

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Робастное управление

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы

Математическая робототехника

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.07 Робастное управление относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК-4.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p>	<p>ПК-4.1: Знать: методы решения нестандартных матричных уравнений в задачах робастного управления на основе выпуклой оптимизации и ЛМН</p> <p>ПК-4.2: Уметь: решать задачи робастной устойчивости и стабилизации на основе техники ЛМН</p> <p>ПК-4.3: Владеть: современными средствами для робастных систем программными исследования</p>	Задачи Собеседование Тест	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы
ПК-5: Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной деятельности	<p>ПК-5.1: Знает типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности</p> <p>ПК-5.2: Умеет применять типовые математические методы и методологии разработки системного и</p>	<p>ПК-5.1: Знать: -основные положения теории линейных матричных неравенств (ЛМН), теорему о дополнении Шура -основные показатели качества линейных систем, принятые в</p>	Задачи Собеседование Тест	Экзамен: Задачи Контрольные вопросы

	<p>прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности</p> <p>ПК-5.3: Имеет навыки разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности</p>	<p>современной теории (Н - показатель, H2 - показатель, L1 - показатель)</p> <p>- методы исследования устойчивости и стабилизации линейных систем с аффинными и полиномиальными неопределенностями с применением ЛМН</p> <p>- современные программные средства решения задач полуопределенного программирования</p> <p>ПК-5.2:</p> <p>Уметь:</p> <p>применять теорию линейных матричных неравенств для решения задач анализа и синтеза робастных систем</p> <p>-строить полиномиальные и аффинные модели линейных систем с неопределенностями</p> <p>-решать линейные матричные неравенства с применением современных программных средств решения задач полуопределенного программирования</p> <p>ПК-5.3:</p> <p>Владеть:</p> <p>-навыками применения современных программных средств, в первую очередь пакета полуопределенного программирования SeDuMi и</p>		
--	--	---	--	--

		интерфейсного пакета YALMIP для решения задач анализа и синтеза робастных систем		
--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	38
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Диссипативность и пассивность	16	4	4	8	8
Тема 2. Квадратичная устойчивость	20	4	6	10	10
Тема 3. Решение матричных уравнений и неравенств	18	4	4	8	10
Тема 4. Алгоритмы и программные средства полуопределенного программирования	16	4	2	6	10
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	108	16	16	34	38

Содержание разделов и тем дисциплины

Диссипативность и пассивность

Устойчивость по Ляпунову. Метод функций Ляпунова. Устойчивость линейных систем. Неравенство Ляпунова. Диссипативность динамических систем. Функции запаса и накопления. Примеры. Нормализованные функции накопления. Функции требуемого запаса и доступного накопления. Теорема Виллемса о диссипативности динамических систем общего вида. Связь функций накопления с функциями Ляпунова. Линейные системы с квадратичной функцией накопления. Диссипативность линейных систем. Строгая диссипативность линейных систем. Функция диссипации. Лемма Якубовича-Калмана. Лемма о вещественной положительности. Лемма о вещественной ограниченности. H_∞ - показатель качества линейной системы. H_2 - показатель качества линейной системы. Обобщенный H_2 - показатель линейной системы. L_1 - показатель линейной системы. Диссипативность и пассивность стохастических систем.

Квадратичная устойчивость

Линейные системы с неопределенностями. Квадратичная устойчивость. Квадратичная устойчивость линейных систем с аффинными неопределенностями. Квадратичная устойчивость линейных систем с политопными неопределенностями. Аффинная квадратичная устойчивость линейных систем с постоянными неопределенностями. Аффинная квадратичная устойчивость линейных систем с неопределенностями, зависящими от времени. Задачи стабилизации и одновременной стабилизации. Решение задачи стабилизации на основе ЛМН

Решение матричных уравнений и неравенств

Сведение билинейных матричных неравенств в задачах линейно-квадратической стабилизации к ЛМН. Решение нестандартных матричных уравнений в задачах линейно-квадратичной стабилизации на основе вспомогательной задачи выпуклой оптимизации при ограничениях в виде ЛМН

Алгоритмы и программные средства полуопределенного программирования

Полуопределенное программирование. Двойственность в задачах полуопределенного программирования. Решение ЛМН как задача полуопределенного программирования. Численные методы решения ЛМН. Метод внутренней точки. Решатели и интерфейсные пакеты для исследования ЛМН (LMI TOOL, SeDuMi, YALMIP и др.)

