Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра транспортных процессов и технологий

Рабочая программа дисциплины (модуля)

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Направление и направленность (профиль)
08.03.01 Строительство. Строительство

Год набора на ОПОП
2023

Форма обучения
очно-заочная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Сопротивление материалов» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (утв. приказом Минобрнауки России от 31.05.2017г. №481) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

Гребенюк И.В., заместитель руководителя школы, Инженерная школа, Grebenyuk.IV@vvsu.ru

Утверждена на заседании кафедры транспортных процессов и технологий от 21.05.2026, протокол № 6.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кузнецов П.А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат	1576663924
Номер транзакции	0000000000D45710
Владелец	Кузнецов П.А.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Сопротивление материалов» является овладение теоретическими основами и практическими методиками расчетов на прочность и жесткость типовых элементов конструкций при различных нагружениях.

Задачи дисциплины:

- приобретение теоретических знаний и практических навыков по расчету на прочность и жесткость типовых элементов конструкций;
- использование полученных компетенций в архитектурном проектировании зданий и сооружений.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
08.03.01 «Строительство» (Б-СТ)	ОПК-1 : Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.3к : Применяет общеинженерные знания и методы исследований объектов для решения профессиональных задач	РД1	Знание	основные понятия, законы и принципы сопротивления материалов (теория прочности, упругости, пластичности); методы расчета напряжений, деформаций и устойчивости конструкций; основы применения теорий для проектирования строительных конструкций.
			РД2	Умение	выполнять расчеты напряжений и деформаций элементов конструкций; оценивать прочность, жесткость и устойчивость строительных материалов; применять методы анализа для решения инженерных задач.
			РД3	Навыки	применение стандартов и нормативных документов для расчёта элементов конструкций; проведение расчетов конструктивных элементов на прочность и устойчивость; анализ надежности проектируемых конструкций; выбор материалов с учетом критериев прочности, долговечности и износостойкости.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Сопротивление материалов» входит в обязательную часть учебного плана направления 08.03.01 Строительство, Б.1.Б.24. Дисциплина проводится с учетом освоенных дисциплин учебного плана.

3 Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обуче-ния	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудо-емкость	Объем контактной работы (час)						СРС	Форма аттес-тации
				(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеауди-торная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
08.03.01 Строительство	ОЗФО	Б1.Б	3	4	17	8	4	4	1	0	127	Э

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОЗФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОЗФО

№	Название темы	Код ре-зультата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Основные положения теории сопротивления материалов	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7, РД8, РД9, РД10	2	2	0	31	Тест
2	Растяжение и сжатие	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7, РД8, РД9, РД10	2	0	2	32	Тест

3	Кручение	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7, РД8, РД9, РД10	2	0	2	32	Тест
4	Изгиб	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6, РД7, РД8, РД9, РД10	2	2	0	32	Тест
Итого по таблице			**8**	**4**	**4**	**127**	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОЗФО

Тема 1 Основные положения теории сопротивления материалов.

Содержание темы: Гипотезы и допущения. Геометрическая схематизация элементов строительных конструкций. Расчетная схема. Внешние силы. Внутренние силы. Напряжения. Виды напряженного состояния материала. Деформации и перемещения. Методы расчета на прочность и жесткость.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекционные занятия, практические занятия, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками.

Тема 2 Растяжение и сжатие.

Содержание темы: Внутренние силы. Напряжения. Условие прочности. Деформации. Условие жесткости. Статически определимые системы. Статически неопределимые системы.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекционные занятия, лабораторные работы, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками.

Тема 3 Кручение.

Содержание темы: Геометрические характеристики. Плоских сечений. Главные центральные оси. Внутренние силы при кручении. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Напряжения при кручении. Деформации при кручении. Кручение стержней прямоугольного поперечного сечения.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекционные занятия, лабораторные работы, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками.

Тема 4 Изгиб.

Содержание темы: Прямой изгиб. Внутренние силы. Эпюры. Примеры построения эпюр Q и M. Примеры по расчету на прочность. Деформации при изгибе. Проверка на жесткость. Метод Мора и Верещагина.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекционные занятия, практические занятия, СРС.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Работа с основными и дополнительными источниками. Подготовка к экзамену.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

В ходе изучения данного курса студент слушает лекции по основным темам, посещает практические занятия, занимается индивидуально. Практические занятия предполагают, как индивидуальное, так и групповое выполнение поставленных задач, коллективное обсуждение полученных результатов.

Особое место в овладении данным курсом отводится самостоятельной работе по изучению литературы, электронных изданий, работе с библиотечными и поисковыми системами.

Начиная изучение дисциплины, студенту необходимо:

- ознакомиться с программой, изучить список рекомендуемой литературы;
- внимательно разобраться в структуре курса, в системе распределения учебного материала по видам занятий, формам контроля, чтобы иметь представление о курсе в целом;
- информационные технологии: Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian.

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов : учебник и практикум для вузов / В. Г. Атапин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 438 с.

– (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-15962-2. Режим доступа: https://urait.ru/bcode/560618.

2. Кривошапко, С. Н. Сопротивление материалов : учебник и практикум для вузов / С. Н. Кривошапко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 397 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00491-5. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. Режим доступа: https://urait.ru/bcode/559877.

3. Ахметзянов, М. Х. Сопротивление материалов : учебник для вузов / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 292 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-20558-9. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. Режим доступа: https://urait.ru/bcode/558382.

7.2 Дополнительная литература

4. *Кривошапко, С. Н.* Сопротивление материалов. Практикум : учебник для вузов / С. Н. Кривошапко, В. А. Копнов. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 353 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-9916-7117-0. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. Режим доступа: https://urait.ru/bcode/560793.

