

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Самолетостроения и эксплуатации авиационной техники  
(104)»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №9 от 18 мая 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА»**

---

Специальность: 24.05.07 Самолето-и вертолетостроение

---

Самолетостроение

---

Квалификация: Инженер

---

Форма обучения: очная

---

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Мироненко Владимир  
Витальевич  
Дата подписания: 17.06.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Подрез Никодим  
Владимирович  
Дата подписания: 18.06.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Распопина Вера  
Борисовна  
Дата подписания: 17.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.



**1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

**1.1 Дисциплина «Технологическая оснастка» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения**

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-6 Способность и готовность к разработке средств технологического оснащения производства и мест их размещения	ПК-6.1, ПК-6.4

**1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы**

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-6.1	Способен анализировать объекты технологической системы производства в их комплексной взаимосвязи, определяющей рациональный выбор средств технологического оснащения и условия их размещения в технологической производственной цепи	<p><b>Знать</b> Методы и критерии системного анализа технологических производственных цепочек заготовительно-штамповочного производства (ЗШП), включая взаимосвязи между операциями (резка, развёртка, формообразование, калибровка), влияющие на выбор типа оснастки (штампы, приспособления, эластичные среды), а также принципы компоновки оборудования и оснастки в производственных линиях с учётом грузопотоков, такта выпуска и требований комплексной автоматизации.</p> <p><b>Уметь</b> Анализировать технологическую систему в целом, выявлять узкие места и определять рациональные варианты оснастки для заданной номенклатуры деталей, учитывая их геометрию, материал, серийность выпуска и существующие ограничения (энергетические, габаритные, экономические); обосновывать условия размещения оснастки (расположение на прессе, организация транспортных потоков) с целью минимизации вспомогательного времени и повышения производительности.</p> <p><b>Владеть</b> Методами структурно-функционального анализа производственных цепей, навыками</p>

		<p>построения технологических схем с указанием мест установки оснастки, а также приёмами оценки эффективности различных вариантов оснастки в рамках единой производственной системы (в том числе с использованием имитационного моделирования или методик расчёта загрузки оборудования).</p>
ПК-6.4	<p>Способен выполнять конструкторское и технологическое проектирование и инженерный анализ средств технологического оснащения производства с учетом требований комплексной автоматизации выполнения технологических процессов</p>	<p><b>Знать</b> Современные методы конструкторского и технологического проектирования штамповой оснастки (включая разработку рабочих чертежей, выбор материалов и термообработки), принципы проведения инженерного анализа (прочность, жёсткость, износостойкость) с использованием МКЭ, а также требования комплексной автоматизации, предполагающие интеграцию CAD/CAE-систем, автоматизированную передачу данных и возможность быстрой переналадки оснастки при смене номенклатуры.</p> <p><b>Уметь</b> Разрабатывать конструкцию оснастки (пуансон, матрица, прижим, эластичные элементы) на основе результатов моделирования в RAM-STAMP 2G, выполнять проверочные прочностные расчёты при статических и динамических нагрузках, проводить оптимизацию формы оснастки по массовым и прочностным критериям, а также использовать средства автоматизации для переноса скорректированной геометрии из CAE в CAD-систему с целью изготовления.</p> <p><b>Владеть</b> Навыками работы с программным комплексом RAM-STAMP 2G (построение конечно-элементных моделей, задание материалов и граничных условий, постобработка результатов), методами компенсации пружинения и</p>

		топологической/параметрической оптимизации оснастки, а также приёмами оформления конструкторской документации в соответствии с ЕСКД и требованиями цифрового производства.
--	--	--

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Технологическая оснастка» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Информационные технологии», «Математика», «Инженерная графика», «Введение в профессиональную деятельность», «Конструкторское и технологическое проектирование», «Инженерная графика в самолетостроении», «Сопротивление материалов», «Моделирование систем и процессов», «Технология производства самолета (вертолета)», «Прочность конструкций», «Материаловедение»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Автоматизация разработки технологических процессов и оснастки для заготовительно-штамповочного производства», «Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологических процессов», «Конструирование самолетов»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 7 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)		
	Всего	Семестр № 9	Семестр № 10
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144
Аудиторные занятия, в том числе:	112	48	64
лекции	64	32	32
лабораторные работы	48	16	32
практические/семинарские занятия	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	140	60	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет с оценкой, Зачет, Курсовая работа	Зачет с оценкой	Зачет, Курсовая работа

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

## Семестр № 9

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Лекция 1.1	1	4					2	5	Тест
2	Лекция 1.2	2	4	1	4			2	5	Тест
3	Лекция 1.3	3	4	3	4			2	5	Тест
4	Лекция 1.4	4	4	4	4			2	5	Тест
5	Лекция 1.5	5	4					2	5	Тест
6	Лекция 1.6	6	4					2	5	Тест
7	Лекция 1.7	7	4	2	4			2	5	Тест
8	Лекция 1.8	8	4					1, 2	25	Тест
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		32		16				60	

