

57  
77-2664

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта  
(Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Елкин А.И.  
ФИО

« 31 » августа 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Анализ точности функционирования технических и технологических систем»**  
(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств  
(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

Процессы механической и физико-технической обработки  
(направленность (профиль) подготовки))

г. Владимир

Год 2022

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями** дисциплины «Анализ точности функционирования технических и технологических систем» являются подготовка будущих магистров в области:

- анализа и разработки высокоточных технологических процессов механической обработки изделий машиностроения лезвийными режущими инструментами;
- анализа и разработки высокоточных технологических процессов механической обработки изделий машиностроения абразивными режущими инструментами;
- разработки технологических и технических решений, обеспечивающих выпуск высокоточной конкурентоспособной продукции машиностроительного производства.

**Задачи** – научить будущих магистров:

- методике теоретического анализа точности поверхностей, обрабатываемых одним и одновременно несколькими лезвийными и режущими инструментами;
- методике теоретического анализа точности поверхностей, обрабатываемых прогрессивными текстурированными шлифовальными инструментами;
- практическим навыкам расчета ожидаемой точности поверхностей лезвийными и абразивными инструментами;
- разработке мероприятий по повышению точности функционирования технических и технологических систем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.03 «Анализ точности функционирования технических и технологических систем» относится к дисциплинам части формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения дисциплины обучающиеся должны обладать хорошей подготовкой по металлорежущим станкам, теории резания металлов, режущему инструменту, технологии машиностроения и информационным технологиям.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1. Способен разрабатывать технологические процессы изготовления деталей машиностроения высокой сложности	ПК-1.1. Знает типы производства деталей машиностроения высокой сложности, разновидности технологического оборудования, стандартных инструментов, приспособлений и контрольно-измерительной оснастки. ПК-1.2. Умеет анализировать технические требования, предъявляемые к деталям машиностроения высокой сложности. ПК-1.3. Умеет выбирать схемы и средства контроля	Знает: - типы производства деталей машиностроения высокой сложности; - разные группы и типы металлорежущих станков; - стандартные режущие инструменты, приспособления и контрольно-измерительную оснастку. Умеет: - анализировать технические требования, предъявляемые к сложным деталям машиностроения;	Рейтинг-контроль №1 Рейтинг-контроль №2 Рейтинг-контроль №3 Экзамен по дисциплине

	<p>технических требований, предъявляемых к деталям машиностроения высокой сложности.</p> <p>ПК-1.4. Умеет выбирать схемы базирования и закрепления заготовок деталей машиностроения высокой сложности.</p> <p>ПК-1.5. Умеет разрабатывать технологические маршруты и технологические операции изготовления деталей машиностроения высокой сложности.</p> <p>ПК-1.6. Умеет рассчитывать точность обработки при проектировании операций изготовления деталей машиностроения высокой сложности.</p> <p>ПК-1.7. Владеет навыками выбора технологического оборудования, стандартных инструментов, приспособлений и контрольно-измерительной оснастки, необходимых для реализации разработанных технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности.</p> <p>ПК-1.8. Владеет навыками разработки технических заданий на проектирование специальных приспособлений и контрольно-измерительной оснастки для реализации разработанных технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности.</p> <p>ПК-1.9. Владеет навыками разработки и согласования технологической документации на технологические процессы изготовления деталей машиностроения высокой сложности.</p>	<p>- выбирать схемы и средства контроля технических требований, предъявляемых к деталям высокой, сложности;</p> <p>- выбирать схемы базирования и закрепления заготовок деталей машиностроения высокой сложности;</p> <p>- разрабатывать маршрутную и технологию изготовления деталей высокой сложности;</p> <p>- рассчитывать точность обработки при проектировании операций изготовления сложных деталей.</p> <p>Владеет:</p> <p>- навыками выбора металлорежущих станков, стандартных режущих инструментов, приспособлений, и контрольно-измерительной оснастки, необходимых для реализации разработанных технологических процессов изготовления сложных деталей;</p> <p>- навыками разработки технических заданий на проектирование специальных приспособлений, и контрольно-измерительной оснастки для реализации разработанных технологических процессов изготовления сложных деталей;</p> <p>- навыками разработки и согласования технологической документации на процессы изготовления деталей высокой сложности.</p>	
--	--	---	--

