
УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«25» мая 2026 г.
Протокол № 2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Проектирование систем машинного обучения (ML System Design)»**

Направление подготовки: 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Прикладное машинное обучение

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 2 года

Год набора: 2026

**Москва
2026**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения.....	5
3. Тематический план.....	5
4. Содержание дисциплины (модуля).....	7
5. Учебно-методическое обеспечение	8
6. Материально-техническое обеспечение	8
7. Методические и оценочные материалы	10

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Проектирование систем машинного обучения (ML System Design)» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Прикладное машинное обучение, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Проектирование систем машинного обучения (ML System Design)» позволяет создавать интегрированные решения, обеспечивающие высокую производительность и устойчивость моделей в реальных условиях. Кроме того, знание проектирования систем машинного обучения способствует оптимизации ресурсов и ускоряет внедрение инноваций в различных сферах.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки магистратуры по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль Прикладное машинное обучение и входит в обязательную часть Блока 1.

Дисциплина (модуль) изучается на 1 курсе во 2 семестре.

Цель изучения дисциплины (модуля): освоение принципов и методов проектирования эффективных, масштабируемых и надежных систем машинного обучения для решения практических задач.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- изучить подходы к предварительному анализу бизнес-процессов для определения целесообразности применения машинного обучения в проектах компаний;
- освоить последовательность этапов создания и развертывания моделей машинного обучения, от концептуализации до интеграции в производство;
- научиться разрабатывать архитектурные решения для систем машинного обучения, включая компоненты для обработки данных и выполнения предсказаний;
- развить умения в оценке потенциального воздействия машинного обучения на бизнес-показатели и оптимизацию ресурсов;
- практиковать техники обеспечения стабильной работы и адаптации систем машинного обучения в условиях реальной эксплуатации.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- для каких задач применяются методы машинного обучения в компаниях и как проводить предварительный анализ для оценки необходимости их внедрения;
- основные компоненты архитектуры систем машинного обучения;
- этапы жизненного цикла моделей машинного обучения;
- способы оценки эффекта от решений на основе машинного обучения;
- принципы подготовки программного кода и моделей к промышленной эксплуатации;

- методы наблюдения и контроля работы систем машинного обучения в промышленной эксплуатации;
- принципы обеспечения масштабируемости и надежности систем машинного обучения.

уметь:

- формулировать техническую постановку задачи машинного обучения, выбирать показатели качества и базовое решение для сравнения;
- разрабатывать концепцию системы машинного обучения с учетом целей организации и существующих ограничений;
- разрабатывать проект решения на основе машинного обучения, включая функциональные требования и план реализации;
- проектировать архитектуру систем машинного обучения, включая компоненты для обработки данных, обучения моделей и получения прогнозов;
- оценивать экономический эффект от внедрения проекта на основе машинного обучения;
- формулировать требования к инфраструктуре с учетом нагрузки и масштабирования.

владеть:

- навыком проектирования систем машинного обучения, ориентированных на решение прикладных задач организации, с учетом технических ограничений и условий эксплуатации;
- навыком разработки концепций и архитектурных решений для систем машинного обучения в условиях ограниченного времени и неполноты данных;
- навыком оценки практической применимости и жизнеспособности решений на основе машинного обучения.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-3.	Способен самостоятельно создавать прикладные программные средства на основе современных информационных технологий и сетевых ресурсов, в том числе отечественного производства	ОПК-3.1.	Знает основные принципы программирования, архитектуры программного обеспечения и современные языки программирования, а также особенности отечественных информационных технологий и сетевых ресурсов
		ОПК-3.2.	Умеет разрабатывать прикладные программные средства, используя современные инструменты и технологии, а также интегрировать их с сетевыми ресурсами для решения конкретных задач
		ОПК-3.3.	Имеет практический опыт разработки программных средств, используемых при построении математических моделей в естественных науках
ПК-3.	Способен решать задачи профессиональной деятельности, формулировать результат, увидеть следствия полученного результата	ПК-3.1.	Знает основные принципы и методы решения задач профессиональной деятельности, а также способы формулирования и представления результатов, включая анализ последствий и их значимость в контексте проекта
		ПК-3.2.	Умеет применять математические и компьютерные методы для решения конкретных задач, формулировать четкие и обоснованные результаты, а также анализировать их последствия для дальнейших действий и решений

		ПК-3.3.	Имеет практический опыт в решении профессиональных задач, включая участие в проектах, где были получены результаты и проанализированы их следствия, что способствовало принятию обоснованных решений
ПК-6.	Способен разрабатывать программное обеспечение для решения прикладных задач в сфере машинного обучения	ПК-6.1.	Знает основные языки программирования, методы разработки программного обеспечения, а также принципы проектирования и архитектуры программных систем, применяемых в машинном обучении
		ПК-6.2.	Умеет анализировать прикладные задачи, разрабатывать алгоритмы и реализовывать их в виде программного обеспечения, используя современные инструменты и технологии, а также проводить тестирование и отладку созданных решений
		ПК-6.3.	Имеет практический опыт разработки программного обеспечения в рамках реальных проектов, включая участие в командах, где были успешно реализованы решения для конкретных прикладных задач в сфере профессиональной деятельности

3. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы			ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма			
		Аудиторная работа	Контроль	Самостояте льная работа	
		Лекции			
1	Основы проектирования систем машинного обучения	15		78	Домашние задания
2	Практика на реальных кейсах	15		78	Домашние задания
	Зачет с оценкой		4		
Итого:		30	4	156	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		190			
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		5			

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Основы проектирования систем машинного обучения	Введение в проектирование систем машинного обучения. Типы задач машинного обучения в бизнесе Постановка задач, взаимодействие с заказчиками, выбор показателей качества и оценка практической ценности решения Экспериментальная проверка решений: как измерить влияние модели на бизнес-показатели Методология машинного обучения: выбор алгоритмов, базовые решения для сравнения, проверка качества на исторических данных Высокоуровневая архитектура решений на основе машинного обучения Проектирование информационных систем с использованием машинного обучения Наблюдение за работой системы, обеспечение масштабируемости и надежности Рекомендательные системы
2	Практика на реальных кейсах	Поисковые системы Интеллектуальные помощники на основе больших языковых моделей Прогнозирование спроса Персонализированные маркетинговые рассылки и предложения Применение машинного обучения в информационной безопасности Подготовка к собеседованиям по проектированию систем машинного обучения

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Платонов, А. В. Машинное обучение : учебник для вузов / А. В. Платонов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 78 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-22200-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/600893>.

2. Ричардс, М. Фундаментальный подход к программной архитектуре: паттерны, свойства, проверенные методы : практическое руководство / М. Ричардс, Н. Форд. - Санкт-Петербург : Питер, 2023. - 448 с. - (Серия «Для профессионалов»). - ISBN 978-5-4461-1842-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2122895>.

Дополнительная литература:

1. Григорьев, А. Машинное обучение. Портфолио реальных проектов : практическое руководство / А. Григорьев. - Санкт-Петербург : Питер, 2023. - 496 с. - (Серия «Библиотека программиста»). - ISBN 978-5-4461-1978-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2123375>.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;

— специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное

Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CorolliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Проектирование систем машинного обучения (ML System Design)» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Бонусные баллы — это оценки, которые студенты могут получить за выполнение дополнительных заданий.

Формат бонусных баллов позволяет студентам улучшить общую оценку по дисциплине (модулю) и стимулирует углубленное изучение материала.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Проектирование систем машинного обучения (ML System Design)»

Оценивание уровня учебных достижений обучающихся по дисциплине (модулю) осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачета с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в syllabus дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину (модуль). Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической
9	Отлично	
8	Отлично	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Проектирование систем машинного обучения (ML System Design)» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	90%	10	Набор задач по темам недели
Зачет с оценкой	10%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Проектирование систем машинного обучения (ML System Design)»: $\langle 0,9 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,1 \times \text{зачет с оценкой} \rangle$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание 1.

Задание:

На основе предложенного бизнес-кейса (например, снижение оттока, рост конверсии, оптимизация логистики):

1. Описать бизнес-проблему и ограничения.
2. Перевести её в ML-постановку (тип задачи, target, признаки).
3. Определить оффлайн-метрики и бизнес-метрики.
4. Предложить бейзлайн и критерии успеха.
5. Спроектировать A/B-тест (гипотеза, дизайн, длительность, риски).

Домашнее задание 2.

Задание:

Для выбранной ML-задачи спроектировать high-level архитектуру решения:

1. Источники и хранение данных.
2. Обучающий пайплайн и переобучение.
3. Batch и/или real-time инференс.
4. Логирование и мониторинг (data drift, prediction drift, бизнес-метрики).
5. Масштабирование и отказоустойчивость.
6. Потенциальные технические и продуктовые риски.

Домашнее задание 3.

Выбрать один кейс:

- рекомендательные системы
- поиск
- LLM-ассистент
- прогноз спроса
- промо-рассылки
- ML в информационной безопасности

Задание:

1. Сформулировать проблему и целевую метрику.
2. Определить тип ML-задачи.
3. Описать данные и стратегию их сбора.
4. Предложить несколько модельных подходов (бейзлайн + продвинутый вариант).
5. Спроектировать high-level архитектуру.
6. Определить способ оценки качества до и после внедрения.

Домашнее задание 4.

Студент получает новый кейс в формате mock-интервью.