## Семестр № 10

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Лекция 2.1	1	4	1	8			2	5	Тест
1	Лекция 2.2	2	4					2	5	Тест
2	Лекция 2.3	3	4					2	5	Тест
3	Лекция 2.4	4	4	3	8			2	5	Тест
4	Лекция 2.5	5	4					2	5	Тест
5	Лекция 2.6	6	4	2	8			2	5	Тест
6	Лекция 2.7	7	4					2	5	Тест
7	Лекция 2.8	8	4	4	8			1, 2	45	Тест
	Промежуточная аттестация									Зачет, Курсовая работа
	Всего		32		32				80	

### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

#### Семестр № 9

№	Тема	Краткое содержание
1	Лекция 1.1	Место ЗПП в производственной цепочке самолето- и вертолетостроения. Классификация оснастки: штампы, приспособления, калибры, пресс-формы. Требования к оснастке для листовых деталей летательных аппаратов. Влияние качества оснастки на точность, массу и ресурс конструкции. Обзор цифрового проектирования оснастки (CAD/CAE). Упоминание конечно-элементного анализа (МКЭ) как инструмента виртуальной отработки оснастки.
2	Лекция 1.2	Напряженно-деформированное состояние (НДС) при листовой штамповке. Зоны растяжения, сжатия, сдвига. Упругие и пластические

		деформации. Предел текучести, предел прочности, модуль упругости. Особенности деформирования алюминиевых и титановых сплавов, применяемых в авиации. Связь свойств материала с выбором схемы формообразования и конструкции оснастки. Упоминание лабораторных работ по моделированию развертки и формообразования.
3	Лекция 1.3	Обзор основных операций: гибка, гибка с растяжением, вытяжка, обтяжка, раздача, обжим, формовка. Особенности каждой операции с точки зрения требований к оснастке. Выбор технологической схемы в зависимости от геометрии детали и материала. Эластоформование (штамповка эластичной средой) как способ снижения жесткости требований к оснастке. Упоминание лабораторных работ по эластоформованию и вытяжке в жестких штампах.
4	Лекция 1.4	Типовые конструкции штампов для листовой штамповки. Пуансон, матрица, прижим, съёмник, направляющие элементы. Материалы оснастки: стали, чугуны, полимеры. Требования к жесткости, износостойкости, точности изготовления. Влияние конструкции оснастки на распределение деформаций в заготовке. Способы крепления и базирования оснастки на прессовом оборудовании.
5	Лекция 1.5	Метод конечных элементов как основа современного инженерного анализа. Постановка задачи: геометрия, материал, граничные условия, нагрузка. Выбор типа конечных элементов (оболочечные, объемные). Понятие сходимости решения, влияние размера сетки. Обзор программных комплексов для моделирования штамповки (PAM-STAMP 2G, AutoForm, DynaForm). Место МКЭ в жизненном цикле оснастки — от эскиза до эксплуатации. Упоминание лабораторных работ в PAM-STAMP 2G
6	Лекция 1.6	Задача определения исходной заготовки (развертки) для детали сложной формы. Методы развертки: геометрические, на основе МКЭ (Inverse approach). Учет анизотропии материала и технологических ограничений. Влияние точности развертки на качество детали и нагрузку на оснастку. Автоматизация построения развертки в CAD/CAE-системах. Упоминание лабораторных работ №1 и №2 по моделированию развертки Inverse в PAM-STAMP 2G.
7	Лекция 1.7	Специфика моделирования вытяжки в жестких штампах: контактное взаимодействие, трение, прижимное усилие, риск разрыва и гофрообразования. Моделирование

		эластоформования: деформируемая среда (резина, полиуретан) как инструмент. Преимущества и ограничения каждого метода. Анализ результатов моделирования: карты толщин, карты деформаций, зоны риска. Упоминание лабораторных работ №3 и №4.
8	Лекция 1.8	Сравнение результатов МКЭ-моделирования с натурными экспериментами. Источники погрешностей: свойства материала, условия трения, упрощенная геометрия. Методы повышения достоверности: калибровка моделей, уточнение граничных условий. Роль верификации при проектировании ответственной оснастки для авиационных деталей. Стандарты и требования к сертификации оснастки в авиастроении.

