

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.03.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ПРОЦЕССАХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)
15.04.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

направленность (профиль)/специализация
ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Форма обучения: очная

Год набора: 2023

Общая трудоемкость: 6 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	4	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	12	12
Лабораторные		
Практические	12	12
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	24,35	24,35
Самостоятельная работа	156	156
Контроль	35,65	35,65
Итого	216	216

Рабочую программу составил:

Доцент, доцент, к.т.н. Расторгуев Д.А.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Срок действия рабочей программы дисциплины до « 31 » августа 2025 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(протокол заседания № 1 от «31» августа 2022 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Целью учебной дисциплины - приобретение знаний, умений и навыков области оценки надежности и диагностирования состояния технологических процессов с учетом влияния состояния оборудования, условий обработки, инструмента и приспособлений для обеспечения заданных характеристик выходных параметров качества операций технической обработки.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – технологическая практика, инструментальные системы автоматизированного машиностроения.

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – подготовка и защита магистерской диссертации.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1. Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок	ПК-1.1. Разработка планов и методических программ проведения исследований и разработок по определенной тематике	Знать: – методику подготовки и проведения научных исследований в производственных условиях
	ПК-1.2. Применять методы анализа результатов исследований и разработок	Уметь: – применять методы подготовки и проведения научных исследований в производственных условиях
	ПК-1.3. Применять методы внедрения и контроля результатов исследований и разработок	Владеть: – внедрением подготовки и проведения научных исследований в производственных условиях
ПК-3. Способен к определению экономической эффективности проектируемых технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности	ПК-3.1. Расчет точности обработки при проектировании операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности ПК-3.2. Анализ с применением CAD-систем технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Знать: – контроль соответствия разрабатываемых конструкций техническим заданиям, стандартам, нормам охраны труда, требованиям наиболее экономичной технологии производства; – мероприятия по повышению эффективности производства, направленных на сокращение расхода материалов, снижение трудоемкости, повышение производительности труда;

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	сложности	– технические расчеты и расчеты экономической эффективности разрабатываемых конструкций в соответствии с типовыми методиками
		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать основные параметры реализуемых технологических процессов; – анализировать режимы работы технологического оборудования; – анализировать режимы работы технологической оснастки; – анализировать производственную ситуацию и выявлять причины брака в изготовлении изделий; – проводить эксперименты с обработкой и анализом результатов; – выполнять технические расчеты и расчеты экономической эффективности разрабатываемой технологической оснастки и специального инструмента в соответствии с типовыми методиками
		<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – внедрением технологических процессов в производство; – контролем соблюдения технологической дисциплины при реализации технологических процессов; – контролем правильности эксплуатации технологического оборудования; – контролем правильности эксплуатации технологической оснастки <p>Выявлением причин брака в изготовлении изделий.</p>

4. Структура и содержание дисциплины Цифровые двойники в процессах механической обработки

(наименование дисциплины (учебного курса))

Модуль	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Общие понятия	Лек.	Тема 1.1. Основные понятия, термины, определения по цифровым двойникам. Тенденции в проектировании	4	2	-		Вопросы к зачету
	Ср	Тема 1.1. Основные понятия, термины, определения по цифровым двойникам. Тенденции в проектировании	4	16			Вопросы к зачету
Модуль 2. Формирование цифровых двойников	Лек	Тема 1.2. Цифровые двойники на основе регрессий	4	2	-		Вопросы к зачету
	Ср	Тема 1.2. Цифровые двойники на основе регрессий	4	16			Вопросы к зачету
	Лек.	Тема 1.3. Цифровые двойники на основе аналитических моделей	4	2			Вопросы к зачету
	Ср.	Тема 1.3. Цифровые двойники на основе аналитических моделей	4	18			Вопросы к зачету
	Пр.	Практическая работа №1 Получение цифрового двойника на основе экспериментальных данных	4	4	-	-	Отчет о выполнении практической работы №1
	Ср	Практическая работа №1 Получение цифрового двойника на основе экспериментальных данных	4	18			Отчет о выполнении практической работы №1
	Пр.	Практическая работа №2. Получение цифрового двойника на основе аналитической модели	4	4	-	-	Отчет о выполнении практической работы №2
	Ср	Практическая работа №2 Получение цифрового двойника на основе аналитической модели	4	18			Отчет о выполнении практической работы №2
Модуль 2. Использование цифровых двойников для оптимизации технологических процессов	Лек	Тема 2.1 Комплексные цифровые двойники.	4	2	-		Вопросы к зачету
	Ср	Тема 2.1 Комплексные цифровые двойники.	4	18			Вопросы к зачету
	Лек.	Тема. 2.2 Взаимодействие цифрового двойника и физического объекта	4	2			Вопросы к зачету
	Ср	Тема. 2.2 Взаимодействие цифрового двойника и физического объекта	4	18			Вопросы к зачету
	Лек.	Тема. 2.3 Оптимизация технологического	4	2			Вопросы к зачету