<p>ПК-2. Способен контролировать технологические процессы производства деталей машиностроения высокой сложности и управлять ими.</p>	<p>ПК-2.1. Знает разновидности технологических операций технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности.  ПК-2.2. Умеет обеспечивать технологическую дисциплину при реализации технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности.  ПК-2.3. Умеет контролировать правильность эксплуатации технологического оборудования и оснастки при реализации технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности.  ПК-2.4. Владеет навыками выявления причин брака в изготовлении деталей машиностроения высокой сложности, а также подготовки предложений по предупреждению и ликвидации брака.  ПК-2.5. Владеет навыками внесения изменений в технологическую документацию на технологические процессы изготовления деталей машиностроения высокой сложности.  ПК-2.6. Владеет навыками исследования технологических операций технологических процессов изготовления деталей машиностроения высокой сложности.</p>	<p>Знает:  - разновидности технологических операций технологических процессов изготовления сложных деталей машиностроения.  Умеет:  - обеспечивать технологическую дисциплину при реализации технологических процессов изготовления сложных;  - контролировать правильность эксплуатации технологического оборудования и оснастки при реализации технологических процессов изготовления сложных деталей.  Владеет:  - навыками выявления причин брака в изготовлении сложных деталей, а также подготовки предложений по предупреждению и ликвидации брака;  - навыками внесения изменений в документацию на технологические процессы изготовления сложных деталей;  - навыками исследования технологических операций изготовления сложных деталей.</p>	
--	---	--	--

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	в форме практической работы		
<b>1.</b>	<b>Введение. Цель и задачи дисциплины. Понятийный аппарат дисциплины. Анализ точности функционирования ТТС методами математической статистики.</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>4</b>		<b>1</b>	<b>6</b>	<b>Рейтинг контроль № 1</b>
1.1.	Значение дисциплины в повышении качества машиностроительной продукции. Основные понятия.		1	1	1			2	
1.2.	Анализ точности функционирования ТТС методами математической статистики.		2-4	3	3		1	4	
<b>2.</b>	<b>Анализ точности функционирования ТТС при механической обработке лезвийными режущими инструментами.</b>	<b>2</b>		<b>6</b>	<b>6</b>		<b>2</b>	<b>14</b>	<b>Рейтинг контроль № 2</b>
2.1.	Анализ точности функционирования ТТС при одноинструментной лезвийной обработке.		5-7	3	3		1	6	
2.2.	Анализ точности функционирования ТТС при многоинструментной лезвийной обработке.		8-10	3	3		1	8	
<b>3.</b>	<b>Анализ точности функционирования ТТС при абразивной обработке</b>	<b>2</b>		<b>8</b>	<b>8</b>		<b>2</b>	<b>16</b>	<b>Рейтинг контроль № 3, Отчет по СРП</b>
3.1.	Анализ точности функционирования ТТС в процессе шлифования стандартными кругами.		11-13	4	4		1	10	
3.2.	Анализ точности функционирования ТТС в процессе шлифования прогрессивными текстурированными кругами.		14-17	4	4		1	6	
Всего за 2-й семестр: 108 часов, 3 зачетные единицы				18	18			36	Экзамен (36 часов)
Итого по дисциплине				18	18			36	Экзамен (36 часов)

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

### **Введение. Цель и задачи дисциплины. Понятийный аппарат дисциплины. Анализ точности функционирования ТТС методами математической статистики.**

Значение дисциплины «Анализ точности функционирования технических и технологических систем» в повышении эффективности процессов механической обработки изделий машиностроения.

Основные понятия и определения: механическая обработка, технологическая система (ГОСТ 27004–85), техническая система (ГОСТ 27003 – 2016 и ГОСТ Р 57193.1–2016). Математическая модель технологической операции. Эффективность технической и технологической системы: надежность, экономичность, безопасность.

Входные факторы и выходные параметры технологической системы. Составляющие элементы технологической и технической системы, динамическая система, комбинированная механическая обработка. Характеристика элементов технологической и технической системы и их влияние на эффективность процессов механической обработки и сборки изделий машиностроения.

Использование методов математической статистики для анализа точности функционирования ТТС. Основные характеристики кривых распределения и определение допуска размеров партии заготовок, запущенных одновременно в производство.