### Семестр № 10

№	Тема	Краткое содержание
1	Лекция 2.1	Природа пружинения (springback) при листовой штамповке. Факторы, влияющие на величину пружинения: свойства материала, радиусгиба, схема деформирования. Методы учета пружинения при проектировании оснастки: компенсация геометрии инструмента, дополнительные операции (калибровка). Прогнозирование пружинения с помощью МКЭ. Упоминание лабораторной работы по моделированию упругого отклика.
1	Лекция 2.2	Стратегии компенсации пружинения: изменение геометрии рабочих поверхностей пуансона и матрицы, регулировка прижимного усилия, термическая обработка. Итерационный подход: моделирование → анализ → корректировка оснастки → повторное моделирование. Передача скорректированной геометрии в САД-систему для изготовления оснастки. Автоматизация процесса компенсации в PAM-STAMP 2G. Упоминание лабораторной работы по оптимизации с учетом пружинения.
2	Лекция 2.3	Скоростные эффекты в листовой штамповке: инерционные нагрузки, динамическое деформирование, влияние скорости деформации на свойства материала. Особенности моделирования динамических процессов в МКЭ: явные и неявные схемы интегрирования. Нагрузки на оснастку при динамическом нагружении: силы, моменты, распределение контактных давлений. Упоминание лабораторной работы по расчету оснастки на прочность при динамическом процессе.
3	Лекция 2.4	Критерии работоспособности оснастки: прочность,

		жесткость, износостойкость, усталостная прочность. Расчет напряжений и деформаций в элементах оснастки под действием технологических нагрузок. Методы МКЭ для прочностного анализа: статический и динамический расчеты. Анализ концентраторов напряжений. Выбор запасов прочности для авиационной оснастки. Упоминание лабораторной работы по расчету оснастки при динамическом формообразовании.
4	Лекция 2.5	Постановка задачи оптимизации: целевая функция (масса, стоимость, напряженность), ограничения (прочность, жесткость, технологичность). Методы оптимизации: параметрическая, топологическая, формы. Применение оптимизации к оснастке: уменьшение металлоемкости при сохранении несущей способности. Интеграция оптимизации с МКЭ-моделированием. Упоминание лабораторной работы по оптимизации формы оснастки по массе.
5	Лекция 2.6	Цифровой двойник оснастки. Бесшовный обмен данными между САД-системой (геометрия) и САЕ-системой (сетка, граничные условия, результаты). Передача результатов оптимизации и компенсации пружинения обратно в САД. PDM/PLM-системы для управления данными об оснастке. Автоматизация рутинных операций при проектировании. Упоминание лабораторной работы по переносу информации в САД.
6	Лекция 2.7	Аддитивные технологии для изготовления оснастки (3D-печать полимерных и металлических форм). Применение композитных материалов для оснастки. Интеллектуальная оснастка с датчиками контроля процесса. Бездогодные технологии изготовления листовых деталей. Цифровое производство и Индустрия 4.0 в ЗПП. Перспективы развития МКЭ-моделирования.
7	Лекция 2.8	Системный подход к проектированию оснастки: учет всех этапов — от развертки до эксплуатационной прочности. Взаимосвязь технологических параметров, конструкции оснастки и качества детали. Многокритериальная оптимизация. Примеры из практики авиастроения: крупногабаритные панели, детали двойной кривизны. Подготовка к выполнению курсовой работы: обзор типовых задач и методов их решения.

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 9

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических
---	----------------------------------	----------------------

		<b>часов</b>
1	Моделирование развертки листовой детали (Inverse approach) – часть 1	4
2	Моделирование развертки листовой детали (Inverse approach) – часть 2	4
3	Моделирование эластоформования	4
4	Моделирование вытяжки в жёстких штампах	4

#### Семестр № 10

<b>№</b>	<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Кол-во академических часов</b>
1	Моделирование формообразования с учётом упругого отклика материала	8
2	Оптимизация оснастки с учётом пружинения и передача данных в CAD	8
3	Расчёт на прочность оснастки при динамическом формообразовании	8
4	Оптимизация формы оснастки по массе и повторный прочностной расчёт	8

#### 4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

#### 4.5 Самостоятельная работа

#### Семестр № 9

<b>№</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Кол-во академических часов</b>
1	Написание курсового проекта (работы)	20
2	Тестирование по разделам дисциплин	40

#### Семестр № 10

<b>№</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Кол-во академических часов</b>
1	Написание курсового проекта (работы)	40
2	Тестирование по разделам дисциплин	40

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия, Проект, Кейс-технология

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

##### 5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

##### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по курсовому проектированию/работе:

Курсовой проект (работа) по дисциплине «Технологическая оснастка» является завершающим этапом обучения и направлен на закрепление и углубление всех

компетенций, полученных в ходе лекций и лабораторных работ. В отличие от упрощённых учебных моделей, используемых в лабораторном практикуме, курсовая работа базируется на реальной сложной детали летательного аппарата (боевая деталь), что требует системного подхода к выбору технологической схемы, конструированию оснастки и её всестороннему анализу. Основная цель проекта – интегрировать знания по развёртке, моделированию формообразования (вытяжка, эластоформование), учёту пружинения, прочностному расчёту оснастки при динамических нагрузках и её оптимизации по массовым критериям, а также предложить несколько конкурентоспособных вариантов оснастки и обосновать выбор наилучшего.

