

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

Структурное подразделение «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №5 от 21 января 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»

Направление: 15.03.01 Машиностроение

Оборудование и технология сварочного производства

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Тютрин Николай
Орестович
Дата подписания: 08.09.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Балановский Андрей
Евгеньевич
Дата подписания: 08.09.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Расчет и проектирование сварных конструкций» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Способность учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании	ПКС-1.2
ПКС-3 Способность оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПКС-3.1
ПКС-4 Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	ПКС-4.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.2	Учитывает технологические и эксплуатационные параметры при проектировании сварной конструкции	Знать влияние остаточных сварочных напряжений и деформаций, а также концентрации напряжений на работоспособность сварных конструкций; - особенностей работы конструкции в зависимости от назначения и условий эксплуатации, основных принципов оценки работоспособности конструкций, методик учёта внешних воздействий на проектируемое изделие Уметь рассчитывать прочность сварных соединений; - минимизировать конструктивными способами влияние внутренних напряжений на возникновение поводов изделий в процессе изготовления и эксплуатации; Владеть современными методами расчёта всех основных видов сварных соединений с учётом внешних нагрузок; - определения размеров и характеристик оснастки и приспособлений от

		характеристик конструкции.
ПКС-3.1	Оформляет документы по расчету и проектированию сварных конструкций с учетом требований стандартов, технических условий и нормативных документов	Знать требования по оформлению законченных проектов в соответствии с действующими стандартами и другими нормативной документацией; -требования к оформлению проектноконструкторской документации Уметь - технически грамотно оформлять проекты, проверять разработанные проекты на соответствие современным требованиям к оформлению проектноконструкторской документации; - разрабатывать технические задания на проектирование; -разрабатывать и оформлять эскизные, технические и рабочие проекты машиностроительных изделий с проверкой их соответствия стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам. Владеть навыками разработки и проверки машиностроительной проектноконструкторской документации с учётом требований действующих нормативных документов; - проектирования изделий в соответствии с требованиями нормативной документации; - работы с различной документацией, производственными инструкциями, стандартами предприятий и др. для выполнения проектно-конструкторской работы.
ПКС-4.1	Расчет и проектирование сварных конструкций ведет на основе технического и экономического обоснования	Знать основные подходы по снижению себестоимости проектируемых изделий на всех этапах их жизненного цикла, качественные и количественные показатели технологичности

		сварных конструкций Уметь проводить сравнительный анализ вариантов проектно-конструкторских решений, направленный на обеспечение оптимальной себестоимости изделий при их изготовлении и эксплуатации при одновременном выполнении требований по прочности и надёжности Владеть основными навыками отработки проектируемой конструкции на технологичность, проведения проектных технико-экономических расчетов
--	--	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Расчет и проектирование сварных конструкций» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Материаловедение», «Инженерная и компьютерная графика», «Основы автоматизированного проектирования изделий машиностроения», «Техническая механика», «Теория сварочных процессов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производство сварных конструкций», «Повреждения и разрушения сварных конструкций», «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	80	80
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет, Курсовой проект	Зачет, Курсовой проект

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 6

№ 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	Введение. Краткий исторический и отраслевой обзор	1	1							Устный опрос
2	Материалы, применяемые в сварных конструкциях	2	1							Отчет
3	Типы сварных соединений	3	2			1	2	2, 3	2	Отчет
4	Механические характеристики сварных соединений	4	2			2	2	1, 2, 3	5	Отчет
5	Основы проектирования сварных соединений	5	2			3	2	1, 2, 3	5	
6	Методы анализа напряженно- деформированног о состояния сварных конструкций	6	2			4	4	2, 3	5	Отчет
7	Проектный расчёт сварных соединений при статических нагрузках	7	2			5	2	1, 2, 3	5	Отчет
8	Распределение напряжений в сварных соединениях под внешней нагрузкой	8	2			6	2	1, 2, 3	6	Отчет
9	Собственные напряжения в сварных соединениях	9	2			7	2	1, 2, 3	6	Отчет
10	Сварочные деформации и перемещения	10	2			8	2	1, 2, 3	6	Отчет
11	Прочность сварных соединений при переменныхнагру зках	11	2			9	4	2, 3	4	Отчет
12	Хрупкое разрушение сварных конструкций	12	2			10	2	1, 2, 3	6	Отчет
13	Прочность сварных соединений.	13	2			11	2	1, 1, 2, 3	8	Отчет

	работающих при высоких температурах									
14	Проработка вопросов технологичности на стадии проектирования конструкции	14	2			12	2	1, 2, 3	6	Отчет
15	Сварные строительные конструкции	15	2			13	2	1, 2, 3	6	Отчет
16	Сварные сосуды и трубопроводы	16, 17	4					1, 2, 3	5	Отчет
17	Сварные детали машин					14	2	1, 2, 3	5	Отчет
	Промежуточная аттестация									Зачет, Курсовой проект
	Всего		32				32		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение. Краткий исторический и отраслевой обзор	Области применения неразъемных соединений; композитные детали и конструкции (создание деталей с заданными свойствами на отдельных участках, наплавка, нанесение покрытий); повышение технологичности за счет применения сварки (сварнолитые, сварно-кованные, сварноштампованные детали и др.). Исторические этапы применения сварки в конструкциях. Классификация сварных конструкций. Примеры применения сварки в различных отраслях промышленности и в строительстве. Цель и задачи дисциплины, её роль и место в общей системе подготовки специалиста, связь с другими дисциплинами.
2	Материалы, применяемые в сварных конструкциях	Определение критериев выбора материалов для изготовления сварных конструкций исходящих из условий эксплуатации конструкции и технологии её изготовления. Механические характеристики конструкционных материалов. Понятие удельной прочности, область рационального применения материалов с высокой удельной прочностью. Общая характеристика сталей, применяемых для сварных конструкций в различных отраслях промышленности и строительства (низкоуглеродистые, низколегированные, легированные стали, стали и сплавы со специальными свойствами). Примеры основных марок сталей, применяемых для сварных конструкций в России и за рубежом. Особенности

