МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| Институт информационных технологий, математики и механики |

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор |  | В.П. Гергель |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  |  | 2017 г. |

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Теория выбора и принятия решений** |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **Бакалавриат** |

Направление подготовки

|  |
| --- |
| **01.03.02 Прикладная математика и информатика** |

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| **Прикладная математика и информатика (общий профиль)** |

Квалификация

|  |
| --- |
| **Бакалавр** |

Форма обучения

|  |
| --- |
| **Очная** |

Нижний Новгород

2017

**1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.04 «Теория выбора и принятия решений» предназначена для студентов 3-го курса бакалавриата (6 семестр), обучающихся по направлению «Прикладная математика и информатика», по общему профилю, относится к дисциплинам по выбору ОПОП. Дисциплина опирается на материал курсов «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математический анализ», «Алгебра и геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Основы программирования», «Компьютерное моделирование вероятностных процессов».

**Цель освоения дисциплины**

Дисциплина «Теория выбора и принятия решений» направлена на изучение стохастического подхода к задачам управления в условиях неопределенности. Рассматриваются модели с дискретным временем, поскольку при использовании моделей с непрерывным временем требуется предварительное изучение основ теории стохастических дифференциальных уравнений, что на данном этапе освоения образовательной программы является преждевременным. С другой стороны, в рамках дискретных моделей многие базовые теоретические положения выводятся более наглядно и проще поддаются алгоритмизации, что весьма важно при первоначальном изучении. Эти факты служат обоснованием необходимости включения данной дисциплины в учебный план направления подготовки 010302 «Прикладная математика и информатика».

Целями освоения дисциплины «Теория выбора и принятия решений» являются:

* изучение основ оптимальной фильтрации для линейных стохастических систем с дискретным временем;
* изучение основ стохастического оптимального управления для линейных систем с дискретным временем.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции** | **Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций** |
| ***ПК-1***  ***способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по***  ***соответствующим научным исследованиям***  ***(базовый этап)*** | ***ЗНАТЬ***  *З1(ПК1)* современные методы численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем  *З2(ПК1)* современные программные средства решения задач оптимальной фильтрации и оптимального управления  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК1)* решать задачи оптимальной фильтрации и оптимального управления в рамках линейных стохастических моделей с дискретным временем |
| ***ПК-2***  ***Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат***  ***(базовый этап)*** | ***ЗНАТЬ***  *З1(ПК2)* основы теории оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК2)* ставить на практике задачи оптимальной фильтрации и оптимального управления в рамках линейных стохастических моделей с дискретным временем  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК2)* современными методами численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем с использованием существующего программного обеспечения |
| ***ПК-7***  ***способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения***  ***(базовый этап)*** | ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК7)* навыками применения современных программных средств для решения задач оптимальной фильтрации и оптимального управления в рамках линейных стохастических моделей с дискретным временем |

1. **Структура и содержание дисциплины «Теория выбора и принятия решений»**

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часа, из которых **32** часа составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем:

16 часов занятия лекционного типа,

16 часов практические занятия

На самостоятельную работу обучающегося отводится 76 часов.

Содержание дисциплины

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины,**  **форма промежуточной аттестации по дисциплине** | **Всего**  **(часы)** | в том числе | | | | | | | |
| **контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы**  из них | | | | | **Самостоятельная**  **работа студента**  **часы** | | |
| **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Лабораторные работы** |  | **Всего**  **контактных часов** | **СРС** |  |  |
| **Наблюдение вектора состояния**  Постановка задачи наблюдения. Понятие наблюдаемости. Матрицы наблюдаемости первого и второго рода. Наблюдатели полного и пониженного порядка в виде моделей с обратной связью. Метод наименьших квадратов. Алгоритм рекуррентного гауссовского оценивания. Понятие управляемости. Двойственность задач наблюдения и управления | 38 | 6 | 6 |  |  | 12 | 26 |  |  |
| **Линейная оптимальная фильтрация**  Метод минимизации среднеквадратической ошибки. Уравнение Винера-Хопфа для дискретных систем. Гауссовско-марковская оценка как обобщение метода наименьших квадратов. Рекуррентное гауссовско-марковское оценивание. Фильтр Калмана для систем с дискретным временем. | 38 | 6 | 6 |  |  | 12 | 26 |  |  |
| **Стохастическое оптимальное управление**  Постановка задачи стохастического оптимального управления для полной и неполной информации о векторе состояния. Вывод и решение функционального уравнения Беллмана. Свойства оптимальной системы. Теорема разделения. | 32 | 4 | 4 |  |  | 8 | 24 |  |  |
| **В т.ч. текущий контроль** | 2 |  | 2 |  |  |  |  |  |  |
| **Промежуточная аттестация - Зачет** | | | | | | | | | |

1. **Образовательные технологии**

Основной формой обучения является лекционная. В процессе изучения дисциплины используется свободно распространяемое бесплатное программное обеспечение (пакет Scilab).

