

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ПРАКТИЧЕСКИХ  
ЗАДАНИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
(МОДУЛЮ)**

**Математическое и имитационное моделирование**

**Направление подготовки**  
09.03.03 Прикладная информатика

**Профиль подготовки**  
Прикладная информатика в экономике

**Квалификация выпускника**  
«Бакалавр»

**Разработчик:**  
К.т.т., доцент Сафронова И.В.

## Оглавление

1.	ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	3
1.1	Планируемые результаты обучения по дисциплине.....	3
1.2	Результаты освоения образовательной программы:.....	4
2.	СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ .....	7
3.	ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	8
4.	ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ); .....	12
5.	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ ....	14
6.	ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	15

# **1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

**Целями (целью) изучения дисциплины являются (является).**

## **Цель:**

формирование комплекса теоретических и методологических знаний в области современных подходов к математическому и имитационному моделированию, а также навыков, необходимых для практического использования программных средств моделирования.

## **Задачи:**

- сформировать теоретические знания в области современных подходов к математическому и имитационному моделированию;
- дать представление студентам о прикладных аспектах современной математики с максимальным использованием современной компьютерной техники
- получить практические навыки математического и имитационного моделирования,
- обучение студентов анализу и обобщению экономической информации,
- познакомить студентов с возможностями использования методов математического моделирования при решении конкретных экономических задач и в экономических исследованиях;
- сформировать у студентов способности делать выводы на основе результатов анализа
- освоение студентами необходимого в профессиональной деятельности математического аппарата.
- получить навыки практического использования программных средств моделирования.

## **1.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине.**

Освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующей компетенции:

ОПК-2 - способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования

ОПК-3 - способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ПК-1 – должен способностью проводить обследование организаций, выявлять информационные потребности пользователей, формировать требования к информационной системе.

ПК-2 – должен способностью разрабатывать, внедрять и адаптировать прикладное программное обеспечение.

ПК-6 - способностью собирать детальную информацию для формализации требований пользователей заказчика

## 1.2 Результаты освоения образовательной программы:

В результате изучения дисциплины студент должен:

ОПК-2 - способностью анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования

*В результате освоения компетенции ОПК-2 студент должен:*

*Знать:*

- основные понятия и категории математического моделирования, используемые при расчете экономических и социально-экономических показателей;

*Уметь:*

- решать задачи на основе типовых методик моделирования экономических процессов;

*Владеть:*

- современными методиками расчета.

**уметь**

ОПК-3 - способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

*В результате освоения компетенции ОПК-3 студент должен:*

*Знать:*

- основы математического аппарата, применяемого для решения задач управления и обработки информации;

*Уметь:*

- использовать математические методы в технических приложениях; строить вероятностные модели для конкретных процессов, проводить необходимые расчеты в рамках построенной модели.

*Владеть:*

- методами математического анализа и навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных и решения вероятностных и статистических задач.

ПК-1 – должен способностью проводить обследование организаций, выявлять информационные потребности пользователей, формировать требования к информационной системе

*В результате освоения компетенции ПК-1 студент должен:*

*Знать:*

- методологии, модели и технологии проектирования информационных систем;
- проектирование обеспечивающих подсистем ИС; методы обследования организаций; способы формализованного описания систем;
- методы спецификации требований к информационной системе.

*Уметь:*

- использовать методы обследования организаций для выявления информационных потребностей пользователей;
- выполнять формализованное описание предметной области;
- формировать требования к информационной системе;
- документировать требования к информационной системе.

*Владеть:*

- навыками построения объектно-ориентированных моделей предметной области; навыками документирования требований к информационной системе.

ПК-2 – должен способностью разрабатывать, внедрять и адаптировать прикладное программное обеспечение

*Знать:*

- принципы организации проектирования и содержание этапов процесса разработки программных комплексов;

*Уметь:*

- разрабатывать и отлаживать эффективные алгоритмы и программы с использованием современных технологий программирования;

*Владеть:*

- работы в современной программно-технической среде в различных операционных системах; разработки программных комплексов для решения прикладных задач, оценки сложности алгоритмов и программ, использования современных технологий программирования, тестирования и документирования
- программных комплексов работы с инструментальными средствами моделирования предметной области, прикладных и информационных процессов;

ПК-6 – способностью собирать детальную информацию для формализации требований пользователей заказчика

*Знать:*

- принципы организации проектирования и содержание этапов процесса разработки программных комплексов;;

*Уметь:*

- выбирать методы моделирования систем, структурировать и анализировать цели и функции систем управления, проводить системный анализ прикладной области;

*Владеть:*

- работы в современной программно-технической среде в различных операционных системах; разработки программных комплексов для решения прикладных задач, оценки сложности алгоритмов и программ, использования современных технологий программирования, тестирования и документирования

- программных комплексов работы с инструментальными средствами моделирования предметной области, прикладных и информационных процессов;

В результате изучения дисциплины студент должен:

По завершению курса обучения студент должен:

*знать*

- понятия системы и модели, виды и классы моделей, требования к моделям, методы математического и имитационного моделирования в экономике и управлении

*уметь*

- применять методы математические и имитационные модели для изучения экономических процессов

*владеть*

- навыками применения современного математического инструментария для решения экономических и управленческих задач; методами математического моделирования для оценки состояния и развития экономических явлений и процессов управления.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Современное состояние проблемы моделирования систем. Обзор математических моделей и методов их расчета

Тема 2. Линейные математические модели

Тема 3. Специальные задачи линейного программирования

Тема 4. Нелинейные математические модели

Тема 5. Оптимизационные задачи на графах

Тема 6. Динамическое программирование

Тема 7. Общие понятия имитационного моделирования

Тема 8. Моделирование процессов массового обслуживания в системах

Тема 9. Метод Монте-Карло

Тема 10. Моделирование случайных величин

Тема 11. Моделирование систем массового обслуживания

Тема 12. Имитационное моделирование управление запасами

Тема 13. Имитационное моделирование производственных процессов

Тема 14. Имитационное моделирование торгово-финансовых процессов

Тема 15. Имитационное моделирование организационного управления

### **3. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

***Тема 1. Современное состояние проблемы моделирования систем. Обзор математических моделей и методов их расчета***  
*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 2. Линейные математические модели***  
*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 3. Специальные задачи линейного программирования***  
*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 4. Нелинейные математические модели***  
*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 5. Оптимизационные задачи на графах***  
*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 6. Динамическое программирование***  
*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 7. Общие понятия имитационного моделирования***



*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 8. Моделирование процессов массового обслуживания в системах***

*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 9. Метод Монте-Карло***

*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 10. Моделирование случайных величин***

*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 11. Моделирование систем массового обслуживания***

*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 12. Имитационное моделирование управление запасами***

*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

***Тема 13. Имитационное моделирование производственных процессов***

*Список литературы по теме приведен в таблице 4.1*

*Задания для самостоятельной работы:*

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

**Тема 14. Имитационное моделирование торгово-финансовых процессов**  
Список литературы по теме приведен в таблице 4.1

Задания для самостоятельной работы:

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

**Тема 15. Имитационное моделирование организационного управления**  
Список литературы по теме приведен в таблице 4.1

Задания для самостоятельной работы:

\\SERVER3\TeachDoc\Safronova\Математическое и имитационное моделирование

Перед выполнением курсовой работы студенты должны на его базе проделать дополнительную самостоятельную работу в соответствии с заданиями. Задания предназначены для развития навыков использования конкретных приёмов программирования в GPSS World. Каждый студент должен выполнить по 11 заданий с последовательным усложнением задачи и программной модели:

**Задание 1.** Моделирование одноканального устройства без очереди.

**Задание 2.** Моделирование одноканального и многоканального устройств без очереди.

**Задание 3.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью.

**Задание 4.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью и продвижением времени.

**Задание 5.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью, продвижением времени и изменением траектории движения транзактов.

**Задание 6.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью, продвижением времени, изменением траектории движения транзактов, с включением и выключением обоих обслуживающих устройств.

**Задание 7.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью, продвижением времени, изменением траектории движения транзактов, с включением и выключением обоих обслуживающих устройств, принудительным освобождением обслуживающего устройства.

**Задание 8.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью, продвижением времени, изменением траектории движения транзактов, с включением и выключением обоих обслуживающих устройств, принудительным освобождением обслуживающего устройства, заданием параметров транзактов.

**Задание 9.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью, продвижением времени, изменением траектории движения транзактов, с включением и выключением обоих обслуживающих устройств,

принудительным освобождением обслуживающего устройства, с заданием параметров транзактов и работой в цикле.

**Задание 10.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью, продвижением времени, изменением траектории движения транзактов, с включением и выключением обоих обслуживающих устройств, принудительным освобождением обслуживающего устройства, с заданием параметров транзактов и работой в цикле, с записью результатов в таблицу;

**Задание 11.** Моделирование одноканального и многоканального устройств с очередью, продвижением времени, изменением траектории движения транзактов, с включением и выключением обоих обслуживающих устройств, принудительным освобождением обслуживающего устройства, с заданием параметров транзактов и работой в цикле, с записью результатов в таблицу и выводом в файл.

#### 4. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ);

##### Основная литература:

	Авторы, составител и	Наименование	Издательство , год	Год	Наличие в ЭБС*
Л 1.1	Емельянов А. А., Дума Р. В., Власова Е. А..	Имитационное моделирование экономических процессов: учебное пособие	М.: Финансы и статистика, 41 7с	2009	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=59697">biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=59697</a>
Л 1.2	Красс М. С., Чупрынов Б. П..	Математика в экономике. Основы математики: учебник	М.: Финансы. и статистика, . 542с	2007	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=220036">biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=220036</a>
Л 1.3	Е. Кудрявцев	GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем.	М.: ДМК Пресс, – 320 с.	2004	
Л 1.7	И.В. Сафронова	Математическое и имитационное моделирование: Учебно- методические материалы по выполнению контрольной работы. УрСЭИ(филиал).	ОУП ВПО «АТиСО». – Челябинск, 2014. – 60 с	2014	
Л 1.8	И.В. Сафронова	Математическое и имитационное моделирование: методические указания по выполнению курсовой работы.	УрСЭИ АТиСО. – Челябинск, – 44 с.	2015.	
<b>Дополнительная литература</b>					
Л 2.1	Е. Кудрявцев	GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем.	М.: ДМ К Пресс, – 320 с.	2 004	
Л 2.2	А. Лоу, В. Кельтон	Имитационное моделирование [Simulation Modeling and	СПб.: Издательство: Питер, 2004. –	2004	

.	Analysis].	848 c		
---	------------	-------	--	--

**5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ  
ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ  
СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

№ п/п	Название программы/Системы	Описание программы/Системы
1.	MS Windows XP и выше	Операционная система
2.	MS Office 2007	Пакет программ
3.	КонсультантПлюс	Справочно-правовая система
4.	Гарант	Справочно-правовая система
5.	GPSS World	Общечелевая система имитационного моделирования.
6.	<a href="http://www.spss.com">http://www.spss.com</a> <a href="http://www.spss.ru">http://www.spss.ru</a> -	Сайт компании SPSS (SPSS)
7.	<a href="http://www.intuit.ru">www.intuit.ru</a>	Интернет-университет информационных технологий (ИНТУИТ)

## **6. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Этап формирования компетенций в процессе изучения дисциплины характеризуется следующими типовыми контрольными заданиями

Типовые контрольные вопросы для подготовки к экзамену (зачету) при проведении промежуточной аттестации по дисциплине

Примерные вопросы к экзамену

1. Основные понятия моделирования
2. Классификация видов моделирования.
3. Этапы проведения процесса моделирования.
4. Математические предпосылки создания имитационной модели: процессы массового обслуживания в экономических системах; метод Монте-Карло.
5. Потoki, задержки, обслуживание. Границы возможностей классических математических методов в экономике.
6. Имитационная модель как источник ответа на вопрос: «что будет, если...».
7. Типовые системы имитационного моделирования.
8. Планирование компьютерного эксперимента; масштаб времени; датчики случайных величин; проверки гипотез о категориях типа событие $\leftrightarrow$ явление $\leftrightarrow$ поведение; риски и прогнозы.
9. Структурный анализ процессов на объекте экономики. Функциональная модель и ее диаграммы. Уровни детализации функциональной модели фирмы.
10. Процесс создания двух взаимосвязанных моделей: функциональной структурной и динамической имитационной.
11. Имитация работы объекта экономики в трех измерениях: материальные, денежные и информационные потоки.
12. Имитация основных процессов: генераторы, очереди, узлы обслуживания, терминаторы и др.
13. Разомкнутые и замкнутые схемы моделей. Работа с объектами типа «ресурс». Стратегии управления ресурсами.
14. Имитационные решения задач минимизации затрат.
15. Основные объекты модели фирмы с учетом ее взаимодействий: с рынком, с банками, с бюджетом, с поставщиками, с наемным трудом.
16. Имитация процессов финансирования и денежных потоков.
17. Особенности разработки систем и использования моделей
18. Принципы системного подхода в моделировании систем
19. Общая характеристика проблемы моделирования систем
20. Классификация видов моделирования систем
21. Математическое моделирование
22. Обеспечение и эффективность машинного моделирования
23. Основные подходы к построению моделей систем
24. Дискретно-детерминированные модели (F-схемы)

25. Дискретно-стохастические модели (Р-схемы)
26. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы)
27. Сетевые модели (N-схемы)
28. Комбинированные модели (А-схемы)
29. Методика разработки и машинной реализации моделей систем
30. Построение концептуальной модели системы и ее формализация
31. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация
32. Получение и интерпретация результатов моделирования систем
33. Общая характеристика метода статистического моделирования
34. Виды машинной генерации случайных последовательностей
35. Процедуры генерации последовательностей случайных чисел

### Примерные задания к экзамену

1. Сформулируйте классическую задачу управления запасами.
2. Какова стратегия оптимального пополнения запасов в классической задаче управления запасами?
3. Обоснуйте целевую функцию классической задачи управления запасами.
4. Опишите модель регулирования товарных запасов в системах с фиксированным размером заказа.
5. Какова оптимальная стратегия регулирования товарных запасов в системах с фиксированным размером заказа?
6. Опишите модель регулирования товарных запасов в системах с фиксированной периодичностью заказа.
7. Какова оптимальная стратегия регулирования товарных запасов в системах с фиксированной периодичностью заказа?
8. Опишите модель регулирования товарных запасов в системах с фиксированными периодичностью и размером заказа.
9. Как оптимизировать размер заказа для создания товарных запасов в зависимости от дополнительных требований к периодичности и размеру заказа?
10. Как математически представить процесс формирования запаса при моделировании двухэтапного процесса принятия решений?
11. Как математически представить процесс формирования финансового резерва при моделировании двухэтапного процесса принятия решений?
12. Что понимают под системой массового обслуживания?
13. Решению каких прикладных экономических проблем служит теория очередей?
14. Что понимают под пропускной способностью системы массового обслуживания? В каких единицах она измеряется?
15. Что такое транзакт? Приведите три примера транзактов.
16. Что понимается под узлом в системе массового обслуживания? Приведите три примера узлов.
17. Что понимается под интенсивностью потока заявок? В каких единицах она измеряется?



18. Что такое запас мощности системы массового обслуживания? Как его определить?
19. Как рассчитать среднюю длину очереди к узлу системы массового обслуживания при заданных интенсивности потока заявок и пропускной способности системы массового обслуживания в предположении, что поток заявок простейший, а время обслуживания фиксировано?
20. Как рассчитать среднее время ожидания в очереди при заданных интенсивности потока заявок и пропускной способности системы массового обслуживания в предположении, что поток заявок простейший, а время обслуживания фиксировано?
21. Сформулируйте необходимое условие работоспособности системы массового обслуживания при простейшем потоке заявок.
22. Сформулируйте необходимое условие работоспособности системы массового обслуживания при случайном потоке заявок, распределённом по закону редких событий.
23. Каковы известные вам применения теории массового обслуживания к моделированию продуктовых цепей?
24. Охарактеризуйте возможности применения теории массового обслуживания для обоснования инвестиционных решений в сфере управления товарными потоками.
25. Какой математический аппарат применяется для обоснования решений о количестве терминалов при проектировании морского порта? Какие вычисления при этом выполняются?