		и перспективы применения в сварных конструкциях цветных металлов и сплавов на основе алюминия, титана, меди, циркония и др. Отечественные и зарубежные стандарты на материалы для сварных конструкций. Полимеры и композитные материалы, перспективы их применения в сварных конструкциях. Характеристика листового и профильного проката, а также других видов исходных заготовок, используемых при проектировании сварных конструкций (широкополочные двутавры и тавры с параллельными гранями полок, биметаллический прокат, гнутые, штампованные, прессованные профили, замкнутые коробчатые профили и др.)
3	Типы сварных соединений	Классификация сварных швов и соединений. Геометрические параметры сварных стыковых соединений при сварке плавлением. Рациональная разделка кромок для сварки деталей большой толщины (узкая, щелевая и др.). Геометрические параметры сварных соединений с угловыми швами. Соединения, полученные электрической контактной сваркой и их конструктивные элементы. Дуговые точечные швы. Соединения, выполненные электрошлаковой, электронно-лучевой, лазерной и др. специальными методами сварки. Соединения, полученные сваркой в твердой фазе, характеристика, область их применения. Соединения разнородных материалов и биметаллов, паяные соединения. Условное обозначение сварных и паяных соединений на чертежах в России и за рубежом.
4	Механические характеристики сварных соединений	Изменение свойств металла под влиянием сварочного процесса. Химическая, структурная, механическая неоднородность и методы оценки свойств локальных зон сварного соединения. Макро- и микрон неоднородность механических свойств сварного соединения. Стандартные методы механических испытаний сварных соединений. Методы определения прочности и пластичности отдельных зон сварного соединения. Испытания на загиб. Испытания на ударную вязкость и другие методы испытания на изгиб при динамическом нагружении. Критерии оценки сопротивления разрушению. Испытания образцов с трещиной. Влияние технологии сварки (режима сварки, скорости охлаждения и др.) на механические характеристики сварного соединения.

		Использование регрессионных моделей для прогнозирования механических характеристик сварного соединения. Особенности влияния сварки на сопротивление разрушению низколегированных, углеродистых и высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов. Паяные соединения, методы испытания, факторы, определяющие механические свойства.
5	Основы проектирования сварных соединений	Задачи, решаемые при проектировании сварных соединений. Понятия прочности, надежности, технологичности сварных конструкций; проблемы одновременного удовлетворения требованиям прочности, надежности и технологичности. Проектный расчет и его задачи. Проверочный расчет, анализ принятых решений с позиции предотвращения разрушения, т.е. с позиции соответствия локального напряженно- деформированного и локальных механических характеристик сварных соединений в зонах предполагаемого разрушения. Объяснение влияния сварки на запас прочности и надежность конструкции с вероятностных позиций. Общие представления о конструктивных и технологических факторах, влияющих на надежность (роль влияния дефектов сварки, достоверности контроля качества и др.). Возможности управления технологичностью сварных соединений на стадии проектирования. Принципы конструктивно-технологического проектирования. Влияние технологичности на надежность изделия.
6	Методы анализа напряженно-деформированного состояния сварных конструкций	Аналитические методы. Общие представления о методах теории упругости и пластичности, строительной механики, сопротивления материалов и области рационального использования их для расчета прочности сварных соединений. Примеры применения этих методов. Численные методы, их достоинства и недостатки. Принципы моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) сварных соединений с использованием метода конечных элементов. Методы анализа локального напряженно-деформированного состояния. Концентрация напряжений и деформаций, методы их оценки. Энергетические, силовые и деформационные методы механики разрушения. Основные понятия и критерии, характеризующие поле напряжений в вершине трещиноподобных дефектов. Локальный коэффициент концентрации напряжений (по В.А. Винокурову)
7	Проектный расчёт	Исходные предпосылки расчета соединений при

	сварных соединений при статических нагрузках	статических нагрузках. Принципы расчета соединений по допускаемым напряжениям и предельному состоянию. Допускаемые напряжения и расчетные сопротивления как технико-экономические категории (СНиП 2-23-81). Возможные зоны разрушения сварных стыковых соединений и расчет их прочности при растяжении и изгибе. Возможные зоны и характер разрушения угловых швов в зависимости от направления действующей силы, глубины, проплавления, механических свойств основного и наплавленного металла. Расчет нахлесточных соединений, нагруженных сосредоточенной силой и изгибающим моментом в плоскости соединения. Методы осевого и полярного моментов инерции, расчленения соединения и нагрузки на составляющие. Расчет тавровых соединений, передающих изгибающий и крутящий момент. Расчет поясных сварных швов в балках. Расчет соединений, выполненных точечной сваркой. Допускаемые напряжения и расчетные сопротивления при расчете соединений, выполненных точечной сваркой. Особенности расчета соединений, работающих на отрыв; на срез; под действием момента в плоскостисоединения. Расчет и проектирование сварных соединений оболочковых конструкций. Особенности расчета клеесварных и паяных соединений. Компьютеризация прочностных расчетов. Методы уменьшения объема наплавленного металла и трудоемкости сварки при проектировании сварных соединений. Пути снижения металлоемкости сварных конструкций. Оптимизация сварных соединений с позиции обеспечения равнопрочности различных зон сварного соединения, в том числе основного металла
8	Распределение напряжений в сварных соединениях под внешней нагрузкой	Влияние локального НДС на работоспособность сварного соединения. Распределение напряжений в сварных стыковых, угловых, тавровых соединениях. Влияние на НДС шва его геометрических параметров (ширины и высоты усиления, размеров катетов, геометрии зоны перехода от шва к основному металлу). Влияние на НДС искажений геометрии сварного соединения (смещения и угловатости кромок). Распределение напряжений в соединениях с фланговыми швами и в паяных соединениях. Влияние упругой податливости

