

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(подпись) Суслин А. В.
ФИО

«31» 05 2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВИБРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление/специальность подготовки	15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
Специализация/профиль/программа подготовки	Технология машиностроения
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	5	180	52	13	13	26	128	0	0	128	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

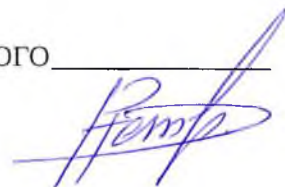
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

год набора группы: 2022

Программу составил:

Кафедра **Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО**
ВООРУЖЕНИЯ

Петров Владимир Маркович, д.т.н., профессор

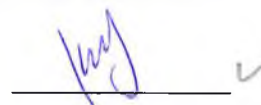


Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО**
ВООРУЖЕНИЯ

Заведующий кафедрой Иванов К.М., д.т.н., проф.

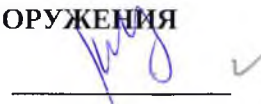


Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ

Заведующий кафедрой Иванов К.М., д.т.н., проф.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВИБРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.17 — способность проводить индивидуальные испытания простого технологического оборудования механосборочного производства
ПСК-1.18 — способность осуществлять методическое обеспечение эксплуатации простого технологического оборудования механосборочного производства

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.17

знания:

- принципов работы, технических характеристик, конструктивных особенностей простого технологического оборудования механосборочного производства;
- методики стандартных испытаний простого технологического оборудования механосборочного производства;
- основ метрологии;
- прикладных компьютерных программ для расчетов: наименования, возможности и порядок работы в них;
- стандартов на простое технологическое оборудование механосборочного производства;
- основ технологии машиностроения;
- нормативно-технических, справочных и руководящих документов по организации технического диагностирования простого технологического оборудования механосборочного производства;

умения:

- выбирать методы и средства технического диагностирования простого технологического оборудования механосборочного производства;
- выбирать технологическую оснастку, необходимую для технического диагностирования простого технологического оборудования механосборочного производства и его отдельных механизмов и систем;
- выбирать контрольно-измерительные приборы и инструменты, необходимые для технического диагностирования простого технологического оборудования механосборочного производства;
- контролировать техническое состояние простого технологического оборудования механосборочного производства и его отдельных механизмов и систем;
- выявлять неисправности простого технологического оборудования механосборочного производства и его механизмов и систем; определять причины их возникновения;
- участвовать в проверке простого технологического оборудования на точность;
- использовать типовые методы контроля технического состояния простого технологического оборудования механосборочного производства и его отдельных механизмов и систем;
- использовать контрольно-измерительные приборы для контроля технического состояния простого технологического оборудования механосборочного производства и его отдельных механизмов и систем;
- использовать прикладные компьютерные программы для обработки результатов измерения параметров простого технологического оборудования механосборочного производства и его отдельных механизмов и систем;
- выбирать методы и средства контроля точности простого технологического оборудования механосборочного производства. Использовать стандартные методики испытаний для проверки простого технологического оборудования механосборочного производства на точность;

навыки:

- анализа конструкции простого технологического оборудования механосборочного производства, его механизмов и систем с целью выявления его конструктивных особенностей и специфики эксплуатации;
- технического диагностирования простого оборудования механосборочного производства;
- проверки простого технологического оборудования механосборочного производства на точность;
- составления отчетов о результатах проверок простого технологического оборудования механосборочного производства.

ПСК-1.18

знания:

- требования к структуре, содержанию и оформлению эксплуатационной документации на технологическое оборудование механосборочного производства;
- текстовых редакторов (процессоров): наименования, возможности и порядок работы в них;

- нормативно-технических и руководящих документов по оформлению конструкторской и технологической документации;

- нормативно-технических и руководящих документов по оформлению конструкторской и технологической документации;

умения:

- использовать текстовые редакторы (процессоры) для разработки и редактирования эксплуатационной документации на простое технологическое оборудование механосборочного производства;

- использовать прикладные компьютерные программы для контроля процесса и оценки результатов инструктирования;

навыки:

