

**ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗОВАНИХ МЕТАЛУРГІЙНИХ МАШИН
ТА ОБЛАДНАННЯ**

ЗАТВЕРДЖЕНО:

На засіданні Вченої ради

Голова Вченої ради

Ректор ДДМА

_____ В.А.Федорінов
(підпис, ініціали, прізвище)

Протокол № _____ від _____ 20__ р.

**РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ
“Динаміка і міцність металургійних машин”**

для напряму підготовки: 6.050503 машинобудування
(шифр напрямків, спеціальностей)

спеціальності 7.090218 “Металургійне обладнання”
(шифр напрямків, спеціальностей)

для студентів заочної форми навчання

Декан факультету
процесів і машин обробки тиском

_____ В.І.Шпак
(підпис, ініціали, прізвище)

Програму рекомендовано кафедрою
автоматизованих металургійних
машин та обладнання
(назва кафедри)

Протокол № 20 від 24.05.2011 р.
(протокол, номер, дата)

Завідувач кафедри _____ АММ
(назва кафедри)
_____ В.А.Федорінов
(підпис, ініціали, прізвище)

Краматорськ, 2011

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Дисципліна «Динаміка і міцність металургійних машин» є однією з дисциплін, що розширює і поглиблює пізнання студентів в області розрахунку і проектування основного і допоміжного обладнання металургійних цехів, дає можливість розраховувати не тільки технологічні, але і динамічні навантаження, що виникають у машинах при різних режимах роботи.

Самостійна робота над курсом містить у собі пророблення лекційного матеріалу і рекомендованої літератури; підготовку до практичних занять; виконання контрольної роботи. Самостійну роботу з вивчення курсу студент повинен систематично контролювати. З цією метою після вивчення чергового розділу варто ставити питання для самоперевірки і відповідати на них.

Вивчення дисципліни базується на матеріалах таких дисциплін, як “Вища математика”, “Теоретична механіка”, “Теорія механізмів і машин”, “Опір матеріалів”, “Розрахунок і конструювання прокатних станів” і “Металургійне обладнання заводів чорної металургії”.

Матеріали даної дисципліни слід використовувати при виконанні дипломного проекту і переддипломної практики.

В кінці вивчення дисципліни студенти складають іспит.

Мета викладання дисципліни “Динаміка і міцність металургійних машин” – розширити та поглибити знання студентів в області розрахунків і проектування металургійних машин з урахуванням динамічних процесів у лініях приводу та елементах конструкцій машин.

Програмою дисципліни передбачене вивчення динамічних характеристик металургійних машин і методів розрахунку на міцність при напругах, перемінних у часі, факторів, що викликають коливальні процеси і шляхи зниження динамічних навантажень у машинах.

II. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Для вирішення поставлених завдань рекомендується наступний розподіл навчального часу.

2.1 Зміст навчальних занять для студентів заочної форми навчання

Триместр	Кредитів ECTS	Кількість модулів	Всього	Розподіл навчальних занять					Триместр. атестація
				Лекції	Практика	Лаб. роб.	Контр. знань	С.р.с.	
17	5,0	2	180	12	8	4	6	150	іспит

2.2 Склад модулів дисципліни

№ п/п	Кратний зміст модуля	Триместр	Загальна кількість часів	Кредитів ECTS	Кількість аудит. часів	Кінцевий контроль знань
1	Динаміка металургійних машин	17	90	2,5	12	контр. робота
2	Міцність металургійних машин	17	90	2,5	12	контр. робота
	Усього		180	5	24	іспит

III МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання дисципліни “Динаміка і міцність металургійних машин” – розширити та поглибити знання студентів в області розрахунків і проектування металургійних машин з урахуванням динамічних процесів у лініях приводу та елементах конструкцій машин.

В результаті вивчення курсу студент повинен **знати**: основи аналітичного й експериментального аналізу коливальних процесів у приводах і елементах конструкцій машин; основні фактори, що викликають коливальні процеси і способи зниження динамічних навантажень; основи розрахунку деталей машин на міцність при перемінних у часі напругах.