		элементов соединения на характер распределения напряжений в соединении. Распределение напряжений в соединениях, выполненных контактной (точечной, шовной) сваркой, клеесварных соединениях и соединениях с прерывистыми швами. Локальное НДС в зонах с резким изменением геометрии сечения; в зонах расположения несплошностей и включений в сварных соединениях (типа пор, подрезов, несплавлений, непроваров, неметаллических включений и др.); в зонах перехода от шва к основному металлу. Сравнительный анализ влияния на прочность внутренних дефектов и дефектов, выходящих на поверхность сварного соединения. Использование методов механики разрушения для оценки НДС. Принципы нормирования требований к качеству сварных соединений. НДС механически неоднородных сварных соединений. Влияние мягких и твердых прослоек, а также их геометрии на НДС соединения. Критерии оценки прочности механически неоднородных соединений. Механическая неоднородность как источник концентрации напряжений. Изменение НДС при переходе в упругопластическую стадию работы сварного соединения. Влияние остаточных напряжений на распределение напряжений в зонах концентрации. Методы регулирования НДС на стадиях проектирования и изготовления сварной конструкции.
9	Собственные напряжения в сварных соединениях	Основные понятия и классификация. Изменение свойств металлов при повышении температуры. Краткие сведения о механизмах продольной и поперечной усадки. Временные и остаточные напряжения. Механизм образования временных и остаточных сварочных напряжений, деформаций и перемещений. Определение остаточных напряжений экспериментальным путем. Численные методы исследования полей собственных напряжений, возникающих при сварке. Примеры распределения остаточных сварочных напряжений в сварных пластинах, таврах, двутаврах, оболочках, многослойных швах и элементах конструкций. Остаточные напряжения в районе сварной точки. Особенности образования остаточных напряжений в сварных соединениях титановых и алюминиевых сплавов; при сварке деталей мартенситного класса. Влияние неоднородности теплофизических и механических свойств

		сварного соединения на распределение остаточных напряжений. Остаточные напряжения при сварке разнородных материалов.
10	Сварочные деформации и перемещения	Классификация деформаций и перемещений, вызванных сваркой. Деформации и перемещения, вызванные продольным укорочением шва и околошовной зоны. Расчетные методы определения перемещений при симметричном расположении шва. Метод фиктивных усадочных сил. Механизм образования деформаций и перемещений, в результате поперечного укорочения шва. Угловые деформации при одно- и многопроходной сварке встык и в конструкциях с угловыми швами. Влияние сварочных деформаций на прочность конструкции. Изменение остаточных напряжений, деформаций и перемещений при механической обработке; при первом нагружении и в процессе эксплуатации. Методы обеспечения точности сварных узлов и конструкций на стадии проектирования путем регулирования остаточных деформаций.
11	Прочность сварных соединений при переменных нагрузках	Основные понятия и определения. Диаграмма выносливости. Малоцикловая усталость сварных соединений. Расчет длительности периода зарождения разрушения. Закономерности развития разрушения. Влияние концентрации напряжений, остаточных напряжений и механических свойств отдельных зон на малоцикловую усталость сварного соединения. Многоцикловая усталость сварных соединений. Предел усталости. Влияние на выносливость конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Методы расчета прочности сварных соединений в области многоцикловой усталости (основанные на учете эффективных значений коэффициентов концентрации напряжений и на анализе локального распределения напряжений). Принципы проектирования конструкций, предназначенных для работы при переменных нагрузках. Анализ случаев усталостного разрушения сварных конструкций. Примеры удачных и неудачных конструктивных решений. Конструктивные и технологические приемы повышения сопротивления усталости (сглаживание геометрии профиля шва, искусственное наведение благоприятных остаточных напряжений). Компьютерные методы расчета сварных

		соединений на усталость. Методы моделирования процесса разрушения.
12	Хрупкое разрушение сварных конструкций	Краткие сведения о хрупком и вязком разрушении сварных соединений. Примеры хрупких разрушений сварных конструкций. Методы качественной оценки склонности отдельных зон сварного соединения к хрупкому разрушению (по волокнистости излома, по энергии разрушения образца с трещиной и др.). Факторы, определяющие сопротивление хрупкому разрушению. Механические свойства зон сварного соединения и их изменение под влиянием термомодеформационного цикла сварки. Жесткость напряженно - деформированного состояния металла в вершине трещины (понятие плосконапряженного состояния и плоской деформации, влияние толщины металла). Температура эксплуатации и скорость нагружения. Влияние остаточных сварочных напряжений на сопротивление хрупкому разрушению. Расчетные методы обоснования безопасности сварных соединений с позиции предотвращения хрупких разрушений. Особенности проектирования сварных конструкций для работы при низких и криогенных температурах; требования к применяемым материалам
13	Прочность сварных соединений, работающих при высоких температурах	Общие представления о прочности и несущей способности сварных соединений при эксплуатации конструкций в высокотемпературной области. Длительная прочность. Ползучесть. Критерии оценки. Применяемые материалы. Влияние технологии сварки. Примеры практического использования сварных конструкций при высоких температурах эксплуатации. Анализ причин разрушения. Методы повышения длительной прочности соединений на стадии проектирования.
14	Проработка вопросов технологичности на стадии проектирования конструкции	Учет требований технологичности при выборе конструкционного материала (с позиции свариваемости, условий эксплуатации, снижения трудоемкости заготовительных операций и др.). Обеспечение требуемой точности изделия, доступности соединения для выполнения сварки заданным способом и возможности применения неразрушающих методов контроля. Примеры рациональных и нерациональных решений. Особенности проектирования соединений для роботизированной сварки. Проектирование