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а. Виды самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа обучающихся реализуется в следующих формах: выполнение домашних заданий по дисциплине, составление компьютерных программ, реализующих алгоритмы решения задач робастной устойчивости и стабилизации по индивидуальным заданиям преподавателя. Самостоятельная работа контролируется преподавателем, как во время аудиторных занятий, так и во время внеаудиторной работы, в том числе с использованием консультаций по электронной почте.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в ознакомлении с теоретическим материалом (по учебно-методическим пособиям, учебникам и научным работам, указанным в

списке литературы); ответов на вопросы самоконтроля; в решении практических задач; разработке компьютерных программ, реализующих алгоритмы решения задач робастной устойчивости и стабилизации. Самостоятельная работа может осуществляться, как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях.

Практические работы выполняются в компьютерном классе ПЭВМ по всем разделам дисциплины и включает в себя следующие работы:

Практическая работа «Вычисление показателей качества динамических систем на основе ЛМН»;

Практическая работа «Исследование робастной устойчивости на основе ЛМН»;

Практическая работа «Синтез робастного стабилизирующего управления линейной системой на основе ЛМН».

б. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов

1. Поляк Б.Т., Хлебников М.В., Щербаков П.С. Управление линейными системами при внешних возмущениях: Техника линейных матричных неравенств. – М.: ДЕНАНД, 2014. – 560 с.

2. Чурилов А.Н., Гессен А.В. Исследование линейных матричных неравенств. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2004.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

Задачи (практические задания) для оценки компетенции ПК-4:
Решить ЛМН с использованием пакета YALMIP:

- $A^T X + XA - XBR^{-1}B^T X + \sum_{i=1}^N A_i^T X A_i + Q \leq 0, \quad X > 0,$
- $A^T XA - X - A^T X B (B^T X B + R)^{-1} B^T X A + \sum_{i=1}^N A_i^T X A_i + Q \leq 0, \quad X > 0,$

Задачи (практические задания) для оценки компетенции ПК-5:

- $A_i^T X_i A_i - Y_i - A_i^T X_i B_i (B_i^T X_i B_i + R_i)^{-1} B_i^T X_i A_i + Q_i \leq 0, \quad X_i = \sum_{j=1}^N p_{ij} Y_j, \quad Y_j \geq 0,$
- $A_i^T X_i + X_i A_i - X_i B_i R_i^{-1} B_i^T X_i + \sum_{j=1}^N \pi_{ij} X_j + Q_i \leq 0, \quad X_i \geq 0$

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

Задачи (практические задания) для оценки компетенции ПК-4:
Решить ЛМН с использованием пакета YALMIP:

- $A^T X + XA - XBR^{-1}B^T X + \sum_{i=1}^N A_i^T X A_i + Q \leq 0, \quad X > 0,$
- $A^T XA - X - A^T X B (B^T X B + R)^{-1} B^T X A + \sum_{i=1}^N A_i^T X A_i + Q \leq 0, \quad X > 0,$

Задачи (практические задания) для оценки компетенции ПК-5:

- $A_i^T X_i A_i - Y_i - A_i^T X_i B_i (B_i^T X_i B_i + R_i)^{-1} B_i^T X_i A_i + Q_i \leq 0, \quad X_i = \sum_{j=1}^N p_{ij} Y_j, \quad Y_j \geq 0,$
- $A_i^T X_i + X_i A_i - X_i B_i R_i^{-1} B_i^T X_i + \sum_{j=1}^N \pi_{ij} X_j + Q_i \leq 0, \quad X_i \geq 0$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задачи решены верно или с незначительными ошибками
не зачтено	Задачи не решены или допущены грубые ошибки

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Устойчивость по Ляпунову.
2. Метод функций Ляпунова.
3. Устойчивость линейных систем.
4. Неравенство Ляпунова.
5. Диссипативность динамических систем.
6. Функции запаса и накопления. Примеры.
7. Нормализованные функции накопления.
8. Функции требуемого запаса и доступного накопления.
9. Теорема Виллемса о диссипативности динамических систем общего вида.
10. Связь функций накопления с функциями Ляпунова.
11. Линейные системы с квадратичной функцией накопления.
12. Диссипативность линейных систем.
13. Строгая диссипативность линейных систем.
14. Функция диссипации.
15. Лемма Якубовича-Калмана.
16. Лемма о вещественной положительности.
17. Лемма о вещественной ограниченности.