Модуль	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		процесса на основе цифровых двойников					
	Ср	Тема. 2.3 Оптимизация технологического процесса на основе цифровых двойников	4	18			Вопросы к зачету
	Пр.	Практическая работа № 3. Повышение эффективности технологического процесс на основе комплексного цифрового двойника	4	2	-		Отчет о выполнении практической работы №3
	Ср	Практическая работа № 3. Повышение эффективности технологического процесс на основе комплексного цифрового двойника	4	18			Отчет о выполнении практической работы №3
	ПА			0,35			
	Контроль			35,65			
Итого:				216			

5. Образовательные технологии

Для эффективного изучения дисциплины и реализации компетентностного подхода, предусмотрено традиционная форма обучения (лекции, практические работы, самостоятельная работа).

6. Методические указания по освоению дисциплины

1. Должиков В. П. Технологии наукоемких машиностроительных производств» (Должиков, В. П. Технологии наукоемких машиностроительных производств : учебное пособие / В. П. Должиков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-2393-4.

2. Зубарев Ю. М. Технологическое обеспечение надежности эксплуатации машин» (Зубарев, Ю. М. Технологическое обеспечение надежности эксплуатации машин : учебное пособие / Ю. М. Зубарев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-2100-8.

3. Тимирязев В. А., Схиртладзе А. Г., Солнышкин Н. П., Дмитриев С. И. Проектирование технологических процессов машиностроительных производств» (Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учебник / В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, Н. П. Солнышкин, С. И. Дмитриев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-1629-5.

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
3	ПК-1	Практическая работа №1-2
3	ПК-3	Практическая работа №3

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. _ Практические работы _____ (наименование оценочного средства)

Практическая работа 1: Получение цифрового двойника на основе экспериментальных данных

Определение параметров регрессионной модели для данных, полученных для технологического объекта.

Цель занятия: Изучить методы получения регрессионных моделей для технологических объектов.

2. Алгоритм выполнения практического задания

2. 1. Изучить теоретический материал.

2.2. Для данных по вариантам провести расчет регрессионной модели.

2.3. Оценить применимость данной модели. Предложить изменения в операции.

2.4. Оформить отчет о практической работе и защитить ее у преподавателя.

3. Ожидаемый (е) результат (ы) - заполнение форм практического задания

Формы для оформления практического задания

Вариант задания № _____

Показатели

Вывод:....

4. Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если правильно оформлены формы по практическому заданию.
- оценка «не зачтено» неправильно оформлены формы по практическому заданию.

Практическая работа №2. Получение цифрового двойника на основе аналитической модели

Формирование аналитической модели для технологического объекта.

Цель занятия: Изучить методы получения аналитических моделей для технологических объектов.

2. Алгоритм выполнения практического задания

- 2.1. Изучить теоретический материал.
- 2.2. Для данных по вариантам провести расчет аналитической модели.
- 2.3. Оценить применимость данной модели. Предложить изменения в операции.
- 2.4. Оформить отчет о практической работе и защитить ее у преподавателя.

