

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Рабочая программа дисциплины (модуля)
**ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ**

Направление и направленность (профиль)
23.03.01 Технология транспортных процессов. Цифровая логистика на транспорте

Год набора на ОПОП
2023

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Промышленная робототехника и роботизированные технологические комплексы» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов (утв. приказом Минобрнауки России от 07.08.2020г. №911) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

Городников О.А.

Гребенюк И.В.

Красько А.А.

Кузнецов П.А.

Утверждена на заседании кафедры транспортных процессов и технологий от
«___» _____ 20__ г. , протокол № _____

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кузнецов П.А.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат	1576663924
Номер транзакции	000000000103F677
Владелец	Кузнецов П.А.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью дисциплины «Промышленная робототехника и роботизированные технологические комплексы» является формирование у обучающихся системы теоретических знаний, практических умений и профессиональных навыков, связанных с анализом технологических операций для выявления участков, подлежащих автоматизации и механизации с применением робототехнических средств, выбором робота и рабочего органа под конкретную задачу, проектированием компоновки роботизированных технологических комплексов, расчётом производительности и базовым экономическим обоснованием роботизации.

Задачи дисциплины:

- рассмотреть структуру технологических операций и методы выявления участков, подлежащих автоматизации и механизации;
- изучить классификацию, конструкцию и технические характеристики промышленных и коллаборативных роботов;
- освоить основы кинематики манипуляторов, понятия рабочей зоны, достижимости и сингулярностей;
- сформировать навыки выбора рабочего органа и средств автоматизации под конкретную задачу;
- изучить структуру типовых роботизированных технологических комплексов;
- освоить основы проектирования компоновки роботизированных ячеек с учётом требований безопасности;

научиться рассчитывать время цикла, теоретическую производительность и выполнять базовое экономическое обоснование роботизации.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
23.03.01 «Технология транспортных процессов» (Б-ТТ)	ПКВ-4 : Способен анализировать технологические и внутрицеховые транспортно- логистические операции дискретного производства, выявлять участки, подлежащие автоматизации и механизации,	ПКВ-4.1к : Анализирует технологические и внутрицеховые транспортно- логистические операции, выполняет их структурирование, выявляет узкие места и участки, подлежащие автоматизации и механизации	РД1	Знание	классификации, конструкции и технических характеристик промышленных и коллаборативных роботов как средств автоматизации; методов анализа технологических операций для выявления участков роботизации; принципов выбора средств автоматизации; требований безопасности; методик расчёта экономической эффективности; отечественного и зарубежного опыта

	выбирать и экономически обосновывать средства автоматизации, разрабатывать алгоритмы управления и цифровые модели решений, готовить техническое задание, сопровождать испытания, наладку и оценку эффективности эксплуатации.		РД2	Умение	анализировать технологические операции и выявлять участки автоматизации; выбирать робот, схват и периферию; рассчитывать кинематические параметры и время цикла; проектировать компоновку; формулировать предложения по автоматизации; выполнять базовое экономическое обоснование
			РД3	Навык	работы со спецификациями оборудования и каталогами; формирования требований к средствам автоматизации; проектирования компоновочных решений; расчёта производительности и ROI; составления чек-листов безопасности

В процессе освоения дисциплины решаются задачи воспитания гармонично развитой, патриотичной и социально ответственной личности на основе традиционных российских духовно-нравственных и культурно-исторических ценностей, представленные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Целевые ориентиры воспитания

Воспитательные задачи	Формирование ценностей	Целевые ориентиры
Формирование гражданской позиции и патриотизма		
Развитие патриотизма и гражданской ответственности	Служение Отечеству и ответственность за его судьбу	Активная жизненная позиция
Формирование духовно-нравственных ценностей		
Формирование ответственного отношения к труду	Взаимопомощь и взаимоуважение	Дисциплинированность
Формирование научного мировоззрения и культуры мышления		
Развитие творческих способностей и умения решать нестандартные задачи	Коллективизм	Системное мышление
Формирование коммуникативных навыков и культуры общения		
Воспитание культуры диалога и уважения к мнению других людей	Достоинство	Доброжелательность и открытость

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 дисциплины учебного плана направления "Технология транспортных процессов и систем".