4

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

18. H_{∞} - показатель качества линейной системы.
19. H_2 - показатель качества линейной системы.
20. Обобщенный H_2 -показатель линейной системы.
21. L_1 - показатель линейной системы.
22. Диссипативность и пассивность стохастических систем.
23. Линейные системы с неопределенностями.
24. Квадратичная устойчивость.
25. Квадратичная устойчивость линейных систем с аффинными неопределенностями.
26. Квадратичная устойчивость линейных систем с политопными неопределенностями.
27. Аффинная квадратичная устойчивость линейных систем с постоянными неопределенностями.
28. Аффинная квадратичная устойчивость линейных систем с неопределенностями, зависящими от времени.
29. Задачи стабилизации и одновременной стабилизации. Решение задачи стабилизации на основе ЛМН
30. Сведение билинейных матричных неравенств в задачах линейно квадратической стабилизации к ЛМН.
31. Решение нестандартных матричных уравнений в задачах линейно-квадратичной стабилизации на основе вспомогательной задачи выпуклой оптимизации при ограничениях в виде ЛМН.
32. Полуопределенное программирование.
33. Двойственность в задачах полуопределенного программирования.
34. Решение ЛМН как задача полуопределенного программирования.
35. Численные методы решения ЛМН.
36. Метод внутренней точки.
37. Решатели и интерфейсные пакеты для исследования ЛМН (LMI TOOL, SeDuMi, YALMIP и др.)

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответы на вопросы верны или есть незначительные ошибки
не зачтено	Ответов нет или допущены грубые ошибки

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Лемма о положительной вещественности была впервые использована:
 - Якубовицем В.А.
 - Поповым В.М.
 - Калманом Р.Е.
 - Сандбергом И.В.
2. Линейное матричное неравенство, возникающее в лемме о положительной вещественности возможно решить:
 - Графическим способом
 - При помощи уравнения Рункати
 - При помощи компьютера
 - при помощи разложения гамильтониана
3. Уравнение Рункати имеет вид:
 - $A^T P + PA + (PB + C^T)R^{-1}(B^T P + C) + Q = 0$
 - $A^T P + PA + (PB + C^T)R^{-1}(B^T P + C) + Q = 0$
 - $A^T P + PA + (PB + C^T)R^{-1}(B^T P + C) + Q = 0$
 - $A^T P + PA + (PB + C^T)R^{-1}(B^T P + C) + Q = 0$

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-5:

1. С помощью какой формулировки линейное матричное неравенство возможно решить при помощи компьютера:
 - задача выпуклой оптимизации
 - Задачи оценки вероятности
 - Задача математической физики
 - Задача нахождения экстремума
2. Решение линейного матричного неравенства с помощью компьютера впервые сделали возможным:
 - Пятницкий Е.С.
 - Скородинский В.И.
 - Нестеров Ю.Е.
 - Немировский А.С.
3. Кто разработал так называемые методы внутренней точки:
 - Нестеров Ю.Е.
 - Немировский А.С.
 - Пятницкий Е.С.
 - Скородинский В.И.
4. Методы внутренней точки применялись непосредственно к задачам:
 - выпуклой оптимизации
 - оценки вероятности
 - математической физики
 - нахождения экстремума
5. Какой из ниже перечисленных методов является методом внутренней точки:
 - метод серединных отрезков
 - метод золотого сечения
 - метод наименьших квадратов
 - метод хорд

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	99-100%
отлично	91-98%
очень хорошо	86-90%
хорошо	71-85%
удовлетворительно	51-70%
неудовлетворительно	31-50%
плохо	0-30%

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

компет							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворитель	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

	но	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

Задача 1. Стабилизировать заданную систему по выходу Y

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu; \\ y &= Cx; \\ z &= C_1x + B_{12}u.\end{aligned}$$

Оценить H_∞ -показатель замкнутой системы по выходу z .

Задача 2. Стабилизировать заданную систему по выходу Y

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu; \\ y &= Cx; \\ z &= C_1x + B_{12}u.\end{aligned}$$

Оценить H_2 -показатель качества замкнутой системы по выходу z .

8

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-5

Задача 3. Стабилизировать заданную систему по выходу Y

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu; \\ y &= Cx; \\ z &= C_1x + B_{12}u.\end{aligned}$$

Оценить обобщенный H_2 -показатель качества замкнутой системы по выходу z .

Задача 4. Стабилизировать заданную систему по выходу Y

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu; \\ y &= Cx; \\ z &= C_1x + B_{12}u.\end{aligned}$$

Оценить обобщенный L_1 -показатель отношения пиковых значений замкнутой системы по выходу z .

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы

Оценка	Критерии оценивания
	одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

Вопрос	Код компетенции
1. <u>Диссипативность</u> динамических систем. Функции запаса <u>инакопления</u> .	ПК-4
2. Теорема Виллемса о <u>диссипативности</u> динамических систем общего вида.	ПК-4
3. <u>Диссипативность</u> линейных систем. Формулировка в терминах ЛМН.	ПК-4
4. Лемма о вещественной положительности.	ПК-4
5. Лемма о вещественной ограниченности.	ПК-4
6. Нахождение H_{∞} показателя на основе ЛМН.	ПК-5
7. Нахождение H_2 показателя на основе ЛМН.	ПК-5
8. Нахождение обобщенного H_2 показателя на основе ЛМН.	ПК-5
9. Нахождение L_1 показателя на основе ЛМН.	ПК-5
10. Исследование квадратичной устойчивости линейных систем с <u>аффинными</u> и <u>политопными</u> неопределенностями на основе ЛМН.	ПК-5
11. Исследование аффинной квадратичной устойчивости линейных систем с неопределенностями, зависящими от времени на основе ЛМН.	ПК-5
12. Задачи стабилизации и одновременной стабилизации. Решение задачи стабилизации на основе ЛМН.	ПК-4,
13. Сведение билинейных матричных неравенств в задачах линейно-квадратической стабилизации к ЛМН.	ПК-4
14. Решение нестандартных матричных уравнений в задачах линейно-квадратичной стабилизации на основе вспомогательной задачи выпуклой оптимизации при ограничениях в виде ЛМН.	ПК-4

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-5

Вопрос	Код компетенции
1. <u>Диссипативность</u> динамических систем. Функции запаса <u>и накопления</u> .	ПК-4
2. Теорема Виллемса о <u>диссипативности</u> динамических систем общего вида.	ПК-4
3. <u>Диссипативность</u> линейных систем. Формулировка в терминах ЛМН.	ПК-4
4. Лемма о вещественной положительности.	ПК-4
5. Лемма о вещественной ограниченности.	ПК-4
6. Нахождение H_{∞} показателя на основе ЛМН.	ПК-5
7. Нахождение H_2 показателя на основе ЛМН.	ПК-5
8. Нахождение обобщенного H_2 показателя на основе ЛМН.	ПК-5
9. Нахождение L_1 показателя на основе ЛМН.	ПК-5
10. Исследование квадратичной устойчивости линейных систем с аффинными и <u>политопными</u> неопределенностями на основе ЛМН.	ПК-5
11. Исследование аффинной квадратичной устойчивости линейных систем с неопределенностями, зависящими от времени на основе ЛМН.	ПК-5
12. Задачи стабилизации и одновременной стабилизации. Решение задачи стабилизации на основе ЛМН.	ПК-4,
13. Сведение билинейных матричных неравенств в задачах линейно-квадратической стабилизации к ЛМН.	ПК-4
14. Решение нестандартных матричных уравнений в задачах линейно-квадратичной стабилизации на основе вспомогательной задачи выпуклой оптимизации при ограничениях в виде ЛМН.	ПК-4

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Баландин Д. В. Синтез законов управления на основе линейных матричных неравенств / Баландин Д. В., Коган М. М. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 280 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0780-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=695926&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Нелинейные системы. Частотные и матричные неравенства / Андриевский Б. Р., Барабанов А. Е., Бондарко В. А., Брокетт Р. У. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 608 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0916-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=695932&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. YALMIP Wiki <http://users.isy.liu.se/johanl/yalmip/>
2. Scilab <http://www.scilab.org/>
3. SeDuMi – <https://yalmip.github.io/allsolvers/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Пакшин Павел Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.