1. **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**
   1. **Виды самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа обучающихся реализуется в следующих формах: выполнение домашних заданий по дисциплине, составление компьютерных программ, реализующих алгоритмы оптимальной фильтрации и оптимального управления 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 оптимальной фильтрации и оптимального управления. 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 «Расчет и моделирование наблюдателей полного и пониженного порядков с обратной связью»;
* Практическая работа «Расчет и моделирование дискретного фильтра Калмана»;
* Практическая работа «Расчет и моделирование стохастического оптимального регулятора дискретной линейной системы».
  1. **Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов**

а) основная литература:

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 440 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108584.html>

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

б) дополнительная литература:

1. Ким Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 328 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109376.html>
2. Гайдук А.Р. Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход). - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114240.html>
3. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине,** **включающий:**
   1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

*Оценка уровня формирования компетенции ПК‐1*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| ***ЗНАТЬ***  *З1(ПК1)* современные методы численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем  *З2(ПК1)* современные программные средства решения задач оптимальной фильтрации и оптимального управления  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК1)* решать задачи оптимальной фильтрации и оптимального управления в рамках линейных стохастических моделей с дискретным временем | Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «неудовлетворительно» |
| **Знать** некоторые современные методы численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления. **Уметь** У1 с погрешностями | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Знать** большинство современных методов численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления. **Уметь** У1 с незначительными погрешностями | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Знать** современные методы численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем. **Уметь** У1 с незначительными погрешностями | Очень хороший уровень  формирования компетенции  «Очень хорошо» |
| **Знать** основные методы решения задач, предусмотренные компетенцией, без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1 в полном объеме | Отличный уровень  формирования компетенции  «Отлично» |
| **Знать** основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1 в полном объеме. | Превосходный уровень  формирования компетенции  «Превосходно» |

*Оценка уровня формирования компетенции ПК‐2*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| ***ЗНАТЬ***  *З1(ПК2)* основы теории оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК2)* ставить на практике задачи оптимальной фильтрации и оптимального управления в рамках линейных стохастических моделей с дискретным временем  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК2)* современными методами численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем с использованием существующего программного обеспечения | Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «неудовлетворительно» |
| **Знать** некоторые основы теории оптимальной фильтрации и оптимального управления. **Уметь** У1 с погрешностями. **Владеть** некоторыми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Знать** большинство основ теории оптимальной фильтрации и оптимального управления. **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Знать** основы теории оптимальной фильтрации и оптимального управления. **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Очень хороший уровень  формирования компетенции  «Очень хорошо» |
| **Знать** основы теории оптимальной фильтрации и оптимального управления. **Уметь** У1 в полном объеме. **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Отличный уровень  формирования компетенции  «Отлично» |
| **Знать** основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. **Уметь** У1 в полном объеме. Свободно **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях. | Превосходный уровень  формирования компетенции  «Превосходно» |

*Оценка уровня формирования компетенции ПК‐7*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК7)* навыками применения современных программных средств для решения задач оптимальной фильтрации и оптимального управления в рамках линейных стохастических моделей с дискретным временем | Полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровень формирования компетенции.  «Плохо» |
| Отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  «неудовлетворительно» |
| **Владеть** некоторыми основными навыками, предусмотренными компетенцией, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Владеть** основными навыками, предусмотренными компетенцией, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Владеть** всеми основными навыками, предусмотренными компетенцией, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Очень хороший уровень  формирования компетенции  «Очень хорошо» |
| **Владеть** всеми навыками, предусмотренными компетенцией, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Отличный уровень  формирования компетенции  «Отлично» |
| Свободно **Владеть** всеми навыками, предусмотренными компетенцией,, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях. | Превосходный уровень  формирования компетенции  «Превосходно» |

**Карта компетенций для оценивания умений и навыков**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индикаторы  компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | | | | | | |
| «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
| Умения  У1(ПК1), У1(ПК2) | отсутствует способность решения стандартных задач | наличие грубых ошибок при решении стандартных задач | способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками | способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями | способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей | Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач | способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач |
| Навыки  В1(ПК2),  В1(ПК7) | полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией | отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией | наличие минимально необходимого множества навыков | наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях | наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях |

* 1. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Теория выбора и принятия решений» используется балльная система оценки учебной работы студентов. По результатам промежуточной аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

* 1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные ответы на вопросы.

