

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 2

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)

В.А. Галанина

(инициалы, фамилия)

(подпись)

« 09 » 02 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	09.03.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладная информатика
Наименование направленности	Прикладная информатика и программирование
Форма обучения	очная
Год приема	2026

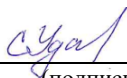
Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц,к.э.н.,доц

(должность, уч. степень, звание)



06.02.26

(подпись, дата)

С.В.Удахина

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 2

«06» февраля 2026 г, протокол № 7/25-26

Заведующий кафедрой № 2

д.ф.-м.н.,проф.

(уч. степень, звание)



06.02.26

(подпись, дата)

В.Г. Фарафонов

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц.,к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



06.02.2026

(подпись, дата)

Н.Ю. Ефремов

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 09.03.03 «Прикладная информатика» направленности «Прикладная информатика и программирование». Дисциплина реализуется кафедрой «№2».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-2 «Способен выявлять и анализировать требования к прикладному программному обеспечению, выбирать проектные решения на этапе концептуального проектирования»

ПК-7 «Способен разрабатывать базы данных»

ПК-9 «Способен руководить разработкой программного кода»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных разработкой модели СМО с использованием инструментов Anylogic.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

является получение умений и навыков использования инструментов имитационного моделирования для построения системы массового обслуживания.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен выявлять и анализировать требования к прикладному программному обеспечению, выбирать проектные решения на этапе концептуального проектирования	ПК-2.У.2 уметь моделировать текущую ситуацию
Профессиональные компетенции	ПК-7 Способен разрабатывать базы данных	ПК-7.В.1 владеть современными объектно-ориентированными языками программирования
Профессиональные компетенции	ПК-9 Способен руководить разработкой программного кода	ПК-9.В.1 владеть методами принятия управленческих решений

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Информационные системы и технологии»,
- «Базы данных»,
- «Информационный маркетинг»,
- «Теория систем и системный анализ»,

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- «ГИА»

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудовоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
Общая трудовоемкость дисциплины, 3Э/ (час)	2/ 72	2/ 72
Из них часов практической подготовки	34	34
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)		
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	27	27
Самостоятельная работа, всего (час)	11	11
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.	Экз.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.
Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Тема 1. Моделирование простой системы массового обслуживания			8		3
Тема 2. Моделирование многоканальной системы массового обслуживания с отказами			8		3
Тема 3. Оптимизация работы СМО с приоритетами			8		3
Тема 4. Моделирование СМО с изменяемой интенсивностью входного потока			2		2
Итого в семестре:			34		11
Итого	0	0	34	0	11

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.
Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
	Учебным планом не предусмотрено

4.3. Практические (семинарские) занятия
Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1.	Моделирование простой системы массового обслуживания	8	8	1
2.	Моделирование многоканальной системы массового обслуживания с отказами	8	8	2
3.	Оптимизация работы СМО с приоритетами	8	8	3
4.	Моделирование СМО с изменяемой интенсивностью входного потока	8	8	4
5.	Анализ и оптимизация СМО с использованием экспериментов в AnyLogic	2	2	5
Всего		34	34	

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)		
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	5	5
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		

Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	6	6
Всего:	11	11

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
<i>URL адрес</i>	<i>Наименование электронного учебного издания</i>	
https://urait.ru/bcode/562671 <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Боев, В. Д. Моделирование в среде AnyLogic : учебник для вузов / В. Д. Боев. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 298 с.	
https://urait.ru/bcode/560182 <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 426 с.	
https://urait.ru/bcode/569279 <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Бессмертный, И. А. Искусственный интеллект. Введение в многоагентные системы : учебник для вузов / И. А. Бессмертный. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 148 с.	
https://urait.ru/bcode/563434 <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Боев, В. Д. Имитационное моделирование систем : учебник для вузов / В. Д. Боев. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 253 с.	
https://urait.ru/bcode/569133 <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Управление цепями поставок в цифровой экономике : учебник для вузов / под общей редакцией В. И. Сергеева. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 1005 с.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://pro.guap.ru/	Элементы электронного курса по дисциплине размещены <u>внутри ЭИОС ГУАП «Интегрированная среда обучения»</u>