5. *Атапин, В. Г.* Сопротивление материалов. Сборник заданий с примерами их решений : учебник для вузов / В. Г. Атапин. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 122 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-17691-9. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. Режим доступа: https://urait.ru/bcode/562786.

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. ЭБС «Национальный цифровой ресурс «Руконт»: https://rucont.ru
2. Электронная библиотечная система ZNANIUM.COM - Режим доступа: https://znanium.com/
3. Электронно-библиотечная система "РУКОНТ"
4. Электронно-библиотечная система издательства "Юрайт" - Режим доступа: https://urait.ru/
5. Open Academic Journals Index (OAJI). Профессиональная база данных - Режим доступа: http://oaji.net/
6. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: https://www.prlib.ru/
7. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: http://www.consultant.ru/

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- "Стенд гидравлический универсальный ТМЖ-2М"
- Автоматизированный лабораторный комплекс "Детали машин- соединения с натягом"

Программное обеспечение:

- Autodesk Moldflow 2012 Russian
- Adobe Photoshop CS5 Russian

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра транспортных процессов и технологий

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Направление и направленность (профиль)
08.03.01 Строительство. Строительство

Год набора на ОПОП
2023

Форма обучения
очно-заочная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Таблица 1 – Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
08.03.01 «Строительство» (Б-СТ)	ОПК-1 : Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата	ОПК-1.3к : Применяет общеинженерные знания и методы исследований объектов для решения профессиональных задач

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

Таблица 2 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез-та	Результат	
ОПК-1.3к : Применяет общеинженерные знания и методы исследований объектов для решения профессиональных задач	РД1	Знание	основные понятия, законы и принципы сопротивления материалов (теория прочности, упругости, пластичности); методы расчета напряжений, деформаций и устойчивости конструкций; основы применения теорий для проектирования строительных конструкций.	Сформированное систематическое знание основных понятий, законов и принципов сопротивления материалов (теория прочности, упругости, пластичности). Понимание методов расчета напряжений, деформаций и устойчивости конструкций, а также их применения при проектировании строительных объектов.
	РД2	Умение	выполнять расчеты напряжений и деформаций элементов конструкций;	Сформировавшееся систематическое умение выполнять расчеты напряжений и деформаций конструктивных элементов на основе нормативных документов и

			оценивать прочность, жесткость и устойчивость строительных материалов; применять методы анализа для решения инженерных задач.	технических стандартов. Способность оценивать прочность, жесткость и устойчивость строительных материалов для решения инженерных задач. Умение формализовать инженерные задачи, определяя ключевые параметры и требования для проектирования.
	РД3	Навыки	применение стандартов и нормативных документов для расчёта элементов конструкций; проведение расчетов конструктивных элементов на прочность и устойчивость; анализ надежности проектируемых конструкций; выбор материалов с учетом критериев прочности, долговечности и износостойкости.	Навык уверенного применения стандартов и нормативных документов для расчётов элементов конструкций. Способность проводить расчёты на прочность, жесткость и устойчивость с использованием современных инструментов и методик. Владение методами анализа надежности проектируемых конструкций и обоснованного выбора материалов с учетом прочности, долговечности и износостойкости. Умение читать, анализировать и составлять чертежи для проектных и расчетных задач.

Таблица заполняется в соответствии с разделом 2 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
РД1	Знание: основные понятия, законы и принципы сопротивления материалов (теория прочности, упругости, пластичности); методы расчета напряжений, деформаций и устойчивости конструкций; основы применения теорий для проектирования строительных конструкций.	1 Основные положения теории сопротивления материалов	Расчетно-графическая работа	Экзамен в устной форме
		2 Растяжение и сжатие	Расчетно-графическая работа	Экзамен в устной форме
		3 Кручение	Расчетно-графическая работа	Экзамен в устной форме
		4 Изгиб	Расчетно-графическая работа	Экзамен в устной форме
РД2	Умение: выполнять расчеты напряжений и деформаций элементов конструкций;	1 Основные положения теории сопротивления материалов	Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		2 Растяжение и сжатие	Расчетно-	Экзамен в устной

	оценивать прочность, жесткость и устойчивость строительных материалов; применять методы анализа для решения инженерных задач.		графическая работа Лабораторная работа	форме
		3 Кручение	Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		4 Изгиб	Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
РДЗ	Навыки: применение стандартов и нормативных документов для расчёта элементов конструкций; проведение расчетов конструктивных элементов на прочность и устойчивость; анализ надежности проектируемых конструкций; выбор материалов с учетом критериев прочности, долговечности и износостойкости.	1 Основные положения теории сопротивления материалов	Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		2 Растяжение и сжатие	Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		3 Кручение	Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		4 Изгиб	Расчетно-графическая работа Лабораторная работа	Экзамен в устной форме

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение баллов по видам учебной деятельности

Вид учебной деятельности	Оценочное средство			
	Расчетно-графические работы	Защита результатов лабораторных работ	Экзамен в устной форме	Итого
Лекции		10		10
Практические занятия	30			30
Лабораторные работы		30		30
Самостоятельная работа	10			10
Промежуточная аттестация			20	20
Итого за семестр	40	40	20	100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей с таблицей 4.2.

