



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Математики

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

С.В. Михайлов

«29» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Теория стохастических дифференциальных уравнений

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются владение основами теории стохастических дифференциальных уравнений, методами их решения и их приложениями к задачам математической физики.

Задачами дисциплины является знакомство с основными понятиями теории СДУ, методами решения СДУ, а также связями существующими между теорией СДУ и теорией линейных и нелинейных параболических уравнений.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 знает основные понятия и методы фундаментальных математических дисциплин	знает Основные методы решения дифференциальных уравнений, что такое винеровский процесс и его свойства, умеет Решать обыкновенные дифференциальные уравнения владеет навыками Методами исследования случайных процессов и методами построения решения уравнения теплопроводности
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 умеет применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности	знает Основные методы решения стохастических дифференциальных уравнений, методы вычисления средних значений случайных величин (метод Монте-Карло) умеет Численно решать стохастические дифференциальные уравнения владеет навыками алгоритмами решения СДУ и их программой реализацией

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.38 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Вероятностное и имитационное моделирование	ПКС-4.1
2	Уравнения математической физики	ОПК-1.1, ОПК-1.3

9.1.	Обратные стохастические дифференциальные уравнения	8	4		2				6	ОПК-1.1, ОПК-1.2
10.	10 раздел. Контроль									
10.1	Зачет с оценкой	8							9	ОПК-1.1, ОПК-1.2

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций								
1	Стохастический интеграл	Стохастический интеграл Винеровский процесс и его свойства. Стохастический интеграл, стохастический дифференциал								
2	Формула замены переменных в стохастическом интеграле	Формула Ито Формула Ито - как следствие разложения в ряд Тейлора с учетом свойств винеровского процесса								
4	Теорема существования и единственности решения СДУ	Существование и единственность решения СДУ Формулируются условия на коэффициенты СДУ, гарантирующие его разрешимость								
5	Марковское свойство решения СДУ	Вычисление генератора мартовского процесса, удовлетворяющего СДУ Вводится понятие генератора мартовского процесса, вычисляется генератор решения СДУ								
11	Стохастические уравнения, ассоциированные с нелинейными параболическими уравнениями	Стохастические уравнения, ассоциированные с задачей Коши для нелинейного параболического уравнения Вывод стохастических уравнений, связанных нелинейными параболическими уравнениями								
12	СДУ и квазилинейные параболические уравнения	СДУ и квазилинейные уравнения Сведение квазилинейных уравнений к системе семилинейных и применение результатов предыдущей лекции								
13	Обратные стохастические дифференциальные уравнения	ОСДУ Вывод ОСДУ и связь с квазилинейными параболическими уравнениями								

5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий								
2	Формула замены переменных в стохастическом интеграле	формула Ито Решение задач на применение формулы Ито								
5	Марковское свойство решения СДУ	Генератор решения СДУ Вычисление генератора решения СДУ								
6	Связь решений СДУ и решений задачи Коши для параболических уравнений	Установление связи между решениями СДУ и решениями задачи Коши для параболических уравнений Для заданной задачи Коши строится вероятностное представление ее решения. Выводится обратное уравнение Колмогорова для решения								

		СДУ
8	Связь СДУ с решением задачи Коши для системы параболических уравнений	Связь решения СДУ и системы параболических уравнений Выводятся вероятностные представления решения задачи Коши для систем параболических уравнений
9	Вероятностное представление решения задачи Коши	Решение задачи Коши и СДУ Строится вероятностное представление решения задачи Коши для системы параболических уравнений
9	Вероятностное представление решения задачи Коши	Формула Фейнман-Каца Применение формулы Фейнман-Каца
13	Обратные стохастические дифференциальные уравнения	ОСДУ Вероятностные представления решения квазилинейных параболических уравнений