3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обуче- ния	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудо- емкость	Объем контактной работы (час)						СРС	Форма аттес- тации
				(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеауди- торная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
23.03.01 Технология транспортных процессов	ОФО	Б1.В.1	7	6	97	32	64	0	1	0	119	Э

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код ре-зультата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Анализ технологических операций и введение в промышленную робототехнику	РД1, РД2	2	1	0	8	защита кейс-задачи
2	Кинематика манипуляторов. Рабочая зона и траекторное планирование	РД1, РД2	2	1	0	9	Тестирование, защита кейс-задачи
3	Рабочие органы роботов. Выбор средств автоматизации. Типовые РТК	РД1, РД3	4	2	0	10	Тестирование, защита кейс-задачи
4	Коллаборативная робототехника и безопасность автоматизированных систем	РД1, РД3	4	2	0	10	Тестирование, защита кейс-задачи
5	Проектирование компоновки РТК. Расчёт производительности и экономическое обоснование	РД2, РД3	4	2	0	10	Тестирование, защита кейс-задачи
Итого по таблице			16	8	0	47	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

Тема 1 Анализ технологических операций и введение в промышленную робототехнику.

Содержание темы: Анализ технологических операций с целью выявления участков, подлежащих автоматизации и механизации с применением робототехнических средств. Структура операции: основные и вспомогательные переходы. Выявление трудоёмких и

нерациональных переходов. Критерии принятия решения о роботизации. Формулирование предложений по автоматизации. Классификация промышленных роботов. Конструкция робота. Ключевые технические характеристики. Принципы выбора средств автоматизации.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практика, кейс-задача.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: изучение лекционного материала, выполнение заданий по текущему контролю, подготовка к тестированию, выполнение кейс-задачи.

Тема 2 Кинематика манипуляторов. Рабочая зона и траекторное планирование.

Содержание темы: Степени свободы. Типы сочленений. Прямая и обратная задачи кинематики. Рабочая зона: R_{min} , R_{max} . Сингулярности. Траекторное планирование: MoveJ, MoveL, MoveC. Скорость, ускорение, зоны сглаживания. Проверка достижимости рабочих точек как элемент обоснования решения.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практика, кейс-задача.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: изучение лекционного материала, выполнение заданий по текущему контролю, подготовка к тестированию, выполнение кейс-задачи.

Тема 3 Рабочие органы роботов. Выбор средств автоматизации. Типовые РТК.

Содержание темы: Классификация рабочих органов. Технологические инструменты. Выбор схвата и средства автоматизации: расчёт усилия захвата, коэффициент запаса. ТСР. Типовые РТК. Структура РТК. Поиск и выбор моделей средств автоматизации. Каталоги, справочные системы. Формирование требований. Расчёт времени цикла. ОЕЕ.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практика, кейс-задача.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: изучение лекционного материала, выполнение заданий по текущему контролю, подготовка к тестированию, выполнение кейс-задачи.

Тема 4 Коллаборативная робототехника и безопасность автоматизированных систем.

Содержание темы: Коботы: отличия, режимы работы, применимость. ISO 10218, ISO/TS 15066. Средства безопасности: ограждения, завесы, сканеры, кнопки. Анализ рисков. Требования ОТ, ПБ, ЭБ при работе со средствами автоматизации. Чек-лист безопасности. Сравнительный анализ кобот vs индустриальный робот.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практика, кейс-задача.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: изучение лекционного материала, выполнение заданий по текущему контролю, подготовка к тестированию, выполнение кейс-задачи.

Тема 5 Проектирование компоновки РТК. Расчёт производительности и экономическое обоснование.