		соединений, отличающихся по толщине кромок, из материалов со специальными свойствами (алюминиевые, титановые сплавы и др.), разнородных соединений. Паяные соединения
15	Сварные строительные конструкции	Примеры сварных строительных конструкций. Сварные балки, стойки, фермы. Условия эксплуатации. Обоснование выбора конструкционного материала. Отраслевые нормы проектирования сварных соединений. Типы сварных балок. Подбор сечения балок с учетом обеспечения прочности, жесткости, экономичности. Общая и местная устойчивость балок. Ребра жесткости. Сварные соединения балок. Применение штампованных, прессованных и гнутых профилей при проектировании балок. Типы поперечных сечений сварных стоек. Прочность и устойчивость стоек со сплошным и составным поперечным сечением. Проектирование соединительных элементов, баз и оголовков стоек. Сварные соединения. Сопряжения балок различных профилей с другими элементами конструкций. Сопряжения между собой балок одинаковой и разных высот. Сопряжения балок со стойками. Сопряжения, выполненные точечной сваркой. Типы сварных ферм. Подбор сечения стержней. Проектирование узлов ферм и расчет сварных соединений. Применение трубчатых элементов, широкополочных тавров. Оптимизация конструкции ферм. Стыки поясов. Фермы из алюминиевых сплавов.
16	Сварные сосуды и трубопроводы	Примеры тонко- и толстостенных сосудов. Назначение и условия работы. Выбор конструкционного материала. Отраслевая нормативная документация, регламентирующая проектирование конструкций. Конструктивное оформление и схема расчета тонкостенных сосудов. Конструкция и расчет соединений, прикрепляющих днища, горловины, штуцеры, патрубки и другие элементы сосудов. Конструктивное оформление и схема расчета толстостенных сосудов и котлов. Требования Госгортехнадзора к сосудам, работающим под давлением, котлам. Проверка опасности хрупкого разрушения и малоциклового усталости. Сварные трубы и трубопроводы. Методы расчета. Выбор материала с позиции вязкого и хрупкого разрушения. Методы повышения сопротивления разрушению трубопроводов на

		стадии проектирования.
17	Сварные детали машин	Общие сведения. Эффективность применения сварки и основные принципы проектирования сварных деталей машин. Сварно-кованные и сварно-литые конструкции. Примеры комбинированных конструкций. Учет усталостной прочности сварных соединений при проектировании деталей машин. Сварные рамы и станины, корпуса редукторов, шестерни, шкивы, барабаны и др. Композитные конструкции со специальными свойствами

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 6

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Моделирование дуговой сварки двустороннего таврового сварного соединения	2
2	Моделирование дуговой сварки двустороннего таврового сварного соединения	2
3	Моделирование дуговой сварки двустороннего таврового сварного соединения	2
4	Моделирование деформации сварной балки коробчатого сечения при сварке продольного шва.	4
5	Моделирование дуговой сварки двустороннего таврового сварного соединения	2
6	Выбор оптимальной схемы сварки на основании компьютерного моделирования	2
7	Выбор оптимальной схемы сварки на основании компьютерного моделирования	2
8	Выбор оптимальной схемы сварки на основании компьютерного моделирования	2
9	Выбор оптимальной схемы сварки на основании компьютерного моделирования	4
10	Выбор оптимальной схемы сварки на основании компьютерного моделирования	2
11	Расчёт на прочность сварных соединений	2
12	Расчёт на прочность сварных соединений	2
13	Расчёт на прочность сварных соединений	2
14	Расчёт на прочность сварных соединений	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание курсового проекта (работы)	26
2	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	18
3	Подготовка к экзамену	36

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: лекция-диалог, дискуссия, работа в команде

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:

1. Цель и задачи курсового проекта

Курсовой проект является заключительным этапом освоения дисциплины «Проектирование сварных конструкций». Его выполнение даст будущим специалистам в области сварочного производства знания об условиях работы сварных металлических конструкций, методах их расчета и рационального проектирования, а также позволит практически закрепить полученные теоретические знания и развить навыки самостоятельной работы.

2. Тематика курсового проекта

Курсовой проект предполагает разработку сварной конструкции, в частности сварной балки или сварной стойки. Расчет и проектирование конструкции занимает наибольший объем проекта.

3. Задания на курсовой проект

Задание на курсовой проект выдается преподавателем каждому студенту индивидуально в течение первой недели шестого семестра. В задании указано: Ф.И.О. студента, дата выдачи и срок сдачи проекта, исходные данные для проектирования. Задание выполняется в течение семестра.

Примеры индивидуальных заданий на курсовой проект по дисциплине:

4. Объем, содержание и требования к оформлению курсовой работы

В результате работы студента над проектом должна быть составлена расчетно-пояснительная записка, оформлена графическая часть проекта.