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
3	формула Ито	
7	Решения СДУ и решения параболических уравнений	Решение СУ и параболические уравнения решения СДУ
9	Вероятностное представление решения задачи Коши	Формула Фейнман-Каца Формула Фейнман-Каца и ее применение
10	Решения СДУ и задача Коши	Решение СДУ и задача Коши для параболического уравнения Решение СДУ и задача Коши для параболического уравнения
11	Стохастические уравнения, ассоциированные с нелинейными параболическими уравнениями	СДУ и нелинейные параболические уравнения
12	СДУ и квазилинейные параболические уравнения	СДУ и квазилинейные уравнения

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Методические указания по выполнению самостоятельной работы содержатся в файлах в системе MS Teams в канале

Теория стохастических дифференциальных уравнений"

https://teams.microsoft.com/_#/school/files/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%20-%20%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%AF%D0%98?threadId=19%3Ab34aca043d7c479a94b7abf91df2b202%40thread.tacv2&ctx=channel&context=%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25B8%2520-%2520%25D0%2591%25D0%25B5%25D0%25BB%25D0%25BE%25D0%25BF%25D0%25BE%25D0%25BB%25D1%258C%25D1%2581%25D0%25BA%25D0%25B0%25D1%258F%2520%25D0%25AF%25D0%2598&rootfolder=%252Fsites%252F-4-2020244%252FShared%2520Documents%252F%25D0%25BB%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2586%25D0%25B8%25D0%25B8%2520-%2520%25D0%2591%25D0%25B5%25D0%25BB%25D0%25BE%25D0%25BF%25D0%25BE%25D0%25BB%25D1%258C%25D1%2581%25D0%25BA%25D0%25B0%25D1%258F%2520%25D0%25AF%25D0%2598

и в системе Moodle в курсе

"Теория стохастических

дифференциальных

уравнений

"<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=539>

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Стохастический интеграл	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос
2	Формула замены переменных в стохастическом интеграле	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение примеров
3	формула Ито	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение примеров
4	Теорема существования и единственности решения СДУ	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос
5	Марковское свойство решения СДУ	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос
6	Связь решений СДУ и решений задачи Коши для параболических уравнений	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение задач
7	Решения СДУ и решения параболических уравнений	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение задач
8	Связь СДУ с решением задачи Коши для системы параболических уравнений	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение задач
9	Вероятностное представление решения задачи Коши	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение задач
10	Решения СДУ и задача Коши	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение задач
11	Стохастические уравнения, ассоциированные с нелинейными параболическими уравнениями	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение задач
12	СДУ и квазилинейные параболические уравнения	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос, решение задач
13	Обратные стохастические	ОПК-1.1, ОПК-1.2	устный опрос

	дифференциальные уравнения		
14	Зачет с оценкой	ОПК-1.1, ОПК-1.2	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенций ОПК-1 и ОПК-2

Контрольная работа 1.

Для заданного случайного процесса стохастический дифференциал которого имеет вид

$dx(t)=a(t)dt+A(t)dw(t)$ и заданной функции $f(t,x)$ найти стохастический дифференциал

процесса $y(t)=f(t,x(t))$.

Варианты

1) $a(t)=2t$, $A(t)=1+t$, $f(t,x)=t\sin(x)$

1) $a(t)=2\sin(t)$, $A(t)=1+\cos(t)$, $f(t,x)=\sin(3x)$

1) $a(t)=3$, $A(t)=6$, $f(t,x)=\cos(5x)$

1) $a(t)=2+t$, $A(t)=3+2t$, $f(t,x)=t\cos(2x)$

1) $a(t)=t$, $A(t)=3+4t$, $f(t,x)=\sin(2x)$

Контрольная работа 2.

1. Пусть $x(t)$ удовлетворяет СДУ $dx(t)=\cos(x(t))dt+\sin(x(t))dw(t)$ $x(s)=y$. Найти задачу

Коши, которой удовлетворяет функция $u(s,y)=E[\cos x(T)|x(s)=y]$.

2. Пусть $u(s,y)$ удовлетворяет задаче Коши $u'_t+4y^2u''_y+3u'_y+\sin(y)u=0$, $u(T,y)=\cos(y)$

Найти вероятностное представление решения этой задачи Коши.