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1.	Электронная информационно-образовательная среда ГУАП «Интегрированная среда обучения» (https://pro.guap.ru/) разработана сотрудниками ГУАП (введена в эксплуатацию приказом ГУАП от 06.06.2017 № 05-215/17), перечень модулей и их функциональное назначение изложены по ссылке https://guap.ru/it/system/iso
2.	Официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет» (https://guap.ru/), разработан сотрудниками ГУАП (введен в эксплуатацию Приказом ГУАП от 23.03.2023 № 05-145/23)
3.	LibreOffice 5 (Лицензия LGPLv3)
4.	Microsoft Office 2019 (договор ГУАП, информация о лицензии представлена по ссылке https://guap.ru/it/system/iso/po)
5.	Any Logic (https://swish.swi-prolog.org/-свободный доступ)

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
1	<i>Электронный каталог библиотеки ГУАП с доступом к базе полнотекстовых изданий (https://lib.guap.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП</i>
2	<i>Научная электронная библиотека «eLIBRARY» (https://elibrary.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП</i>
3	<i>ЭБС «Лань» (https://e.lanbook.com/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП</i>
4	<i>ЭБС Консорциума аэрокосмических вузов России (http://elsau.ru/suai), доступ по IP-адресам ГУАП</i>
5	<i>ЭБС Znanium (https://znanium.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП</i>
6	<i>образовательная платформа «Юрайт» (https://urait.ru/), доступ через личный кабинет читателя библиотеки ГУАП, а также по IP -адресам ГУАП</i>
7	<i>Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» (https://cyberleninka.ru/), свободный доступ</i>
	<i>Информационные и справочно-правовые системы</i>

1	"Консультант Плюс" (www.consultant.ru) сетевая версия для образовательных организаций, доступ по IP -адресам ГУАП
	Современные профессиональные базы данных
1	Федеральный портал «Российское образование» (https://ro-edu.ru/), свободный доступ
2	Реферативная база данных рецензируемой научной литературы Scopus (https://www.scopus.com/), доступ по IP -адресам ГУАП

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Для проведения занятий лекционного типа, для проведения занятий семинарского типа, для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы. Специализированная мебель; лабораторное оборудование: ПЭВМ - 23 шт., объединенных в локальную вычислительную сеть с выходом в вычислительную сеть ГУАП и Интернет; проектор подвесной EPSON EMP-X5e; экран ScreenMedia GoldView 183*244 MW настенный. Microsoft Windows 10 договор №1303-3 от 30.12.2019 Microsoft Office 2016 договор №278 от 18.06.2020 MathWorks MATLAB договор № 1303-3 от 30.12.2019	г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, лит. А ауд.22-10
2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся - Читальный зал библиотеки ГУАП: специализированная мебель; персональные компьютеры – 10 шт., обеспечен доступ в электронную информационно-образовательную среду ГУАП по локальной вычислительной сети и точке доступа WiFi, а также к электронно-библиотечным системам, реферативной базе данных Scopus; копировальный аппарат Kyocera KM2035.	ул. Гастелло, 15

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила

использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1.	Определите общие черты присущие моделям систем массового обслуживания	ПК-2.У.2
2.	Построить модель одноканальной системы массового обслуживания в AnyLogic с пуассоновским входным потоком и экспоненциальным временем обслуживания. Какие параметры необходимо задать для корректной работы модели?	ПК-2.У.2
3.	Оценить влияние увеличения числа обслуживающих каналов на среднее время ожидания в многоканальной СМО. Какие управленческие решения можно принять на основе полученных данных?	ПК-2.У.2