4.1 Требования к оформлению расчетно-пояснительной записки

В расчетно-пояснительную записку должен быть включен весь текстовый материал проекта. В тексте пояснительной записки должно быть дано необходимое число эскизов, чертежей, таблиц. Расчетно-пояснительная записка является официальным документом, поэтому стиль изложения материала должен быть предельно ясным, не допускающим произвольного и разноречивого толкования. Стиль изложения должен соответствовать требованиям по оформлению технической документации. Структуру расчетно-пояснительной записки (содержание) можно рекомендовать в следующем виде:

- Содержание курсового проекта на тему «Проектирование сварной стойки»:

1. Обоснование выбора материала.
 2. Построение эпюр внутренних усилий и моментов.
 3. Определение конструкции стойки.
 4. Определение геометрических характеристик поперечного сечения стойки.
 5. Проектирование рёбер жёсткости.
 6. Расчёт базы стойки.
 7. Расчёт оголовка стойки.
 8. Расчёт сварных соединений.
 9. Определение количества потребного металла и электродного материала.
 10. Выводы.
 11. Список использованных источников.
- Содержание курсового проекта на тему «Проектирование сварной балки»:
1. Обоснование выбора материала.
 2. Определение высоты балки из условий жёсткости.
 3. Определение высоты балки из условий прочности и экономичности.
 4. Расчёт сечения балки.
 5. Обеспечение общей устойчивости балки. Проектирование удерживающих связей.
 6. Обеспечение местной устойчивости элементов балки. Проектирование горизонтальных и вертикальных рёбер жёсткости.
 8. Расчёт сварных соединений.
 9. Определение количества потребного металла и электродного материала.
 10. Выводы.
 11. Список использованных источников.

Содержание расчётно-пояснительной записки разбивается на разделы. На материалы, взятые из литературы и других источников, должны быть даны ссылки с указанием номера источника по списку использованной литературы. Источники должны располагаться в порядке появления ссылок в тексте пояснительной записки. Нумерация страниц пояснительной записки, включая рисунки и приложения, должна быть сквозной. Титульный лист считается первой страницей, задание второй и т.д. На титульном листе и задании номера страниц не ставятся. Формулы должны приводиться в общем виде с расшифровкой использованных в них буквенных значений. Расчёты должны выполняться с использованием единиц системы СИ.

Общие требования и правила оформления расчётно-пояснительной записки изложены в стандарте организации ИРНИТУ «Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических специальностей. СТО 005-2020». Общий объём расчётно-пояснительной записки – 25...28 страниц.

4.2 Требования к оформлению графической части курсового проекта.

Графическая часть проекта представляет собой сборочный чертёж сварной конструкции и выполняется на стандартном листе формата А1. Отдельно должна быть выполнена спецификация к сборочному чертежу, добавляемая в расчётно-пояснительную записку в качестве приложения. На сборочном чертеже должны быть проставлены все необходимые размеры, показаны необходимые сечения, приведены обозначения сварных швов, включены технические условия. Оформление графической части проекта выполняется в соответствии с действующим ГОСТ ЕСКД.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Практическая работа № 1. Моделирование дуговой сварки двустороннего таврового сварного соединения

1.Цель занятия: Определить после сварки остаточные напряжения и деформаций таврового сварного соединения сваренного с двух сторон дуговой сваркой. Освоить методику расчета тавровых сварных соединений в программном комплексе.

2.Задание:

Изучить краткие теоретические сведения о методике моделирования остаточных напряжений и деформаций тавровых сварных соединений в программном комплексе. Проанализировать готовую конечно-элементную модель.

Определить путем моделирования максимальную величину сварочных напряжений и деформаций, величину деформаций сравнить с данными в лабораторной работе № 3.

3. Оборудование и принадлежности

1. Персональный компьютер.
2. Программный комплекс Visual-MESH, Visual-WELD и Visual-VIEWER.
3. Исходные файлы для моделирования.

4. Ход занятия

4.1 Загрузить файл сетки в программу Visual-MESH и произвести её анализ (рис. 1).

Рисунок 1

4.2 Загрузить файл сетки в программу Visual-WELD и согласно методике ввести туда исходные данные.

4.3 Произвести расчет.

4.4 Загрузить файл результатов в программу Visual-VIEWER (рис. 1) и проанализировать полученные результаты сварочных деформаций.

Рисунок 2

4.5 Сравнить полученные данные (рис.2) с результатами полученными в лабораторной работе №3.

Практическая работа № 2. Моделирование деформации сварной балки коробчатого сечения при сварке продольного шва

1. Цель занятия: Определение после сварки остаточных напряжений и деформаций балки коробчатого сечения при дуговой сварке продольного шва. Освоить методику расчета статочных деформаций балочных конструкций в программном комплексе.

2. Задание

Изучить краткие теоретические сведения о методике моделирования остаточных напряжений и деформаций тавровых сварных соединений в программном комплексе. Проанализировать готовую конечно-элементную модель.

Выполнить расчет деформации балки от однопроходной дуговой сварки согласно методических указаний.

3. Оборудование и принадлежности

1. Персональный компьютер.
2. Программный комплекс Visual-MESH, Visual-WELD и Visual-VIEWER.
3. Исходные файлы для моделирования.

4 Ход занятия

4.1 Загрузить файл сетки в программу Visual-MESH и проанализировать ее (рис. 3).

Рисунок 3

4.2 Загрузить файл сетки в программу Visual-WELD и согласно методике ввести туда исходные данные.

4.3 Произвести расчет.

4.4 Загрузить файл результатов в программу Visual-VIEWER (рис. 4) и проанализировать полученные результаты сварочных деформаций.

4.5 Определить максимальные сварочные деформации балки.

4.6 Увеличить погонную энергию при сварке и повторить расчет.

4.7 Проанализировать полученные данные в обоих случаях данные.

Рисунок 4

Практическая работа №3 Выбор оптимальной схемы сварки на основании компьютерного моделирования

1. Цель занятия: Снижение остаточных напряжений сварной балки коробчатого сечения за счет изменения схемы наложения сварных швов. Освоить методику расчета статочных деформаций балочных конструкций в программном комплексе.