3. Ожидаемый (е) результат (ы) - заполнение форм практического задания
Формы для оформления практического задания

Вариант задания № _____

Показатели

Вывод:....

4. Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если правильно оформлены формы по практическому заданию.
- оценка «не зачтено» неправильно оформлены формы по практическому заданию.

Практическая работа № 3. Повышение эффективности технологического процесс на основе комплексного цифрового двойника

Цель занятия: Изучить методы использования комплексных цифровых двойников.

2. Алгоритм выполнения практического задания

- 2.1. Изучить теоретический материал.
- 2.2. Для данных по вариантам сформировать комплексный цифровой двойник и обосновать изменения в технологии.
- 2.3. Оформить отчет о практической работе и защитить ее у преподавателя.

3. Ожидаемый (е) результат (ы) - заполнение форм практического задания

Формы для оформления практического задания

Вариант задания № _____

Параметры износа

Вывод:....

4. Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если правильно оформлены формы по практическому заданию.
- оценка «не зачтено» неправильно оформлены формы по практическому заданию.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 4

№	Вопросы
1	Определение понятия «цифровой двойник».
2	Определение понятия «математическая модель».
3	Сформулируйте определения понятий надежности.
4	Сформулируйте методику работы с регрессией
5	Как подготовить данные для получения экспериментальных зависимостей по конструктивным параметрам
6	Как подготовить данные для получения экспериментальных зависимостей по технологическим параметрам
7	Оценки регрессионной модели
8	Виды цифровых двойников
9	Задачи, решаемые цифровыми двойниками
10	Виды аналитических моделей в цифровых двойниках
11	Определение параметров цифровых двойников
12	Оптимизация технологического процесса на основе цифрового двойника
13	Понятие и характеристики случайного процесса.
14	Что представляет собой функция распределения случайной величины?
15	Понятие и виды случайных величин.
16	Какой поток случайных событий считается простейшим?
17	Методика и устройства проверки кинематической точности
18	Построение диагностических моделей для определения ресурса работы механизмов (структурно-функциональных и логических).
19	Что входит в понятие «Быстропротекающий процесс».
20	Назовите основные процессы, присутствующие в станках.
21	Понятие металлорежущие системы.
22	Основные виды законов распределения случайных величин и событий. Области их применения.
23	Назовите три типовые периода эксплуатации, характерные для любого технического изделия.
24	Математические и статистические оценки числовых характеристик случайных величин.
25	Какие параметры вибрации измеряются при виброакустических методах диагностики машин?
26	Какие погрешности обработки проявляются при недостаточной жесткости станка
27	Метод функционального и тестового контроля жесткости токарного станка (производственный и лабораторный метод).
28	Методика, измерительные устройства и аппаратура для проведения испытаний

	станков на жесткость
29	В чём отличие методов функциональной и тестовой диагностики технологических машин.
30	Методика и инструменты для проверки геометрической точности станка.
31	Типы испытаний технологического оборудования.
32	Порядок (алгоритм) последовательности этапов формирования цифрового двойника
33	Причины неоднозначности получаемых данных.
34	Что такое качество продукции?
35	Использование цифровых двойников на стадии проектирования
36	Использование цифровых двойников на стадии изготовления
37	Использование цифровых двойников на стадии эксплуатации
38	Использование цифровых двойников для повышения надежности
39	Использование цифровых двойников для повышения качества
40	Виды сочетаний цифровых двойников для разных задач.
41	Внешний осмотр станка, какие неисправности можно выявить
42	Типы испытаний технологического оборудования.
43	Порядок (алгоритм) последовательности этапов диагностирования машин
44	Причины неоднозначности получаемых при диагностики машин данных.
45	Привести примеры цифровых двойников в мехобработке..
46	Привести примеры цифровых двойников в сборке.
47	Привести примеры цифровых двойников в обслуживании и ремонте..
48	Привести примеры цифровых двойников в проектировании
49	Привести примеры цифровых двойников в мехобработке.
50	Какие объекты и как описывает цифровой двойник