Выполнение курсового проекта осуществляется в два этапа, соответствующих семестрам. В первом семестре (20 часов самостоятельной работы) студент выполняет предварительный анализ геометрии детали, изучает возможные способы её формообразования, строит развёртку в PAM-STAMP 2G и разрабатывает эскизные варианты конструкций оснастки. Во втором семестре (40 часов) проводятся полномасштабные МКЭ-расчёты: моделирование выбранных процессов штамповки с учётом упругого отклика, компенсация пружинения, прочностной анализ оснастки при динамическом нагружении, а затем параметрическая или топологическая оптимизация оснастки по массе с повторной проверкой прочности. Все расчёты выполняются в PAM-STAMP 2G, а скорректированная геометрия оснастки передаётся в САД-систему для оформления чертежей. Проект предполагает сравнение минимум двух вариантов оснастки (например, жёсткий штамп и штамп с эластичной средой или с разной схемой прижима) с количественной оценкой их эффективности по точности детали, массе оснастки и запасу прочности.

Пояснительная записка курсового проекта должна содержать введение, обзор технологических альтернатив, подробное описание всех этапов моделирования с иллюстрациями и скриншотами из PAM-STAMP 2G, таблицы с результатами расчётов (усилия, напряжения, величины пружинения, массы оснастки до и после оптимизации), а также выводы и рекомендации по выбору оптимального варианта. Чертежи оснастки (общий вид и сборочные единицы) оформляются в соответствии с ЕСКД. Защита курсового проекта проводится в виде презентации и устного доклада, в ходе которого студент должен продемонстрировать понимание физики процессов, обосновать принятые допущения и показать способность самостоятельно принимать инженерные решения. Сроки выполнения этапов регламентируются календарным графиком, а консультации с преподавателем обязательны на каждом ключевом этапе – от выбора варианта оснастки до интерпретации результатов оптимизации. Работа оценивается дифференцированно (с оценкой) с учётом полноты расчётов, качества оформления и уровня защиты.

### **5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:**

Лабораторные работы по дисциплине направлены на формирование практических навыков компьютерного моделирования технологических процессов листовой штамповки с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в среде PAM-STAMP 2G (ESI Group). Выполнение работ строится по принципу «от простого к сложному»: в первом семестре осваиваются базовые этапы – построение развёртки (Inverse approach), моделирование эластоформования и вытяжки в жёстких штампах; во втором семестре акцент смещается на учёт упругого отклика материала (пружинение), прочностной расчёт оснастки и её оптимизацию. Каждая лабораторная работа логически связана с материалом соответствующих лекций, однако требует самостоятельного осмысления и применения теоретических знаний для постановки корректных граничных условий, выбора свойств материалов и интерпретации результатов.

Перед выполнением каждой работы студент обязан изучить теоретический раздел по теме, ознакомиться с интерфейсом PAM-STAMP 2G и методическими рекомендациями к конкретной работе. В процессе моделирования особое внимание следует уделять правильному заданию сетки конечных элементов, коэффициентов трения, законов упрочнения материала и режимов нагружения. После проведения расчёта необходимо выполнить постобработку: проанализировать карты распределения деформаций, толщин, напряжений, оценить зоны риска (разрывы, гофры, пружинение) и сравнить полученные результаты с допустимыми критериями для авиационных листовых деталей.

Отчёт по каждой лабораторной работе должен содержать цель работы, описание модели, исходные данные, скриншоты основных этапов моделирования и результаты расчётов в виде графиков и полей распределения, а также краткие выводы о влиянии варьируемых параметров на качество формообразования или работоспособность оснастки. Защита лабораторной работы проводится в форме собеседования, в ходе которого проверяется понимание физических процессов и умение обосновать принятые допущения. Все работы выполняются индивидуально, с использованием выданных упрощённых моделей деталей, и служат основой для последующей курсовой работы, где аналогичные задачи решаются для сложной реальной детали.

### **5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

Самостоятельная работа студентов включает два основных компонента: подготовку к тестированию по разделам дисциплины и выполнение курсового проекта (работы). Тестирование проводится после каждой лекции (всего 8 тестов в каждом семестре) и охватывает ключевые понятия, расчётные зависимости, классификацию оснастки, этапы МКЭ-моделирования и методы анализа результатов. Для успешной сдачи тестов рекомендуется систематически прорабатывать конспекты лекций, основную и дополнительную литературу, а также использовать вопросы для самопроверки, приведённые в учебно-методических материалах. На подготовку к каждому тесту отводится 5 часов, что требует равномерного распределения усилий в течение семестра и исключает «штурмовщину» перед итоговым контролем.

Курсовой проект (работа) является интегрирующим этапом, в котором студент должен продемонстрировать владение всеми изученными методами – от построения развёртки и выбора технологической схемы до учёта пружинения, прочностного расчёта и оптимизации оснастки по массе. В первом семестре на курсовую работу выделяется 20 часов, в течение которых выполняется предварительный анализ детали, обоснование вариантов оснастки и начальные расчёты; во втором семестре объём самостоятельной работы возрастает до 40 часов и предполагает полный цикл проектирования с использованием PAM-STAMP 2G, подготовку чертежей (по результатам оптимизации) и оформление пояснительной записки. Рекомендуется на каждом этапе сверяться с календарным графиком, своевременно консультироваться с преподавателем и использовать методические пособия по выполнению курсовых работ.

Для эффективного планирования времени следует учесть, что общая трудоёмкость самостоятельной работы составляет 60 часов в первом семестре (40 ч – тесты + 20 ч – курсовая) и 80 часов во втором семестре (40 ч – тесты + 40 ч – курсовая). Целесообразно выделять еженедельно не менее 4–5 часов на самостоятельную подготовку, чередуя изучение теории, отработку навыков моделирования и работу над курсовым проектом. Все результаты самостоятельной работы – тесты, выполненные лабораторные работы и

курсовой проект – являются обязательными для допуска к зачёту с оценкой в каждом семестре.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 семестр 9 | Тест**

##### **Описание процедуры.**

Тестирование по разделам дисциплины проводится в дистанционном формате с использованием электронной образовательной платформы, доступ к которой осуществляется через смартфон (или любое устройство с выходом в интернет). После завершения каждой лекции (всего 8 тестов) обучающимся открывается доступ к тестовому заданию на ограниченный период времени (например, 48 часов). Каждый тест включает 10–15 вопросов закрытого типа (один или несколько правильных ответов) и рассчитан на выполнение в течение 20–30 минут. Платформа автоматически фиксирует время начала и завершения, предотвращает повторные попытки после отправки ответов и обеспечивает случайный порядок вопросов и вариантов ответов для исключения списывания. По окончании тестирования система мгновенно формирует индивидуальный отчёт с указанием набранных баллов, детализацией по каждому вопросу (правильно/неправильно) и отображением эталонных ответов, а также предоставляет преподавателю сводную ведомость по группе с общей статистикой успеваемости.

##### **Критерии оценивания.**

Каждый тест оценивается по 5-балльной шкале в зависимости от доли правильных ответов: 90–100 % – «5» (отлично), 75–89 % – «4» (хорошо), 60–74 % – «3» (удовлетворительно), менее 60 % – «2» (неудовлетворительно). Для получения положительной оценки за тест необходимо дать не менее 60 % верных ответов. Итоговая оценка за тестовую часть семестра вычисляется как среднее арифметическое всех 8 тестов, при этом средний балл не ниже 3,0 является обязательным условием допуска к зачёту. Результаты тестирования учитываются в общей накопительной оценке по дисциплине наряду с лабораторными работами и курсовым проектом. Студенты, получившие неудовлетворительную оценку за отдельный тест, имеют право на повторное прохождение в установленный преподавателем срок после дополнительной консультации.

#### **6.1.2 семестр 10 | Тест**

##### **Описание процедуры.**

Во втором семестре процедура тестирования полностью аналогична первому семестру: после каждой из 8 лекций на электронной платформе открывается тестовое задание, выполнение которого происходит удалённо с использованием смартфона. Функционал платформы позволяет преподавателю гибко настраивать параметры доступа (дата, время, длительность попытки), использовать вопросы с выбором одного или нескольких ответов, а также задания на установление соответствия. Система ведёт логирование всех действий студента, предотвращает переход между вкладками и фиксирует попытки завершения теста. После сдачи ответов автоматически генерируется персональный отчёт с результатами, а преподавателю доступна агрегированная статистика по каждой группе, включая распределение оценок, средний балл и перечень вопросов, вызвавших

наибольшие затруднения, что позволяет скорректировать дальнейшее изложение материала.

### **Критерии оценивания.**

Критерии оценивания тестов во втором семестре сохраняются те же: каждый тест оценивается по 5-балльной шкале в соответствии с процентом правильных ответов (менее 60 % – неудовлетворительно, 60–74 % – удовлетворительно, 75–89 % – хорошо, 90–100 % – отлично). Обязательным условием допуска к зачёту с оценкой является средний балл по всем 8 тестам не менее 3,0. При этом результаты тестирования во втором семестре имеют повышенный вес, поскольку они непосредственно предшествуют защите курсового проекта и позволяют оценить готовность студента к комплексному анализу сложных деталей. Студенты, не справившиеся с тестом, могут пройти его повторно после изучения рекомендованной литературы, при этом в итоговую ведомость засчитывается результат пересдачи (не выше «удовлетворительно»). Успешное прохождение всех тестов является одним из критериев для допуска к защите курсового проекта и итоговому зачёту.

## **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации</b>
ПК-6.1	При оценке сформированности компетенции ПК-6.1 проверяется полнота и обоснованность анализа взаимосвязей в технологической цепи, аргументированность выбора оснастки с учётом всех релевантных факторов (материал, точность, серийность, автоматизация), а также корректность предложений по размещению оснастки, обеспечивающих оптимальную логистику и минимизацию затрат. Высокий балл ставится за системный подход, учёт неочевидных факторов и количественные оценки.	Тестовые задания по разделам 1-го и 2-го семестров (вопросы о выборе оснастки и её размещении), устное собеседование на зачёте (билеты с вопросами о взаимосвязи операций), а также раздел курсовой работы, в котором студент должен обосновать выбранный вариант оснастки с позиций всей технологической цепочки и предложить схему размещения оборудования на участке.

ПК-6.4	Оценивается корректность и глубина выполненных расчётов (развёртка, формообразование, учёт пружинения, прочность, оптимизация), обоснованность принятых конструктивных решений, качество анализа альтернатив и практическая применимость предложенной оснастки. Особое внимание уделяется автоматизированному обмену данными между этапами проектирования и полноте учёта требований автоматизации (снижение времени переналадки, возможность встраивания в гибкие производственные системы).	Лабораторные работы (все 8), в ходе которых проверяются навыки моделирования и анализа; защита курсовой работы, где студент выполняет полный цикл проектирования оснастки с расчётами и оптимизацией; итоговое тестирование 2-го семестра, включающее вопросы по прочностному расчёту и оптимизации; собеседование на зачёте с оценкой, где требуется пояснить последовательность действий и интерпретировать результаты моделирования.
--------	---	---

## 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

### 6.2.2.1 Семестр 9, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачёта по дисциплине

#### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Промежуточная аттестация в первом семестре проводится в форме зачёта с оценкой, который включает два этапа. Первый этап – компьютерное тестирование по всем восьми разделам (лекциям), выполненное на электронной платформе в дистанционном режиме (результаты тестов суммируются и влияют на итоговую оценку). Второй этап – устное собеседование с преподавателем по билетам, в ходе которого студент демонстрирует понимание физических процессов листовой штамповки, принципов работы с МКЭ-программами и методов проектирования оснастки. Билет содержит два теоретических вопроса (один по основам формообразования, второй по конструированию и расчёту оснастки) и одну короткую практическую задачу (например, интерпретация карт распределения деформаций или выбор режимов моделирования).

На подготовку к ответу отводится 20–30 минут, во время которых студент может пользоваться конспектами лекций и справочными материалами (но не готовыми решениями). Собеседование проводится индивидуально; преподаватель может задавать уточняющие вопросы, проверяя глубину понимания и способность применять теорию к нестандартным ситуациям. Итоговая оценка выставляется как средневзвешенный результат тестирования (коэффициент 0,4) и устного ответа (коэффициент 0,6), при этом для получения положительной оценки необходимо успешно сдать обе части. В случае неудовлетворительного ответа студент имеет право на передачу в установленные сроки.

Пример задания:

Билет №1

Опишите напряжённо-деформированное состояние при вытяжке цилиндрической детали. Какие зоны наиболее опасны с точки зрения разрушения и гофрообразования?

Перечислите основные этапы построения развёртки методом Inverse в RAM-STAMP 2G. Какие исходные данные необходимы и как влияет анизотропия материала на результат?

Практическая задача: На представленной карте распределения толщин (скриншот из RAM-STAMP) укажите участки с чрезмерным утоньшением и предложите два способа корректировки режимов штамповки для устранения брака.

Билет №2 (для примера)

Сравните эластоформование и вытяжку в жёстких штампах с точки зрения конструкции оснастки и качества деталей.

Как учитывается трение в МКЭ-моделях и какое влияние оно оказывает на распределение напряжений?

Задача: по заданным свойствам материала (предел текучести, модуль упругости) и геометрии детали выбрать рациональную схему формообразования и обосновать выбор.

**6.2.2.1.2 Критерии оценивания**

<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовлетворительн о</b>	<b>Неудовлетворительно</b>
студент даёт полные, развёрнутые ответы на оба теоретических вопроса с привлечением знаний из смежных разделов, самостоятельно анализирует практическую	ответы правильные, но недостаточно глубокие, без выхода за рамки конспекта; практическая задача решена верно, но с незначительными замечаниями; студент показывает	теоретические вопросы освещены поверхностно, основные определения и формулы названы, но без подробного анализа; практическая задача выполнена частично (например, верно идентифицирована проблема, но	студент не может ответить ни на один из вопросов билета, путается в базовых понятиях, не способен интерпретировать результаты моделирования или предложить корректировки режимов. Даже при наводящих вопросах ответ отсутствует или

задачу, предлагает обоснованные инженерные решения, свободно ориентируется в терминологии и демонстрирует умение связывать теорию с лабораторным опытом. Ответ логичен, иллюстрируется схемами и формулами, нет существенных неточностей.	хорошее понимание основных закономерностей, но допускает мелкие ошибки в частностях или неполноту в обоснованиях.	предложены неэффективные способы её устранения). Студент отвечает с наводящими вопросами, но демонстрирует минимально необходимый уровень знаний.	полностью неверен. Тестовая часть также не сдана.
---	---	--	---

### 6.2.2.2 Семестр 10, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

#### 6.2.2.2.1 Описание процедуры

Во втором семестре промежуточная аттестация проводится в форме зачёта (недифференцированного). Зачёт включает два этапа: итоговое тестирование на электронной платформе (охватывает материал всех восьми лекций второго семестра) и короткое собеседование с преподавателем по результатам выполнения курсовой работы, поскольку курсовая работа уже защищается отдельно. Тестирование проводится в дистанционном режиме с использованием смартфона; платформа автоматически формирует отчёт о количестве правильных ответов, время выполнения ограничено 40 минутами. Вопросы теста носят комплексный характер и направлены на проверку умения применять МКЭ для учёта пружинения, прочностных расчётов и оптимизации оснастки.

Собеседование на зачёте носит уточняющий характер и длится не более 10–15 минут. Преподаватель задаёт 2–3 вопроса, связанные с конкретными расчётами, выполненными в курсовой работе, или с общими подходами к компенсации пружинения и оптимизации. Для получения «зачтено» студент должен продемонстрировать, что он освоил основные методы моделирования во втором семестре, умеет интерпретировать результаты и может объяснить выбор параметров при проектировании оснастки. При неудовлетворительном результате тестирования или собеседования студенту назначается дата пересдачи.

#### Пример задания:

Пример тестового задания (вопросы из итогового теста):

Какой из факторов НЕ влияет на величину пружинения при гибке?

- а) модуль упругости материала;
- б) радиусгиба;
- в) скорость деформирования;
- г) цвет покрытия детали.

Какой метод используется в PAM-STAMP для компенсации пружинения путём корректировки геометрии инструмента?

- а) обратное моделирование;
- б) итерационный метод с переносом данных в CAD;
- в) топологическая оптимизация;
- г) анализ собственных частот.

При каком условии оснастка считается работоспособной по прочности?

- а) коэффициент запаса прочности  $> 1,5$ ;
- б) напряжения не превышают предел текучести материала оснастки;
- в) деформации оснастки меньше допустимых по жёсткости;
- г) все перечисленное.

Вопросы для собеседования:

- Опишите последовательность действий при оптимизации оснастки по массе с использованием МКЭ.
- Как вы оцениваете достоверность результатов моделирования пружинения? Какие параметры требуют калибровки?

#### 6.2.2.2 Критерии оценивания

<b>Зачтено</b>	<b>Не зачтено</b>
студент успешно проходит итоговое тестирование (не менее 60 % правильных ответов) и даёт удовлетворительные ответы на уточняющие вопросы собеседования, демонстрируя понимание методов учёта пружинения, прочностного расчёта и оптимизации оснастки. Допускаются несущественные ошибки в частностях, но общая концепция и алгоритмы действий описаны верно. Курсовая работа защищена с положительной оценкой (оценка за курсовую учитывается отдельно, но зачёт ставится при выполнении обоих условий).	студент не набирает порогового балла на тестировании (менее 60 %) и/или не может ответить на простые вопросы по моделированию, путается в методах расчёта, не ориентируется в интерфейсе PAM-STAMP и не способен объяснить логику своих действий в курсовой работе. В этом случае назначается повторная сдача зачёта.

#### 6.2.2.3 Семестр 10, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

##### 6.2.2.3.1 Описание процедуры

Курсовая работа выполняется в течение учебного года (с распределением этапов по семестрам) и защищается во втором семестре. Процедура защиты происходит на открытом заседании перед комиссией из двух–трёх преподавателей. Студент представляет пояснительную записку (объёмом 30–40 страниц) и комплект чертежей оснастки (общий вид, сборочные единицы, рабочие чертежи деталей), а также электронную презентацию с ключевыми результатами моделирования в PAM-STAMP 2G. На защиту отводится 10–15

минут для доклада, после чего следуют вопросы членов комиссии по существу работы, включая вопросы о принятых допущениях, методах расчёта и альтернативных решениях.

Перед защитой работа проходит нормоконтроль и проверку на наличие плагиата; пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии с требованиями ЕСКД и внутренними стандартами кафедры. Комиссия оценивает как полноту технических решений, так и глубину анализа результатов моделирования. При успешной защите выставляется дифференцированная оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно). В случае неудовлетворительной оценки студент дорабатывает работу и защищает её повторно в установленный срок.

#### Пример задания:

Тема: «Проектирование и оптимизация технологической оснастки для изготовления сложной листовой детали летательного аппарата (панель двойной кривизны)».

Содержание задания:

Провести анализ исходной детали (геометрия, материал, технологические требования).

Предложить не менее двух вариантов технологической схемы формообразования (например, вытяжка в жёстком штампе и эластоформование).

Выполнить построение развёртки методом Inverse в PAM-STAMP для каждого варианта.

Провести МКЭ-моделирование процессов с учётом пружинения, оценить точность получаемых деталей.

Для выбранного варианта оснастки выполнить прочностной расчёт при динамическом нагружении (скорость деформации, инерционные силы).

Провести оптимизацию оснастки по массе (топологическую или параметрическую) и повторный прочностной расчёт.

Сравнить варианты, выбрать оптимальный, обосновать решение.

Разработать конструкторскую документацию на спроектированную оснастку.

#### 6.2.2.3.2 Критерии оценивания

<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>
работа выполнена в полном объёме, все этапы моделирования и расчётов проведены корректно, альтернативные варианты сравнены с	работа выполнена в полном объёме, но имеются несущественные погрешности в расчётах (например, выбор сетки не оптимален) или не полностью	основные этапы выполнены, но с ошибками (например, не проведена оптимизация по массе, или прочностной расчёт выполнен упрощённо без учёта	абота не соответствует заданию: не выполнены ключевые разделы (отсутствует сравнение вариантов, не учтено пружинение, нет прочностного расчёта), модель в PAM-STAMP не сходится или

<p>количественной оценкой, предложенное решение технически обосновано и оригинально. Пояснительная записка и чертежи оформлены безупречно, студент свободно отвечает на все вопросы комиссии, демонстрирует глубокое понимание физических процессов и владение РАМ-СТАМП, предлагает собственные усовершенствования методики.</p>	<p>раскрыто сравнение вариантов. Оформление соответствует требованиям, студент даёт правильные ответы на вопросы, но допускает неточности в обосновании выбора параметров. В целом решение верное и работоспособное.</p>	<p>динамики). Пояснительная записка содержит пропуски, чертежи выполнены с отклонениями от стандартов, но не критичными. Студент отвечает на вопросы с наводящими подсказками, демонстрируя минимально необходимый уровень знаний.</p>	<p>результаты явно нереалистичны. Пояснительная записка оформлена небрежно, чертежи отсутствуют или выполнены с грубыми ошибками. На защите студент не может объяснить принятые решения и не отвечает на базовые вопросы по теме. Работа требует полной переработки.</p>
---	--	--	--

## 7 Основная учебная литература

1. Чеславская. Технология заготовительно-штамповочных работ [Электронный ресурс] : конспект лекций. Ч. 1 : Теория обработки металлов давлением, 2007. - 69.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-3955.pdf>

2. Технология заготовительно-штамповочных работ : методические указания по выполнению курсового проекта / Иркут. гос. техн. ун-т, 2002. - 11.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-13859.pdf>

3. Горбунов Михаил Николаевич. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов : учеб. для втузов по спец. "Самолетостроение" / Михаил Николаевич Горбунов, 1981. - 224.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-22032.pdf>

4. Катков В. Ф. Оборудование и средства автоматизации и механизации заготовительно-штамповочных цехов : учеб. пособие для авиац. специальностей вузов / В. Ф. Катков, 1985. - 384.

## 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Сусин П. П. Нормирование работ в машиностроении (работы станочные, механосборочные, вспомогательные, заготовительного производства) / П. П. Сусин, 1974. - 229.

2. Григорьев А. К. Термомеханическое упрочнение стали в заготовительном производстве / А. К. Григорьев, Г. Е. Коджаспиров, 1985. - 143.

3. Андрашников Б. И. Механизация и автоматизация заготовительно-сборочных операций / Б. И. Андрашников, 1976. - 176.

4. Богомолова. Конспект лекций по курсу "Организация и проектирование основных цехов авиапредприятий". Ч. 1 : Организация и проектирование заготовительно-штамповочных цехов, 1970. - 87.

5. Исаченко А. С. Оптимизация технологии производства деталей заготовительно-штамповочной оснастки : диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.08 / Исаченко Алексей Сергеевич, 2018. - 146 л.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/ker-21611.pdf>

6. Исаченко А. С. Оптимизация технологии производства деталей заготовительно-штамповочной оснастки : автореферат диссертации ... кандидата технических наук: 05.02.08 / Исаченко Алексей Сергеевич, 2019. - 19 с., включ. обл.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21593.pdf>

7. Прейскурант порайонных расценок на строительные и санитарно-технические работы в ценах, введенных с 1 июля 1950 г. на строительство предприятий лесозаготовительной промышленности. Ч. 1 : Порайонные расценки, Кн. 5, 1951, 1951. - 179.

8. Технология, организация и механизация заготовительного и кузнечно-прессового производства : сборник, 1975. - 36.

9. Технология, организация и механизация заготовительного и кузнечно-прессового производства : сборник, 1975. - 27.

## **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

## **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ

3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

4. Siemens NX 1899 Academic CAD+CAM (учебная)\_обновление 2019 \_50 р.м.

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.