2. Задание.

Изучить краткие теоретические сведения о методике моделирования остаточных напряжений и деформаций тавровых сварных соединений в программном комплексе. Выполнить расчет деформации балки от сварного шва разбитого на два участка и на четыре выполненного однопроходной дуговой сваркой согласно методических указаний. Сравнить результаты моделирования полученные в обоих случаях.

3. Оборудование и принадлежности

1. Персональный компьютер.

2. Программный комплекс Visual-MESH, Visual-WELD и Visual-VIEWER.

3. Исходные файлы для моделирования.

4. Ход занятия.

4.1 Загрузить файл сетки в программу Visual-MESH и проанализировать ее (рис. 5).

Обратить внимание на то что сварка шва выполнена за один проход.

4.2 Разбить сварной шов на два участка и сохранить измененный файл сетки под другим именем.

4.3 Загрузить файл сетки в программу Visual-WELD и согласно методике ввести туда исходные данные.

4.4 Произвести расчет.

4.5 Загрузить файл результатов в программу Visual-VIEWER и проанализировать полученные результаты сварочных деформаций.

Рисунок 5

4.6 Определить максимальные сварочные деформации балки.

4.7 Сделать копию файла сетки, загрузить ее в Visual-MESH и разбить сварной шов на 4 участка.

4.8 Произвести расчет.

4.9 Загрузить файл результатов в программу Visual-VIEWER и проанализировать полученные результаты сварочных деформаций.

4.10 Сравнить данные полученные в обоих случаях и сделать выводы.

Практическая работа № 4. Расчёт на прочность сварных соединений.

1.Цель занятия: освоить методику расчёта на прочность сварных соединений.

2.Задание.

Изучить краткие теоретические сведения: конструктивное оформление различных сварных соединений и области их применения.

Ознакомиться с методикой расчета сварных соединений.

После изучения теоретической части студент должен для конкретного варианта сварки рассчитать и спроектировать сварное соединение согласно индивидуальному заданию.

3. Ход занятия.

В ходе занятия рассматриваются примеры решения задач по определению прочности и конструктивных размеров сварных соединений.

Студент должен:

а) получить у преподавателя вариант индивидуального задания;

б) решить предложенную в задании задачу.

После выполнения задания студенты выборочно приводят решение задачи на доске. При этом уточняются и комментируются возможные ошибки и неточности.

Основные рекомендации по выполнению заданий

При выполнении задания использовать конспекты лекций, методические указания к практическим занятиям и рекомендованную литературу.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Виды СРС, реализуемые при изучении дисциплины:

1. Подготовка к практическим занятиям и оформление отчетов.

2. Выполнение курсового проекта

3. Подготовка к экзамену

- Подготовка к практическим занятиям и оформление отчетов.

Каждое практическое занятие проводится на основе теоретического материала. За время, отведенное на самостоятельную работу, магистрант должен изучить материал по теме работы.

В ходе работы магистрант должен составить отчет. Отчет составляется либо на тетрадном листе, либо в печатном варианте на листе формата А4.

Защита работы проводится в устной форме. В процессе защиты преподаватель работает с каждым студентом индивидуально, выясняя:

- знание основных понятий и определений по данной теме;

- владение технической терминологией и т.п.

Подготовка к экзамену

В рамках подготовки к экзамену предусмотрено самостоятельное изучение отдельных тем.

При самостоятельном изучении материала курса по учебнику нужно, прежде всего, уяснить существо каждого излагаемого там вопроса. Главное — это понять изложенное в учебнике, а не «заучить». Изучать материал рекомендуется по главам учебника (см. список рекомендованной литературы). Следует прочитать весь материал темы не затронутый на лекции. Закончив изучение темы, полезно составить краткий конспект, по возможности не обращаясь к учебнику. После изучения темы по учебнику,

желательно осуществить самопроверку приобретенных знаний, при этом полезно самостоятельно составить перечень вопросов для самопроверки. Ответив на вопрос, можно по учебнику проверить, правильно ли это сделано. Кроме того, по тетради с такими вопросами можно установить, весь ли материал, предусмотренный программой, изучен. Следует иметь в виду, что в различных учебниках и учебных пособиях материал может излагаться в разной последовательности. Поэтому ответ на какой-нибудь вопрос данной темы может оказаться в другой главе, но на изучении курса в целом это, конечно, никак не скажется.

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 6 | Отчет

Описание процедуры.

Процедура одинаковая для всех практических занятий. Каждый студент должен выполнить предусмотренные программой практические занятия, состоящие в решении задач по темам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. При подготовке к практическому занятию студент должен изучить материал по теме работы, ознакомиться с методическими указаниями и сформулировать ответы на контрольные вопросы. Отчёт оформляется в соответствии с требованиями, указанными в методических указаниях. Защита отчётов по практическим занятиям проходит в форме собеседования.

Критерии оценивания.

одинаковые для всех практических занятий.

При защите студент должен уметь объяснить ход решения задачи, ответить на контрольные вопросы, пояснить все приведенные расчеты и выводы. При выполнении этих требований практическое занятие считается зачтённым. Практическое занятие считается незачтённым, если оно не выполнено, неправильно решены задачи, не пройдена процедура защиты или не даны ответы на контрольные вопросы.

6.1.2 семестр 6 | Устный опрос

Описание процедуры.

Усвоение теоретического материала по введению проверяется устным опросом студентов

Критерии оценивания.