4.	Исследовать работу системы массового обслуживания с приоритетами. Как изменится среднее время ожидания для заявок с высоким и низким приоритетом при увеличении интенсивности входного потока?	ПК-2.У.2
5.	Рассчитать вероятность отказа в многоканальной СМО с ограниченной очередью. Как можно уменьшить вероятность отказа, не увеличивая число каналов?	ПК-2.У.2
6.	Провести эксперимент для анализа загруженности системы массового обслуживания в пиковые и непиковые часы. Какие меры можно предложить для сглаживания нагрузки?	ПК-2.У.2
7.	Разработать модель сети СМО, имитирующую работу логистического склада. Какие этапы обслуживания являются узкими местами, и как их можно оптимизировать?	ПК-2.У.2
8.	Интерпретировать результаты моделирования СМО с изменяемой интенсивностью входного потока. Как можно использовать эти данные для планирования работы персонала?	ПК-2.У.2
9.	Модифицировать модель СМО, добавив возможность динамического изменения числа обслуживающих каналов в зависимости от длины очереди. Как это повлияет на эффективность системы?	ПК-2.У.2
Задачи		
10.	Разработайте концептуальную и логическую схему реляционной базы данных для хранения результатов имитационного моделирования многоканальной СМО с приоритетами в AnyLogic. Опишите основные таблицы, их атрибуты, первичные и внешние ключи. Объясните, как предложенная структура нормализации (до 3НФ) обеспечит целостность данных и эффективный анализ зависимости метрик производительности от параметров эксперимента.	ПК-7.В.1
11.	При интеграции модели AnyLogic с внешней СУБД (например, PostgreSQL или SQLite) необходимо организовать сохранение параметров каждого прогона эксперимента. Опишите, как с применением объектно-ориентированного программирования (использование Java-классов, паттерны DAO/Repository, Connection Pool) реализовать механизм подключения к БД, транзакционной записи и безопасного закрытия соединений. Какие архитектурные преимущества даёт такой подход по сравнению с прямыми вызовами JDBC в коде модели?	ПК-7.В.1
12.	База данных содержит результаты 1000 прогонов модели СМО с изменяемой интенсивностью входного потока. Сформулируйте логику SQL-запроса для вычисления средней загруженности каналов, вероятности отказа и 95-го перцентиля времени ожидания в очереди по каждому сценарию. Объясните, как с помощью индексов, представлений (Views) и агрегатных функций оптимизировать выполнение запроса при работе с большими объёмами временных рядов симуляции.	ПК-7.В.1
13.	Call-центр банка работает с 8:00 до 20:00. Интенсивность входящего потока задаётся таблично (утренний пик 200 заявок/час, обеденный спад 60, вечерний пик 150). Время обработки заявки — треугольное распределение (мин=60, мод=120, макс=300 секунд). Число операторов динамическое — от 5 до 12.	ПК-9.В.1

	Вы должны спрогнозировать необходимую численность операторов на каждый час, используя данные предыдущих прогонов.	
14.	Обоснуйте зависимость между интенсивностью входного потока и временем ожидания в СМО. Как можно использовать эту зависимость для оптимизации работы системы?	ПК-9.В.1
15.	Спрогнозируйте поведение системы массового обслуживания при изменении интенсивности входного потока на 30%. Какие меры можно предпринять для предотвращения перегрузки системы? Обоснуйте свой ответ.	ПК-9.В.1
16.	Постройте модель одноканальной СМО (М/М/1) с пуассоновским входным потоком и экспоненциальным временем обслуживания. Настройте сбор статистики по средней длине очереди.	ПК-2.У.2
17.	Смоделируйте многоканальную СМО с ограниченной длиной очереди и вероятностью отказа. Определите, как изменение числа каналов влияет на процент потерянных заявок.	ПК-2.У.2
18.	Разработайте модель СМО с двумя типами приоритетов (абсолютный и относительный). Проанализируйте, как изменение интенсивности потока высокоприоритетных заявок влияет на время ожидания низкоприоритетных.	ПК-2.У.2
19.	Создайте модель сети массового обслуживания (тандемная очередь из 3-х этапов). Выявите «узкое место» (bottleneck) системы с помощью встроенных средств визуализации AnyLogic.	ПК-2.У.2
20.	Смоделируйте СМО с нестационарным (изменяющимся во времени) входным потоком, имитирующим суточные пики нагрузки (например, call-центр).	ПК-2.У.2
21.	Реализуйте в модели механизмы «нетерпения» заявок: вероятность отказа от входа в очередь (balking) и вероятность ухода из очереди до начала обслуживания (reneging).	ПК-2.У.2
22.	Постройте агентную модель, где поведение заявок (агентов) описывается с помощью диаграмм состояний (Statechart), влияющих на выбор маршрута в СМО.	ПК-2.У.2
23.	Проведите верификацию и валидацию модели: сравните результаты имитационного эксперимента с теоретическими расчетами по формулам Эрланга для заданных параметров.	ПК-2.У.2
24.	Настройте в AnyLogic эксперимент типа «Variation» (Вариация) для исследования зависимости среднего времени ожидания от интенсивности входного потока в заданном диапазоне.	ПК-2.У.2
25.	Смоделируйте систему с «холодным» и «горячим» резервированием каналов обслуживания. Оцените влияние времени переключения резерва на общую производительность системы.	ПК-2.У.2
26.	Реализуйте модель СМО, где время обслуживания зависит от атрибута самой заявки (например, возраста или категории клиента), используя условную логику в блоках модели.	ПК-2.У.2
27.	Разработайте концептуальную и логическую схему имитационной модели логистического склада, определив основные сущности, процессы и потоки данных перед реализацией в AnyLogic.	ПК-2.У.2
28.	Напишите пользовательский Java-класс (например, 'Client'), расширяющий стандартный 'Agent', с собственными полями и методами, и используйте его для генерации заявок в модели.	ПК-7.В.1