### **Анализ точности функционирования ТТС при механической обработке лезвийными режущими инструментами.**

Области применения однолезвийной механической обработки в машиностроении на оборудовании с и без систем ЧПУ. Методика разработки процессов механической обработки различных изделий с использованием одного режущего инструмента, находящегося в работе. Характеристика схем обработки, определение лимитирующей операции, характеризующейся наибольшей нагрузкой на инструмент силами резания и наиболее высокой точностью размера, формы, относительного расположения поверхностей детали относительно друг друга. Методика разработки реальной схемы обработки заготовки на лимитирующей технологической операции. Методика адекватной замены реальной схемы обработки заготовки расчетной схемой.

Расчет погрешностей установки заготовки в приспособление, упругой деформации заготовки под действием силы и крутящего момента резания, расчет упругих перемещений других элементов технологической системы. Определение максимальных и минимальных упругих перемещений технологической системы, вызванных внешней нагрузкой. Расчет геометрических погрешностей обработанных поверхностей: размера, формы и взаимного расположения поверхностей. Анализ полученных результатов и оценка точности функционирования ТТС при одноинструментной лезвийной обработке.

Разработка методики определения точности функционирования ТТС при многоинструментной механической обработке заготовок одновременно несколькими работающими режущими лезвийными инструментами. Определение путей снижения точности функционирования ТТС при механической обработке заготовки одним и одновременно несколькими лезвийными режущими инструментами.

### **Анализ точности функционирования ТТС при механической обработке абразивными режущими инструментами.**

Анализ точности функционирования ТТС в процессе шлифования стандартными кругами. Причины, вызывающие появление неуравновешенности стандартного шлифовального круга при хранении и в процессе механической обработки. Виды неуравновешенности кругов и их влияние на точность функционирования технологической системы «Станок-приспособление-инструмент-заготовка».

Разработка методики определения точности функционирования ТТС при механической обработке заготовок сплошными стандартными шлифовальными кругами.

Влияние видов неуравновешенности шлифовального круга на уровень вибрации шпиндельного узла станка, расчет амплитуды вибрации и погрешностей обработки неуравновешенным кругом, имеющим главный вектор, главный момент дисбалансов.

Разработка путей снижения ожидаемых погрешностей шлифованных деталей и оценка точности функционирования ТТС при механической обработке перспективными текстурированными кругами.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

Практические занятия имеют целью закрепить знания, полученные при самостоятельном изучении магистрантами теоретической части курса. Практические занятия являются формой индивидуально-группового и практико-ориентированного обучения на основе реальных ситуаций применительно к виду и профилю профессиональной деятельности.

#### **Темы практических занятий:**

Тема 1. Анализ точности функционирования ТТС на основе построения кривых распределения, точечных и точностных диаграмм.

Обучающийся на персональном компьютере в программе «Randomize» получает случайную последовательность чисел, характеризующую изменение диаметрального или другого показателя геометрии обработанной поверхности. Пятьдесят таких чисел представляют случайную выборку из генеральной совокупности всей партии деталей. На основе методов математической статистики следует определить характеристики нормального распределения диаметральных размеров, построить полигон распределения и кривую Гаусса. На основании полученных данных надо вычислить допуск размера детали в случайной выборке и сравнить его с допуском, проставленным в чертеже детали. При превышении допуска детали в случайной выборке магистрант предлагает пути снижения разброса диаметральных размеров в выборке.

Тема 2. Анализ точности функционирования ТТС в процессе механической одноинструментной лезвийной обработки ступенчатой цилиндрической детали на токарном станке.

По заданной многоступенчатой цилиндрической детали обучающийся выбирает схему закрепления заготовки в трех кулачковом патроне, затем в центах. Составляет реальную схему обработки ступеней детали, предварительно задавшись режимом резания и значениями составляющих силы резания. Разрабатывает расчетную схему обработки детали, нанося на схему силы резания и реакции опор. Строит эпюры упругих перемещений режущего инструмента, заготовки, передней и задней бабки или передней бабки (в зависимости от схемы закрепления заготовки). Определяет максимальные и минимальные упругие перемещения технологической системы под действием приложенных сил, а затем погрешность формы детали в продольном сечении, оценивая при этом точность функционирования системы. Предлагает пути снижения погрешности формы при превышении расчетной погрешности с допускаемой.

Тема 3. Анализ точности функционирования ТТС в процессе механической многоинструментной лезвийной обработки ступенчатой цилиндрической детали на многорезцовом токарном полуавтомате.