В результаті вивчення курсу студент повинен **вміти**: скласти фізичну модель, рівняння руху системи, визначати частотні характеристики та напруги від дії динамічних явищ; визначати тип циклічного навантаження і його основні характеристики, вирішувати задачі на міцність і довговічність.

В результаті вивчення курсу студент повинен **набрати навички** по вирішенню динамічних задач для металургійних машин; по вирішенню задач на міцність і довговічність при статичних навантаженнях і при напругах, перемінних у часі.

IV. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

IV.1. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ

Найменування розділів , тем	Розподіл за видами занять						
	Всього	Лекції	Практич.	Семінар	Лаб. роб	Ком'п'ют. Роб.	СРС
МОДУЛЬ 1							
Розділ 1 Основи прикладної динаміки машин.							
Тема 1.1 Вступ. Загальні зведення про динамічні навантаження металургійних машин.	3	1					2
Тема 1.2 Основні положення прикладної динаміки машин	16	1					15
Тема 1.3 Складання рівнянь руху системи. Визначення основних характеристик механічних систем. Стійкість станів рівноваги і руху.	26	2	2				22
Розділ 2 Динамічні процеси в металургійних машинах.							
Тема 2.1 Динамічні навантаження і вплив на головну лінію привода і робочу кліть прокатного стану.	17	2	1		2		12
Тема 2.2 Динамічні процеси в безперервних прокатних станах.	14	1	1				12
Тема 2.3 Способи зниження динамічних навантажень	17	1	1				15
Контрольна робота за модулем 1	3						3
МОДУЛЬ 2							
Розділ 3 Міцність металургійних машин.							
Тема 3.1 Основні передумови і методи розрахунку на міцність. Розрахунок на міцність при статичних навантаженнях. Малоциклова втомленість.	40	2	2				36

Найменування розділів , тем	Розподіл за видами занять						
	Всього	Лекції	Практич.	Семінар	Лаб. роб	Ком'п'ют. Роб.	СРС
Тема 3.2 Оцінка розрахункових характеристик опору утоми і експлуатаційної навантаженості машин. Розрахунок при напругах перемінних у часі.	41	2	1		2		36
Контрольна робота за модулем 2	3						3
Всього	180	12	8		4		156

IV.П. ЛЕКЦІЇ

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ПРИКЛАДНОЇ ДИНАМІКИ МАШИН.

Тема 1.1. Вступ. Загальні зведення про динамічні навантаження металургійних машин.

- Історія розвитку науки про динаміку.
- Загальні зведення про динамічні навантаження металургійних машин.
- Перевантажувальні грейферні козлові крани (рудні двори доменних цехів).
- Механізм повороту кисневих конверторів.
- Безперервні прокатні стани.
- Обтискні стани.
- Загальні властивості металургійних машин.
- Основні напрямки зниження динамічності металургійних машин.

Літературні джерела: [1, с. 350-430]; [2, с. 71-73; 87-89]

Завдання на СРС.

- 1) Основні шляхи збільшення ефективності металургійного обладнання.
- 2) Динамічні особливості при пуску козлового грейферного крану.
- 3) Конструктивні заходи, що застосовують у механізмах кисневих конвертерів для зниження динамічних навантажень.
- 4) Особливості роботи обтискних станів.

Тема 1.2. Основні положення прикладної динаміки машин.

- Коливання й удар в елементах конструкцій металургійних машин.
- Основні закони динаміки.
- Схематизація механічної системи.
- Число ступенів волі механічної системи.
- Класифікація сил.

Літературні джерела: [1, с.7-13]; [2, с.73-86]; [3, с.26-51]; [4, с. 10-49].

Завдання на СРС.

- 1) Види механічних коливань.
- 2) Основні закони динаміки.
- 3) Динамічні та статистичні моделі механічної системи.
- 4) Види схематизації механічних систем.
- 5) Зосереджена маса, зосереджена сила і пружний механічний зв'язок.
- 6) Математична модель реальної механічної системи.
- 7) Визначення числа ступенів вільності механічної системи.
- 8) Позиційні, дисипативні сили і сили, що змушують.
- 9) Характеристика жорсткості та коефіцієнт жорсткості.

Тема 1.3. Складання рівнянь руху системи. Визначення основних характеристик механічних систем. Стійкість станів рівноваги і руху.

- Способи складання рівнянь руху.
- Основне рівняння вільних коливань лінійної системи.
- Основні характеристики механічних систем.
- Стійкість станів рівноваги і режимів руху

Літературні джерела: [1, с.13-50]; [4, с. 124-131, 22-61].

Завдання на СРС.

- 1) Способи складання диференціальних рівнянь руху механічної системи.
- 2) Складання і вирішення диференціальних рівнянь руху для системи з однією масою і пружним зв'язком, котра робить вільні коливання.
- 3) Власна частота коливань системи.
- 4) Визначення коефіцієнту жорсткості для систем з послідовним і рівнобіжним розташуванням пружних зв'язків.
- 5) Стійкість рівноважного стану системи.
- 6) Стійкість системи, що знаходиться в русі.

РОЗДІЛ 2. ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В МЕТАЛУРГІЙНИХ МАШИНАХ.

Тема 2.1. Динамічні навантаження і вплив на головну лінію привода і робочу кліть прокатного стану.

- Хитливий процес прокатки і його динамічних впливів на головну лінію прокатного стану.
- Коливання низької частоти.
- Автоколивання, близькі до гармонійних.
- Релаксаційні автоколивання.
- Вплив динамічного навантаження на зміну пружної деформації робочої кліті і точність прокату.

Літературні джерела: [1, с.84-106; 232-238].

Завдання на СРС.

- 1) Види буксувань валків при прокатці.
- 2) Причини виникнення буксувань валків.
- 3) Проаналізуйте вплив одного з факторів на виникнення буксування.
- 4) Види автоколивань виникають при пробуксовці валків.
- 5) Характерні риси автоколивань.
- 6) Причини виникнення автоколивань.
- 7) Фактори, що впливають на зміну тиску при прокатці.
- 8) Диференціальне рівняння руху робочої кліті при прокатці.
- 9) Проаналізуйте залежність пружної деформації кліті від геометричних параметрів робочої кліті.

Тема 2.2. Динамічні процеси в безперервних прокатних станах

- Аналіз виходу з стану рівноваги однієї кліті стану.
- Складання рівнянь руху.
- Аналіз динамічних процесів в стані.

Літературні джерела: [1, с. 226-232].

Завдання на СРС.

- 1) Особливості прокатки в безупинних станах з погляду динамічних процесів.
- 2) Фактори, що необхідно враховувати при динамічному аналізі процесу прокатки в безупинних групах.
- 3) Проаналізуйте поведінку робочих клітей у безупинній групі, якщо одна з них вийшла зі стаціонарного режиму руху.

- 4) Причина виникнення двочастотних коливань.
- 5) Вид коливань, який найчастіше виникає в безупинних станах відповідно до експериментальних досліджень.

Тема 2.3. Способи зниження динамічних навантажень.

- Принципи дії віброізоляторів, поглиначів (демпферів) і амортизаторів.
- Віброізолятори. Поглиначі коливань (демпфери).
- Динамічні гасителі коливань.
- Амортизатори, буфери.
- Запобіжні пристрої.

Літературні джерела: [4, с. 198-219].

Завдання на СРС.

- 1) Основні способи зниження динамічних навантажень в області обладнання, в області технології й в області автоматизації.
- 2) Теоретичні положення, на яких ґрунтуються віброізолятори і поглиначі коливань.
- 3) Системи віброізоляції.
- 4) Схеми поглиначів коливань.
- 5) Основні типи ударних демпферів.
- 6) Пояснить основні конструктивні виконання амортизаторів і буферів.
- 7) Типи запобіжних пристроїв.
- 8) Пояснить варіанти конструктивного виконання запобіжників, що саморуйнуються.

РОЗДІЛ 3. МІЦНІСТЬ МЕТАЛУРГІЙНИХ МАШИН.

Тема 3.1. Основні передумови і методи розрахунку на міцність. Розрахунок на міцність при статичних навантаженнях. Малоциклова стомленість.