29.	Реализуйте на Java собственный компаратор (`Comparator`) для сортировки агентов в блоке `Wait` по нестандартному критерию (например, по убыванию суммы чека).	ПК-7.В.1
30.	Напишите Java-функцию в AnyLogic, которая динамически рассчитывает время обслуживания заявки на основе ее атрибутов, используя тернарный оператор и встроенные распределения.	ПК-7.В.1
31.	Настройте подключение модели AnyLogic к внешней реляционной базе данных (SQLite или PostgreSQL) через JDBC для считывания начальных параметров эксперимента.	ПК-7.В.1
32.	Разработайте на Java механизм логирования: после каждого прогона модели сохраняйте ключевые метрики (среднее время ожидания, длина очереди) в таблицу БД.	ПК-7.В.1
33.	Реализуйте паттерн DAO (Data Access Object) в коде модели AnyLogic для отделения логики имитационного моделирования от кода взаимодействия с базой данных.	ПК-7.В.1
34.	Напишите Java-скрипт для парсинга внешнего CSV- или JSON-файла при запуске модели, чтобы динамически создать пул агентов с заданными характеристиками.	ПК-7.В.1
35.	Создайте пользовательскую коллекцию (например, `HashMap` или `ArrayList`) внутри агента для хранения истории его перемещений по блокам модели и напишите метод для анализа этой истории.	ПК-7.В.1
36.	Реализуйте обработку исключений (`try-catch`) в Java-коде AnyLogic при попытке чтения несуществующего файла или разрыве соединения с базой данных.	ПК-7.В.1
37.	Напишите Java-код для программного управления экспериментом: автоматический запуск серии прогонов с изменением одного параметра и сохранение результатов в массив.	ПК-7.В.1
38.	Разработайте на Java пользовательский блок (Custom Block) для AnyLogic, реализующий нестандартную дисциплину обслуживания (например, «Наиболее короткая задача сначала» - SJF).	ПК-7.В.1
39.	Используя Java-библиотеки (например, встроенные в AnyLogic средства экспорта), напишите скрипт для автоматического формирования отчета о результатах моделирования в формате Excel.	ПК-7.В.1
40.	Рассчитайте оптимальное количество кассиров в супермаркете, минимизируя суммарные затраты (фонд оплаты труда + штрафные издержки за время ожидания клиента).	ПК-9.В.1
41.	На основе результатов моделирования обоснуйте управленческое решение: что выгоднее – инвестировать в более быстрое оборудование (сокращение времени обслуживания) или нанять дополнительного сотрудника.	ПК-9.В.1
42.	Проанализируйте влияние введения выделенной «VIP-очереди» на общую удовлетворенность клиентов. Сформулируйте рекомендацию для руководства по изменению SLA.	ПК-9.В.1
43.	Определите необходимый размер буфера (складского запаса) в производственной СМО, чтобы обеспечить загрузку оборудования на уровне 95% без чрезмерных затрат на хранение.	ПК-9.В.1
44.	Оцените эффективность внедрения системы «обратного звонка» в call-центре по сравнению с традиционным удержанием в очереди, учитывая метрики оттока клиентов.	ПК-9.В.1
45.	Примите управленческое решение о графике работы персонала (2	ПК-9.В.1

	смены по 12 часов vs 3 смены по 8 часов), основываясь на симуляции прохождения пиковых нагрузок.	
46.	Оцените риск потери устойчивости системы (неограниченный рост очереди) при гипотетическом росте входного потока на 25%. Разработайте план действий на случай такого сценария.	ПК-9.В.1
47.	Обоснуйте выбор архитектуры очереди: одна общая очередь на несколько операторов или индивидуальные очереди для каждого оператора, используя сравнительные данные моделирования.	ПК-9.В.1
48.	На основе анализа «узких мест» в смоделированной бизнес-процессе предложите решение об аутсорсинге одного из этапов обслуживания.	ПК-9.В.1
49.	Разработайте систему ключевых показателей эффективности (KPI) и пороговые значения для панели управления (dashboard), при достижении которых менеджер должен вмешаться в работу СМО.	ПК-9.В.1
50.	Обоснуйте экономическую целесообразность внедрения интеллектуальной системы маршрутизации заявок (skill-based routing) на основе сравнения моделей «до» и «после».	ПК-9.В.1
51.	Сформулируйте регламент управления персоналом: при какой длине очереди автоматически открывать дополнительную кассу/канал обслуживания, чтобы время ожидания не превышало заданный норматив.	ПК-9.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