Содержание темы: Методика проектирования компоновки. Рабочие позиции, размещение основного и вспомогательного оборудования, проходы, проезды, зоны складирования. Проверка досягаемости. Ограждение. Расчёт площади. Офлайн-программирование (RoboDK - обзор). Расчёт времени цикла: декомпозиция, узкие места. Оптимизация. Предложения по повышению производительности. Экономическое обоснование: ROI, срок окупаемости, сравнение сценариев. Документирование: компоновочный чертёж, спецификация, расчёт, обоснование.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практика, кейс-задача.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: изучение лекционного материала, выполнение заданий по текущему контролю, подготовка к тестированию, выполнение кейс-задачи.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

В ходе изучения данного курса студент слушает лекции по основным темам, посещает практические занятия, занимается индивидуально. Практические занятия предполагают, как индивидуальное, так и групповое выполнение поставленных задач, коллективное обсуждение полученных результатов.

Особое место в овладении данным курсом отводится самостоятельной работе по изучению литературы, электронных изданий, работе с библиотечными и поисковыми системами.

Начиная изучение дисциплины, студенту необходимо:

- ознакомиться с программой, изучить список рекомендуемой литературы;
- внимательно разобраться в структуре курса, в системе распределения учебного материала по видам занятий, формам контроля, чтобы иметь представление о курсе в целом.

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Гуляев, А. В. Основы промышленной автоматизации и робототехники : учебное пособие / А. В. Гуляев, Д. С. Фокин, В. Г. Ефременко. — Хабаровск : ДВГУПС, 2024. — 69 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/506833> (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Шафрай, А. В. Введение в промышленную робототехнику : учебное пособие / А. В. Шафрай, К. Б. Плотников, Н. С. Пасечников. — Кемерово : КемГУ, 2024. — 193 с. — ISBN 978-5-8353-3296-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/495512> (дата обращения: 25.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

1. Соколов, О. А. Основы автоматизации управления на транспорте : учебное пособие / О. А. Соколов, Д. О. Соколов. — Санкт-Петербург : СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, 2022. — 197 с. — ISBN 978-5-907354-24-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/292373> (дата обращения: 05.03.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
2. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>
3. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prilib.ru/>
4. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- Компьютеры
- Проектор
- Экран настенн.рулонн.Projecta

Программное обеспечение:

- □ АСКОН Компас -3D V19 Russian

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ**

Направление и направленность (профиль)
23.03.01 Технология транспортных процессов. Цифровая логистика на транспорте

Год набора на ОПОП
2023

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
23.03.01 «Технология транспортных процессов» (Б-ТТ)	ПКВ-4 : Способен анализировать технологические и внутрицеховые транспортно-логистические операции дискретного производства, выявлять участки, подлежащие автоматизации и механизации, выбирать и экономически обосновывать средства автоматизации, разрабатывать алгоритмы управления и цифровые модели решений, подготавливать техническое задание, сопровождать испытания, наладку и оценку эффективности эксплуатации.	ПКВ-4.1к : Анализирует технологические и внутрицеховые транспортно-логистические операции, выполняет их структурирование, выявляет узкие места и участки, подлежащие автоматизации и механизации

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ПКВ-4 «Способен анализировать технологические и внутрицеховые транспортно-логистические операции дискретного производства, выявлять участки, подлежащие автоматизации и механизации, выбирать и экономически обосновывать средства автоматизации, разрабатывать алгоритмы управления и цифровые модели решений, подготавливать техническое задание, сопровождать испытания, наладку и оценку эффективности эксплуатации.»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код	Тип	Результат	
ПКВ-4.1к : Анализирует технологические и внутрицеховые транспортно-логистические операции, выполняет их структурирование, выявляет узкие места и участки, подлежащие автоматизации и механизации	РД 1	Знание	классификации, конструкции и технических характеристик промышленных роботов как средств автоматизации; методов анализа технологических операций для выявления участков роботизации; принципов выбора средств автоматизации; требований безопасности; методик расчёта экономической эффективности; отечественного и зарубежного опыта	правильность, полнота и логичность изложения теоретического материала; корректность использования терминов и понятий; способность объяснять закономерности и принципы в соответствии с профессиональным стандартом

	РД 2	Умение	анализировать технологические операции и выявлять участки автоматизации; выбирать роботов, схват и периферию; рассчитывать кинематические параметры и время цикла; проектировать компоновку; формулировать предложения по автоматизации; выполнять базовое экономическое обоснование	корректность анализа исходной задачи; обоснованность выбора решений; правильность расчётов; способность применять знания к практическим кейсам и новым ситуациям
	РД 3	Навык	работы со спецификациями оборудования и каталогами; формирования требований к средствам автоматизации; проектирования компоновочных решений; расчёта производительности и ROI; составления чек-листов безопасности	самостоятельность и правильность выполнения практических действий; логичность оформления результатов; способность выполнить практическое задание в соответствии с требованиями дисциплины

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
Очная форма обучения				
РД1	Знание : классификации , конструкции и технических характеристик промышленных и коллаборативных роботов как средств автоматизации; методов анализа технологических операций для выявления участков роботизации; принципов выбора средств автоматизации; требований безопасности; методик расчёта экономической эффективности; отечественного и зарубежного опыта	1.1. Анализ технологических операций и введение в промышленную робототехнику	Кейс-задача	Кейс-задача
		1.2. Кинематика манипуляторов. Рабочая зона и траекторное планирование	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.3. Рабочие органы роботов. Выбор средств автоматизации. Типовые РТК	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест

		1.4. Коллаборативная робототехника и безопасность автоматизированных систем	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
РД2	Умение : анализировать технологические операции и выявлять участки автоматизации; выбирать робот, схват и периферию; рассчитывать кинематические параметры и время цикла; проектировать компоновку; формулировать предложения по автоматизации; выполнять базовое экономическое обоснование	1.1. Анализ технологических операций и введение в промышленную робототехнику	Кейс-задача	Кейс-задача
		1.2. Кинематика манипуляторов. Рабочая зона и траекторное планирование	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.5. Проектирование компоновки РТК. Расчёт производительности и экономическое обоснование	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
РД3	Навык : работы со спецификациями оборудования и каталогами; формирования требований к средствам автоматизации; проектирования компоновочных решений; расчёта производительности и ROI; составления чек-листов безопасности	1.3. Рабочие органы роботов. Выбор средств автоматизации. Типовые РТК	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.4. Коллаборативная робототехника и безопасность автоматизированных систем	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.5. Проектирование компоновки РТК. Расчёт производительности и экономическое обоснование	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест

			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Оценочное средство						
	Устное собеседование	Доклад	Индивидуальное задание №1	Индивидуальное задание №2	Практическое занятие	Зачет	Итого
Лекции	10						10
Практические занятия					40		40
Самостоятельная работа		10					10
Промежуточная аттестация			10	10		20	40
Итого	10	10	10	10	40	20	100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обладает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

5 Примерные оценочные средства

5.1 Итоговый тест

Вопрос 1. Как называется метод изучения затрат рабочего времени, при котором наблюдают за отдельными, повторяющимися при изготовлении каждой единицы продукции, элементами операции? Выберите один правильный ответ.

- А. Фотография рабочего дня.
- Б. Хронометраж.
- В. Моментные наблюдения.
- Г. Фотохронометраж.

Вопрос 2. Какой критерий является определяющим при принятии решения о роботизации технологической операции? Выберите один правильный ответ.

- А. Цвет и дизайн оборудования.
- Б. Трудоёмкость, повторяемость, опасность и объём выпуска.
- В. Удалённость от поставщика оборудования.
- Г. Количество сотрудников в подразделении.

Вопрос 3. Какой тип кинематической структуры имеет робот SCARA? Выберите один правильный ответ.

- А. Антропоморфная.
- Б. Цилиндрическая.
- В. Параллельная (дельта).
- Г. Горизонтально-угловая.

Вопрос 4. Повторяемость позиционирования робота $\pm 0,05$ мм означает: Выберите один правильный ответ.

- А. Абсолютная точность позиционирования составляет 0,05 мм.
- Б. При многократном возврате в одну точку отклонения не превысят $\pm 0,05$ мм.
- В. Погрешность по всей траектории движения составляет 0,05 мм.
- Г. Калибровка выполнена с точностью 0,05 мм.

Вопрос 5. Сколько степеней свободы необходимо для произвольного позиционирования и ориентирования объекта в трёхмерном пространстве? Выберите один правильный ответ.

- А. 3.
- Б. 4.
- В. 5.
- Г. 6.

Вопрос 6. Прямая задача кинематики манипулятора – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Определение углов сочленений по заданному положению рабочего органа.
- Б. Определение положения рабочего органа по заданным углам сочленений.
- В. Расчёт скоростей звеньев манипулятора.
- Г. Определение нагрузок на звенья.

Вопрос 7. При линейной интерполяции (MoveL) робот: Выберите один правильный ответ.

- А. Двигается по кратчайшему пути в пространстве сочленений.
- Б. Перемещает рабочий орган по прямой линии в декартовом пространстве.
- В. Всегда движется с максимальной скоростью.
- Г. Игнорирует ориентацию инструмента.

Вопрос 8. Вакуумный схват наиболее подходит для: Выберите один правильный ответ.

- А. Деталей со сложной геометрией и сквозными отверстиями.
- Б. Плоских деталей с гладкой непористой поверхностью.
- В. Деталей с высокой температурой поверхности.
- Г. Пористых и абразивных материалов.

Вопрос 9. Какую наибольшую грузоподъёмность (в кг) в настоящее время достигли промышленные роботы ведущих производителей (FANUC, KUKA и т.д.)? Выберите один правильный ответ.

- А. 100.
- Б. 500.
- В. 2000.
- Г. 10000.

Вопрос 10. Кобот отличается от промышленного робота прежде всего тем, что: Выберите один правильный ответ.

- А. Имеет большую грузоподъёмность.
- Б. Предназначен для работы рядом с человеком без обязательного жёсткого ограждения.
- В. Не требует программирования.
- Г. Работает только в полностью автоматическом режиме.

Вопрос 11. Стандарт ISO/TS 15066 определяет: Выберите один правильный ответ.

- А. Типы сварных соединений в роботизированных ячейках.
- Б. Допустимые силы и давления при контакте человека с коллаборативным роботом.
- В. Точность позиционирования промышленных роботов.
- Г. Требования к энергоэффективности роботов.

Вопрос 12. Время цикла роботизированного технологического комплекса определяется: Выберите один правильный ответ.

- А. Временем самой быстрой операции.
- Б. Временем самой медленной операции (узким местом).
- В. Суммой времён всех операций.
- Г. Временем работы оператора-наладчика.

Вопрос 13. Волновой редуктор (Harmonic Drive) обеспечивает: Выберите один правильный ответ.

- А. Высокое передаточное отношение при компактных размерах.
- Б. Низкую стоимость по сравнению с планетарными редукторами.
- В. Высокий люфт в соединении.
- Г. Простоту конструкции и обслуживания.

Вопрос 14. Сингулярность манипулятора характеризуется: Выберите один правильный ответ.

- А. Максимальной скоростью движения.
- Б. Потерей одной или нескольких степеней свободы.
- В. Минимальным энергопотреблением.
- Г. Наивысшей точностью позиционирования.

Вопрос 15. При проектировании компоновки РТК расстояние от оси робота до рабочей точки должно быть: Выберите один правильный ответ.

- А. Больше максимального радиуса досягаемости.
- Б. В пределах рабочей зоны ($R_{min} - R_{max}$).
- В. Равно нулю для минимального времени цикла.
- Г. Не имеет значения при любой конфигурации.

Вопрос 16. ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness) рассчитывается как: Выберите один правильный ответ.

- А. Доступность $\times$ Производительность $\times$ Качество.
- Б. Время работы / Время простоя.
- В. Количество роботов $\times$ Время цикла.
- Г. $ROI \times$ Срок окупаемости.

Вопрос 17. Зона сглаживания (Zone/Blend) в программе робота определяет: Выберите один правильный ответ.

- А. Цветовую индикацию на пульте управления.
- Б. Радиус перехода к следующей точке без полной остановки.
- В. Размер рабочей зоны робота.
- Г. Зону безопасности вокруг ячейки.

Вопрос 18. Верно ли утверждение: «Роботизация всегда экономически оправдана независимо от объёма производства»?

- А. Верно.
- Б. Неверно.

Вопрос 19. Верно ли утверждение: «Кобот всегда безопасен и не требует проведения оценки рисков»?

- А. Верно.
- Б. Неверно.

Вопрос 20. Какие принципы положены в систему рациональной организации рабочих мест 5S? Выберите все правильные ответы.

- А. Расположение инструментов и заготовок в строгом порядке на рабочем месте.
- Б. Уменьшение массы инструментов, применяемых рабочим.
- В. Регулярная уборка и содержание рабочего места в чистоте.
- Г. Уменьшение номенклатуры инструментов, расположенных на рабочем месте.
- Д. Увеличение скорости движений, выполняемых рабочим.

Вопрос 21. Установите соответствие между типом робота и типичным применением.

Робот	Применение
1. 6-осевой антропоморфный	А. Сортировка мелких деталей на высокой скорости
2. Дельта	Б. Точечная сварка кузова автомобиля
3. SCARA	В. Сборка электронных компонентов
4. Паллетайзер	Г. Укладка коробок на паллету

Вопрос 22. Расставьте этапы анализа технологической операции для выявления участков автоматизации в правильной последовательности.

- А. Формулирование предложений по автоматизации и механизации.
- Б. Структурная детализация операции на основные и вспомогательные переходы.

- В. Оценка критериев роботизации (трудоемкость, повторяемость, опасность).
Г. Выявление трудоемких и нерациональных переходов.

Вопрос 23. Для безопасного захвата детали коэффициент запаса усилия схвата должен быть не менее: Выберите один правильный ответ.

- А. 1,0.
Б. 1,5–2,0.
В. 0,5.
Г. 5,0.

Вопрос 24. Какой тип привода наиболее распространён в современных промышленных роботах? Выберите один правильный ответ.

- А. Пневматический.
Б. Гидравлический.
В. Электрический (сервопривод).
Г. Шаговый двигатель.

Вопрос 25. Офлайн-программирование робота выполняется: Выберите один правильный ответ.

- А. Непосредственно на пульте обучения робота.
Б. В программном симуляторе без подключения к реальному роботу.
В. Только в ручном режиме с ведением оператором.
Г. Без использования компьютера.

Вопрос 26. TCP (Tool Center Point) в модели робота – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Сетевой адрес контроллера робота.
Б. Точка инструмента, относительно которой задаются движения манипулятора.
В. Координата базы робота.
Г. Максимальная скорость движения манипулятора.

Вопрос 27. Какую составляющую штучно-калькуляционного времени позволяет сократить механизированный токарный патрон? Выберите один правильный ответ.

- А. Основное время.
Б. Подготовительно-заключительное время.
В. Вспомогательное время, связанное с установкой и снятием заготовки.
Г. Время на техническое обслуживание рабочего места.

Вопрос 28. Для плоского 2-звенного манипулятора с длинами звеньев $L_1 = 500$ мм и $L_2 = 300$ мм максимальный радиус досягаемости $R_{\max}$ равен: Запишите ответ в мм.

Вопрос 29. Для плоского 2-звенного манипулятора с длинами звеньев $L_1 = 500$ мм и $L_2 = 300$ мм минимальный радиус досягаемости $R_{\min}$ равен: Запишите ответ в мм.