- разработки эксплуатационной документации на простое технологическое оборудование механосборочного производства.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ВИБРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА, ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ, СТАНОЧНЫЙ ПРАКТИКУМ, ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ, РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, РЕЗАНИЕ МАТЕРИАЛОВ, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ, ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПАРО, КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-10 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ОПК-2 — Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений
- ОПК-3 — Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование
- ОПК-5 — Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
- ОПК-7 — Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
- ОПК-8 — Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа
- ОПК-9 — Способен участвовать в разработке проектов изделий машиностроения
- ПСК-1.01 — Способен осуществлять обеспечение технологичности конструкции деталей машиностроения средней сложности
- ПСК-1.02 — Способен осуществлять выбор заготовок для производства деталей машиностроения средней сложности
- ПСК-1.03 — Способен разрабатывать технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности
- ПСК-1.04 — Способен контролировать технологические процессы производства деталей машиностроения средней сложности и управление ими
- ПСК-1.05 — Способен проектировать простые станочные приспособления с ручным приводом
- ПСК-1.07 — Способен проектировать универсально-сборные приспособление
- ПСК-1.13 — Способен определять потребность производственного участка в инструментах и инструментальных приспособлениях
- ПСК-1.17 — Способен проводить индивидуальные испытания простого технологического оборудования механосборочного производства
- ПСК-1.18 — Способен осуществлять методическое обеспечение эксплуатации простого технологического оборудования механосборочного производства
- УК-1 — Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.17	ПСК-1.18
4	8	Раздел 1. Основы теории механических колебаний (вибрации) при обработке на металлорежущих станках. Термины и определения основных понятий, характеризующих механические колебания упруго-динамических систем (ГОСТ 24346-80); рабочие и колебательные движения в технологической системе (ТС) обработки резанием; влияние вибрации (В) на процесс резания и результаты обработки; источники возбуждения В и восстанавливающие силы; виды В и формы исходного уравнения для их описания. Физическая природа автоколебаний и условия резонанса; связь вынужденных колебаний и автоколебаний; основы теории стабильности при резании; способы снижения интенсивности автоколебаний.	40	10	4	0	6	30	15	15
4	8	Раздел 2. Динамические деформации элементов технологической системы (ТС) и их влияние на производительность и точность обработки. Динамическая характеристика ТС: масса, частота собственных колебаний, демпфирующая способность, вибростойкость. Динамические деформации элементов ТС, коэффициент динамичности. Характер колебаний сил резания, параметры импульса силы и их воздействие на ТС при резании лезвийными инструментами.	37	11	2	3	6	26	15	20
4	8	Раздел 3. Погрешности, дефекты и опасные факторы, вызываемые вибрацией, и пассивные способы их уменьшения. Источники возникновения вынужденных колебаний при резании: циклический характер стружкообразования и срыва нароста, дробление стружки по длине, неравномерность срезаемого припуска, дисбаланс вращающейся заготовки и др. Способы предотвращения: скоростное резание с отсутствием наростообразования, исключение резонанса, устранение других причин, вызывающих колебания силы резания. Интенсивность вибрации как фактор ограничения производительности; граничные значения амплитуды колебаний при черновом и чистовом точении, при сверлении, в том числе глубоком; влияние параметров вибрации на форму поперечного сечения, волнистость и шероховатость поверхности; влияние вибрации на стойкость инструмента при точении, растачивании, фрезеровании и сверлении; усталостное разрушение лезвия при вибрации инструмента.	41	15	3	6	6	26	20	20
4	8	Раздел 4. Активные способы борьбы с вибрацией. Виброгасители к токарным, фрезерным и сверлильным станкам. Классификация, принципы действия, место размещения и примеры конструкций виброгасителей для токарных, фрезерных и осевых режущих инструментов; средства виброизоляции станков.	36	10	2	4	4	26	25	25
4	8	Раздел 5. Методики испытаний ТС на жесткость, вибростойкость и точность. Методика стандартных испытаний станков на жесткость и точность. Технические средства проведения испытаний. Методика стандартных испытаний режущих инструментов на вибростойкость.	26	6	2	0	4	20	25	20
Всего за 8 семестр			180	52	13	13	26	128	100	100
Всего по дисциплине			180	52	13	13	26	128	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Основы теории механических колебаний (вибрации) при обработке на металлорежущих станках.	Анализ уравнения механических колебаний (свободных и вынужденных) с расчетом частоты и амплитуды динамических деформаций элементов ТС при продольном точении (или растачивании отверстия).	2
2		Расчет частоты собственных колебаний элементов станка.	2
3		Определение условий предотвращения резонанса при вынужденных поперечных колебаниях балки на двух концевых опорах.	2
4	Раздел 2. Динамические деформации элементов технологической системы (ТС) и	Расчет статических и динамических деформаций ТС при точении валов и растачивании отверстий.	2

