

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Рабочая программа дисциплины (модуля)
ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

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) «Цифровое моделирование и виртуальный ввод в эксплуатацию» 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	000000000103F6F3
Владелец	Кузнецов П.А.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью дисциплины «**Цифровое моделирование и виртуальный ввод в эксплуатацию**» является формирование у обучающихся знаний, умений и практических навыков, связанных с созданием цифровых моделей производственных участков и технологических процессов, применением средств 3D-моделирования, имитации и виртуального ввода в эксплуатацию для анализа, верификации и обоснования решений по автоматизации и механизации технологических и внутрицеховых транспортно-логистических операций.

Задачи дисциплины:

- изучить концепцию цифрового двойника, цифровой модели и цифровой тени;
- освоить базовые приёмы параметрического 3D-моделирования и создания сборок;
- научиться создавать виртуальные сцены автоматизированных участков;
- освоить методы кинематического моделирования и проверки достижимости;
- освоить основы офлайн-программирования в симуляторе;
- научиться проводить имитацию работы автоматизированного участка и анализировать время цикла;
- изучить подходы к виртуальной пусконаладке (Virtual Commissioning, Software-in-the-Loop);
- научиться документировать результаты цифровой верификации и использовать их для обоснования проектного решения.

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, выбирать и экономически обосновывать средства автоматизации,	ПКВ-4.2к : Выбирает средства автоматизации, механизации, контрольно-измерительные приборы, исполнительные механизмы и роботизированные модули, формирует требования к их интеграции в производственную систему	РД1	Знание	принципов цифрового моделирования и имитации производственных и транспортно-логистических систем; концепции цифрового двойника; методов компоновки автоматизированных участков; принципов офлайн-программирования и виртуальной пусконаладки; методов анализа времени цикла и выявления узких мест
			РД2	Умение	создавать 3D-модели и сборки компонентов автоматизированных систем; разрабатывать виртуальные сцены и обосновывать компоновку участка; моделировать потоки и

	разрабатывать алгоритмы управления и цифровые модели решений, подготавливать техническое задание, сопровождать испытания, наладку и оценку эффективности эксплуатации.				логику работы; выполнять проверку достижимости и коллизий; рассчитывать время цикла; готовить документацию по результатам цифровой верификации
			РДЗ	Навык	работы в САД-среде и симуляторе; имитации работы автоматизированного участка; выполнения виртуальных испытаний; анализа и оптимизации решений; оформления отчёта о цифровой верификации

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.ДВ.А	7	3	65	16	48	0	1	0	43	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	Цифровые двойники и цифровое моделирование для задач автоматизации	РД1, РД2	2	1	0	8	защита кейс-задачи
2	3D-моделирование компонентов автоматизированных систем	РД1, РД3	2	1	0	9	Тестирование, защита кейс-задачи
3	Компоновка участка, кинематическое моделирование и виртуальные сцены	РД1, РД2	2	1	0	10	Тестирование, защита кейс-задачи
4	Офлайн-программирование, имитация и проверка решений по автоматизации	РД1, РД3	2	1	0	10	Тестирование, защита кейс-задачи
5	Виртуальный ввод в эксплуатацию, оптимизация и документирование результатов	РД1, РД3	2	1	0	10	Тестирование, защита кейс-задачи
Итого по таблице			10	5	0	47	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

Тема 1 Цифровые двойники и цифровое моделирование для задач автоматизации.

Содержание темы: Понятие цифрового двойника: цифровая модель, цифровая тень, цифровой двойник. Жизненный цикл. Место цифровых моделей в Индустрии 4.0. Цифровое моделирование как инструмент обоснования решений по автоматизации и механизации. Проверка компоновки участка, моделирование потоков, оценка загрузки. Использование моделей для проверки решений до внедрения. Примеры: роботизированные ячейки, автоматизированные линии, внутрицеховая логистика.

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 3D-моделирование компонентов автоматизированных систем.