Вопрос 30. Перечислите не менее 5 элементов, которые должен содержать компоновочный чертёж роботизированной ячейки (вид сверху). Запишите ответ в свободной форме.

Краткие методические указания

Шкала оценки

5.2 Задания для решения кейс-задачи

Практическое задание 1

«Анализ технологической операции и выявление переходов, подлежащих автоматизации и механизации»

Трудовая функция: А/01.5

Условия задания:

На участке механической обработки выполняется токарная операция по обработке вала. Структура временных затрат при обработке партии из 200 деталей приведена в таблице.

№	Содержание работ	Время, мин
1	Получить наряд, технологическую документацию, режущий и вспомогательный инструмент, контрольно-измерительный инструмент, приспособление, заготовки и сдать их после окончания обработки партии	5
2	Ознакомиться с технологической и конструкторской документацией, осмотреть заготовки	3
3	Получить инструктаж мастера	2
4	Установить и снять кулачки патрона	4
5	Настроить нулевое положение инструментов (для всех инструментов)	10
6	Ввести программу в память системы ЧПУ	1
7	Произвести пробную обработку детали	2
8	Время цикла автоматической работы станка по программе (на одну деталь)	0,8
9	Установить заготовку вручную в трёхкулачковый самоцентрирующий патрон, закрепить, раскрепить и снять деталь (на одну деталь). Масса заготовки 3 кг	0,35

Задание:

1. Определите подготовительно-заключительное время ($T_{пз}$). Укажите, какие строки таблицы в него входят.
2. Определите вспомогательное время (T_v) на одну деталь. Укажите формулу и все входящие.
3. Определите оперативное время ($T_{оп}$) на одну деталь. Укажите формулу.
4. Определите штучное время ($T_{шт}$), если коэффициент потерь на организационное и техническое обслуживание, отдых и личные надобности $\alpha = 0,08$ (8%). Укажите формулу.
5. Определите штучно-калькуляционное время ($T_{шк}$). Укажите формулу.
6. Выявите в структуре штучно-калькуляционного времени наиболее трудоёмкие составляющие для последующей автоматизации или механизации.
7. Сформулируйте не менее 2 предложений по автоматизации и механизации выбранных составляющих. Укажите конкретные типы средств автоматизации (например: механизированный патрон, устройство автоматической подачи заготовок и т.п.).
8. Оцените, на сколько процентов снизится штучно-калькуляционное время при внедрении ваших предложений (качественно или расчётно).

Практическое задание 2

«Выбор типа робота и рабочего органа для автоматизации технологической операции»

Трудовая функция: А/01.5, А/02.5

Условия задания:

Необходимо автоматизировать операцию загрузки/выгрузки заготовок на фрезерном станке с ЧПУ. Параметры задачи:

- масса заготовки: 5 кг;
- материал: сталь 45;
- форма: цилиндр $\varnothing 80 \times 120$ мм;
- поверхность: обработанная ($Ra\ 6,3$);
- время обработки на станке: 90 с;
- расстояние от лотка заготовок до станка: 800 мм;
- объём выпуска: 300 деталей/смену;
- оператор работает рядом со станком.

Задание:

1. Проанализируйте операцию и определите, какие переходы подлежат автоматизации.

2. Обоснуйте выбор типа робота (антропоморфный / SCARA / кобот / дельта / декартовый). Укажите не менее 3 критериев выбора.
3. Выберите тип рабочего органа (схвата). Обоснуйте выбор. Рассчитайте минимальное усилие захвата с коэффициентом запаса 2.
4. Подберите 2 робота разных производителей, подходящих для данной задачи. Составьте сравнительную таблицу по не менее чем 6 параметрам.
5. Дайте обоснованную рекомендацию по выбору робота.

