

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ КОНСТРУКЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ

Направление/специальность подготовки	15.03.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровой инжиниринг высокотехнологичных систем и процессов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Н Робототехника и инновационная инженерия
Выпускающая кафедра	Н3 Механика деформируемого твердого тела
Кафедра-разработчик рабочей программы	Н3 Механика деформируемого твердого тела

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	7	3	108	34	0	0	34	74	0	0	74	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

15.03.03 Прикладная механика

год набора группы: 2026

Программу составили:

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела
Завьялов Дмитрий Сергеевич, ассистент

Кафедра НЗ Механика деформируемого твердого тела
Санников Владимир Антонович, д.т.н., доцент, профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **НЗ Механика деформируемого твердого тела**

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

НЗ Механика деформируемого твердого тела

Заведующий кафедрой Крутова В.А., д.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ КОНСТРУКЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ

Разделы рабочей программы

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

Приложения к рабочей программе дисциплины

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

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-9.2 — Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-9.2

знания:

основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;

умения:

интерпретировать результаты и делать выводы, использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности;

навыки:

применения современного математического инструментария для решения технических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **КОНСТРУКЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕХАНИКА, ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-11 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Практические занятия		ПК-9.2
4	7	Раздел 1. Многоцикловая усталостная прочность. 1. Основные характеристики цикла - среднее напряжение, амплитуда напряжений, максимальное и минимальное напряжение, коэффициент асимметрии цикла; 2. Факторы, влияющие на усталостную прочность - масштабный фактор, коэффициент концентрации напряжений, качество обработки поверхности; 3. Усталостная прочность при одноосном напряженном состоянии. Коэффициент запаса по усталостной прочности; 4. Усталостная прочность при чистом сдвиге; 5. Усталостная прочность при плоском напряженном состоянии. Формула Гафа-Полларда.	36	16	16	20	25
4	7	Раздел 2. Концентрация напряжений и контактные напряжения. 1. Понятие концентрации напряжений; 2. Концентрация напряжений в деталях машин; 3. Теоретический и реальный коэффициенты концентрации напряжений; 4. Методы понижения коэффициента концентрации напряжений.	24	4	4	20	25
4	7	Раздел 3. Малоцикловая усталостная прочность. 1. Понятие малоциклового усталости; 2. Размах напряжений и размах деформаций. Деформационные критерии; 3. Предельное состояние. Образование макротрещин; 4. Экспериментальные данные.	23	8	8	15	25
4	7	Раздел 4. Длительная прочность. 1. Предел длительной прочности; 2. Понятие ползучести и релаксации; 3. Влияние температуры; 4. Формула Ларсона-Миллера.	25	6	6	19	25
Всего за 7 семестр			108	34	34	74	100
Всего по дисциплине			108	34	34	74	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Многоцикловая усталостная прочность.	Расчет на усталостную прочность деталей машин	8
2		Численные методы расчета деталей машин на усталостную прочность	8
3	Раздел 2. Концентрация напряжений и контактные напряжения.	Экспериментальная оценка коэффициента концентрации напряжений около отверстия в растягиваемой полосе	2
4		Концентрация напряжений в деталях машин	2
5	Раздел 3. Малоцикловая усталостная прочность.	Расчет деталей машин на малоцикловую прочность	8
6	Раздел 4. Длительная прочность.	Расчет на длительную прочность элементов вращающихся машин	6
Всего за 7 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Многоцикловая усталостная прочность.	Решение индивидуального практического задания	12
2		Изучение литературы по тематике дисциплины	8
3	Раздел 2. Концентрация напряжений и контактные напряжения.	Решение индивидуального практического задания	12
4		Изучение литературы по тематике дисциплины	8
5	Раздел 3. Малоцикловая усталостная прочность.	Решение индивидуального практического задания	8
6		Изучение литературы по тематике дисциплины	7
7	Раздел 4. Длительная прочность.	Изучение литературы по тематике дисциплины. Подготовка к дифференцированному зачету	19
Всего за 7 семестр			74

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7						ДР				ДР	ИПЗ			ИПЗ		ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Конструкционная прочность материалов. Ресурс конструкций высоких параметров. Санкт-Петербург: Лань, 2023, эл. рес.
2. Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 63 экз.
3. Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, эл. рес.
4. С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020, 12 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://library.voenmeh.ru> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань.