5	их влияние на производительность и точность обработки.	Расчет статических и динамических деформаций ТС при фрезеровании.	2
6		Расчет статических и динамических деформаций ТС при сверлении.	2
7	Раздел 3. Погрешности, дефекты и опасные факторы, вызываемые вибрацией, и пассивные способы их уменьшения.	Оценка влияния амплитуды колебаний на шероховатость поверхности.	2
8		Оценка влияния амплитуды колебаний на износ инструмента.	2
9		Оценка влияния амплитуды колебаний на стойкость инструмента.	2
10	Раздел 4. Активные способы борьбы с вибрацией. Виброгасители к токарным, фрезерным и сверлильным станкам.	Расчет параметров виброгасителей для токарных станков.	2
11		Расчет параметров виброгасителей для сверлильных станков.	2
12	Раздел 5. Методики испытаний ТС на жесткость, вибростойкость и точность.	Оценка влияния элементов режимов резания на интенсивность вибрации при испытаниях станка на точность обработки.	2
13		Выбор "безвибрационных" режимов резания и разработка рекомендаций по корректировке наладки станка.	2
Всего за 8 семестр			26

3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Динамические деформации элементов технологической системы (ТС) и их влияние на производительность и точность обработки.	Исследование влияния угла в плане на интенсивность вибрации при точении.	3
2	Раздел 3. Погрешности, дефекты и опасные факторы, вызываемые вибрацией, и пассивные способы их уменьшения.	Исследование влияния интенсивности вибрации на шероховатость обработанной поверхности.	3
3		Образование погрешности формы обработанной поверхности при точении вала с переменным припуском.	3
4	Раздел 4. Активные способы борьбы с вибрацией. Виброгасители к токарным, фрезерным и сверлильным станкам.	Исследование эффективности фрикционного виброгасителя.	4
Всего за 8 семестр			13

3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Основы теории механических колебаний (вибрации) при обработке на металлорежущих станках.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	30
2	Раздел 2. Динамические деформации элементов технологической системы (ТС) и их влияние на производительность и точность обработки.	Выполнение, оформление и сдача домашних заданий.	14
3		Подготовка к лекциям, практическим занятиям и лабораторной работе: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	6
4		Оформление отчета по лабораторной работе.	6
5		Подготовка к лекциям, практическим занятиям и лабораторной работе.	6

	факторы, вызываемые вибрацией, и пассивные способы их уменьшения.	занятиям и лабораторным работам: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	
6		Выполнение, оформление и сдача домашних заданий.	12
7		Оформление отчета по лабораторным работам.	8
8	Раздел 4. Активные способы борьбы с вибрацией. Виброгасители к токарным, фрезерным и сверлильным станкам.	Оформление отчета по лабораторной работе.	6
9		Подготовка к лекциям, практическим занятиям и лабораторной работе: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	20
10	Раздел 5. Методики испытаний ТС на жесткость, вибростойкость и точность.	Подготовка к лекциям и практическим занятиям: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	20
Всего за 8 семестр			128

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
8				Отч. по ЛР	ДЗ	ДР	Отч. по ЛР	ДЗ	ДЗ, Отч. по ЛР	ДР	ДЗ	Отч. по ЛР	Вопр.Диф.Зач	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- ДЗ – домашнее задание;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Маталин. . Технология машиностроения. СПб.: Лань, 2020, эл. рес.
2. В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства. СПб.: Лань, 2012, 10 экз.
3. В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства. Санкт-Петербург: Лань, 2022, эл. рес.
4. Г. Т. Алдошин. . Теория линейных и нелинейных колебаний. СПб.: Лань, 2013, 49 экз.
5. И. Г. Жарков. . Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986, 9 экз.
6. И. Г. Жарков. . Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986, эл. рес.
7. Ю. И. Кижняев. . Вибрации технологических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
8. Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации при точении и глубоком сверлении. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, эл. рес.
9. Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации при точении и глубоком сверлении. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 36 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
4. <http://e.lanbook.com/>.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся.

6.3. Лабораторные занятия:

1. Токарные металлорежущие станки;
2. Фрезерные металлорежущие станки;
3. Сверлильные металлорежущие станки;
4. Сверлильные металлорежущие станки глубокого сверления.