Методика выполнения работы по теме 3 аналогична теме 2, но перед определением упругих перемещений элементов технологической системы обучающийся рассчитывает суммарные векторы сил резания со стороны продольного и поперечного суппортов многорезцового токарного станка. Упругие перемещения и угол поворота оси заготовки определяются под влиянием суммарных векторов сил резания на продольном и поперечном суппортах.

Тема 4. Анализ точности функционирования ТТС в процессе шлифования плоскостей заготовки стандартным неуравновешенным кругом.

По заданной неуравновешенности шлифовального круга, величине дисбалансов круга и частоте вращения определяется неуравновешенная центробежная сила и характер колебаний оси инструмента. По заданной жесткости шпиндельного узла плоскошлифовального станка и значениям составляющих силы резания рассчитывается амплитуда и частота колебаний шлифовального круга. Колебания наносятся на обрабатываемую заготовку при выполнении нескольких проходов круга с учетом фазового сдвига главного вектора дисбалансов на смежных проходах. Путем пространственного наложения вибрации круга на плоскость получают микро- макрогеометрию шлифованной поверхности. Максимальное расчетное значение параметра сравнивают с допуском по чертежу детали. При выходе из поля допуска параметра предлагаются пути его уменьшения.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**5.1. Текущий контроль успеваемости** (*рейтинг-контроль 1, рейтинг-контроль 2, рейтинг-контроль 3*).

### **Вопросы к рейтинг-контролю №1**

1. Что понимается под технологической системой по ГОСТ 27004–85?
2. Назовите составляющие элементы технологической системы и охарактеризуйте их.
3. Влияние жесткости и виброустойчивости элементов технологической системы на эффективность процессов механической обработки и сборки изделий машиностроения.
4. Что понимается под технической системой по ГОСТ Р 57193.1–2016?
5. Роль технологической и технической системы в обеспечении эффективности процессов механической обработки и сборки изделий в машиностроении.
6. Назовите входные факторы технологической системы, охарактеризуйте их применительно к механической обработке деталей машин.
7. На какие показатели процессов обработки и сборки изделий машиностроения влияют входные факторы?
8. Назовите выходные параметры технологической системы, охарактеризуйте их применительно к механической обработке деталей машин.
9. Эффективность технической и технологической системы: надежность, экономичность, безопасность.
10. Дайте определение динамической системе применительно к механической обработке деталей машин. Чем отличается динамическая система от технологической?
11. Что следует понимать под комбинированной механической обработкой?
12. Что следует понимать под анализом точности функционирования технической и технологической системы?
13. Какие методы математической статистики применяют для оценки точности функционирования технической и технологической системы?
14. Что представляет собой закон распределения выходного параметра процесса механической обработки и сборки изделий? Построение кривых нормального распределения.
15. Основные характеристики кривых нормального распределения и определение на их основе допуска выходного параметра технологической системы.

### **Вопросы к рейтинг-контролю №2**

1. Какими показателями характеризуется точность функционирования технологической системы при обтачивании цилиндрической заготовки?

2. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при обтачивании одним резцом цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в трех кулачковом самоцентрирующем патроне.
3. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при обтачивании одним резцом цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в центра.
4. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 3-мя резцами, установленными в продольном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в трех кулачковом самоцентрирующем патроне.
5. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 3-мя резцами, установленными в поперечном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в трех кулачковом самоцентрирующем патроне.
6. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 2-мя резцами, установленными в продольном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в центра.
7. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 2-мя резцами, установленными в поперечном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в центра.
8. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 3-мя резцами, два из которых установлены в продольном суппорте и один в поперечном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в трех кулачковом самоцентрирующем патроне.
9. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 3-мя резцами, два из которых установлены в продольном суппорте и один - в поперечном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в центра.
10. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 3-мя резцами, один из которых установлен в продольном суппорте и два резца – в поперечном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в трех кулачковом самоцентрирующем патроне.
11. Рассчитайте точность функционирования технологической системы при одновременном обтачивании 3-мя резцами, один из которых установлен в продольном суппорте и два резца – в поперечном суппорте многорезцового токарного станка, цилиндрической ступенчатой заготовки, закрепленной в центра.
12. Как обеспечивается требуемая точность функционирования ТТС в условиях крупно-серийного и массового производства?
13. Как обеспечивается требуемая точность функционирования ТТС в условиях мелкосерийного производства?
14. Какие виды погрешностей известны в математической статистике?
15. Как и какими контрольно-измерительными средствами измеряют диаметральные размеры обработанных валов в условиях единичного и массового производства?

### **Вопросы к рейтинг-контролю №3**

1. Анализ точности функционирования ТТС в процессе шлифования стандартными кругами.
2. Влияние неуравновешенности шлифовального круга на геометрию обработанных поверхностей и точность функционирования ТТС.

3. Причины, вызывающие появление неуравновешенности шлифовального круга при механической обработке.
4. Виды неуравновешенности кругов и их влияние на точность функционирования технологической системы «Станок-приспособление-инструмент-заготовка».
5. Разработка методики определения точности функционирования ТТС при механической обработке заготовок сплошными стандартными шлифовальными кругами.
6. Влияние видов неуравновешенности шлифовального круга на уровень вибрации шпиндельного узла станка.
7. Расчет амплитуды вибрации при обработке неуравновешенным кругом, имеющим главный вектор дисбалансов.
8. Расчет амплитуды вибрации при обработке неуравновешенным кругом, имеющим главный момент дисбалансов.
9. Разработка путей снижения погрешностей деталей, шлифованных стандартными кругами.
10. Оценка точности функционирования ТТС при механической обработке текстурированными шлифовальными кругами.
11. Влияние размера текстуры шлифовального круга на точность функционирования технологической системы.
12. Влияние частоты вращения неуравновешенного текстурированного шлифовального круга на точность функционирования технологической системы.
13. Применение управляемых балансирующих устройств (УБУ) для повышения точности функционирования технологической системы при шлифовании изделий машиностроения.
14. Повышение точности функционирования технологической системы при шлифовании назначением режима резания.
15. Повышение точности функционирования технологической системы при шлифовании путем использования автоматического балансирующего устройства (АБУ), встроенного в шпиндельный узел шлифовального станка. Принцип функционирования АБУ.

## **5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины**

### **Вопросы к экзамену**

1. Раскройте понятие геометрической точности детали, виды геометрических погрешностей обработанных поверхностей.
2. Влияние текстуры режущей поверхности шлифовального круга на погрешность формы обработанных деталей?
3. Рассчитать время между смежными резами сегментов сборного абразивного инструмента при известных его размерах, числе сегментов и режиме шлифования.
4. Понятия точности функционирования технической и технологической системы (ТТС). Назовите показатели точности функционирования ТТС.
5. Как обеспечить высокую точность функционирования ТТС при дискретном шлифовании деталей?
6. Выбрать характеристику дискретного шлифовального круга для обработки конструкционной стали при обеспечении среднего арифметического отклонения профиля обработанной поверхности  $R_a \leq 1,25$  мкм.
7. Раскрыть содержание понятия «Технологическая система», «Динамическая система», «Техническая система».
8. Назовите достоинства и недостатки дискретного шлифования деталей.
9. Оцените точность функционирования ТТС на основе построения кривой нормального распределения.
10. Почему машиностроители стремятся повышать точность функционирования ТТС? Какие возможности открывает высокая точность ТТС?
11. Какие виды неуравновешенностей может иметь шлифовальный круг?

12. Постройте точностную диаграмму для размера обработанных деталей, оцените точность функционирования ТТС на ее основе и изложите рекомендации по поднастройке системы на размер.
13. Как обеспечивается высокая точность функционирования ТТС в единичном и мелкосерийном производстве?
14. Причины появления дисбалансов шлифовальных кругов. Для чего проводится балансировка шлифовальных кругов?
15. Задайтесь размерам сплошного вала, определите место и массу высверливаемого материала цилиндрической детали для компенсации главного вектора дисбалансов 100 г\*см.
16. Как обеспечивается высокая точность функционирования ТТС в условиях крупносерийного и массового производства?
17. Охарактеризуйте статическую неуравновешенность ротора и чем она определяется.
18. Определите дисбаланс ротора по схеме детали, заданной преподавателем.
19. Охарактеризуйте связь между точностью обработанных деталей, их себестоимостью, ресурсом работы и эксплуатационной надежностью ТТС.
20. Как повысить точность корректировки масс быстро вращающегося режущего инструмента?
21. Рассчитайте точность функционирования ТТС при одноинструментной лезвийной обработке наружных поверхностей вращения.
22. Как обеспечивается высокая точность функционирования ТТС в сборочном производстве?
23. Опишите выбор плоскостей коррекции при компенсации моментной неуравновешенности шлифовального круга.
24. Распределите по плоскостям коррекции заданное значение главного вектора и главного момента дисбалансов шлифовального круга.
25. Какие погрешности функционирования ТТС возникают при механической обработке и сборке машин?
26. Для чего применяют управляемые балансирующие устройства?
27. Измерьте на практике среднее арифметическое отклонения профиля обработанной поверхности детали на профилометре.
28. Назовите и охарактеризуйте критерии оценки точности функционирования ТТС.
29. Опишите одну из конструктивных схем управляемого балансирующего устройства шлифовальных кругов?
30. Рассчитайте точность функционирования ТТС при одноинструментной лезвийной обработке цилиндрической поверхности.
31. Какие виды погрешностей известны в математической статистике? Охарактеризуйте их.
32. Объясните влияние главного вектора дисбалансов шлифовального инструмента на погрешность формы шлифованных поверхностей.
33. Рассчитайте погрешность формы детали при однократном плоском шлифовании инструментом, если главный вектор дисбаланса круга  $D_{ст} = 200$  г\*см, частота вращения  $n=2000$  мин<sup>-1</sup>, жесткость шпинделя  $J=15$  Н/мкм.
34. Какими параметрами оцениваются кривые распределения, как они вычисляются?
35. Объясните влияние главного момента дисбалансов на геометрическую точность шлифованных поверхностей.
36. Как определить точность корректировки масс шлифовального инструмента на балансировочных параллельных стендах.
37. Как оценить точность функционирования ТТС с использованием кривых нормального распределения?
38. Повышение точности функционирования ТТС при одноинструментной лезвийной механической обработке заготовок.

39. Рассчитайте точность функционирования ТТС в процессе одновременного точения ступенчатого вала двумя резцами.
40. Охарактеризуйте большую и малую выборку, для чего они используются и как отбираются от генеральной совокупности?
41. Предложите технические решения, направленные на повышение точности функционирования ТТС при шлифовании заготовок.
42. Определите, какой вид погрешности образовался на обработанной поверхности, если высота неровностей  $\Delta = 0,1$  мм, а их шаг  $L = 20$  мм.
43. Как оценить точность генеральной совокупности с использованием выборок?
44. Предложите технологические решения по улучшению микро- и макрогеометрии поверхностей, обработанных на токарном станке с ЧПУ.
45. Вычислите значение параметра  $R_a$  по записанной профилограмме обработанной поверхности.
46. Охарактеризуйте влияние текстуры шлифовального круга на шероховатость и волнистость обработанных поверхностей.
47. Предложите технологические решения по улучшению физико-механического состояния поверхностного слоя после шлифования текстурированным инструментом.
48. Рассчитайте погрешность формы консольно закрепленного сплошного вала после выполнения однократного прохода резцом.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающегося

Целью самостоятельной работы является развитие его способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня. Самостоятельная работа заключается в изучении содержания дисциплины по учебникам и дополнительной литературе при подготовке к сдаче отчета по практическим занятиям и экзамена по дисциплине. Рекомендации по самостоятельной работе обучающихся изложены в методических указаниях.

Темы эссе:

- анализ точности функционирования ТТС при механической обработке заготовок зенкерами, фрезами, позволяющими обрабатывать одновременно плоскую и цилиндрическую поверхности,

- анализ точности функционирования ТТС при механической обработке заготовок комбинированными шлифовальными кругами, позволяющими одновременно выполнять предварительную и окончательную обработку плоской или цилиндрической поверхности.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	Книгообеспеченность
Основная литература*		
1. Гусев В.Г. Технология плоского дискретного шлифования: Учеб. пособие / В.Г. Гусев, В.В. Морозов; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.Г. Гусева; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 344 с. – ISBN 978-5-89368-825-2.	2007	Электронный интернет-ресурс. Открытый доступ: <a href="https://search.rsl.ru/ru/record/01003494818">https://search.rsl.ru/ru/record/01003494818</a>
2. Журавлев, М. П. Исследование и испытание технологических систем: учеб. пособие / М. П. Журавлев. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 84 с. — ISBN 978-5-7996-2128-5.	2017	Электронный интернет-ресурс. Открытый доступ: <a href="https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/53037/1/978-5-7996-2128-5_2017.pdf">https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/53037/1/978-5-7996-2128-5_2017.pdf</a>
3. Фомин А.А. Оборудование и технология механической обработки отходов лесопиления: монография. М.: Машиностроение, 2013. 206 с.	2013	Электронный интернет-ресурс. Открытый доступ: <a href="https://search.rsl.ru/ru/record/01006572814">https://search.rsl.ru/ru/record/01006572814</a>
Дополнительная литература		
4. Морозов А. В., Гусев В. Г. Лабораторный практикум по дисциплинам «Прогрессивные конструкции абразивного инструмента» и «Современные процессы абразивной обработки». – Владимир: изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. - 84 с. – ISBN 978-89368-985-3.	2009	Электронный интернет-ресурс. Открытый доступ: <a href="https://docplayer.com/67377686-Laboratornyy-praktikum-po-disciplinam-progressivnye-konstrukcii-abrazivnogo-instrumenta-i-sovremennye-processy-abrazivnoy-obrabotki.html">https://docplayer.com/67377686-Laboratornyy-praktikum-po-disciplinam-progressivnye-konstrukcii-abrazivnogo-instrumenta-i-sovremennye-processy-abrazivnoy-obrabotki.html</a>

### 6.2. Периодические издания

Вестник машиностроения: научно-технический и производственный журнал. – Москва: Машиностроение.

### 6.3. Интернет-ресурсы

<https://search.rsl.ru/ru/record/01008502622>

<http://ЧПУ-станки.pф>

[http://icvt.tu-bryansk.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=37&Itemid=23](http://icvt.tu-bryansk.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=23)

<http://www.cad.dp.ua/> <http://www.siemens.com/>

<http://www.fms3000.ru/> <http://www.heidenhain.com/>

<http://www.fanuc.com/> <http://www.eg.dmg.com/>

<http://www.gost.ru/> <http://www.estanok.ru/>

<http://www.power-nn2.ru/> <http://www.bsystem.ru/>

<http://www.vgraphics.ru/> <http://cncexpert.ru/cnc.htm>

### Учебно-методические издания

1. Морозов А.В., Гусев В.Г. Лабораторный практикум по дисциплинам «Прогрессивные конструкции абразивного инструмента» и «Современные процессы абразивной обработки». – Владимир: изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. - 84 с. – ISBN 978-89368-985-3.

2. Гусев В.Г. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Анализ точности функционирования технических и технологических систем» для студентов направления 15.04.05 [Электронный ресурс] / сост. Гусев В.Г.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2022. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru>

3. Гусев В.Г. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Анализ точности функционирования технических и технологических систем» для студентов направления 15.04.05 [Электронный ресурс] / сост. Гусев В.Г.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2022. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] - Режим доступа: Образовательная программа 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=4569>

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения лекций, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также самостоятельной работы. Лабораторные работы проводятся в аудиториях, оснащенных современным многофункциональным оборудованием с ЧПУ. Для изучения дисциплины «Системы числового программного управления» используются следующие реальные модели современного оборудования с ЧПУ и другие технические средства:

- многофункциональный токарный станок с ЧПУ модели TURN-155;
- фрезерный станок с ЧПУ модели HAAS;
- обрабатывающий центр Qwazer с ЧПУ;
- системы числового ЧПУ, используемые для работы указанных станков;
- измерительные инструменты и контрольные устройства;
- мультимедийные средства;
- текстурированные шлифовальные инструменты.

## **8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОВЗ**

### **8.1. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## 8.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ОВЗ

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видео-техникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видео увеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 8.3. Требования к фонду оценочных средств для лиц с ОВЗ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице 1.

Таблица 1 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные лабораторные работы, вопросы к зачету/экзамену, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные лабораторные, самостоятельные работы, вопросы к зачету/экзамену, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

## 8.4. Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы.

Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.



Рабочую программу составил А.Т.И., профессор Гусев В.Р.  
(ФИО, должность, подпись)

Рецензент (представитель работодателя):  
Главный инженер ООО «КИТ»

Степенькин А.В.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения»  
Протокол № 1 от 31.08.2022 года  
Заведующий кафедрой А.Т.И., профессор Морозов В.В.  
(ФИО, должность, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 15.04.05 «Конструкторско-  
технологическое обеспечение машиностроительных производств»  
Протокол № 1 от 31.08.2022 года  
Председатель комиссии А.Т.И., профессор Морозов В.В.  
(ФИО, должность, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_