Таблица 4.2 – Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности и перевод в оценку

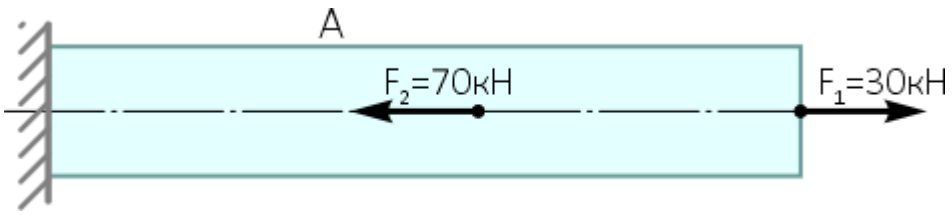
Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на итоговом уровне, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Умеет собирать и анализировать необходимую информацию, используя Интернет и электронные базы данных. Свободно оперирует приобретенными знаниями, выполняя творческие задания, предусмотренные программой. Умеет выполнять чертежи по правилам проектной графики. Оформляет расчетно-графические работы на высоком уровне.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на хорошем уровне, обнаруживает знания учебного материала, усвоил основную литературу, умеет собирать и анализировать необходимую информацию, используя Интернет и электронные базы данных. Выполняет творческие задания, допуская незначительные ошибки и неточности. Умеет выполнять чертежи по правилам проектной графики. Оформляет расчетно-графические работы на хорошем уровне.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций на базовом уровне: проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями, в ходе выполнения творческих заданий допускает значительные ошибки. Выполняет чертежи, допуская ошибки, выявляет слабые знания проектной графики. Оформляет расчетно-графические работы не в полном объеме, на удовлетворительном уровне.
от 0 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков. Не выполняет расчетно-графические работы.

5 Примерные оценочные средства

5.1 Примеры заданий для выполнения расчетно-графической работы

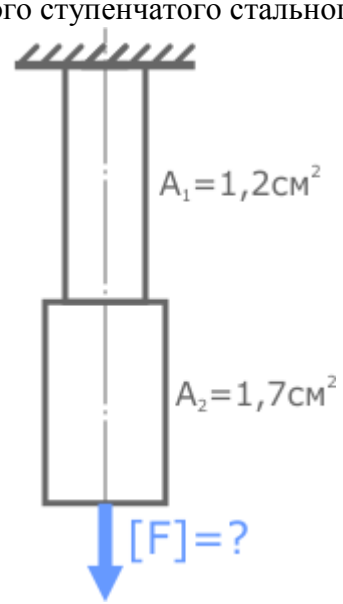
1. Внимательно ознакомьтесь с заданием.
2. Обратите внимание на все указания и требования преподавателя к оформлению работы.
3. Выполните необходимые расчеты.
4. Подробно записывайте все формулы, исходные данные, промежуточные вычисления и результаты. Укажите размерность полученных результатов.
5. Постройте необходимые эпюры.
6. Используйте масштаб, обеспечивающий наглядность.
7. Сделайте необходимые выводы.
8. Оформите работу в соответствии с требованиями. Работа должна быть выполнена аккуратно и грамотно, с соблюдением всех правил оформления.
9. Проверьте правильность написания формул, обозначений и единиц измерения.

Задание 1. Определить по условию прочности, площадь поперечного сечения A стального стержня при заданных нагрузках F_1 = 30 кН и F_2 = 50кН.



Допустимое нормальное напряжение материала [σ] = 160 МПа.

Задание 2. Рассчитать по условию прочности величину грузоподъемности [F] прямого ступенчатого стального стержня.



Площади поперечного сечения указаны на расчетной схеме.
Допустимые напряжения [σ]=160 МПа.

Задание 3. Проверить на прочность консольную балку, закрепленную в жесткой заделке.



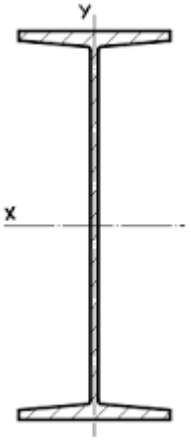
Сечение балки – двутавр №24;
Таблица справочных данных по двутаврам:

№ бал-ки	Размеры, мм				Площадь сечения, см^2	Масса 1 м, кг	Справочные величины для осей						
							X				Y		
	h	b	d	t			I_x, см^4	W_x, см^3	i_x, см	S_x см^3	I_y, см^4	W_y, см^3	i_y, см
10	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63
27	270	125	6,0	9,8	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54
27a	270	135	6,0	10,2	43,2	33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	49,9	39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95
33	330	140	7,0	11,2	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	13,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54

Допустимые напряжения для материала балки [σ]=160 МПа.

Задание 4. Построить эпюру нормальных напряжений σ для двутавровой балки при следующих данных:

- Изгибающий момент в сечении балки – 45 кН
- Двутавровое сечение балки – №24а



Краткие методические указания

При выполнении расчетно-графических работ студенты анализируют знания, полученные на лекционных занятиях, пользуются основной и дополнительной литературой, а также источниками в сети интернет. Задания выполняются на

практических занятиях, и завершаются студентами в процессе самостоятельной работы. Работы выполняются на листах формата А3. Графические работы выполняются в компьютерной графической программе. Преподавателем на первом практическом занятии объясняются требования к выполнению и оформлению работ.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	35-40	Студент выполняет все практические работы, не допуская ошибок. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, а также рекомендованную основную и дополнительную литературу и дополнительные источники. Оформляет расчетно-графические работы. Чертежи выполнены на высоком графическом уровне с использованием компьютерных графических программ
4	30-34	Студент выполняет все практические работы, допуская не значительные ошибки. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, а также рекомендованную основную и дополнительную литературу и дополнительные источники. Оформляет расчетно-графические работы с небольшими неточностями. Чертежи выполнены на хорошем графическом уровне с использованием компьютерные графических программ
3	15-29	Студент выполняет практические работы, допуская значительные ошибки. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, но не пользовался дополнительными источниками информации. Оформляет расчетно-графические работы со значительными ошибками. Чертежи выполнены на удовлетворительном графическом уровне с использованием компьютерных графических программ
2	5-14	Студент выполняет не все практические работы, допускает много ошибок. Студент не использовал материалы лекций и рекомендованную основную и дополнительную литературу. Не оформляет расчетно-графические работы. Чертежи выполнены на низком графическом уровне

5.2 Пример лабораторной работы

1. Перед началом работы тщательно изучите теоретический материал, относящийся к теме лабораторной работы. Обратите внимание на основные определения, формулы, принципы и методики.