6.4. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ВИБРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств**. Дисциплина реализуется на факультете **Е Оружие и системы вооружения БГТУ "ВОЕНМЕХ"** им. Д.Ф. Устинова кафедрой **Е2 ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.17 способность проводить индивидуальные испытания простого технологического оборудования механосборочного производства;

ПСК-1.18 способность осуществлять методическое обеспечение эксплуатации простого технологического оборудования механосборочного производства.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с обеспечением надежности технологических процессов обработки резанием за счет применения пассивных и активных способов предотвращения вибрации в технологической системе.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по ЛР;
- домашнее задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 з.е., **180 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**13 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), лабораторный практикум (**13 ч.**), самостоятельная работа студента (**128 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 ч., из них 52 ч. аудиторных занятий, и 128 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Основы теории механических колебаний (вибрации) при обработке на металлорежущих станках.		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	Г. Т. Алдошин. . Теория линейных и нелинейных колебаний: СПб.: Лань, 2013 (с. 6...13, 51...69, 240...250) Ю. И. Кижняев. . Вибрации технологических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 1... 72) И. Г. Жарков. . Вибрации при обработке лезвийным инструментом: Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986 (гл.4, с.104-121) И. Г. Жарков. . Вибрации при обработке лезвийным инструментом: Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986 (гл.4, с.104-121)	30
Итого по разделу 1		30
Раздел 2. Динамические деформации элементов технологической системы (ТС) и их влияние на производительность и точность обработки.		
Выполнение, оформление и сдача домашних заданий.	Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации при точении и глубоком сверлении: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (с. 29...32)	14
Подготовка к лекциям, практическим занятиям и лабораторной работе: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	Ю. И. Кижняев. . Вибрации технологических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 1... 72) Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации при точении и глубоком сверлении: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (с. 29...32) В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства: СПб.: Лань, 2012 (гл. 5, п. 5.6, с.98...100)	6
Оформление отчета по лабораторной работе.	В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (гл. 5, п. 5.6, с.98...100)	6
Итого по разделу 2		26
Раздел 3. Погрешности, дефекты и опасные факторы, вызываемые вибрацией, и пассивные способы их уменьшения.		
Подготовка к лекциям, практическим занятиям и	Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации	6

лабораторным работам: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	при точении и глубоком сверлении: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (с. 8...10, 24...29)	
Выполнение, оформление и сдача домашних заданий.	И. Г. Жарков. . Вибрации при обработке лезвийным инструментом: Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986 (ч. 1, гл. 2, с. 17...35)	12
Оформление отчета по лабораторным работам.	И. Г. Жарков. . Вибрации при обработке лезвийным инструментом: Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986 (ч. 1, гл. 2, с. 17...35) В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (гл. 5, п. 5.6, с.98...100) Ю. И. Кижняев. . Вибрации технологических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 1...72) Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации при точении и глубоком сверлении: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (с. 8...10, 24...29) В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства: СПб.: Лань, 2012 (гл. 5, п. 5.6, с.98...100)	8
Итого по разделу 3		26
Раздел 4. Активные способы борьбы с вибрацией. Виброгасители к токарным, фрезерным и сверлильным станкам.		
Оформление отчета по лабораторной работе.	Ю. И. Кижняев. . Вибрации технологических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 1...72) Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации при точении и глубоком сверлении: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (с. 33...39)	6
Подготовка к лекциям, практическим занятиям и лабораторной работе: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	Ю. И. Кижняев, Б. А. Немцев, П. Д. Яковлев. . Экспериментальное изучение явлений вибрации при точении и глубоком сверлении: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (с. 33...39) В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства: Санкт-Петербург: Лань, 2022 (гл. 5, п. 5.6 с. 98...100) Г. Т. Алдошин. . Теория линейных и нелинейных колебаний: СПб.: Лань, 2013 (часть 1, гл. 4, п. 4.7, 4.8, с.93...102) В. А. Тимирязев, В. П. Вороненко, А. Г. Схиртладзе. . Основы технологии машиностроительного производства: СПб.: Лань, 2012 (гл. 5, п. 5.6 с. 98...100)	20
Итого по разделу 4		26
Раздел 5. Методики испытаний ТС на жесткость, вибростойкость и точность.		
Подготовка к лекциям и практическим занятиям: изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе.	Г. Т. Алдошин. . Теория линейных и нелинейных колебаний: СПб.: Лань, 2013 (часть 1, гл. 4, п. 4.6, 4.7 с. 93...102) А. А. Маталин. . Технология машиностроения: СПб.: Лань, 2020 (гл.4, с. 106...126)	20
Итого по разделу 5		20