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
---------------------------------------	---

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Винеровский процесс, стохастический интеграл
2. Стохастический дифференциал, формула Ито
3. Стохастическое дифференциальное уравнение, определение решения
4. Теорема существования и единственности решения
5. Марковское свойство, формула Чепмена-Колмогорова
6. Марковское свойство решения СДУ
7. Генератор марковского процесса
8. Эволюционные семейства, порожденные решением СДУ и генератор марковского процесса
9. Решения СДУ и классические решения задачи Коши для параболического уравнения
10. Зависимость решения СДУ от начальных данных
11. Решения СДУ и классические решения задачи Коши для системы параболических уравнений
12. СДУ, связанные с семилнейными параболическими уравнениями
13. Вероятностное представление решения задачи Коши для семилнейного параболического уравнения
14. СДУ, связанные с системами семилнейных параболических уравнений
15. ОСДУ - что такое ОСДУ понятие решения ОСДУ
16. Теорема Ито, мартингалы
17. Условия существования и единственности решения ОСДУ
18. Теоремы сравнения решений ОСДУ
19. Связь ОСДУ с нелинейными параболическими уравнениями
20. Вязкостные решения задачи Коши для параболических уравнений

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Построить вероятностные представления решения задачи Коши для параболических уравнений

$$u'_t + ty^2u''_y + 3u'_y + \sin(2y)u = 0, u(T, y) = 2\cos(y)$$

$$u'_t + 4y^2u''_y + 3u'_y + \cos(y)u = 0, u(T, y) = 4\sin(y)$$

$$u'_t + y^2u''_y + 5u'_y + \sin(3y)u = 0, u(T, y) = \cos(y)$$

$$u'_t + 8y^2u''_y + 3u'_y + \sin(y)u = 0, u(T, y) = \cos(y)$$

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета с оценкой. Зачет с оценкой проводится в форме собеседования. Студент получает билет с двумя вопросами по курсу, готовится в течение 45 мин и отвечает преподавателю.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

	Уровень освоения и оценка
--	---------------------------

Критерии оценивания	Оценка «неудовлетворитель но»	Оценка «удовлетворительн о»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы. 	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	---	--	--	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Белопольская Я. И., Стохастические дифференциальные уравнения. Приложения к задачам математической физики и финансовой математики, СПб.: Лань, 2019	ЭБС
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Гихман И. И., Скороход А. В., Стохастические дифференциальные уравнения, Киев: Наукова думка, 1968	ЭБС
2	Ван Кампен Н. Г., Хоменко Г. А., Моисеев С. С., Стохастические процессы в физике и химии, М.: Высш. шк., 1990	ЭБС
3	Сабельфельд К., Курбанмурадов О., Случайные поля и стохастические дифференциальные уравнения: анализ и некоторые приложения, Б. м.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012	ЭБС

4	Розов А. К., Стохастические дифференциальные уравнения и их применение, Санкт-Петербург: Политехника, 2016	http://www.iprbookshop.ru/59722.html
1	Логинова Н. А., Непрерывные случайные процессы в непрерывном времени, Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2009	http://www.iprbookshop.ru/54769.html
2	Эллиотт Р., Элуашвили М. Г., Ширяев А. Н., Стохастический анализ и его приложения, М.: Мир, 1986	ЭБС
3	Стратонович Р. Л., Климонтович Ю. Л., Романовский Ю. М., Случайные процессы в динамических системах, Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013	http://www.iprbookshop.ru/17654.html
4	Ермаков С. М., Некруткин В. В., Сипин А. С., Случайные процессы для решения классических уравнений математической физики, М.: Наука, 1984	ЭБС

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Moodle SPbGASU.ru	https://moodle.spbgasu.ru/login/index.php
MS Teams	

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	http://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	https://www.studentlibrary.ru/
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	https://www.spbgasu.ru/Universtet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.

Matlab версия R2019a	MATLAB договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты"
----------------------	---

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
07. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
07. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
07. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.