2. Внимательно прочитайте задание к конкретной лабораторной работе. Обратите внимание на порядок выполнения, используемые приборы и оборудование, правила техники безопасности, а также на критерии оценки результатов.

Лабораторная работа. Испытание на сжатие образца, определение предела текучести при сжатии для стали и предела прочности при сжатии.

Этапы выполнения лабораторной работы:

1. Изучить правила техники безопасности.
2. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и приборов, необходимых для выполнения лабораторной работы.
3. Выполнить экспериментальную часть лабораторной работы.
4. Зафиксировать полученные результаты.
5. Обработать и оформить результаты лабораторной работы.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описание
5	35-40	Студент выполняет все лабораторные работы, не допуская ошибок. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, а также рекомендованную основную и дополнительную литературу и дополнительные источники.

4	30-34	Студент выполняет все лабораторные работы, допуская незначительные ошибки. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, а также рекомендованную основную и дополнительную литературу и дополнительные источники.
3	15-29	Студент выполняет лабораторные работы, допуская значительные ошибки. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, но не пользовался дополнительными источниками информации.
2	5-14	Студент выполняет не все лабораторные работы, допускает много ошибок. Студент не использовал материалы лекций и рекомендованную основную и дополнительную литературу.

5.3 Вопросы на экзамен

1. Что изучает дисциплина «Сопротивление материалов»?
2. Какие основные виды деформаций изучаются?
3. Определение термина "прочность".
4. Что такое деформация материала?
5. Объясните, что такое жесткость конструкции.
6. Какие виды напряжений существуют?
7. Что такое напряженно-деформированное состояние (НДС)?
8. Закон Гука: формулировка и применение.
9. Что такое модуль упругости материала (E)?
10. Какие существуют критерии прочности?
11. Что такое момент инерции сечения?
12. Определение центра тяжести сечения.
13. Как рассчитывается момент сопротивления?
14. Что такое радиус инерции сечения?
15. Понятие статического момента сечения.
16. Особенности растяжения и сжатия.
17. Изгиб: основные характеристики и формулы.
18. Кручение: что это и где применяется?
19. Сдвиг: особенности напряжений.
20. Сложное сопротивление: пример и расчет.
21. Что такое устойчивость элементов конструкции?
22. Какие факторы влияют на устойчивость?
23. Формула Эйлера для расчета критической нагрузки.
24. Какие виды потери устойчивости существуют?
25. Пример расчета устойчивости колонны.
26. Теория упругости: основные постулаты.
27. Теория пластичности: что это?
28. Диаграмма напряжений и деформаций для стали.
29. Чем отличаются хрупкие и пластичные материалы?
30. Пример применения теории прочности.
31. Где применяются результаты сопротивления материалов?
32. Какие материалы изучаются?
33. Почему важно учитывать влияние температуры?
34. Пример расчета балки на прочность.
35. Роль сопротивления материалов в проектировании мостов.
36. Что такое эпюра напряжений?
37. Как строится эпюра изгибающих моментов?
38. Диаграмма напряжений при растяжении.
39. Как учитывать влияние нагрузки на эпюры?
40. Пример построения эпюры поперечных сил.
41. Влияние цифровых технологий на сопротивление материалов.

42. Какие методы анализа используются сегодня?
43. Как проверить правильность расчетов?
44. Роль стандартов в расчетах.
45. Какие перспективы развития дисциплины?

Краткие методические указания

На экзамене учитывается правильность ответов, указывающая на остаточные знания пройденного учебного материала. Максимальное количество баллов, набранных на экзамене составляет 20 баллов. При ответах на вопросы студенты не должны пользоваться записями лекционных материалов и электронными гаджетами.

Шкала оценки

Оценка	Баллы	Описани
5	16–20	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала. Умеет правильно изложить материал, иллюстрируя его формулами, расчетами и примерами.
4	10–15	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются ошибки. Умеет изложить материал, иллюстрируя его формулами, расчетами и примерами.
3	3–9	Студент демонстрирует не достаточную сформированность дисциплинарных компетенций, допускает значительные ошибки, проявляет отсутствие отдельных знаний. В целом излагает материал, не всегда может проиллюстрировать его формулами, расчетами и примерами.
2	0-2	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков. Не может ответить на вопросы, допускает значительные ошибки в ответах, не иллюстрирует его формулами, расчетами и примерами.