Необходимо:

1. Структурировать обсуждение (уточнение требований, ограничения).
2. Предложить ML-формализацию.
3. Определить метрики.
4. Спроектировать архитектуру.
5. Продумать масштабирование и мониторинг.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Рассчитайте нагрузку на сервис онлайн-инференса, если за 5 минут поступило 18 000 запросов. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	60 QPS / 60 RPS / 60 запросов/с / 60 запросов в секунду	ОПК-3
2.	Рассчитайте минимальное число реплик сервиса инференса, если одна реплика стабильно обрабатывает 250 QPS, а целевая нагрузка 900 QPS. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	4 реплики / 4 replicas / 4 инстанса / 4 instances	ОПК-3
3.	Рассчитайте объём хранения логов на 30 дней, если пишется 2 000 000 событий в день по 600 байт. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	36 GB / 36 ГБ / 36 гигабайт	ОПК-3
4.	Рассчитайте суммарный объём сетевого трафика на раскатку модели, если файл модели 350 МВ и его нужно доставить на 12 узлов. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	4.2 GB трафик / 4,2 GB трафик / 4200 МВ трафик / 4200 МБ трафик	ОПК-3
5.	Рассчитайте доступность сервиса за 30 дней, если суммарный простой составил 22 минуты (округлите до 2 знаков). Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	99.95% availability / 99,95% availability / 99.95% доступность / 99,95% доступность	ОПК-3
6.	Рассчитайте задержку свежести признаков (feature freshness lag), если последнее обновление витрины признаков было в 01:00, а текущее время 03:30. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	2.5 h lag / 2,5 h lag / 2.5 часа lag / 2,5 часа lag / 2.5 часа задержка / 2,5 часа задержка	ОПК-3
7.	Рассчитайте пропускную способность канала для стриминга признаков, если отправляется 1500 сообщений в секунду по 2 КВ каждое. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	3 MB/s throughput / 3 МБ/с throughput / 3 MB/s пропускная_способность / 3 МБ/с пропускная способность	ОПК-3
8.	Рассчитайте абсолютный uplift конверсии в А/В-тесте, если базовая конверсия 4.0%, а в варианте с моделью 4.6% (в процентных пунктах). Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	0.6 pp uplift / 0,6 pp uplift / 0.6 п.п. uplift / 0,6 п.п. uplift	ПК-3
9.	Рассчитайте инкрементальную выручку в А/В-тесте за период, если 20 000 пользователей,	6000 \$ выручка / 6000 USD выручка / 6000	ПК-3

	абсолютный uplift конверсии 0.6 п.п., средний чек 50 \$. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	долларов выручка	
10.	Рассчитайте экономию времени операторов, если интеллектуальный помощник снизил АНТ с 6.0 до 4.5 минут на тикет при 8000 тикетах в месяц. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	200 h экономия / 200 часов экономия / 200 hours savings	ПК-3
11.	Рассчитайте прирост кликов в рассылке, если CTR вырос с 2.0% до 2.3% при 1 000 000 показов. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	3000 кликов / 3000 clicks	ПК-3
12.	Рассчитайте суммарные потери на ошибках модели в ИБ, если FP=900 со стоимостью 2 за FP, FN=15 со стоимостью 120 за FN. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	3600 \$ потери / 3600 USD потери / 3600 долларов потери	ПК-3
13.	Рассчитайте улучшение качества прогноза спроса, если MAPE снизился с 18% до 12% (в процентных пунктах). Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	6 pp MAPE / 6 п.п. MAPE / 6 pp улучшение / 6 п.п. улучшение	ПК-3
14.	Рассчитайте потери выручки в минуту из-за падения трафика, если трафик 1000 QPS, выручка 0.02 \$ за запрос, а из-за роста задержки трафик падает на 3%. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	36 \$ потери/мин / 36 USD потери/мин / 36 долларов потери/мин	ПК-3
15.	Рассчитайте объём памяти для модели, если в ней 120 000 000 параметров float32 (4 байта на параметр). Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	480 MB модель / 480 МБ модель	ПК-6
16.	Рассчитайте время батч-инференса, если нужно обработать 5 000 000 записей со скоростью 25 000 записей/с. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	200 s время / 200 сек время / 200 seconds time	ПК-6
17.	Рассчитайте оставшийся бюджет задержки на инференс модели (p99), если end-to-end бюджет 120 ms, а извлечение признаков занимает 35 ms, препроцессинг 20 ms, сеть 15 ms. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	50 ms budget / 50 мс budget / 50 ms бюджет / 50 мс бюджет	ПК-6
18.	Рассчитайте суммарное время пайплайна обучения, если извлечение данных 18 мин, генерация признаков 25 мин, обучение 40 мин, оценка 12 мин. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	95 min время / 95 мин время / 95 минут время	ПК-6
19.	Рассчитайте error rate сервиса инференса, если за окно мониторинга было 7 ошибок на 500 запросов (округлите до 1 знака). Ответ	1.4% error-rate / 1,4% error-rate / 1.4% ошибки / 1,4% ошибки	ПК-6

	запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.		
20.	Рассчитайте, через сколько недель потребуется ретрейн, если PSI растёт на 0.8 в неделю, а порог ретрейна PSI=2.4. Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	3 недели ретрейн / 3 weeks retrain / 3 недели retraining	ПК-6
21.	Рассчитайте размер тестовой выборки, если всего 50 000 объектов и разбиение 80/10/10 (train/val/test). Ответ запишите в формате: число и одно слово/словосочетание.	5000 test / 5000 тест / 5000 объектов тест	ПК-6