Код индикатора компетенции	Наименование дисциплины (модуля)	Перечень тестовых заданий для КЭЯ
ПК-2.У.2	Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic	Инструкция: прочитайте текст и установите соответствие

		<p>Установите соответствие между типом системы массового обслуживания (СМО) и её характеристикой:</p> <table><tr><th>Тип СМО</th><th>Характеристика</th></tr><tr><td>А.Одноканальная СМО</td><td>1.Система с одним обслуживающим устройством и неограниченной очередью.</td></tr><tr><td>Б.Многоканальная СМО</td><td>2.Система с несколькими обслуживающими устройствами и ограниченной очередью.</td></tr><tr><td>В.СМО с отказами</td><td>3.Система, в которой заявка покидает очередь, если все каналы заняты.</td></tr><tr><td>Г.СМО с приоритетами</td><td>4.Система, в которой заявки обслуживаются в зависимости от их важности.</td></tr></table> <p>Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:</p> <table><tr><td>А</td><td>Б</td><td>В</td><td>Г</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <p>Ключ с правильным ответом (или эталонный ответ): А1, Б2, В3, Г4</p>	Тип СМО	Характеристика	А.Одноканальная СМО	1.Система с одним обслуживающим устройством и неограниченной очередью.	Б.Многоканальная СМО	2.Система с несколькими обслуживающими устройствами и ограниченной очередью.	В.СМО с отказами	3.Система, в которой заявка покидает очередь, если все каналы заняты.	Г.СМО с приоритетами	4.Система, в которой заявки обслуживаются в зависимости от их важности.	А	Б	В	Г				
Тип СМО	Характеристика																			
А.Одноканальная СМО	1.Система с одним обслуживающим устройством и неограниченной очередью.																			
Б.Многоканальная СМО	2.Система с несколькими обслуживающими устройствами и ограниченной очередью.																			
В.СМО с отказами	3.Система, в которой заявка покидает очередь, если все каналы заняты.																			
Г.СМО с приоритетами	4.Система, в которой заявки обслуживаются в зависимости от их важности.																			
А	Б	В	Г																	
Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic	<p>Инструкция: прочитайте текст и установите последовательность</p> <p>Установите правильную последовательность шагов для моделирования текущей ситуации в системе массового обслуживания с использованием AnyLogic:</p> <p>1. Определить параметры системы: интенсивность входного потока (λ), интенсивность обслуживания (μ), количество каналов обслуживания.</p> <p>2. Построить модель системы: создать блоки для генерации заявок, обслуживания и выхода.</p> <p>3. Запустить симуляцию: провести эксперимент для анализа текущей ситуации.</p> <p>4. Собрать и проанализировать данные: оценить время ожидания, длину очереди и загруженность системы.</p> <p>5. Внести изменения в модель: изменить параметры (например, число каналов) и повторить симуляцию для оценки улучшений.</p> <p>Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо</p> <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> <p>Ключ с правильным ответом (или эталонный</p>																			

		<i>ответ): 1, 3, 2, 4</i>
ПК-7.В.1	Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic	<p>Инструкция: прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ</p> <p>Вы разрабатываете имитационную модель многоканальной СМО в AnyLogic и создаёте базу данных для хранения результатов экспериментов. Параметры системы: число каналов (1–10), интенсивность обслуживания (μ), интенсивность входного потока (λ), правила приоритетов.</p> <p>Задание:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Спроектируйте схему БД, обеспечивающую эффективное хранение и анализ результатов. Опишите основные таблицы и их связи. 2. Объясните, как реализовать подключение к БД в AnyLogic с применением принципов объектно-ориентированного программирования. 3. Предложите стратегию запросов к БД для сравнения производительности системы при разных конфигурациях. Обоснуйте выбор <p>Ответ:</p> <p>Ключ с правильным ответом (или эталонный ответ):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Схема включает таблицы: Эксперименты, Процессы моделирования(результаты экспериментов), Метрики, Конфигурации с корректными ключами; •2. Использование JDBC + DAO-паттерн в Java/AnyLogic; 3. Стратегия запросов с параметризацией и агрегацией (GROUP BY, JOIN) для сравнения конфигураций.
	Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic	<p>Инструкция: прочитайте текст и запишите ответ</p> <p>Напишите название языка программирования, знание которого является обязательным и достаточным для разработки дополнительных модулей, пользовательских библиотек и расширения функциональности модели в среде AnyLogic (включая написание кода для агентов, событий, пользовательских Java-классов и интеграции с внешними API).</p> <p>Ответ:</p> <p>Ключ с правильным ответом (или эталонный ответ): Java</p>
ПК-9.В.1	Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic	<p>Инструкция: прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ</p> <p>Вы являетесь менеджером call-центра, который работает как многоканальная система массового обслуживания. Интенсивность входного потока звонков (λ) составляет 30 звонков в час, а интенсивность обслуживания (μ) — 6 звонков в</p>