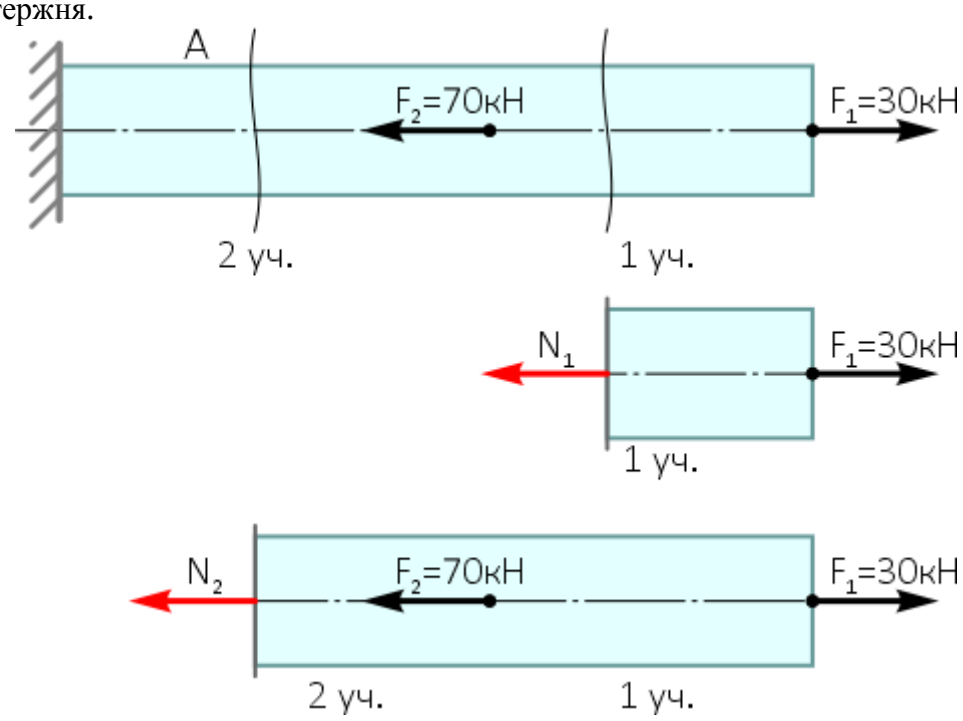
КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

5.1 Ответ на задания для выполнения расчетно-графической работы

Задание 1. Пример решения

С точки зрения прочности, площадь поперечного сечения стержня должна выдерживать максимальную продольную нагрузку.

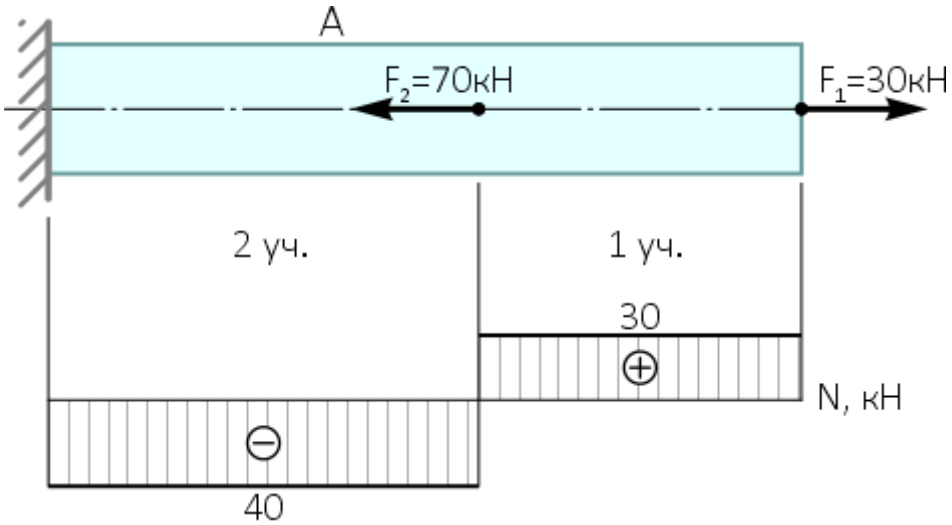
Определяем методом сечений, внутренние продольные усилия N_i на каждом участке стержня.



$$N_1 = F_1 = 30кН$$

$$N_2 = F_1 - F_2 = 30 - 70 = -40кН$$

Графически, распределение продольных усилий по длине стержня можно показать, построив эпюру.



Минимально необходимую величину площади сечения стержня определяем из условия прочности при растяжении-сжатии.

$$\sigma_{max} = \frac{|N_{max}|}{A} \le [\sigma] \quad \Rightarrow \quad A \ge \frac{|N_{max}|}{[\sigma]}$$

$$A \ge \frac{|N_2|}{[\sigma]} = \frac{40 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 250 \cdot 10^{-6} м^2 = 250 мм^2$$

Таким образом, для обеспечения прочности заданного стержня, площадь его поперечного сечения должна быть не меньше 250 мм^2.

Задание 2. Пример решения

Расчет грузоподъемности сводится к определению величины максимально допустимой внешней силы F, которую может выдержать стержень, оставаясь прочным.

В данном случае имеет место продольное нагружение, потому для расчетов используем условие прочности при растяжении-сжатии:

$$\sigma = \frac{N}{A} \le [\sigma]$$

Где σ – напряжения в элементе, которые не должны превышать допустимых значений [σ], N – внутренняя продольная сила, A – площадь поперечного сечения элемента.

Перепишем эту формулу относительно внутренней силы N:

$$N \le [\sigma] \cdot A$$

Так как стержень содержит только один силовой участок по всей его длине N=F, поэтому:

$$F \le [\sigma] \cdot A = [F]$$

Площадь поперечного сечения по длине стержня не постоянна, следовательно, допустимая сила для разных размеров сечения тоже будет отличаться.

Наша задача найти значение внешней силы, которая не нарушит прочность абсолютно всех сечений стержня.

Очевидно, что наименее прочным является фрагмент стержня с меньшей площадью поперечного сечения $A_1 < A_2$ (принцип «где тонко там и рвется»). По ней и будем вести расчет:

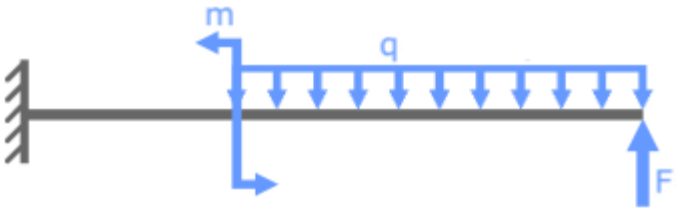
$$[F] = [\sigma] \cdot A_1 = 160 \cdot 10^6 \cdot 1{,}2 \cdot 10^{-4} = 19{,}2 \cdot 10^3 H = 19{,}2 кН$$

Таким образом для обеспечения заданной прочности продольная растягивающая сила, приложенная к стержню, не должна превышать значения [F]=19,2 кН.