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание;
- отчет по ЛР;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы к дифференцированному зачету

1. Общие сведения о вибрации: основные понятия и ключевые слова. Влияние вибрации на показатели процессов обработки резанием. Механизм вибрации при резании.
2. Характеристика видов вибраций и условия их возникновения в технологических системах. Уравнения для описания вибраций и их параметров.
3. Статическая характеристика технологических систем: жесткость и упругие деформации элементов, эллипс жесткости. Зоны устойчивого и неустойчивого резания.
4. Динамическая характеристика технологической системы и условия потери устойчивости процесса резания. Моделирование взаимосвязи рабочих процессов с упругой системой. Факторы, возбуждающие и демпфирующие колебания.
5. Источники возбуждения колебаний в технологической системе. Условия возникновения динамических деформаций. Импульсный характер изменения сил резания и параметры импульсов. Влияние различных факторов на динамические деформации элементов системы.
6. Причины возникновения вынужденных колебаний, обусловленных особенностями стружкообразования. Результаты исследования циклического стружкообразования.
7. Причины и условия возникновения автоколебаний. Исследования А.И. Каширина с использованием модели Ван-Дер-Поля для обоснования источника возникновения автоколебаний — падающей характеристики «сила трения – скорость».
8. Исследования А.П. Соколовского. Обоснование причины автоколебаний неоднозначным (неодинаковым) изменением силы резания вследствие изменения толщины среза (подачи) при врезании и отходе.
9. Исследования В.А. Кудинова и И. Тлусты на основе модели относительного движения инструмента и заготовки Н.С. Амосова и координатной связи перемещений упругой системы с процессом резания. Изменение глубины резания при перемещении вершины резца по эллипсу как фактор возбуждения и поддержания автоколебаний.
10. Исследования В.Н. Подураева. Особенности и модель автоколебаний. Условия возникновения и механизмы действия, вызывающие неоднозначное изменение силы резания и отставание по фазе изменения силы от виброперемещения.
11. Основные параметры автоколебаний. Экспериментальная проверка гипотез автоколебаний. Причины запаздывания и его связь с усадкой стружки. Обобщение результатов исследований.
12. Исследования автоколебаний зарубежными авторами. Характеристика «сила – скорость» (уравнение Арнольда). Фазовые соотношения. Влияние изменения толщины среза на силу резания. Изменение угла сдвига при вибрации.
13. Современные представления о причинах автоколебаний. Источники автоколебаний в металлорежущих станках. Факторы, влияющие на интенсивность вибрации. Доминирующие колебательные системы станков. Причины автоколебаний.
14. Автоколебания при изменении сил трения. Условия возникновения и уравнение фрикционных колебаний и их виды. Критерий устойчивости системы к фрикционным колебаниям.
15. Физическая природа автоколебаний при резании металлов. Образование циклических стружек как следствие двух фаз деформации - сдвига и сжатия. Наличие в стружке участков с разной твердостью. Устойчивые и неустойчивые автоколебания и источник возникновения последних. Пути повышения

работоспособности инструмента.

16. Взаимосвязь автоколебаний и вынужденных колебаний. Фрикционная модель автоколебаний с демпфером сухого трения. Уравнение движения, условия существования и отсутствия автоколебаний. Результаты анализа модели.

17. Влияние вибрации на точность обработки (точность формы, волнистость поверхности, шероховатость), стойкость инструмента и производительность.

18. Влияние технологических факторов на интенсивность вибрации: глубины резания, скорости резания, подачи и геометрических параметров инструментов (при точении и растачивании).

19. Влияние технологических факторов на интенсивность вибрации при фрезеровании и сверлении. Зоны устойчивого резания.

20. Выбор режимов резания исходя из обеспечения допустимого уровня колебаний.

21. Способы и средства борьбы с вибрациями. Устранение вынужденных колебаний от внешних источников и обусловленных процессом резания.

22. Технологические способы снижения интенсивности автоколебаний.

23. Способы снижения автоколебаний оптимизацией геометрических параметров инструмента.

24. Способы уменьшения интенсивности фрикционных автоколебаний.

25. Классификация виброгасителей. Виброгасители, применяемые при точении и растачивании.

26. Виброгасители, применяемые при фрезеровании.

27. Виброгасители для осевых инструментов (сверл, зенкеров, разверток).

28. Динамические и фрикционно-динамические виброгасители.

29. Основы теорий стабильности технологических систем при резании.