Содержание темы: Основы параметрического моделирования. Эскиз, операции, сборка, сопряжения. Форматы обмена: STEP, IGES, STL. Моделирование компонентов автоматизированных систем. Библиотеки оборудования: роботы, конвейеры, датчики, ИМ, ограждения. Импорт моделей средств автоматизации из каталогов. Упрощение моделей для симуляции.

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 Компоновка участка, кинематическое моделирование и виртуальные сцены.

Содержание темы: Кинематическая модель: звенья, сочленения, оси, ограничения. ТСП. Виртуальная сцена автоматизированного участка. Принципы компоновки: размещение основного и вспомогательного оборудования, рабочие зоны, проходы и проезды, зоны складирования. Проверка досягаемости. Моделирование материальных потоков. Имитация движения заготовок между позициями. Оценка грузопотоков. Документирование компоновки на основе виртуальной сцены.

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 Офлайн-программирование, имитация и проверка решений по автоматизации.

Содержание темы: Принципы офлайн-программирования. Создание точек, траекторий, MoveJ/MoveL/MoveC. Скорости, ускорения, зоны сглаживания. Симуляция движения и работы средств автоматизации. Анализ достижимости. Проверка коллизий. ТСП и пользовательские системы координат. Имитация работы автоматизированного участка: последовательность операций, такт, цикл, загрузка. Анализ времени цикла: декомпозиция операций, расчёт длительности, определение суммарного времени.

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 Виртуальный ввод в эксплуатацию, оптимизация и документирование результатов.

Содержание темы: Virtual Commissioning: назначение, преимущества. Связь цифровой модели с алгоритмом управления. Software-in-the-Loop. Эмуляция I/O. Тестирование алгоритма управления на модели. Выявление узких мест. Методы оптимизации: изменение траекторий, скоростей, компоновки, логики. Сравнение вариантов. Использование результатов виртуальных испытаний для обоснования проектного решения. Подготовка документации: описание модели, параметры, результаты проверки, выявленные проблемы, рекомендации, ожидаемый эффект. Протокол виртуальных испытаний.

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. Современные направления управления и автоматизации в машиностроении : учебное пособие / А. А. Игнатьев, М. Ю. Захарченко, В. А. Добряков, С. А. Игнатьев. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 380 с. - ISBN 978-5-9729-1751-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2170175> (дата обращения: 31.05.2026)

2. Технические средства автоматизации и управления : учебное пособие : в 3 частях / И. А. Елизаров, В. Н. Назаров, В. А. Погонин, А. А. Третьяков. — Тамбов : ТГТУ, [б. г.]. — Часть 3 : Программно-логические устройства систем автоматизации — 2025. — 98 с. — ISBN 978-5-8265-2931-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/518141> (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 "ZNANIUM.COM"
2. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
3. Open Academic Journals Index (OAJI). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>
4. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prilib.ru/>
5. 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)

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИРТУАЛЬНЫЙ ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

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-4.2к : Выбирает средства автоматизации, механизации, контрольно-измерительные приборы, исполнительные механизмы и роботизированные модули, формирует требования к их интеграции в производственную систему

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-4.2к : Выбирает средства автоматизации, механизации, контрольно-измерительные приборы, исполнительные механизмы и роботизированные модули, формирует требования к их интеграции в производственную систему	РД 1	Знание	принципов цифрового моделирования и имитации производственных и транспортно-логистических систем; концепции цифрового двойника; методов компоновки автоматизированных участков; принципов офлайн-программирования и виртуальной пусконаладки; методов анализа времени цикла и выявления узких мест	правильность и полнота изложения, корректность использования терминологии, способность объяснить области применения
	РД 2	Умение	создавать 3D-модели и сборку и компонентов автоматизированных систем; разрабатывать	корректность создания моделей, логичность структуры

		ни е	виртуальные сцены и обосновывать компоновку участка; моделировать потоки и логику работы; выполнять проверку достижимости и коллизий; рассчитывать время цикла; готовить документацию по результатам цифровой верификации	ны, правильность расчётов, обоснованность выводов
	РД 3	На вы к	работы в CAD-среде и симуляторе; имитации работы автоматизированного участка; выполнения виртуальных испытаний; анализа и оптимизации решений; оформления отчёта о цифровой верификации	самостоятельность выполнения, полнота и качество модели, корректность симуляции и оформления результатов

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 : принципов цифрового моделирования и имитации производственных и транспортно-логистических систем; концепции цифрового двойника; методов компоновки автоматизированных участков; принципов офлайн-программирования и виртуальной пусконаладки; методов анализа времени цикла и выявления узких мест	1.1. Цифровые двойники и цифровое моделирование для задач автоматизации	Кейс-задача	Кейс-задача
		1.2. 3D-моделирование компонентов автоматизированных систем	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.3. Компоновка участка , кинематическое моделирование и виртуальные сцены	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.4. Офлайн-программирование, имитация и проверка решений по автоматизации	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест

			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.5. Виртуальный ввод в эксплуатацию, оптимизация и документирование результатов	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
РД2	Умение : создавать 3D-модели и сборки компонентов автоматизированных систем; разрабатывать виртуальные сцены и обосновывать компоновку участка; моделировать потоки и логику работы; выполнять проверку достижимости и коллизий; рассчитывать время цикла; готовить документацию по результатам цифровой верификации	1.1. Цифровые двойники и цифровое моделирование для задач автоматизации	Кейс-задача	Кейс-задача
		1.3. Компоновка участка, кинематическое моделирование и виртуальные сцены	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
РД3	Навык : работы в CAD-среде и симуляторе; имитации работы автоматизированного участка; выполнения виртуальных испытаний; анализа и оптимизации решений; оформления отчёта о цифровой верификации	1.2. 3D-моделирование компонентов автоматизированных систем	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.4. Офлайн-программирование, имитация и проверка решений по автоматизации	Кейс-задача	Кейс-задача
			Кейс-задача	Тест
			Тест	Кейс-задача
			Тест	Тест
		1.5. Виртуальный ввод в эксплуатацию, оптимизация и документирование результатов	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	Практические занятия	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 Задания для решения кейс-задачи

Практическое задание 1

«Анализ кейса цифрового двойника и обоснование его применения для задач автоматизации»

Трудовая функция: А/01.5, А/02.5

Условия задания:

Предприятие планирует автоматизировать участок сборки изделий. Рассматривается применение цифрового моделирования для обоснования решения.

Задание:

1. Объясните разницу между понятиями «цифровая модель», «цифровая тень» и «цифровой двойник».
2. Опишите, для каких задач на данном участке может быть использовано цифровое моделирование (не менее 4 задач).
3. Перечислите, какие исходные данные необходимы для создания цифровой модели автоматизированного участка (не менее 6 позиций).
4. Укажите, какое программное обеспечение (CAD, симуляторы, MDM, PDM, ECM) может быть использовано и для каких задач.
5. Опишите ожидаемый практический эффект от создания цифровой модели до начала физического внедрения (не менее 3 аргументов).

Практическое задание 2

«3D-моделирование и создание виртуальной сцены автоматизированного участка»

Трудовая функция: А/02.5

Условия задания:

Необходимо создать виртуальную сцену роботизированной ячейки обслуживания вертикально-сверлильного станка. Ячейка включает: 6-осевой робот ($R_{max} = 1200$ мм),

вертикально-сверлильный станок, конвейер подачи заготовок, лоток готовых деталей, защитное ограждение с дверью и световой завесой.

Задание:

1. Составьте перечень компонентов виртуальной сцены (не менее 7 позиций) с указанием источника модели (библиотека производителя, собственная модель, стандартный элемент).
2. Разработайте компоновочную схему (вид сверху) с указанием размеров, расположения оборудования, зон складирования, проходов.
3. Проверьте достижимость ключевых рабочих точек (конвейер, загрузочная позиция станка, лоток готовых деталей). Укажите расстояния от оси робота.
4. Опишите, как в виртуальной сцене задаётся кинематика робота: какие параметры определяются (звенья, оси, ограничения, ТСП).
5. Подготовьте компоновочную документацию: спецификацию оборудования (таблица: наименование, модель, количество, основные параметры).

Практическое задание 3

«Офлайн-программирование и проверка решения по автоматизации в цифровой модели»

Трудовая функция: А/02.5

Условия задания:

В виртуальной модели роботизированной ячейки (задание 4.2) необходимо выполнить офлайн-программирование и проверку решения.

Задание:

1. Определите все рабочие точки робота (не менее 6 точек): Home, точки подхода, точки захвата, точки укладки. Для каждой укажите тип движения (MoveJ/MoveL).
2. Опишите, как выполняется проверка достижимости каждой точки в симуляторе.
3. Опишите, как выполняется проверка коллизий. Перечислите, какие пары объектов проверяются (не менее 4 пар).
4. Выполните декомпозицию цикла на операции и рассчитайте суммарное время цикла.
5. Определите узкое место цикла и предложите не менее 2 вариантов оптимизации (изменение траекторий, скоростей, компоновки, логики). Покажите ожидаемый эффект.

Практическое задание 4

«Виртуальный ввод в эксплуатацию (Virtual Commissioning)»

Трудовая функция: А/02.5, А/03.5

Условия задания:

Для автоматизированной конвейерной линии сортировки деталей подготовлена цифровая модель и программа управления ПЛК. Необходимо выполнить виртуальную пусконаладку.

Задание:

1. Опишите последовательность процедуры Virtual Commissioning (не менее 5 этапов).
2. Составьте перечень сигналов и состояний, подлежащих проверке при виртуальной пусконаладке (не менее 8 позиций).
3. Разработайте программу тестирования (не менее 6 сценариев), включая:
 - штатный цикл сортировки;
 - поступление детали нестандартного веса;

- отсутствие детали на конвейере;
 - срабатывание аварийного останова;
 - таймаут ожидания;
 - перезапуск после аварии.
4. Для каждого сценария укажите: ожидаемый результат, фактический результат (графа для заполнения), статус (пройден / не пройден).
 5. Подготовьте отчёт о виртуальных испытаниях (шаблон): объект испытаний, дата, перечень сценариев, результаты, выявленные замечания, рекомендации.

Практическое задание 5

«Документирование результатов цифровой верификации и обоснование проектного решения»

Трудовая функция: А/02.5, А/03.5

Условия задания:

По результатам цифрового моделирования и виртуальной пусконаладки роботизированной ячейки обслуживания станка получены следующие данные:

- время цикла: вариант А – 38 с, вариант Б – 32 с;
- коллизии: вариант А – 0, вариант Б – 0;
- достижимость всех точек: вариант А – да, вариант Б – да;
- площадь ячейки: вариант А – 18 м², вариант Б – 22 м²;
- загрузка робота: вариант А – 68%, вариант Б – 81%;
- стоимость оборудования: вариант А – 6,5 млн руб., вариант Б – 7,2 млн руб.

Задание:

1. Сравните два варианта компоновки по всем указанным параметрам. Оформите результаты в виде сравнительной таблицы.
2. Рассчитайте теоретическую производительность каждого варианта (деталей/смену при 8-часовой смене с ОЕЕ = 0,85).
3. Определите, какой вариант обеспечивает лучшее соотношение «производительность / стоимость». Обоснуйте выбор.
4. Подготовьте отчёт о цифровой верификации проектного решения, включающий: описание модели, основные параметры, результаты сравнения, выявленные проблемы (если есть), рекомендации, вывод.
5. Сформулируйте не менее 3 рекомендации по дальнейшей оптимизации выбранного варианта.

Краткие методические указания

Шкала оценки

5.2 Контрольный тест

Вопрос 1. Цифровой двойник – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Архив чертежей в электронном виде.
- Б. Виртуальная модель объекта, связанная с его реальными данными и поведением.
- В. Только 3D-модель без привязки к реальным параметрам.
- Г. Резервный сервер производственной системы.

Вопрос 2. Формат STEP применяется для: Выберите один правильный ответ.

- А. Передачи видеофайлов.
- Б. Обмена 3D-моделями между различными CAD-системами.
- В. Записи программ ПЛК.
- Г. Хранения журналов пусконаладочных работ.

Вопрос 3. В параметрическом моделировании геометрия детали определяется:
Выберите один правильный ответ.

- А. Только визуальным рисунком от руки.
- Б. Параметрами и историей операций.
- В. Исключительно вручную без привязки к размерам.
- Г. Цветом и материалом элементов.

Вопрос 4. Сборка в CAD – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Только одна деталь.
- Б. Совокупность деталей, соединённых связями и сопряжениями.
- В. Только 2D-чертёж.
- Г. Таблица спецификации.

Вопрос 5. Кинематическая модель механизма описывает: Выберите один правильный ответ.

- А. Только массу и материал.
- Б. Геометрию звеньев и их возможные движения.
- В. Только цвет оборудования.
- Г. Только стоимость изделия.

Вопрос 6. Revolute joint – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Поступательное соединение.
- Б. Вращательное сочленение.
- В. Электрическое соединение.
- Г. Фиксированное соединение.

Вопрос 7. Проверка достижимости рабочих точек в цифровой модели позволяет:
Выберите один правильный ответ.

- А. Определить только стоимость проекта.
- Б. Убедиться, что средство автоматизации способно достичь всех заданных рабочих позиций.
- В. Рассчитать уровень брака.
- Г. Определить потребляемую мощность.

Вопрос 8. Коллизия в цифровом симуляторе – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Остановка компьютера.
- Б. Недопустимое пересечение (столкновение) объектов в виртуальной модели.
- В. Потеря файла проекта.
- Г. Конфликт версий программного обеспечения.

Вопрос 9. Virtual Commissioning используется для: Выберите один правильный ответ.

- А. Оформления акта приёмки оборудования.
- Б. Проверки логики и работы системы автоматизации на цифровой модели до реального пуска.
- В. Составления сметы проекта.
- Г. Только построения 3D-чертежей.

Вопрос 10. Узкое место в автоматизированной системе – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Самый маленький физический элемент конструкции.
- Б. Операция или ресурс, ограничивающий общую производительность системы.
- В. Элемент с минимальной стоимостью.
- Г. Точка доступа в производственное помещение.

Вопрос 11. Software-in-the-Loop (SiL) – это: Выберите один правильный ответ.

- А. Физическое подключение ПЛК к реальному оборудованию.
- Б. Тестирование алгоритма управления в связке с виртуальной моделью объекта.

- В. Ремонт программного обеспечения.
- Г. Установка антивирусной защиты.

Вопрос 12. Основное преимущество цифрового моделирования при обосновании решений по автоматизации: Выберите один правильный ответ.

- А. Полностью отказаться от физического оборудования.
- Б. Проверять и обосновывать решения по автоматизации до их внедрения на реальном производстве.
- В. Не использовать измерительное оборудование.
- Г. Заменить все инженерные расчёты.

Вопрос 13. Верно ли: «Моделирование компоновки автоматизированного участка позволяет проверить размещение оборудования, рабочих зон, проходов и потоков до физического внедрения»?

- А. Верно.
- Б. Неверно.

Вопрос 14. Верно ли: «Revolute joint (вращательное сочленение) описывает поступательное движение звена манипулятора»?

- А. Верно.
- Б. Неверно.

Вопрос 15. Документация по результатам цифровой верификации должна содержать: Выберите один правильный ответ.

- А. Только набор скриншотов из симулятора.
- Б. Описание модели, параметры, результаты проверки, выявленные проблемы, рекомендации и ожидаемый эффект.
- В. Только стоимость лицензии на ПО.
- Г. Только описание рабочего дня инженера.

Вопрос 16. Моделирование материальных потоков на виртуальной модели участка необходимо для: Выберите один правильный ответ.

- А. Определения цвета конвейера.
- Б. Оценки грузопотоков, загрузки оборудования и обоснования компоновки.
- В. Расчёта заработной платы персонала.
- Г. Регистрации патента.

Вопрос 17. Оптимизация времени цикла на цифровой модели может включать: Выберите все правильные ответы.