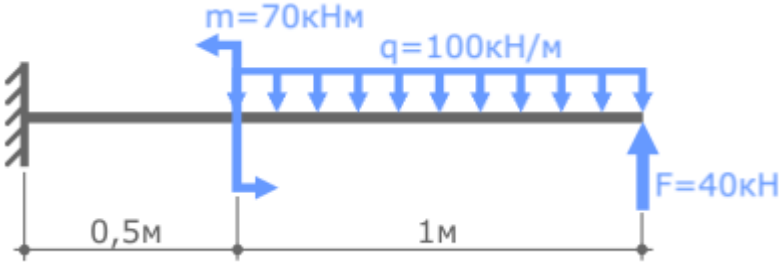
Задание 3. Пример решения

Приложим к балке систему внешних нагрузок:

- Сосредоточенную поперечную силу F
- Изгибающий момент m
- Равномерно распределенную нагрузку q



Укажем величину заданных усилий и продольные размеры участков балки.



Это расчетная схема для решения задачи.

Проверим эту балку на прочность при следующих данных:

Сечение балки – двутавр №24;

Допустимые напряжения для материала балки [σ]=160 МПа.

Прежде чем приступить к решению проанализируем задачу.

Чтобы проверить балку на прочность надо определить величину максимальных напряжений σ_{max} в ее сечениях и сравнить их с допустимыми [σ].

В случае если максимальные напряжения окажутся меньше, либо равны допустимым (т.е. $\sigma_{max} \le [\sigma]$) прочность балки будет обеспечена.

Если же найденные напряжения превысят величину допустимых (т.е. $\sigma_{max} > [\sigma]$) значит балка не прочная.

Условие прочности при плоском поперечном изгибе:

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} \le [\sigma]$$

Здесь M_x – внутренний изгибающий момент, W_x – осевой момент сопротивления сечения балки.

У балки постоянного сечения, форма и размеры сечения одинаковы по всей ее длине, следовательно, W_x=const.

Тогда очевидно, что наибольшими напряжения окажутся в сечении, где будет максимальный изгибающий момент M_x.

Определить максимальный изгибающий момент $M_{x\,max}$ в балке можно только по его эпюре.

Для построения эпюр сначала надо определить опорные реакции.

Ниже приведены ссылки на каждый этап решения данной задачи.

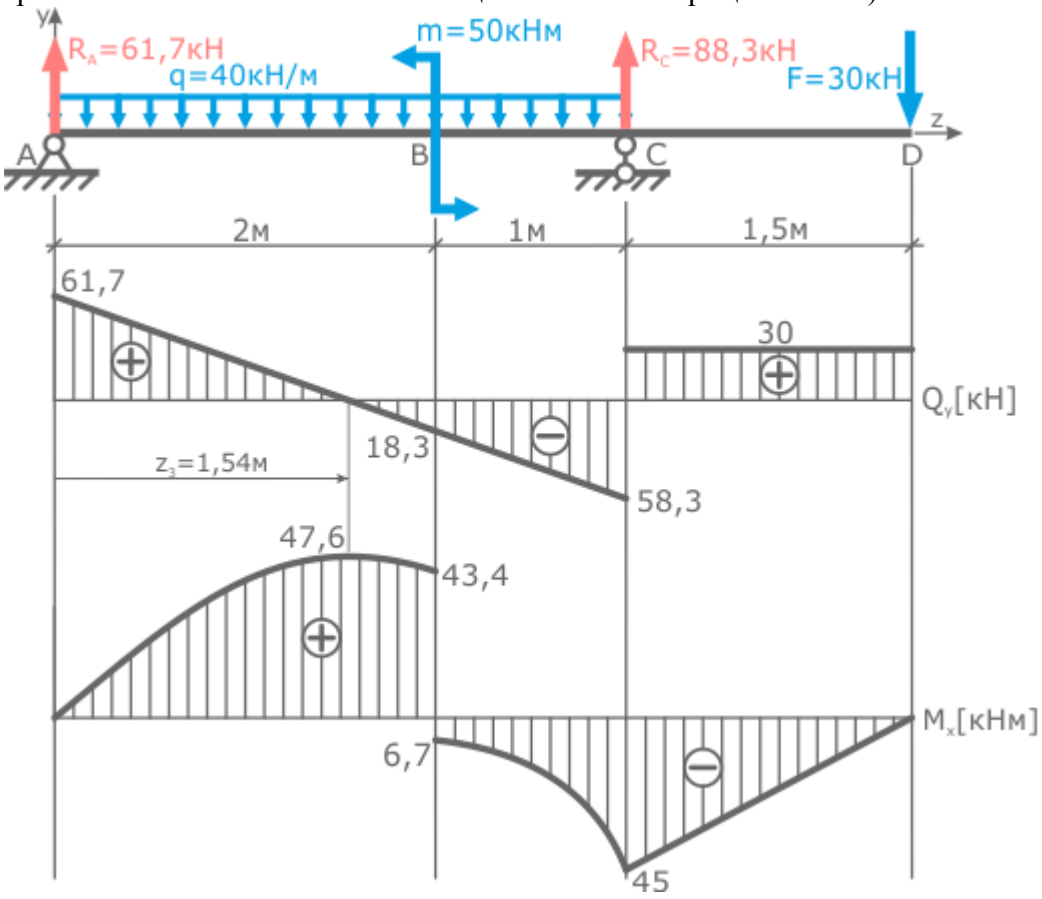
Порядок проверки балки на прочность при изгибе:

1. Рассчитываются опорные реакции балки,
2. Строятся эпюры Q_y и M_x,
3. Определяется опасное сечение балки,
4. Рассчитываются максимальные нормальные напряжения,
5. Полученные напряжения сравниваются с допустимыми, и делается заключение о прочности балки,
6. В случае если прочность не обеспечена, подбираются новые размеры сечения, обеспечивающие прочность.

