
| 2-й семестр | | | | |
| Оптимальное программное управление | 4 | 0 | 8 | 25 |
| Классификация и постановка задач оптимального управления. Необходимые условия существования решения задач оптимального управления. Задачи Больца, Лагранжа, Майера. Метод неопределенных множителей в задаче Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнения Эйлера-Лагранжа. Задача Больца с подвижными концами и нефиксированным временем. Терминант. Условия трансверсальности. Задачи с кусочно непрерывным управлением. | | | | |
| Принцип максимума Понтрягина | 4 | 0 | 8 | 25 |
| Принцип максимума и следствия из него. Задача максимального быстродействия. Теорема об N интервалах. Дифференциальные игры. Машина Дубинса. Задача оптимального разворота самолета в горизонтальной плоскости. Простейшая задача перехвата. | | | | |
| Динамическое программирование | 6 | 0 | 12 | 26 |
| Постановка задачи синтеза оптимального регулятора состояния. Многошаговый процесс принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана. Функциональные уравнения Беллмана. Вывод уравнений Беллмана в задаче без ограничений на управление. Динамическое | | | | |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|--|---|----|----|--|
| | Л | ЛР | ПЗ | СРС |
| программирование в задачах синтеза оптимального управления для линейного объекта. Вывод уравнений Риккати. О методах решения уравнений Риккати. Динамическое программирование в задачах оптимизации. Классические экономические примеры. | | | | |
| Наблюдаемость систем. | 4 | 0 | 8 | 26 |
| Критерии наблюдаемости системы. Построение наблюдателей полного и пониженного порядка. Оптимальное управление стохастическими системами. Оптимальные наблюдатели. Фильтры Винера, Калмана-Бьюси. | | | | |
| ИТОГО по 2-му семестру | 18 | 0 | 36 | 102 |
| ИТОГО по дисциплине | 36 | 0 | 72 | 204 |

Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|--------|---|
| 1 | Производная и дифференциал функции. Экстремум функции. Необходимое условие экстремума функции одной и нескольких переменных. Решение простейших физических задач оптимизации. |
| 2 | Решение задач оптимизации в Matlab с помощью Optimization toolbox. |
| 3 | Симплекс метод. Решение задачи о распределении ресурсов. |
| 4 | Экстремум функции нескольких переменных. Метод неопределенных множителей Лагранжа. |
| 5 | Нахождение значения, приращения, вариации функционалов. Запись и решение уравнения Эйлера для заданных функционалов. Обобщения уравнения Эйлера. |
| 6 | Постановка и решение задачи о минимальной поверхности вращения. Постановка и решение задачи о брахистохроне. |
| 7 | Задачи с подвижными границами. Расстояние между кривыми и поверхностями. Отражение и преломление света. |
| 8 | Задачи с ограничениями. Изопериметрическая задача. Плоское ламинарное течение линейной несжимаемой жидкости. Уход от изопериметрических ограничений. Задача Дидоны. |
| 9 | Синтез оптимального программного управления для линейного объекта второго порядка. Компьютерное моделирование динамики системы в среде MatLab Simulink или подобной. |
| 10 | Решение задачи Больца для линейного объекта второго порядка. Моделирование динамики системы в среде MatLab Simulink или подобной. |
| 11 | Решение задач без ограничений с помощью принципа максимума. Синтез оптимального программного управления при релейном управлении с помощью принципа максимума Понтрягина. |
| 12 | Решение задачи перехвата. Моделирование дифференциальной игры в среде MatLab Simulink или подобной. |

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия |
|--------|--|
| 13 | Синтез линейного квадратичного регулятора состояния. Моделирование динамики оптимальной САУ в среде MatLab Simulink или подобной. |
| 14 | Решение классических задач оптимизации. |
| 15 | Синтез наблюдателей полного и пониженного порядка. Моделирование динамики оптимальной САУ в среде MatLab Simulink или подобной с учетом наблюдателя. |
| 16 | Синтез оптимальной стохастической САУ. |

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

| № п/п | Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц) | Количество экземпляров в библиотеке |
|-------------------------------|---|---|
| 1. Основная литература | | |

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Наука, 1969. 408 с. | 5 |
| 2 | Математическая теория оптимальных процессов / Понтрягин Л. С., Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. 4-е изд., стер. Москва : Наука, 1983. 392 с. | 4 |
| 3 | Пупков К.А., Егупов Н.Д. Методы классической и современной теории автоматического управления Синтез регуляторов и теория оптимизации систем автоматического управления. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 735 с. | 2 |
| 4 | Теория автоматического управления Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. Москва : Физматлит, 2007. 440 с. 27,5 усл. печ. л. | 3 |
| 5 | Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : учебник для вузов. 5-е изд. Москва : УРСС, 2002. 319 с. | 70 |
| 2. Дополнительная литература | | |
| 2.1. Учебные и научные издания | | |
| 1 | Абдрахманов В. Г., Рабчук А. В. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания : учебное пособие. 2-е изд., испр. Санкт-Петербург[и др.] : Лань, 2014. 111 с. 5,88 усл. печ. л. | 10 |
| 2 | Максимов В. П., Симонов П.М. Теория оптимального управления. Задачи и упражнения : учебно-методические материалы. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012. 39 с. 2,33 усл. печ. л. | 5 |
| 2.2. Периодические издания | | |
| | Не используется | |
| 2.3. Нормативно-технические издания | | |
| | Не используется | |
| 3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины | | |
| | Не используется | |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента | | |
| | Не используется | |

6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы | Наименование разработки | Ссылка на информационный ресурс | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---------------------------|---|---|---|
| Дополнительная литература | Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 208 с. URL: | https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-169149 (дата обращения: 03.06.2021). | сеть Интернет; авторизованный доступ |