- А. Изменение только цвета робота.
- Б. Изменение траекторий движения.
- В. Изменение скоростей и зон сглаживания.
- Г. Изменение компоновки оборудования.
- Д. Изменение логики последовательности операций.

Вопрос 18. Установите соответствие между понятиями цифрового моделирования.

Понятие	Определение
1. Цифровая модель	А. Двухнаправленная связь: данные от реального объекта обновляют модель, решения по модели применяются к объекту
2. Цифровая тень	Б. Статическое или аналитическое представление объекта без автоматической связи с реальным объектом
3. Цифровой двойник	В. Модель, получающая данные от реального объекта в одностороннем порядке

Вопрос 19. Расставьте этапы процедуры виртуальной пусконаладки (Virtual Commissioning) в правильной последовательности.

- А. Тестирование аварийных сценариев.
- Б. Создание цифровой модели объекта.
- В. Документирование результатов.
- Г. Подключение модели к алгоритму управления.
- Д. Тестирование штатных режимов работы.

Вопрос 20. Для виртуальной модели участка рассчитайте, как изменится время цикла, если скорость MoveL между двумя точками (расстояние 600 мм) увеличить с 200 мм/с до 300 мм/с. Все остальные операции занимают 40 с. Запишите исходное и новое время цикла.

Вопрос 21. Перечислите не менее 4 варианта оптимизации, которые можно проверить на цифровой модели до физического внедрения. Запишите ответ в свободной форме.

Вопрос 22. Опишите состав виртуальной сцены для роботизированной ячейки обслуживания станка. Перечислите не менее 5 компонентов. Запишите ответ в свободной форме.

Вопрос 23. Для компоновки автоматизированного участка перечислите, что должно быть отражено на компоновочной схеме (вид сверху). Не менее 6 элементов. Запишите ответ в свободной форме.

Вопрос 24. Объясните, какую роль играет цифровое моделирование в обосновании решения по автоматизации технологической операции. Приведите 3 конкретных аргумента. Запишите ответ в свободной форме.

Вопрос 25. Протокол виртуальных испытаний – что это и какие разделы он должен содержать? Перечислите не менее 5 разделов. Запишите ответ в свободной форме.

Вопрос 26. Для сравнения двух вариантов компоновки роботизированной ячейки укажите, какие параметры следует сравнить на цифровой модели (не менее 5). Запишите ответ в свободной форме.

Вопрос 27. Какой параметр шероховатости поверхности оказывает наибольшее влияние на прочность соединения с натягом? Выберите один правильный ответ.

- | | |
|--------|-----|
| А. | Rz. |
| Б. | Sm. |
| В. | S. |
| Г. tp. | |

Вопрос 28. Какая погрешность механической обработки вызывает закономерное монотонное изменение размеров в серии деталей? Выберите один правильный ответ.

- | | | |
|----|--------------|--------------------------------|
| А. | Погрешность | закрепления. |
| Б. | Погрешность | настройки станка на размер. |
| В. | Погрешность, | вызванная износом инструмента. |
| Г. | Погрешность, | вызванная нагревом шпинделя. |

Вопрос 29. При обработке внутренней цилиндрической поверхности кольца появилось отклонение от круглости (огранка). Укажите наиболее вероятную причину. Выберите один правильный ответ.

- | | | |
|----|--|--------------------|
| А. | Упругие деформации кольца под действием силы | закрепления. |
| Б. | Упругие деформации кольца под действием силы | резания. |
| В. | Упругие деформации | шпиндельного узла. |
| Г. | Тепловые деформации | шпиндельного узла. |

Вопрос 30. Расставьте материалы в порядке снижения их обрабатываемости резанием.

- | | | | |
|----|----------|-----------------|------------|
| А. | 40Х | ГОСТ | 4543-2016. |
| Б. | 30ХГСА | ГОСТ | 4543-2016. |
| В. | ХН60ВТ | ГОСТ | 5632-2014. |
| Г. | 12Х18Н9Т | ГОСТ 5949-2018. | |

Краткие методические указания

Шкала оценки