Задание 4. Пример решения

Построим эпюру нормальных напряжений для двутаврового сечения балки при ее поперечном изгибе.

Эпюру σ будем строить для сечения балки в точке С, где величина изгибающего момента составляет 45 кН·м. В этом месте сжимаются нижние слои балки (т.к. в рассматриваемом сечении знак изгибающего момента отрицательный).



В предыдущем пункте решения задачи для балки по условию прочности был выбран двутавр под номером 24а, для которого из соответствующего сортамента прокатной стали выпишем следующие данные:

- Осевой момент инерции сечения: I_x=3800 см^4,
- Высота сечения: h=240 мм,
- Толщина полки (горизонтальной части двутавра): t=9,8 мм.

Нормальные напряжения σ в произвольной точке поперечного сечения балки рассчитываются по формуле

$$\sigma = \frac{M_x}{I_x} \cdot y$$

Где

M_x – величина изгибающего момента в соответствующем сечении,

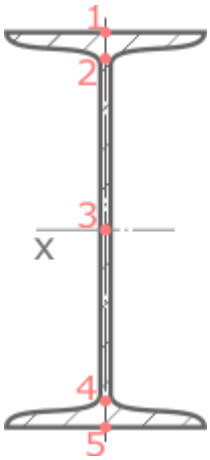
I_x – момент инерции сечения относительно оси x,

y – расстояние от оси x до рассматриваемой точки поперечного сечения балки.

M_x и I_x для всех точек сечения одинаковы, следовательно, изменение величины нормальных напряжений зависит от положения точки сечения.

Переменная y имеет первую степень, т.е. зависимость линейная, поэтому для построения эпюры достаточно найти значения σ в двух точках.

Двутавровое сечение имеет пять характерных точек: Крайняя верхняя и нижняя точки (1 и 5 соответственно), центральная точка (3) и точки 2 и 4, где стенка переходит в полку.



На оси x координата y=0, следовательно, нормальные напряжения в точке 3 отсутствуют

$$\sigma_3 = 0$$

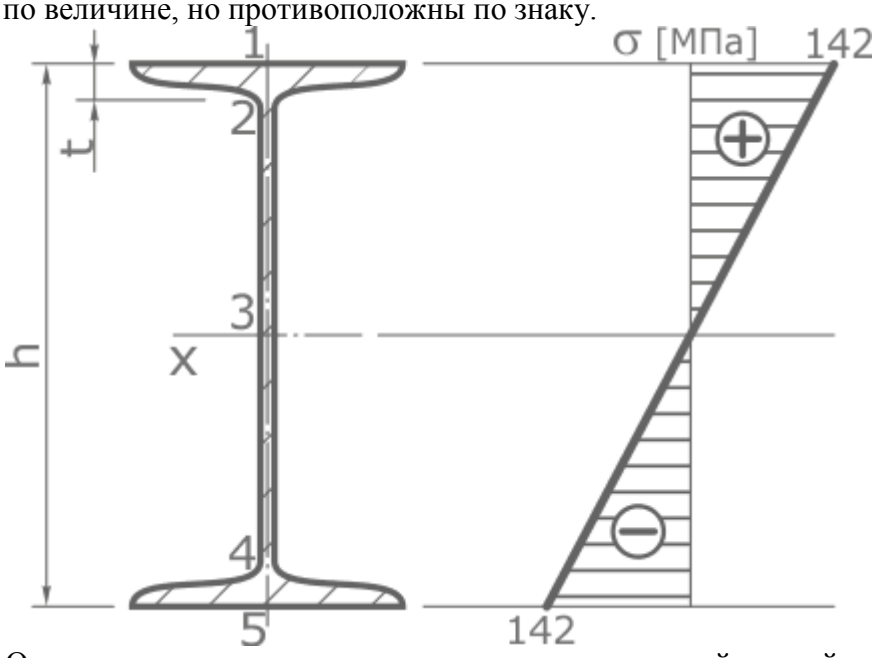
Наибольшая величина нормальных напряжений будет на максимальном удалении от центра сечения, в точках 1 и 5.

$$\sigma_1 = \sigma_{\max} = \frac{M_x}{I_x} \cdot y_1 = \frac{M_x}{I_x} \cdot \frac{h}{2} = \frac{45 \cdot 10^5 \cdot 0{,}24}{3800 \cdot 10^{-8} \cdot 2} = 142 МПа$$

В указанном сечении балки сжимаются нижние слои, следовательно, верхние растягиваются. Поэтому в верхней точке 1 напряжения положительны (растягивающие) соответственно в точке 5 напряжения отрицательны (сжимающие), т.е.:

$$\sigma_5 = -\sigma_1 = -142 МПа$$

Так как сечение симметрично относительно оси x напряжения в т. 1 и 5 будут равны по величине, но противоположны по знаку.