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Аттестация в середине семестра	Для получения аттестации необходимо выполнение практических работ	«хорошо»	Выполнены и защищены отчеты по двум практическим работам из двух
		«удовлетворительно»	Выполнены и защищены отчеты по одной лабораторной работе из двух
		«неудовлетворительно»	Не выполнено ни одной лабораторной работы

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Экзамен по дисциплине	Для допуска к зачету необходимо выполнение практических работ	«отлично»	Правильные ответы на вопросы экзаменатора без замечаний
		«хорошо»	Правильные ответы на вопросы экзаменатора с незначительными

			недочетами
		«удовлетворительно»	Ответы на вопросы экзаменатора с значительными недочетами
		«неудовлетворительно»	Отсутствие правильных ответов.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Должиков В. П.	Технологии наукоемких машиностроительных производств» (Должиков, В. П. Технологии наукоемких машиностроительных производств : учебное пособие / В. П. Должиков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-2393-4.	учебное пособие	2022	ЭБС "Лань"
2	Зубарев Ю. М.	Технологическое обеспечение надежности эксплуатации машин» (Зубарев, Ю. М. Технологическое обеспечение надежности эксплуатации машин : учебное пособие / Ю. М. Зубарев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-2100-8.	учебное пособие	2022	ЭБС " Лань "
3	Тимирязев В. А	Проектирование технологических процессов машиностроительных производств» (Проектирование технологических процессов машиностроительных производств : учебник / В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, Н. П. Солнышкин, С. И. Дмитриев. — Санкт-Петербург :	учебник	2022	ЭБС " Лань "

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
		Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-1629-5.			

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Бузин Ю. М.	Надежность механических систем [Электронный ресурс]: лаб. практикум / Ю. М. Бузин. - Воронеж : ВГАСУ : ЭБС АСВ, 2014. - 68 с. - ISBN 978-5-89040-495-4.	практикум	2014	ЭБС "IPRbooks"
2	Зубарев Ю. М.	Специальные методы обработки заготовок в машиностроении» (Зубарев, Ю. М. Специальные методы обработки заготовок в машиностроении : учебное пособие / Ю. М. Зубарев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — ISBN 978-5-8114-1856-5.	Учебное пособие	2022	ЭБС " Лань "
3	Царев А. М.	Надежность и диагностика технологического оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. М. Царев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 127 с. : ил. - Библиогр.: с. 122-124.	Учебное пособие	2013	Репозиторий ТГУ

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. Google Scholar – поисковая система по научной литературе. Включает статьи крупных научных издательств, архивы препринтов, публикации на сайтах университетов, научных обществ и других научных организаций. Ищет статьи, в том числе и на русском языке. Что не маловажно, рассчитывает индекс цитирования публикаций и позволяет находить статьи, содержащие ссылки на те, что уже найдены.

2. Российская государственная библиотека (РГБ), г. Москва – <http://www.rsl.ru>.

3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2006 гг. На данный период в ЭБ уже собрано более 11 тыс. учебных материалов различных вузов России. В ЭК – более 30 тыс. описаний, а так же есть "Глоссарий" и раздел "Система новостей" по названной тематике. Это уникальный образовательный проект в русскоязычном Интернете. Полный доступ ко всем ресурсам, включая полнотекстовые материалы библиотеки, предоставляется всем пользователям в свободном режиме – <http://window.edu.ru>.

4. Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания – <http://www.edulib.ru>

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition	контракт № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно контракт № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно
3	КОМПАС-3D v 18 (Проектирование и конструирование в машиностроении)	контракт № 1198 от 18.11.2019, срок действия – бессрочно

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная	Стол преподавательский, столы ученические двухместные (моноблок) ,

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Е-309)	стул, доска аудиторная (меловая), кафедра, проектор, экран, процессор
2	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Е-306)	Переносной проектор, экран, компьютерный стол, стол преподавательский, стул, доска аудиторная, стол ученический двухместный, ПК
3	Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401)	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-508)	Доска аудиторная (меловая), столы ученические, стол преподавательский, стулья, стенды, шкафы.