Современные профессиональные базы данных:

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

Информационные справочные системы:

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

5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

5.6. Информационные технологии:

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

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Интерактивная доска.

6.2. Прочее:

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

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **КОНСТРУКЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Н Робототехника и инновационная инженерия* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Н3 Механика деформируемого твердого тела*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-9.2 Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с расчетами конструкций на многоцикловую и малоцикловую усталостную прочность, а также с учетом эффектов, происходящих в конструкционных материалах при действии высоких температур.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- вопросы к дифференцированному зачету.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Многоцикловая усталостная прочность.		
Решение индивидуального практического задания	С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1) . Конструкционная прочность материалов. Ресурс конструкций высоких параметров: Санкт-Петербург: Лань, 2023 (1-3)	12
Изучение литературы по тематике дисциплины	Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-3)	8
Итого по разделу 1		20
Раздел 2. Концентрация напряжений и контактные напряжения.		
Решение индивидуального практического задания	С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-2) Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-2)	12
Изучение литературы по тематике дисциплины		8
Итого по разделу 2		20
Раздел 3. Малоцикловая усталостная прочность.		
Решение индивидуального практического задания	С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-3) Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-3)	8
Изучение литературы по тематике дисциплины		7
Итого по разделу 3		15
Раздел 4. Длительная прочность.		
Изучение литературы по тематике дисциплины. Подготовка к дифференцированному зачету	Е. Г. Макаров. . Теория пластичности и ползучести: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1-6) С. И. Каратушин, И. Н. Титух. . Конструкционная прочность: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2020 (1-4)	19
Итого по разделу 4		19

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- индивидуальное практическое задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

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

Вопросы к дифференцированному зачету

Варианты вопросов к дифф. зачету размещены в составе УМК по дисциплине

Примерный перечень тематик вопросов:

1. Основные характеристики цикла - среднее напряжение, амплитуда напряжений, максимальное и минимальное напряжение, коэффициент асимметрии цикла;
2. Факторы, влияющие на усталостную прочность - масштабный фактор, коэффициент концентрации напряжений, качество обработки поверхности;
3. Усталостная прочность при одноосном напряженном состоянии. Коэффициент запаса по усталостной прочности;
4. Усталостная прочность при чистом сдвиге;
5. Усталостная прочность при плоском напряженном состоянии. Формула Гафа-Поларда;
6. Понятие концентрации напряжений;
7. Концентрация напряжений в деталях машин;
8. Теоретический и реальный коэффициенты концентрации напряжений;
9. Методы понижения коэффициента концентрации напряжений.

Индивидуальное практическое задание

Индивидуальное практическое задание (ИПЗ)

ИПЗ 1. Анализ распределения ОН после снятия заданного воздействия

ИПЗ 2. Анализ трещиностойкости в в условиях плоской деформации.

Практические задания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.32-2017 и предоставляются в электронном или печатном виде в установленные технологической картой сроки.

Для того, чтобы задание было засчитано, оно должно быть выполнено без существенных ошибок.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет проходит в формате письменного ответа на вопросы. Каждому обучающемуся предлагается билет из 3-х вопросов.

Критерии оценивания:

Верный ответ на 1 вопрос - "зачтено-удовлетворительно";

Верные ответы на 2 вопроса - "зачтено-хорошо";

Верные ответы на все 3 вопроса - "зачтено-отлично".

В течении семестра действует балльно-рейтинговая система, в соответствии с которой по результатам работы в семестре обучающийся имеет право на получение оценки без сдачи дифференцированного зачета. Критерии перевода баллов в оценку в соответствии с БРС:

85 - 100 "зачтено-отлично";

75 – 84 "зачтено-хорошо";

60 - 74 "зачтено-удовлетворительно";

менее 60 - «не зачтено».