		<p>час на одного оператора. В call-центре работает 5 операторов. Клиенты жалуются на длительное время ожидания, а анализ показывает, что среднее время ожидания в очереди составляет 15 минут.</p> <p>Задание:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проанализируйте текущую ситуацию. Рассчитайте коэффициент загрузки системы (ρ) и объясните, что он означает в данном контексте. 2. Предложите возможные управленческие решения для снижения времени ожидания. Оцените плюсы и минусы каждого из предложенных решений. 3. Выберите оптимальное решение и обоснуйте свой выбор, учитывая баланс между эффективностью и затратами. <p>Ответ:</p> <p>Ключ с правильным ответом (или эталонный ответ):</p> <p>Критерии (3 балла): • $\rho = 30/(6 \cdot 5) = 1,0 \rightarrow$ система на грани неустойчивости; • Решения: +1 оператор ($\rho=0,83$, +затраты на ЗП), обучение ($\mu \rightarrow 7$, $\rho=0,86$, умеренные затраты), система обратного звонка (снижает λ эффективно); • Оптимально: комбинация обучения + система обратного звонка (баланс затрат/эффективности).</p>
	<p>Моделирование систем массового обслуживания. Пакет AnyLogic</p>	<p>Инструкция: прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ</p> <p>В AnyLogic вы сравнили две стратегии управления числом операторов в колл-центре:</p> <p>Стратегия А: затраты 1200 руб./час, время ожидания 45 сек.</p> <p>Стратегия Б: затраты 1450 руб./час, время ожидания 38 сек.</p> <p>Поясните какая из стратегий является более предпочтительной и почему?</p> <p>Ответ: А</p> <p>Ключ с правильным ответом (или эталонный ответ):</p> <p>Она даёт лишь незначительно худшее время ожидания (+7 сек), но существенно экономит затраты (250 руб./час).</p>

Примечание. Система оценивания тестовых заданий:

1. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное

совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала *не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*).

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе. Студенты получают задание и выполняют его за компьютерами.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе оформляется в соответствии с требованиями в личном кабинете, каждый отчет содержит: титульный лист, задание, описание выполнения задания, выводы о проделанной работе. Отчет должен быть выгружен в текстовом формате в личный кабинет студента.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Требования к оформлению задания находятся на сайте ГУАП и в личном кабинете <https://pro.guap.ru>

Для получения оценки «удовлетворительно» студент выгружает отчет в личный кабинет, оформление отчета соответствует всем требованиям, но сроки выгрузки нарушены и работа не продемонстрирована преподавателю, для получения оценки «хорошо» отчет о выполнении соответствует требованиям, сроки выгрузки соблюдены, но при демонстрации могли быть допущены недочеты, для получения оценки «отлично» отчет должен соответствовать требованиям, выгружен своевременно, результат работы продемонстрирован преподавателю, даны полные ответы на дополнительные вопросы.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы *не предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Основными методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся, являются источники из перечня печатных и электронных учебных изданий, указанных в таблице 8. Кроме этого, обучающийся может пользоваться электронными ресурсами, указанными в таблицах 9 и 11.

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль включает в себя:

- контроль посещаемости;
- письменное выполнение заданий лабораторных работ с защитой отчетов;
- письменный опрос в форме тестирования.

В течение семестра обучающиеся загружают в ЭИОС ГУАП отчетные материалы, в соответствии с установленными НПР требованиями и методами проведения ТКУ, а НПР оценивают загруженные материалы. Оценка, сделанная НПР, зарегистрированным под своим логином и паролем, является оценкой результатов ТКУ.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен может проводиться в устном формате. Для допуска к экзамену 100% лабораторных работ должны быть загружены в ЭИОС и защищены на оценку выше 2 баллов. Оценка за экзамен формируется на 50% из результатов сдачи лабораторных работ, 20% активность, которая включает посещаемость, 30% результатах экзамена.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой