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 от

«20» апреля 2021 г. № 1

**Рабочая программа дисциплины**

|  |
| --- |
| **Вероятностные модели в естествознании-1** |

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

2018

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ варианта** | **Место дисциплины в учебном плане образовательной программы** | **Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД** |
| 1 | Блок 1. Дисциплины (модули) вариативная часть | Дисциплина Б1.В.ДВ.12.04 «Вероятностные модели в естествознании-1» относится к вариативной части ОПОП направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика |

Дисциплина Б1.В.ДВ.12.04 «Вероятностные модели в естествознании-1» предназначена для студентов 4-го курса бакалавриата (7 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», «Языки и методы программирования», «Функциональный анализ», «Компьютерное моделирование вероятностных процессов».

**Цель освоения дисциплины**

Дисциплина «Вероятностные модели в естествознании-1» направлена на изучение математических моделей в виде стохастических дифференциальных уравнений. Стохастические дифференциальные уравнения (СДУ) представляют собой математические модели динамических систем, испытывающих случайные воздействия. Теория СДУ представляет собой один из наиболее глубоких и тонких разделов современной математики. В то же время СДУ служат фундаментом для многих прикладных наук: механики, теории управления и оценивания, статистической физики, финансовой математики и др. Эти факты служат обоснованием необходимости включения данной дисциплины в учебный план направления подготовки 010302 «Прикладная математика и информатика»

Цели освоения дисциплины:

* изучение основных сведений о построении и анализе математических моделей динамических систем в виде стохастических дифференциальных уравнений;
* овладение методами исследования и численного решения стохастических дифференциальных уравнений.

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***  ***(завершающий этап)*** | ***ЗНАТЬ***  *З1(ПК1)* понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК1)* применять формулу Ито для аналитического решения простейших СДУ  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК1)* навыками решения простейших стохастических дифференциальных уравнений |
| ***ПК-2***  ***Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат***  ***(завершающий этап)*** | ***ЗНАТЬ***  *З1(ПК2)* основные виды стохастических дифференциальных уравнений (Ланжевена, Ито и Стратоновича); понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе;  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК2)* вычислять аналитически простейшие стохастические интегралы Ито; применять формулу Ито для аналитического решения простейших СДУ  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК2)* методами численного моделирования стохастических дифференциальных уравнений |
| ***ПК-7***  ***способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения***  ***(завершающий этап)*** | ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК7)* навыками применения современных программных средств для численного решения стохастических дифференциальных уравнений |

1. **Структура и содержание дисциплины «Вероятностные модели в естествознании-1»**

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых **33** часа составляет **контактная работа** обучающегося с преподавателем:

16 часов занятий лекционного типа,

16 часа занятий семинарского типа,

1 час промежуточной аттестации.

На самостоятельную работу обучающегося отведено 39 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 обучающегося,**  **часы** |
| **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** | **Лабораторные работы** |  | **Всего**  **контактных часов** |
| **Введение и предварительные сведения из теории вероятностей**  Стохастические аналоги обыкновенных дифференциальных уравнений. Задачи, приводящие к математическим моделям в виде СДУ (фильтрация, стохастическое управление, финансовая математика и др.). Вероятностное пространство. Случайные переменные. Независимость. Стохастический процесс. Теорема Колмогорова о построении стохастического процесса по конечномерным распределениям. Построение процесса броуновского движения (винеровского процесса) на основе теоремы Колмогорова. Свойства винеровского процесса. Теорема непрерывности Колмогорова. Версии стохастических процессов. Существование непрерывной версии винеровского процесса. | 16 | 4 | 4 |  |  | 8 | 8 |
| **Интеграл Ито**  Уравнение Ланжевена и его математическая интерпретация. Построение интеграла Ито. Свойство изометрии и другие свойства интеграла Ито. Мартингалы. Непрерывная версия стохастического интеграла. Интеграл Ито как мартингал. Обобщения интеграла Ито. Сравнение интегралов Ито и Стратоновича. | 16 | 4 | 4 |  |  | 8 | 8 |
| **Процессы Ито и формула Ито**  Определение процесса Ито. Формула Ито для скалярных процессов. Формула Ито для векторных процессов. Теорема о представлении мартингала. | 16 | 4 | 4 |  |  | 8 | 8 |
| **Стохастические дифференциальные уравнения и методы их решения**  Теорема существования и единственности решения СДУ Ито. Слабые и сильные решения СДУ. Некоторые приемы нахождения решения конкретных стохастических дифференциальных уравнений Ито. Численное моделирование винеровского процесса. Решение СДУ методами Эйлера и Рунге – Кутта. Слабые и сильные аппроксимации. Схемы Тейлора различных порядков. Схема Мильштейна. Численная устойчивость и точность методов. | 23 | 4 | 4 |  |  | 8 | 15 |
| **В т.ч. текущий контроль** | 2 |  |  |  |  |  |  |
| **Итоговая 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 методы численного решения стохастических дифференциальных уравнений 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). 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 включают в себя:

* Практическая работа «Моделирование процесса броуновского движения (винеровского процесса)»;
* Практическая работа «Вычисление стохастических интегралов»;
* Практическая работа «Моделирование процессов Ито»;
* Практическая работа «Моделирование процессов, описываемых стохастическими дифференциальными уравнениями».
  1. **Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов**

1. Федоткин М.А. Модели в теории вероятностей. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 608 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113847.html>
2. Пугачев B.C. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие.- 2-е изд., исправл. и дополн.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 496 с. - ISBN 5-9221-0254-0. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/ShaminConform2008ru.pdf>
3. Пухальский А.А. Большие уклонения стохастических динамических систем. Теория и приложения. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 512 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106600.html>
4. **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)* понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе  ***УМЕТЬ***  *У1(ПК1)* применять формулу Ито для аналитического решения простейших СДУ  ***ВЛАДЕТЬ***  *В1(ПК1)* навыками решения простейших стохастических дифференциальных уравнений | 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** понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито. **Уметь** У1 с погрешностями. **Владеть** некоторыми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Знать** понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Знать** понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе; **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Очень хороший уровень  формирования компетенции  «Очень хорошо» |
| **Знать** понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе. **Уметь** У1 в полном объеме. **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Отличный уровень  формирования компетенции  «Отлично» |
| **Знать** основные виды стохастических дифференциальных уравнений; понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе.. **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‐2*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| ***ЗНАТЬ***  З1(ПК2) основные виды стохастических дифференциальных уравнений (Ланжевена, Ито и Стратоновича); понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе;  ***УМЕТЬ***  У1(ПК2) вычислять аналитически простейшие стохастические интегралы Ито; применять формулу Ито для аналитического решения простейших СДУ  ***ВЛАДЕТЬ***  В1(ПК2) методами численного моделирования стохастических дифференциальных уравнений | 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** основные виды стохастических дифференциальных уравнений. **Уметь** У1 с погрешностями. **Владеть** некоторыми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  «Удовлетворительно» |
| **Знать** основные виды стохастических дифференциальных уравнений; понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито. **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Хороший уровень  формирования компетенции.  «Хорошо» |
| **Знать** основные виды стохастических дифференциальных уравнений; понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; **Уметь** У1 с незначительными погрешностями. **Владеть** всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Очень хороший уровень  формирования компетенции  «Очень хорошо» |
| **Знать** основные виды стохастических дифференциальных уравнений; понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе. **Уметь** У1 в полном объеме. **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Отличный уровень  формирования компетенции  «Отлично» |
| **Знать** основные виды стохастических дифференциальных уравнений; понятие и основные свойства стохастического интеграла Ито; понятие о процессах Ито; понятие о диффузионном процессе Ито и его производящем дифференциальном операторе.. **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 численного решения стохастических дифференциальных уравнений | 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)  У1(ПК7) | 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(ПК1), В1(ПК2) | 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 «Вероятностные модели в естествозании-1» используется балльная система оценки учебной работы студентов. По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»). Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

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

- письменные ответы на вопросы.

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

- выполнение практических работ, сдача отчетов по практическим работам; разработка компьютерных программ, реализующих методы решения стохастических дифференциальных уравнений.

**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 |

**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 |

**Суммарная оценка**

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

* 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), З1(ПК2), З1(ПК7) формирования компетенций ПК-1,2,7:

**Вопросы для контроля:**

1. Стохастические аналоги обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Задачи, приводящие к математическим моделям в виде СДУ (фильтрация, стохастическое управление, финансовая математика и др.).
3. Вероятностное пространство.
4. Случайные переменные.
5. Независимость.
6. Стохастический процесс.
7. Теорема Колмогорова о построении стохастического процесса по конечномерным распределениям.
8. Построение процесса броуновского движения (винеровского процесса) на основе теоремы Колмогорова.
9. Свойства винеровского процесса.
10. Теорема непрерывности Колмогорова.
11. Версии стохастических процессов.
12. Существование непрерывной версии винеровского процесса.
13. Уравнение Ланжевена и его математическая интерпретация.
14. Построение интеграла Ито.
15. Свойство изометрии и другие свойства интеграла Ито.
16. Мартингалы.
17. Непрерывная версия стохастического интеграла.
18. Интеграл Ито как мартингал.
19. Обобщения интеграла Ито.
20. Сравнение интегралов Ито и Стратоновича.
21. Определение процесса Ито.
22. Формула Ито для скалярных процессов.
23. Формула Ито для векторных процессов.
24. Теорема о представлении мартингала.
25. Теорема существования и единственности решения СДУ Ито.
26. Слабые и сильные решения СДУ.
27. Некоторые приемы нахождения решения конкретных стохастических дифференциальных уравнений Ито.
28. Численное моделирование винеровского процесса.
29. Решение СДУ методами Эйлера и Рунге – Кутта.
30. Слабые и сильные аппроксимации.
31. Схемы Тейлора различных порядков.
32. Схема Мильштейна.
33. Численная устойчивость и точность методов.

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

**Задача 1.** Пусть броуновское движение на  Положим 

С помощью разложения в степенной ряд экспонент из обеих частей сравните члены с одинаковыми степенями переменной и докажите, что



и что вообще



**Задача 2.** Пусть броуновское движение. Зафиксируем  Докажите, что процесс



является броуновским движением.

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

**Задача 1.** Решите двумерное стохастическое дифференциальное



где  - двумерное броуновское движение, а  - константы.

**Задача 2.** Проверьте, что данный процесс ( означает одномерное броуновское движение)



является решением стохастического дифференциального уравнения:

.

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

**Задача 1.** Найти производящий дифференциальный оператор процесса Ито

.

Промоделировать процесс в Scilab.

**Задача 2.** Найти производящий дифференциальный оператор процесса Ито



Промоделировать процесс в Scilab.

**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. Федоткин М.А. Модели в теории вероятностей. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 608 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113847.html>

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

б) дополнительная литература:

1. Пугачев B.C. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие.- 2-е изд., исправл. и дополн.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 496 с. - ISBN 5-9221-0254-0. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/ShaminConform2008ru.pdf>
2. Пухальский А.А. Большие уклонения стохастических динамических систем. Теория и приложения. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 512 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106600.html>

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

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. YALMIP Wiki <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", 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 на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от 24.02.2021 года, протокол № 5.