При правильных ответах на более 90% вопросов, студент получает допуск к зачету.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-1.2	Выполняет курсовой проект и проверочные задания в соответствии с установленными эксплуатационными и требованиями к изделиям, обоснованно принимать технические решения.	Зачет, курсовой проект
ПКС-3.1	Оформляет документы по расчету и проектированию сварных конструкций с учетом требований стандартов, технических условий и нормативных документов	со
ПКС-4.1	Проектирование сварной конструкции машиностроительного назначения выполняет с обеспечением оптимальных технико-экономических показателей технологичности с обеспечением требований по прочности и надёжности изделия	Зачет, курсовой проект

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для курсовой работы/курсового проектирования по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Защита выполненного курсового проекта проходит в форме устного собеседования. При собеседовании студент должен показать знание основ проектирования сварных конструкций и умение объяснить выполненные расчёты. В зависимости от качества ответа студента ему могут быть заданы дополнительные вопросы с целью уточнения уровня его знаний.

Вопросы для контроля *:

1. Назовите виды деформаций, воспринимаемые балочной конструкцией.
2. Сформулируйте основные рекомендации по проектированию общей конструкции балки, в том числе поперечного сечения.
3. В чём заключается технологичность при проектировании и изготовлении сварного изделия?
4. Как определяется жёсткость балочной конструкции?
5. Как определяется высота балки из условий жёсткости, прочности и экономичности.
6. Как определяются размеры стенки и пояса двутавровой балки? Назовите их рекомендуемое соотношение.
7. Приведите примеры технических решений, направленных на обеспечение общей устойчивости балки.
8. Как достигается требуемая местная устойчивость балки? Рёбра жёсткости (типы,

размеры, расстановка).

9. Приведите последовательность расчёта сварных соединений проектируемого изделия.
 10. Представьте конструкцию опорных частей балок.
 11. Как сопрягаются и совместно работают опорные части с балкой?
 12. Определите диапазон устойчивого соотношения допускаемых нормальных и касательных напряжений.
 13. Назовите виды деформаций, воспринимаемые стоечной конструкцией.
 14. Назовите факторы, влияющие на коэффициент продольного прогиба.
 15. Каковы значения допускаемой предельной гибкости стоек?
 16. Приведите примеры основных конструкций сечения стойки.
 17. Дайте определение свободных центральных осей сечения стойки.
 18. Сформулируйте назначение стоечной базы.
 19. Изложите рекомендации по проектированию баз.
 20. Приведите примеры конструкций стоечных баз. Сравните их с точки зрения эксплуатационных нагрузок.
 21. Сформулируйте назначение и приведите примеры конструкций оголовка стойки.
 22. Дайте определение монтажных (транспортировочных) швов.
 23. Приведите пример разделения конструкции на сборочные единицы с целью удобства её транспортировки.
 24. Приведите последовательность определения потребного количества основного и присадочного материала (с учётом способа сварки).
 25. Назовите способы антикоррозионной защиты сварных конструкций.
- * При ответах на вышеприведённые вопросы студент может пользоваться своим курсовым проектом с целью иллюстрации ответов и приведения примеров.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Правильно и полностью выполнил расчёты, построил эпюры, определил геометрические характеристики сечений проектируемого изделия, определил требуемый объём материалов, необходимых для изготовления конструкций, грамотно выполнил графическую часть проекта,	В основном, удовлетворяет требованиям на оценку «отлично», однако допустил в работе или при ответах несущественные неточности, погрешности в изложении, небрежности в оформлении пояснительной записки и графической части проекта	В основном, выполнил работу, но при собеседовании не проявляет должную глубину в понимании существа вопросов. Имеются существенные неточности как при выполнении расчётов, так и при выполнении графической части проекта. Допускает при ответах на вопросы поверхностные формулировки.	Неправильно выполнил расчёты и графическую часть проекта, не знает основных положений курса либо не понимает значительной части материала, допускает существенные ошибки при ответах.

сформулировал выводы по выполненной работе. Владеет материалом курса глубоко и прочно. Правильно отвечает на вопросы.			
---	--	--	--

6.2.2.2 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

Студент отвечает на вопросы, предложенные преподавателем. Вопросы охватывают весь пройденный материал по дисциплине. Студенту задаются не более трех четко сформулированных вопросов из различных разделов. Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы, а также давать задачи примеры из числа рассмотренных на занятиях

Пример задания:

1. Назовите виды деформаций, воспринимаемые балочной конструкцией.
2. Сформулируйте основные рекомендации по проектированию общей конструкции балки, в том числе поперечного сечения.
3. В чём заключается технологичность при проектировании и изготовлении сварного изделия?
4. Как определяется жёсткость балочной конструкции?
5. Как определяется высота балки из условий жёсткости, прочности и экономичности.
6. Как определяются размеры стенки и пояса двутавровой балки? Назовите их рекомендуемое соотношение.
7. Приведите примеры технических решений, направленных на обеспечение общей устойчивости балки.
8. Как достигается требуемая местная устойчивость балки? Рёбра жёсткости (типы, размеры, расстановка).
9. Приведите последовательность расчёта сварных соединений проектируемого изделия.
10. Представьте конструкцию опорных частей балок.
11. Как сопрягаются и совместно работают опорные части с балкой?
12. Определите диапазон устойчивого соотношения допускаемых нормальных и касательных напряжений.
13. Назовите виды деформаций, воспринимаемые стоечной конструкцией.
14. Назовите факторы, влияющие на коэффициент продольного прогиба.
15. Каковы значения допускаемой предельной гибкости стоек?
16. Приведите примеры основных конструкций сечения стойки.
17. Дайте определение свободных центральных осей сечения стойки.
18. Сформулируйте назначение стоечной базы.
19. Изложите рекомендации по проектированию баз.
20. Приведите примеры конструкций стоечных баз. Сравните их с точки зрения

эксплуатационных нагрузок.