30. Структурная теория устойчивости процесса резания. Структуры силовых полей.

31. Вибрации при глубоком сверлении и растачивании.

32. Виброгасители для глубокого сверления.

Домашнее задание

Темы домашних заданий:

1. Расчет статических и динамических деформаций вала при точении: 1 - в патроне; 2 - в центрах; 3 - в патроне и в центре задней бабки; 4 - в патроне и в неподвижном люнете (4 варианта с варьированием диаметра, длины вала и режимов резания).

2. Расчет статических и динамических деформаций оправки при растачивании отверстий резного диаметра и длины на разных режимах резания (5 вариантов).

3. Расчет статических и динамических деформаций шпинделя при фрезеровании на вертикально-фрезерном станке торцевой фрезой (5 вариантов) и концевой фрезой (5 вариантов).

4. Расчет статических и динамических деформаций оправки горизонтально-фрезерного станка при фрезеровании дисковой и цилиндрической фрезами (10 вариантов).

5. Оценка влияния амплитуды колебаний сверла на стойкость и ресурс работы инструмента (5 вариантов).

Домашнее задание должно содержать описание поставленной задачи и результаты ее решения с определением характеристик вибрации, а также предложения по снижению интенсивности колебаний выбором оптимальных технологических параметров.

Критерии оценивания:

- наличие анализа факторов, влияющих на параметры процесса;
- выбор метода оценки интенсивности колебаний и подтверждающих расчетов;
- результаты оценки параметров вибрации в виде таблицы и графиков;
- применение при необходимости виброгасителя с выбором его типа и места установки.
- оформление графических материалов и пояснительной записки в соответствии с требованиями действующих стандартов.

Основаниями для доработки являются:

- небрежное оформление;
- ошибки в оформлении и расчетах, низкое качество графического материала.

Защита домашнего задания предусматривает краткий доклад студента и ответы на вопросы, связанные с порядком выполнения задания и темами учебной дисциплины, охваченными практическим заданием. Если все требования к выполнению домашнего задания, оформлению комплекта технологических документов и защите выполнены, то ставится оценка «сдано». Во всех других случаях ставится оценка «не сдано».

Основанием для оценки «не сдано» индивидуального практического задания к защите могут быть:

- неполное или неверное выполнение домашнего задания;
- отсутствие предусмотренных заданием графических материалов или несоответствие их ГОСТ.

Отчет по ЛР

Допуск к выполнению ЛР происходит в форме тестирования (список из 10 тестовых вопросов выдается на занятии, время на ответ – 10 минут). Баллы начисляются в зависимости от количества правильных ответов:

- от 5 до 7 правильных ответов – 3 балла (min),
- более 7 правильных ответов – 5 баллов (max).

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном по лабораторной работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает максимальное количество баллов.

Основаниями для снижения количества баллов в диапазоне от max до min являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов измерений,
- ошибки в расчетах.

Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

При проведении дифференцированного зачета студент получает билет с тремя вопросами.

Оценка по дифференцированному зачету определяется на основе пятибалльной системы оценок по результатам ответов на теоретические вопросы:

Оценка «отлично», «зачтено»

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «хорошо», «зачтено»

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «удовлетворительно», «зачтено»

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;

- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «неудовлетворительно», «не зачтено»

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме				Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.17	ПСК-1.18	
4	8	Раздел 1. Основы теории механических колебаний (вибрации) при обработке на металлорежущих станках.	40	10	4	0	6	30	15	15	Вопросы к дифференцированному зачету
4	8	Раздел 2. Динамические деформации элементов технологической системы (ТС) и их влияние на производительность и точность обработки.	37	11	2	3	6	26	15	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Домашнее задание, Отчет по ЛР
4	8	Раздел 3. Погрешности, дефекты и опасные факторы, вызываемые вибрацией, и пассивные способы их уменьшения.	41	15	3	6	6	26	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР, Домашнее задание
4	8	Раздел 4. Активные способы борьбы с вибрацией. Виброгасители к токарным, фрезерным и сверлильным станкам.	36	10	2	4	4	26	25	25	Вопросы к дифференцированному зачету, Отчет по ЛР
4	8	Раздел 5. Методики испытаний ТС на жесткость, вибростойкость и точность.	26	6	2	0	4	20	25	20	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 8 семестр			180	52	13	13	26	128	100	100	
Всего по дисциплине			180	52	13	13	26	128	100	100	