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ПК-9.2	
4	7	Раздел 1. Многоцикловая усталостная прочность.	36	16	16	20	25	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 2. Концентрация напряжений и контактные напряжения.	24	4	4	20	25	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 3. Малоцикловая усталостная прочность.	23	8	8	15	25	Вопросы к дифференцированному зачету, Индивидуальное практическое задание
4	7	Раздел 4. Длительная прочность.	25	6	6	19	25	Вопросы к дифференцированному зачету
Всего за 7 семестр			108	34	34	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	34	74	100	

Оценочные материалы по дисциплине КОНСТРУКЦИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ

ПК-9.2 - Способен учитывать особенности цифрового анализа технических систем при ударном, вибрационном, температурном нагружениях, наличии концентрации напряжений, контактных взаимодействиях, потери несущей способности, а также при усталостных разрушениях

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Что такое предел выносливости материала (усталостная прочность)?
1. Максимальное статическое напряжение, которое материал выдерживает без разрушения
 2. Наибольшее максимальное напряжение цикла, при котором образец выдерживает заданную базу циклов (например, 10^7) без разрушения
 3. Наименьшее напряжение, при котором начинается пластическая деформация
 4. Напряжение, соответствующее пределу текучести при циклическом нагружении
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой параметр характеризует кривую усталости (кривую Велера) в двойных логарифмических координатах?
1. Угол наклона прямой и отрезок на оси напряжений
 2. Модуль упругости материала
 3. Коэффициент Пуассона
 4. Коэффициент концентрации напряжений
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных факторов снижают усталостную прочность детали?
1. Наличие коррозионно-активной среды
 2. Поверхностное пластическое деформирование (обкатка роликами, дробь)
 3. Острые надрезы, риски, царапины на поверхности
 4. Увеличение размера детали (масштабный фактор)
 5. Азотирование или цементация поверхности
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных циклов напряжений являются знакопеременными?
1. $R = -1$
 2. $R = 0$
 3. $R = -0,5$
 4. $R = 0,8$
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие стадии усталостного разрушения обычно выделяют?
1. Зарождение микротрещины (в зонах концентрации напряжений)
 2. Стабильный рост трещины до критического размера (зона усталостного излома)
 3. Мгновенное хрупкое разрушение без предшествующих трещин
 4. Статический дол (вязкое или хрупкое)
 5. Ползучесть материала при комнатной температуре
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Почему усталостное разрушение происходит при напряжениях, существенно меньших предела прочности материала?
- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Как влияет шероховатость поверхности детали на её предел выносливости?
- № 8 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие между характеристикой цикла и её определением:

1. Отношение А. Максимальное напряжение

минимального
напряжения
цикла к
максимальному

2. Разность

между
максимальным и
минимальным
напряжением
цикла

Б. Среднее напряжение

3. Наибольшее
по

алгебраической
величине
напряжение
цикла

В. Коэффициент асимметрии

Г. Размах напряжений

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Как называется явление постепенного накопления повреждений в материале под действием циклических нагрузок, приводящее к образованию трещин и разрушению?

1. Хрупкое разрушение
2. Ползучесть
3. Усталость материала
4. Релаксация напряжений

№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между методом повышения усталостной прочности и механизмом его действия:

1.
Дробеструйная
обработка

А. Удаление дефектного слоя и уменьшение концентраторов напряжений

2. Азотирование

Б. Создание остаточных сжимающих напряжений в поверхностном слое

3. Полирование
поверхности

В. Увеличение твёрдости и объёмного эффекта за счёт диффузионного насыщения азотом

Г. Упрочнение за счёт наклёпа и сжимающих остаточных напряжений

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите в правильной последовательности стадии усталостного разрушения от начала нагружения до окончательного излома:

1. Зарождение усталостной микротрещины в зоне концентрации напряжений (например, у поверхности).
2. Распространение трещины под действием циклических нагрузок (образование «усталостной бороздки» или зоны усталостного излома).
3. Статический долом (вязкое или хрупкое разрушение оставшегося сечения).
4. Достижение трещиной критического размера.

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите в логическом порядке шаги инженерного расчёта коэффициента запаса по усталости при симметричном цикле:

1. Вычислить действующее напряжение в опасном сечении детали.

2. Выбрать предел выносливости стандартного гладкого образца σ_{-1} для данного материала.
3. Определить эффективный коэффициент концентрации напряжений K_σ с учётом чувствительности материала к надрезу.
4. Найти частный коэффициент запаса с поправками.
5. Учесть масштабный фактор и коэффициент качества поверхности.