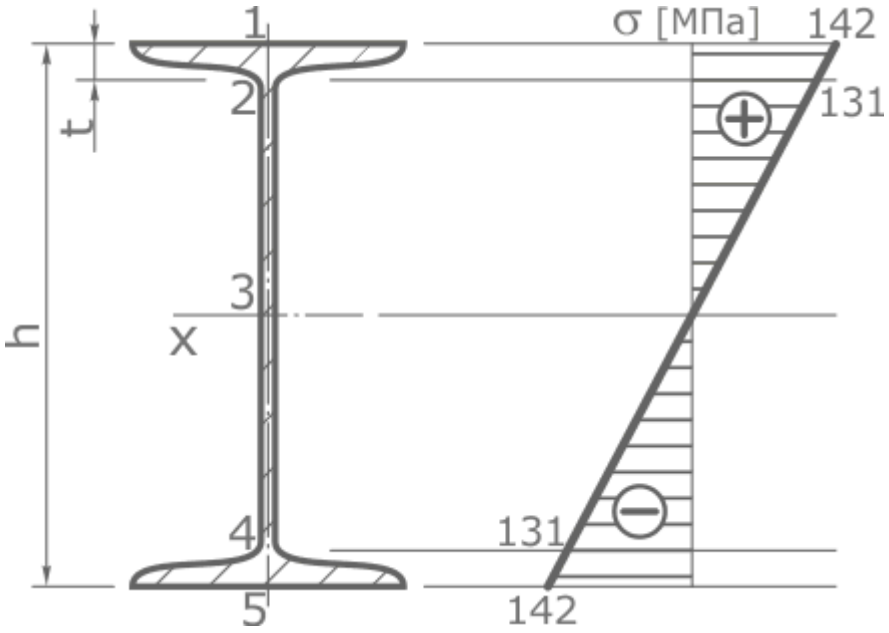
Отложив полученные значения, соединим их прямой линией.

Как видно, максимальные напряжения не превышают допустимых значений, что говорит о том, что выбранный номер двутавра обеспечивает необходимую прочность балки.

В дальнейшем, при проверке сечения на прочность, нам потребуются значения нормальных напряжений в точках 2 и 4. Рассчитаем их:

$$\sigma_2 = -\sigma_4 = \frac{M_x}{I_x} \cdot y_2 = \frac{M_x}{I_x} \cdot \left(\frac{h}{2} - t \right) =$$

$$= \frac{45 \cdot 10^3}{3800 \cdot 10^{-8}} \cdot \left(\frac{0{,}24}{2} - 9{,}8 \cdot 10^{-3} \right) = 131 МПа$$



5.2 Ключи к лабораторным работам

Критерии оценивания лабораторной работы

Баллы	Описание
35-40	Студент выполняет все лабораторные работы, не допуская ошибок. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, а также рекомендованную основную и дополнительную литературу и дополнительные источники.
30-34	Студент выполняет все лабораторные работы, допуская незначительные ошибки. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, а также рекомендованную основную и дополнительную литературу и дополнительные источники.
15-29	Студент выполняет лабораторные работы, допуская значительные ошибки. При поиске информации для выполнения заданий, студент использовал материалы лекций, но не пользовался дополнительными источниками информации.
5-14	Студент выполняет не все лабораторные работы, допускает много ошибок. Студент не использовал материалы лекций и рекомендованную основную и дополнительную литературу.

5.3 Вопросы на экзамен

1. Наука о прочности, жесткости и устойчивости конструктивных элементов под нагрузками.
2. Растяжение/сжатие, изгиб, сдвиг, кручение, сложное сопротивление. Изменение формы и размеров под воздействием нагрузки.
3. Способность элемента сопротивляться деформациям.
4. Изменение формы и размеров под воздействием нагрузки.

5. Способность элемента сопротивляться деформациям.
6. Нормальные (растягивающие/сжимающие) и касательные.
7. Совокупность напряжений и деформаций в точке материала.
8. Напряжение пропорционально деформации: $\sigma = E \cdot \varepsilon$.
9. Константа, характеризующая жесткость материала.
10. Максимальных напряжений, энергии деформации, теории пластичности.
11. Параметр, отражающий распределение материала относительно оси.
12. Точка, в которой равнодействующая силы уравновешивает сечение.
13. $W = I/y$, где I — момент инерции, y — расстояние до оси.
14. Характеристика сечения, $r = \sqrt{I/A}$.
15. Характеризует распределение материала относительно оси.
16. Нормальные напряжения, равномерное распределение по сечению.
17. Нормальные напряжения, определяются формулой $\sigma = M \cdot y / I$.
18. Возникает при воздействии момента, расчет по формуле $\tau = T \cdot r / J$.
19. Касательные напряжения, возникают при воздействии силы вдоль сечения.
20. Сочетание растяжения, изгиба, сдвига и кручения.
21. Способность сохранять положение равновесия.
22. Геометрия, материал, нагрузка, длина элемента.
23. $P_{кр} = \pi^2 \cdot E \cdot I / L^2$.
24. Общая и локальная потеря устойчивости.
25. Анализ по формуле Эйлера или упрощенным методикам.
26. Материал деформируется в пределах упругости без остаточной деформации.
27. Описание поведения материалов после предела упругости.
28. Упругая зона, пластическая зона, разрушение.
29. Пластичные имеют большую зону пластической деформации.
30. Анализ разрушения хрупкого материала на сдвиг.
31. Строительство, машиностроение, авиастроение.
32. Металлы, сплавы, бетон, полимеры, композиты.
33. Температура изменяет упругие свойства и прочность материала.
34. Использование эпюр моментов и напряжений.
35. Учет нагрузок, деформаций и устойчивости.
36. Графическое отображение распределения напряжений по сечению.
37. На основе уравнений равновесия.
38. Линейное распределение, максимум в центре.
39. Нагрузка влияет на форму и величину изгибов.
40. Последовательное сложение сил.
41. Использование САПР и компьютерного моделирования.
42. Метод конечных элементов, численные расчеты.
43. Сравнение с экспериментальными данными, стандартами.
44. ГОСТ, ISO, нормативные документы.
45. Разработка новых материалов, цифровизация, устойчивое проектирование.