

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра системного анализа и управления**

**ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

*Методические указания к самостоятельным работам  
для студентов бакалавриата направления 27.03.03*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2021**

УДК 519.23(073)

**ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ:** Методические указания к самостоятельным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *О.В. Афанасьева, Д.А. Первухин*. СПб, 2021. 28 с.

Содержатся краткие теоретические сведения и задания для проведения самостоятельной работы по учебной дисциплине «Вероятностные методы прогнозирования сложных систем». Дана общая характеристика самостоятельной работы при изучении дисциплины «Вероятностные методы прогнозирования сложных систем», приведены контрольные точки и виды отчетности по ним, методические указания по изучению теоретического материала.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 27.03.03 «Системный анализ и управление».

Научный редактор проф. *В.Е. Трушников*

Рецензент доц. *Г.А. Митрофанов* (ФГКВОУ ВО «Михайловская военная артиллерийская академия»)

## **1. Общая характеристика самостоятельной работы при изучении дисциплины «Вероятностные методы прогнозирования сложных систем»**

### **Цель самостоятельной работы:**

1. углублять и расширять профессиональные знания;
2. формировать у студентов интерес к учебно-познавательной деятельности;
3. научить студентов овладевать приемами процесса познания.

### **Задачи самостоятельной работы:**

1. развивать у студентов самостоятельность, активность, ответственность;
2. развивать познавательные способности будущих специалистов.

## **2. План график выполнения самостоятельной работы**

Согласно рабочей программы

### **3. Контрольные точки и виды отчетности по ним**

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
1.	Сдача отчета по лабораторной работе 3	5-ая неделя	15
2.	Сдача отчета по практической работе 5	9-ая неделя	15
3.	Сдача отчета по практической работе 8	14 –ая неделя	25
4.			
	<b>Итого за 6 семестр</b>		<b>55</b>
	<b>Итого</b>		<b>55</b>

## **4. Методические указания для самостоятельной работы**

Изучать учебную дисциплину рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них в программе дисциплины. При теоретическом изучении дисциплины студент должен пользоваться соответствующей литературой. Примерный перечень литературы приведен в рабочей программе

Для более полного освоения учебного материала студентам читаются лекции по важнейшим разделам и темам учебной дисциплины. На лекциях излагаются и детально рассматриваются наиболее важные вопросы, составляющие теоретический и практический фундамент дисциплины.

### *Темы для самостоятельного изучения*

Тема 1. Основные понятия вероятностных методов прогнозирования.
Тема 2. Математические модели процессов эволюционного развития техники.
Тема 3. Экспертные методы прогнозирования. Морфологический анализ. Прогнозирование технического облика образца изделия.
Тема 4. Экспертные методы прогнозирования. Морфологический анализ. Прогнозирование технического облика образца изделия.
Тема 5. Вероятностные модели систем.

#### **4.1 Методические указания для самостоятельной работы студентов по первому разделу «ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ»**

В данном разделе рассматриваются следующие вопросы: приложение теории суммирования случайного числа независимых случайных величин в задачах прогнозирования.

После изучения данного раздела рекомендуется ответить на вопросы для самопроверки.

В случае если ответы на какие-либо вопросы вызовут затруднение или неуверенность, рекомендуется прочитать:

Теория систем и системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / М. Б. Алексеева, П. П. Ветренко. — М. : Издательство Юрайт, 2017. 304 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/B791EB3D-7CD9-48A7-B7DD-VEB4670DB29E#page/1>

Методы прогнозирования и исследования операций. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Э. Минько, Э.В. Минько. — Электрон. дан. — Москва : Финансы и статистика, 2010. — 480 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/28357/#474>

Экономико-математические методы и прикладные модели : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 328 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/62CA472C-1C3E-48F7-B963-6762D5A89A50#/>

Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, С.Н. Поставалов и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 890 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=515227>

#### Вопросы для самопроверки по раздлу № 1

1. Что позволяют вычислить вероятностные модели?
2. Что нужно знать, чтобы найти вероятность попадания случайной величины на заданный участок?
3. Аппарат характеристических функций?
4. Чему равна характеристическая функция суммы независимых случайных величин?
5. Когда применяется подход, при котором теоретическая вероятностная модель сочетается с экстраполяционной моделью на ЭВМ?
6. Ориентированный процесс случайного блуждания. Сущность метода.
7. Какое распределение целесообразно использовать при наличии на периоде ретроспекции малого объема (короткие динамические ряды) для моделирования приращений?
8. От скольких параметров зависит двумерная плотность вероятности?
9. Для чего используется алгоритм моделирования двумерного распределения?
10. Выполнение каких действий включает моделирование приращений на периоде упреждения?