21. Сформулируйте назначение и приведите примеры конструкций оголовка стойки.

22. Дайте определение монтажных (транспортировочных) швов.

23. Приведите пример разделения конструкции на сборочные единицы с целью удобства её транспортировки.

24. Приведите последовательность определения потребного количества основного и присадочного материала (с учётом способа сварки).

25. Назовите способы антикоррозионной защиты сварных конструкций.

6.2.2.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, допускает ошибки в определениях, неуверенно, с большими затруднениями подходит к решению практических вопросов и задач, не владеет навыками их решения.

7 Основная учебная литература

1. Николаев Георгий Александрович. Специальные методы сварки : учеб. пособие для вузов по спец. "Оборудование и технология свароч. пр-ва" / Георгий Александрович Николаев, Георгий Александрович Ольшанский, 1975. - 232

2. Николаев, Георгий Александрович. Сварные конструкции: Прочность сварных соединений и деформация конструкций: учеб. пособие для вузов по спец. "Оборуд. и технология свароч. пр-ва" / Георгий Александрович Николаев, Виталий Александрович Винокуров, Сергей Александрович Куркин, 1982. - 272 с

3. Серенко, Александр Никитич . Расчет сварных соединений и конструкций : для сварочных специальностей вузов / Под ред. А. Н. Серенко, 1977. - 335 с

4. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Машиностроит. технологии и оборудование", специальности "Оборудование и технология свароч. пр-ва" / [С. А. Куркин, В. М. Ховов, Ю. Н. Аксенов и др.], 2002. – 463

5. Копельман Л. А. Основы теории прочности сварных конструкций : учебное пособие / Л. А. Копельман, 2010. - 457 с.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Аснис, Аркадий Ефимович. Снижение металлоемкости сварных швов стальных конструкций / Аркадий Ефимович Аснис, Юрий Григорьевич Мосенкис, 1987. - 107 с.

2. Винокуров, Виталий Александрович. Расчет сварных соединений на прочность : учеб. пособие по курсу "Механика разрушения в расчетах сварных соединений" / Виталий Александрович Винокуров, 1989. - 80 с.
3. Когут, Николай Степанович . Несущая способность сварных соединений / Николай Степанович Когут, Михаил Васильевич Шахматов, Валерий Владимирович Ерофеев, 1991. - 182 с.
4. Недосека, Анатолий Яковлевич . Основы расчета сварных конструкций : учеб. пособие для вузов по спец. "Динамика и прочность машин" / Анатолий Яковлевич Недосека; Под ред. Б. Е. Патона, 1988. - 263 с.
5. Прочность сварных соединений при переменных нагрузках / Под ред. В. И. Труфякова, 1990. - 255 с
6. Сагалевиц, Валерий Михайлович . Стабильность сварных соединений и конструкций/ Валерий Михайлович Сагалевиц, В.Ф. Савельев, 1986. - 264 с.
7. Кудрявцев, Иван Васильевич . Усталость сварных конструкций / Иван Васильевич Кудрявцев, Николай Ермолаевич Наумченков, 1976. - 271 с.
8. Проектирование сварных конструкций в машиностроении / Вершинский С. В. [и др.], 1975. - 376 с.
9. Копельман Л. А. Сопrotивляемость сварных узлов хрупкому разрушению / Л. А. Копельман, 1978. - 232 с
10. Хрупкие разрушения сварных конструкций / У. Дж. Холл [и др.]; пер. с англ. И. В. Кудрявцев и Д. М. Шур, 1974. - 320 с
11. Корчагин И. Б. Проектирование сварных конструкций : учебное пособие / И. Б. Корчагин, А. Б. Булков; науч. ред. В. В. Пешков, 2007. - 208 с.
12. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : справочник / А. А. Лашинский, 2013. - 381 с.
13. Аснис А. Е. Повышение прочности сварных конструкций / А. Е. Аснис, Г. А. Иващенко, 1978. - 191 с.
14. Веретник Л. Д. Технологичность сварных конструкций / Л. Д. Веретник, 1969. - 88 с.
15. Стандарт организации ИРНИТУ Учебно-методическая деятельность. Оформление курсовых проектов (работ) и выпускных квалификационных работ технических направлений подготовки и специальностей. СТО 005-2020»
16. Расчёт сварных соединений и конструкций. Примеры и задачи / А.И. Серенко, М.В. Крумбольдт, К.В. Багрянский / Киев, Вища школа, 1977. – 336 с.
17. Сварные конструкции. Расчёт и проектирование / Г.А. Николаев, В.А. Винокуров. Учеб. Для вузов / Под ред. Г.А. Николаева. – М.: Высш. шк., 1990. – 446 с.

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. Свободно распространяемое программное обеспечение 1. Microsoft Windows (Подписка DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years). Сублицензионный договор №14527/МОС2957 от 18.08.2016г. 2. Пакет Microsoft Office. 2. Программный комплекс SYSWELD для моделирования процессов сварки и термической обработки (разработчик - ESI Group). 3. Программный комплекс APM WinMachine – система автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и конструкций в области машиностроения (разработка НТЦ "АПМ").

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 1. Полуавтомат Kempromat 1701 сварочный.
2. 313849 Сварочный трансформатор.
3. 312369 Автомат св. АДФ-1202 с источником ВДУ-1202.
4. 5892 Выпрямитель ВДУ-504 .
6. Тензометр ТР.
7. Штатив КАЛИБРОН 157427 с индикаторной головкой ИЧ 0-10 0.01.
8. Пресс гидравлический вертикальный.