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Вид ПО | Наименование ПО |
|--|--|
| Операционные системы | Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching) |
| Офисные приложения. | Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF |
| Офисные приложения. | Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017 |
| Прикладное программное обеспечение общего назначения | MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г. |

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

| Наименование | Ссылка на информационный ресурс |
|---|---|
| Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета | http://lib.pstu.ru/ |
| Электронно-библиотечная система Лань | https://e.lanbook.com/ |
| Электронно-библиотечная система IPRbooks | http://www.iprbookshop.ru/ |
| Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http://www.consultant.ru/ |

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

| Вид занятий | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лекция | Персональный компьютер и проектор | 1 |
| Практическое занятие | Персональный компьютер | 4 |

8. Фонд оценочных средств дисциплины

| |
|------------------------------|
| Описан в отдельном документе |
|------------------------------|

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория оптимального управления»

основной образовательной программы высшего образования – программы
академической магистратуры

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 24.04.02 «Системы управления движением
и навигация»

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** «Системы инерциальной навигации и
управление подвижных объектов»

Квалификация выпускника: «Магистр»

Выпускающая кафедра: Прикладная математика

Форма обучения: Очная

Курс: 1 **Семестр:** 1, 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 10 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 360 ч.

Виды промежуточного контроля:

Экзамен: 2 семестр Зачет: 1 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций знать, уметь, владеть, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине. Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, практических занятий, зачета и экзамена (зачетного занятия).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена (зачетного занятия), проводимого с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным

работам, рефератов, эссе и т.д. Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 5-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу.

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех индивидуальных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации с проведением дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена и зачета, основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине. Аттестационный контроль содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций. Задание формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задачи, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

2.4.1.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Основные понятия и определения в теории управления.
2. Постановка задачи оптимального управления.
3. Математическое описание задачи оптимального управления.
4. Задача Лагранжа в форме Понтрягина.

5. Задачи с ограничениями в классическом вариационном исчислении.
6. Линейные задачи оптимального управления.
7. Автономные системы управления. Формулировка принципа максимума.
8. Принцип максимума для оптимальности по быстродействию.
9. Оптимальное по быстродействию управление линейными объектами.
10. Принцип оптимальности.
11. Оптимальное управление дискретными системами.
12. Уравнение Беллмана.
13. Уравнение Беллмана в задачах быстродействия.
14. Связь между вариационным исчислением, принципом максимума и динамическим программированием.

Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

1. Задачи, приводящие к вариационным проблемам.
2. Основные понятия и определения.
3. Вариационные задачи с фиксированными границами. Простейшая вариационная задача.
4. Функционалы от нескольких функций.
5. Функционалы с производными высших порядков.
6. Функционалы от функций нескольких переменных.
7. Вариационные задачи с подвижными концами.
8. Вариационные задачи с подвижными границами.
9. Задачи на условный экстремум.
10. Задача Лагранжа. Изопериметрическая задача.
11. Задача Больца и задача Майера.
12. Достаточные условия экстремума.

Типовые практические задания для контроля освоенных умений:

1 семестр:

1. Вычислить вариацию функционала $J[y] = y^2(0) + \int_0^1 (xy + y'^2) dx$

двумя способами.

2. Найти экстремали функционала $J[y] = \int_0^1 (x^2 + y'^2) dx$,

удовлетворяющего условиям $y(0) = 0$, $y(1) = 2$.

3. Найти расстояние между параболой $y = x^2$ и прямой $y = x - 5$.

4. Найти экстремали для изопериметрической вариационной задачи:

$$J[y] = \int_0^{\pi} y'^2 dx, \quad y(0) = 0, \quad y(\pi) = \pi, \quad \int_0^{\pi} y \sin x dx = 0.$$

5. Найти экстремали функционала $J[y] = \int_1^2 x^2 y'^2 dx - 2y(1) + (y(2))^2$.

6. Исследовать на экстремум $J[y] = \int_0^2 (xy' + y'^2) dx$, $y(0) = 1$, $y(2) = 0$.

2 семестр:

1. Решить задачу оптимального управления методом Лагранжа:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = u \end{cases}, x_1(0) = x_2(0) = 0, x_1(1) = 1, \int_0^1 u^2 dt \rightarrow \min .$$

2. Решить задачу оптимального управления, применяя принцип максимума Понтрягина: $y' = u$, $y(0) = 1$, $\int_0^2 0.5y^2 dt \rightarrow \min$, $u(t) \in [-1, 1]$.

3. Предприятие стремится найти оптимальный план производства в течение 4 месяцев, в каждом из которых необходимо отгрузить 2000, 3000, 4000 и 2000 единиц продукции соответственно. Запасы к началу планируемого периода на предприятии составляют 2000 единиц изделий, в каждом из планируемых месяцев предприятие может изготовить не более 4000 единиц продукции, а на складе может одновременно храниться не более 5000 изделий. Затраты, связанные с производством 1000, 2000, 3000, 4000 изделий, составляют соответственно 150, 170, 190, 210 рублей, а затраты на хранение 1000 изделий равны 20 рублей. Требуется найти такой план выпуска продукции, при котором общая сумма затрат на ее производство и хранение окажется минимальной, а спрос на необходимые изделия будет удовлетворен своевременно и полностью.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1 семестр:

1. Вычислить вариацию функционала двумя способами.
2. Определить тип вариационной задачи и найти ее экстремали.

2 семестр:

1. Решить задачу оптимального управления методом Лагранжа.
2. Решить задачу оптимального управления с помощью принципа максимума Понтрягина.
3. Решить задачу оптимального управления с помощью принципа оптимальности Беллмана.

2.4.1.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене (дифференцированном зачете)

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных компетенций проводится по 5-балльной шкале оценивания.