Практическое задание 3

«Расчёт кинематических параметров и проверка достижимости рабочих точек»

Трудовая функция: А/01.5, А/02.5

Условия задания:

Для роботизированной ячейки обслуживания токарного станка используется 6-осевой робот с радиусом досягаемости $R_{\max} = 1400$ мм, $R_{\min} = 250$ мм. Робот установлен на полу. Координаты рабочих точек (от оси робота, в горизонтальной плоскости):

- точка А (лоток заготовок): (900; 400) мм;
- точка В (загрузочная позиция станка): (600; -800) мм;
- точка С (лоток готовых деталей): (-700; 500) мм;
- точка D (позиция контроля): (1300; 200) мм.

Задание:

1. Рассчитайте расстояние от оси робота до каждой рабочей точки.
2. Определите, все ли точки находятся в пределах рабочей зоны робота ($R_{\min} \leq R \leq R_{\max}$).
3. Если какая-либо точка недостижима, предложите решение (изменение компоновки, выбор другого робота и т.п.).
4. Рассчитайте ориентировочное время перемещения между точками $A \rightarrow B \rightarrow C$, если средняя скорость MoveJ составляет 1500 мм/с, а средняя скорость MoveL – 500 мм/с. Укажите, какой тип движения целесообразен на каждом участке.

Практическое задание 4

«Проектирование компоновки роботизированной ячейки»

Трудовая функция: А/02.5

Условия задания:

Необходимо спроектировать компоновку роботизированной ячейки для паллетирования картонных коробок. Параметры:

- робот: 4-осевой паллетайзер, $R_{\max} = 3100$ мм, грузоподъёмность 120 кг;
- коробки: $400 \times 300 \times 250$ мм, масса 15 кг;
- паллета: EUR 1200×800 мм;
- подача коробок: роликовый конвейер;
- 2 позиции паллет (загрузка / вывоз);
- требуемая производительность: 8 коробок/мин.

Задание:

1. Разработайте компоновочный чертёж ячейки (вид сверху) с указанием размеров, расположения робота, конвейера, позиций паллет, зон складирования, проходов.
2. Проверьте достижимость всех рабочих точек (конвейер, обе паллеты) – все точки должны быть в пределах $R_{\min}$ – $R_{\max}$.

3. Укажите размещение средств безопасности: ограждение, двери доступа, световые завесы, кнопки аварийного останова.
4. Рассчитайте время цикла (декомпозиция: захват коробки → перемещение → укладка → возврат).
5. Определите теоретическую производительность и сравните с требуемой.
6. Предложите не менее 2 вариантов оптимизации, если производительность недостаточна.

Практическое задание 5

«Экономическое обоснование роботизации операции»

Трудовая функция: А/02.5, А/03.5

Условия задания:

На участке сварки кузовных деталей 2 оператора выполняют точечную сварку вручную с использованием сварочных клещей. Рассматривается внедрение сварочного робота.

№	Показатель	Ручная операция	Роботизированная операция
1	Количество операторов на участке	2	1 (оператор-наладчик)
2	Зарботная плата оператора, руб./мес.	80 000	100 000
3	Время цикла на одну деталь, мин	4,5	1,8
4	Объём выпуска, деталей/смену	80	200
5	Брак, %	5	0,5
6	Стоимость робота и периферии (CAPEX), руб.	–	8 000 000
7	Годовые затраты на обслуживание робота (OPEX), руб.	–	400 000
8	Режим работы	2 смены, 250 дней/год	2 смены, 250 дней/год

Задание:

1. Рассчитайте годовые затраты на заработную плату для ручной и роботизированной операции.
2. Рассчитайте годовой экономический эффект от снижения брака (стоимость одной бракованной детали – 2 000 руб.).
3. Рассчитайте суммарный годовой экономический эффект от роботизации.
4. Рассчитайте простой срок окупаемости (PP).
5. Сделайте вывод о целесообразности роботизации.
6. Укажите не менее 3 нематериальных (косвенных) эффектов роботизации, которые не учтены в расчёте.

Краткие методические указания

Шкала оценки