**Критерии оценок ответа на теоретический вопрос**

(один вопрос оценивается в 2 балла)

|  |  |
| --- | --- |
| Вопрос полностью раскрыт | 2 |
| Вопрос раскрыт с некоторыми недочетами | 1,5 |
| Вопрос раскрыт наполовину | 1 |
| Вопрос раскрыт не полностью с большими недочетами | 0,5 |
| Нет ответа | 0 |

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- решение практических задач; разработка компьютерных программ, реализующих алгоритмы стохастической оптимальной фильтрации и стохастического оптимального управления

**Критерии оценок решения задачи**

(одна задача оценивается в 2 балла)

|  |  |
| --- | --- |
| Решена полностью | 2 |
| Решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами | 1,5 |
| Решена задача наполовину | 1 |
| Сделан первый этап в решении задачи | 0,5 |
| Нет решения | 0 |

* 1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Список контрольных вопросов для оценивания результатов обучения в виде знаний З1(ПК1), З2(ПК1), З1(ПК2) формирования компетенций ПК-1, ПК-2.

**Вопросы для контроля:**

1. Постановка задачи наблюдения.
2. Понятие наблюдаемости.
3. Матрицы наблюдаемости первого и второго рода.
4. Наблюдатели полного и пониженного порядка в виде моделей с обратной связью.
5. Метод наименьших квадратов.
6. Алгоритм рекуррентного гауссовского оценивания.
7. Понятие управляемости.
8. Двойственность задач наблюдения и управления
9. Метод минимизации среднеквадратической ошибки.
10. Уравнение Винера-Хопфа для дискретных систем..
11. Алгоритм рекуррентного гауссовско-марковского оценивания.
12. Алгоритм фильтрации Калмана для систем с дискретным временем
13. Постановка задачи стохастического оптимального управления для полной информации о векторе состояния.
14. Постановка задачи стохастического оптимального управления для неполной информации о векторе состояния
15. Вывод функционального уравнения Беллмана.
16. Решение функционального уравнения Беллмана.
17. Свойства стохастической оптимальной системы.
18. Теорема разделения.

**Суммарная оценка**

|  |  |
| --- | --- |
| **Количество баллов** | **Оценка** |
| 4 | Отлично |
| 3,5 | Очень хорошо |
| 3 | Хорошо |
| 2-2,5 | Удовлетворительно |
| 0,5-1,5 | Неудовлетворительно |
| 0 | Плохо |

**Примеры практических задач для оценки компетенции ПК-1**

**Задача 1**. Записать дискретное уравнение Винера-Хопфа для следующей сиcтемы



**Задача 2**. Рассмотрим систему



где x и u – скаляры, а {v(t)} – последовательность независимых нормально распределенных переменных с нулевыми средними значениями и ковариационной матрицей r. При начальном нормальном состоянии с параметрами (m,σ) и с функцией потерь

.

Определить стратегию управления, которая минимизирует средние потери, и найти минимальное значение функции потерь, когда допустимые стратегии управления такие, что u(t) – функция x(t). Найти также ограничения на закон управления при N→∞.

**Примеры практических задач**

**Примеры практических задач для оценки компетенции ПК-2**

**Задача 1**. Изменение движения самолета выполняется в дискретные моменты времени, расположенные через одну секунду. Исходя из непрерывной модели объекта



нужно составить дискретную во времени схему наблюдения.

**Задача 2.** Оценить состояние системы (колебательное звено):



*u*

*y*

Построить наблюдатель полного порядка. Характеристический полином наблюдателя задать в виде стандартной формы Баттерворта.

**Примеры практических задач для оценки компетенции ПК-7**

**Задача 1.** Построить рекуррентную гауссовскую оценку по методу наименьших квадратов для системы



**Задача 2.** Построить рекуррентную гауссовскую оценку по методу наименьших квадратов для системы



6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД, URL:

<http://www.unn.ru/site/images/docs/obrazov-org/Formi_stroki_kontrolya_13.02.2014.pdf>

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

1. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 440 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108584.html>

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

б) дополнительная литература:

1. Ким Д.П. Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 328 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109376.html>
2. Гайдук А.Р. Теория и методы аналитического синтеза систем автоматического управления (полиномиальный подход). - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114240.html>

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. YALMIP Wiki [http://users.isy.liu.se/johanl/yalmip](http://users.isy.liu.se/johanl/yalmip/)
2. Scilab <http://www.scilab.org>

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа (оснащенные проектором), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ. Наличие рекомендованной литературы.

Компьютерный класс, оснащенный необходимым программным обеспечением:

* операционные системы семейства Microsoft Windows, – лицензия по подписке Microsoft Imagine;
* свободно распространяемое бесплатное программное обеспечение (пакет Scilab <http://www.scilab.org>, пакет YALMIP – <http://users.isy.liu.se/johanl/yalmip/>, решатель SeDuMi – <https://yalmip.github.io/allsolvers/>).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ П.В. Пакшин

Рецензент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой ПРИН\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.П. Гергель

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от 29 августа 2017 года, протокол № 20