## **4.2 Методические указания для самостоятельной работы студентов по второму разделу «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ЭВОЛЮЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ»**

В данном разделе рассматриваются следующие вопросы: математического моделирования процессов развития техники.

После изучения данного раздела рекомендуется ответить на вопросы для самопроверки.

В случае если ответы на какие-либо вопросы вызовут затруднение или неуверенность, рекомендуется прочитать:

Теория систем и системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / М. Б. Алексеева, П. П. Ветренко. — М. : Издательство Юрайт, 2017. 304 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/B791EB3D-7CD9-48A7-B7DD-BEB4670DB29E#page/1>

Методы прогнозирования и исследования операций. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Э. Минько, Э.В. Минько. — Электрон. дан. — Москва : Финансы и статистика, 2010. — 480 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/28357/#474>

Экономико-математические методы и прикладные модели : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 328 с.

Режим доступа: [https://www.biblio-online.ru/viewer/62CA472C-1C3E-48F7-B963-6762D5A89A50#/#/](https://www.biblio-online.ru/viewer/62CA472C-1C3E-48F7-B963-6762D5A89A50#/)

Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, С.Н. Постовалов и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 890 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=515227>

Вопросы для самопроверки по разделу № 2

1. Какие переменные называются экзогенными?
2. Какие переменные называются эндогенными

3. Какими методами производится прогнозирование входных данных для оптимизации характеристик?
4. От чего зависит выбор вида математической модели?
5. Как осуществляется математическое моделирование процессов развития техники?
6. По каким этапам выполняется прогнозирование по математической модели?
7. От чего зависит выбор математических моделей прогнозирования?
8. От каких факторов зависит интенсивность замещения (функция насыщения)?
9. Как строится прогнозная математическая модель динамики замещения?
10. От чего зависят процессы эволюционного развития техники?

#### **4.3 Методические указания для самостоятельной работы студентов по третьему разделу «ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ. МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА ОБРАЗЦА ИЗДЕЛИЯ»**

В данном разделе рассматриваются следующие вопросы: экспертных методы прогнозирования, морфологического анализа, прогнозирования технического облика образца изделия.

После изучения данного раздела рекомендуется ответить на вопросы для самопроверки.

В случае если ответы на какие-либо вопросы вызовут затруднение или неуверенность, рекомендуется прочитать:

Логистический менеджмент: Учебник / Николайчук В.Е., - 2-е изд. - М.: Дашков и К, 2017. - 980 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=935845>

Теория систем и системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / М. Б. Алексеева, П. П. Ветренко. — М. : Издательство Юрайт, 2017. 304 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/B791EB3D-7CD9-48A7-B7DD-BEB4670DB29E#page/1>

Методы прогнозирования и исследования операций. Учебное

пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Э. Минько, Э.В. Минько. — Электрон. дан. — Москва : Финансы и статистика, 2010. — 480 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/28357/#474>

Экономико-математические методы и прикладные модели : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 328 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/62CA472C-1C3E-48F7-B963-6762D5A89A50#/>

Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, С.Н. Постовалов и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 890 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=515227>

### Вопросы для самопроверки по разделу № 3

1. В чём суть морфологического анализа?
2. На чём основаны методы экспертных оценок?
3. Какие классы методов генерирования идей и поиска новых технических решений Вы знаете?
4. Какая идея лежит в основе трансформационного подхода?
5. На чём основан метод морфологического анализа?
6. Что лежит в основе метода прогнозирования технического облика перспективного образца?
7. Что такое поисковое прогнозирование?
8. В какой последовательности ведётся формирование оценок применимости?
9. В какой последовательности ведётся формирование оценки перспективности?
10. В какой последовательности ведётся формирование оценки риска?
11. Какие методы экспертного прогнозирования Вы знаете?



12.Какие сценарии обычно включают в себя прогнозы?

13.Какие этапы включают в себя составление сценария?

#### **4.4 Методические указания для самостоятельной работы студентов по четвёртому разделу «ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ»**

В данном разделе рассматриваются следующие вопросы: марковская задача принятия решений, вероятностная модель на основе ориентированного графа состояний системы.

После изучения данного раздела рекомендуется ответить на вопросы для самопроверки.

В случае если ответы на какие-либо вопросы вызовут затруднение или неуверенность, рекомендуется прочитать:

Теория систем и системный анализ: учебник и практикум для академического бакалавриата / М. Б. Алексеева, П. П. Ветренко. — М. : Издательство Юрайт, 2017. 304 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/B791EB3D-7CD9-48A7-B7DD-BEB4670DB29E#page/1>

Методы прогнозирования и исследования операций. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Э. Минько, Э.В. Минько. — Электрон. дан. — Москва : Финансы и статистика, 2010. — 480 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/28357/#474>

Экономико-математические методы и прикладные модели : учебник для бакалавриата и магистратуры / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 328 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/62CA472C-1C3E-48F7-B963-6762D5A89A50#/>

Статистический анализ данных, моделирование и исследование вероятностных закономерностей. Компьютерный подход / Б.Ю. Лемешко, С.Б. Лемешко, С.Н. Постовалов и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 890 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=515227>

#### Вопросы для самопроверки к разделу № 4

1. Марковская задача принятия решений.
2. Вероятностная модель на основе ориентированного графа состояний системы.
3. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояния.
4. Предельные переходы системы из состояния в состояние.
5. Роль вероятностные методы прогнозирования в научных исследованиях.

#### Вопросы для подготовки к дифференцированному зачёту

1. Основные понятия вероятностных методов прогнозирования
2. Что позволяют вычислить вероятностные модели?
3. Что нужно знать, чтобы найти вероятность попадания случайной величины на заданный участок?
4. Аппарат характеристических функций?
5. Чему равна характеристическая функция суммы независимых случайных величин?
6. Когда применяется подход, при котором теоретическая вероятностная модель сочетается с экстраполяционной моделью на ЭВМ?
7. Ориентированный процесс случайного блуждания. Сущность метода.
8. Какое распределение целесообразно использовать при наличии на периоде ретроспекции малого объема (короткие динамические ряды) для моделирования приращений?
9. От скольких параметров зависит двумерная плотность вероятности?
10. Для чего используется алгоритм моделирования двумерного распределения?
11. Выполнение каких действий включает моделирование приращений на периоде упреждения?
12. Математические модели процессов эволюционного развития техники
13. Какие переменные называются экзогенными
14. Какие переменные называются эндогенными

15. Какими методами производится прогнозирование входных данных для оптимизации характеристик.
16. От чего зависит выбор вида математической модели
17. Как осуществляется математическое моделирование процессов развития техники
18. По каким этапам выполняется прогнозирование по математической модели
19. От чего зависит выбор математических моделей прогнозирования
20. От каких факторов зависит интенсивность замещения (функция насыщения)
21. Как строится прогнозная математическая модель динамики замещения
22. От чего зависят процессы эволюционного развития техники
23. Экспертные методы прогнозирования.
24. В чём суть морфологического анализа
25. На чём основаны методы экспертных оценок
26. Какие классы методов генерирования идей и поиска новых технических решений Вы знаете
27. Какая идея лежит в основе трансформационного подхода
28. На чём основан метод морфологического анализа
29. Что лежит в основе метода прогнозирования технического облика перспективного образца
30. Что такое поисковое прогнозирование
31. В какой последовательности ведётся формирование оценок применимости
32. В какой последовательности ведётся формирование оценки перспективности
33. В какой последовательности ведётся формирование оценки риска
34. Какие методы экспертного прогнозирования вы знаете
35. Какие сценарии обычно включают в себя прогнозы
36. Какие этапы включают в себя составление сценария
37. Вероятностные модели систем
38. Марковская задача принятия решений.

39. Вероятностная модель на основе ориентированного графа состояний системы.
40. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояния.
41. Предельные переходы системы из состояния в состояние.
42. Роль вероятностных методов прогнозирования в научных исследованиях.

## Библиографический список

### Основная литература

1. Анализ временных рядов и прогнозирование. Учебник [Электронный ресурс] : учеб. / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. Москва : Финансы и статистика, 2012. — 320 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/28349/#314>

2. Вариационное исчисление и методы оптимизации : учебное пособие для вузов / Ю. Я. Болдырев. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 240 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/9ACC282C-3884-4D46-8397-EAF6AF1DD0FF#page/1>

3. Высшая математика: Учебное пособие / В.И. Малыхин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 365 с.

Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=453924#>

4. Информатика и математика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. М. Попов, В. Н. Сотников, Е. И. Нагаева ; под ред. А. М. Попова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 430 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/E432C65F-F164-46BE-A4D6-59A66A83EE9B#page/1>

5. Математическая статистика и случайные процессы : учебное пособие для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Энатская. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 201 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/E7144E93-751A-44FD-A63F-B50F18195681#page/1>

6. Методы прогнозирования и исследования операций. Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Э. Минько, Э.В. Минько. — Электрон. дан. — Москва : Финансы и статистика, 2010. — 480 с.

Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/28357/#474>

7. Прикладная математика: технологии применения : учебное пособие для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, Е. Г. Суздалов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 381 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/28DD113E-1D18-4417-84CF-722E6D1C8EFC#page/1>

8. Теория вероятностей : учебное пособие для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Энатская. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 203 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/C87974C9-381C-401B-ABE4-2FFE0677F233#page/1>

9. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для СПО / О. С. Ивашев-Мусатов. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 224 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/72AD39FC-82AB-4E99-A22F-16173AFDC326#page/1>

10. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. М. Попов, В. Н. Сотников ; под ред. А. М. Попова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 434 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/2E3ECAA2-82E4-4396-87BD-BA51017A368E#page/1>

11. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник и практикум для академического бакалавриата / А.А. Васильев. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 253 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/3F13A609-9D28-44A2-A070-1A025A293A4F#page/1>

2. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для академического бакалавриата / Н. И. Сидняев. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 219 с.

Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/A3CD46FE-1C23-4BB5-8F57-1490E2F3E027#page/1>

### **Дополнительная литература**

1. *Вентцель, Е.С.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения /Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров – М.: Высш. Шк., 2000. – 480 с.

2. *Гмурман, В.Е.* Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие для вузов /В.Е. Гмурман. Изд. – 9-е, стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 404 с.

3. *Гмурман, В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов /В.Е. Гмурман. – 10-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 479 с.

4. *Голик, Е.С.* Теория и методы статистического прогнозирования: учебно-методический комплекс (учебное пособие) /Е.С. Голик, О.В. Афанасьева. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2007. – 183 с.

5. *Мартыщенко, Л.А.* Системное моделирование. Ч. II: учебное пособие /Л.А. Мартыщенко, Е.С. Голик, О.В. Афанасьева. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 102 с.

6. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник /под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высш. шк., 2004. – 613 с.

7. *Афанасьева, О.В.* Вероятностные методы прогнозирования сложных систем: учеб. пособие /О.В. Афанасьева. – СПб.: СЗТУ, 2008. – 197 с.

8. *Ивченко, Б.П.* Информационная микроэкономика, ч. 1. Методы анализа и прогнозирования /Б.П. Ивченко, Л.А. Мартыщенко, И.Б. Иванцов. – СПб.: Изд-во Нормед-Издат, 1997. – 160 с.

9. *Ивченко, Б.П.* Управление в экономических и социальных системах. /Б.П. Ивченко, Л.А. Мартыщенко, В.А. Шамахов. – Изд. 2-е, пер. и доп. – СПб.: Изд-во «Петрополис», 2006. – 240 с.

10. *Демидович, Б.П.* Основы вычислительной математики: учеб. пособие /Б.П. Демидович, И.А. Марон. – Изд. 5-е, стер. – СПб.: Лань, 2006. – 664 с.

11. *Труханов, В.М.* Надежность технических систем типа подвижных установок на этапе проектирования и испытаний опытных образцов /В.М. Труханов. – М.: Машиностроение, 2003. – 320с.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика самостоятельной работы при изучении дисциплины «вероятностные методы прогнозирования сложных систем» .....	3
2. План график выполнения самостоятельной работы .....	3
3. Контрольные точки и виды отчетности по ним.....	3
4. Методические указания для самостоятельной работы .....	3
4.1 Методические указания для самостоятельной работы студентов по первому разделу «Основные понятия вероятностных методов прогнозирования».....	4
4.2 Методические указания для самостоятельной работы студентов по второму разделу «Математические модели процессов эволюционного развития техники» .....	6
4.3 Методические указания для самостоятельной работы студентов по третьему разделу «Экспертные методы прогнозирования. морфологический анализ. прогнозирование технического облика образца изделия» .....	7
4.4 Методические указания для самостоятельной работы студентов по четвертому разделу «Вероятностные модели систем» .....	9
Библиографический список.....	13



# **ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

*Методические указания к самостоятельным работам  
для студентов бакалавриата направления 27.03.03*

Сост. *О.В. Афанасьева, Д.А. Первухин*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
системного анализа и управления

Ответственный за выпуск *О.В. Афанасьева*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 08.06.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1,6. Усл.кр.-отт. 1,6. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 75 экз. Заказ 561.

Санкт-Петербургский горный университет  
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета  
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2