- Основні передумови і методи розрахунку на міцність.
- Розрахунок на міцність при статичних навантаженнях.
- Малоциклова стомленість.
- Види руйнувань і основні механічні властивості матеріалів.
- Розрахунок на міцність за коефіцієнтами запасу міцності.
- Розрахунок на міцність при статичних навантаженнях.

Літературні джерела: [2, с.89-100]; [3, с.54-56].

Завдання на СРС.

- 1) Основні параметри, що використовуються при аналізі перемінних навантажень.
- 2) Закони зміни перемінних навантажень.
- 3) Назвіть види руйнувань.
- 4) Що розуміють під живучістю і залишковою міцністю?
- 5) Визначення межі витривалості та бази іспиту.
- 6) Крива втоми, її рівняння.
- 7) Види розрахунків за коефіцієнтами запасу міцності.
- 8) Нормативні коефіцієнти запасу міцності.

Тема 3.2. Оцінка розрахункових характеристик опору втоми і експлуатаційної навантаженості машин. Розрахунки на міцність і довговічність при напругах, перемінних у часі.

- Визначення величини опору втоми.
- Фактори, що знижують опір втоми.
- Розрахункові характеристики опору втоми
- Розрахункові характеристики експлуатаційної навантаженості машин.
- Розрахунки на міцність і довговічність при напругах, перемінних у часі.

Літературні джерела: [3, с.56-70].

Завдання на СРС.

- 1) Ефективний коефіцієнт концентрації напружень.
- 2) Вплив масштабного фактору на межу витривалості.
- 3) Фретинг-корозія.
- 4) При якій шорсткості спостерігається зниження межі витривалості?
- 5) Корозійна втома.
- 6) Найбільш поширені методи поверхневого зміцнення.
- 7) Визначення коефіцієнтів запасу тривалості (і лінійний, і плоский напружений стан) при регулярних режимах перемінних напруг.
- 8) Визначення можливості руйнації деталі, що відчуває регулярні перемінні навантаження.
- 9) Втомене ушкодження для деталі, що відчуває дії нерегулярних перемінних напружень.

IV.III. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1.

Складання розрахункових схем механізмів. Визначення параметрів механічних систем. Вільні коливання механічних систем металургійного устаткування. Змушені коливання в механічних системах металургійного устаткування

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2.

Ударні явища в механічних системах металургійного устаткування. Зниження динамічних навантажень у металургійному устаткуванні

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №3.

Розрахунки на втомлену міцність і довговічність деталей металургійного устаткування. Вивчення механізму тріщинотворення в деталях металургійних машин. Конструктивні рішення по зниженню динамічності металургійного устаткування.

IV.IV ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Модуль №1

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1.

Дослідження динамічних навантажень у приводі механізму перекидання конвертера (2 години).

Модуль №2

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2.

Розрахунок і забезпечення надійності деталей металургійних машин за критерієм стомленого руйнування (2 години).

IV. V. КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Метою контрольних робіт є контроль рівня засвоєння студентами основних теоретичних положень курсу та спроможність ви користування їх на практиці під час рішення інженерних задач.

Контрольні завдання наведені у додатку А.

V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Учебний процес забезпечується наступним методичним матеріалом:

- конспект лекцій;
- методичні вказівки до практичних занять;

- методичні вказівки до лабораторних робіт;
- методичні вказівки до самостійної роботи.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ **ЗАОЧНОГО ВІДДІЛЕННЯ**

1 При виконанні наступних умов: надається позитивна рецензія до захисту контрольної роботи:

– За повну докладну відповідь, яка містить необхідні визначення, фактори, формули, а також логічну послідовність викладу матеріалу.

– За точну відповідь, яка включає необхідні формули, схеми, але частина матеріалу при цьому викладається дуже стисло та не завжди послідовно, а також при відсутності окремих визначень або назв окремих факторів.

– Задача зараховується якщо: задачі вирішені вірно та записані послідовно з вказівкою необхідних формул, але при цьому припускаються незначні помарки при оформленні. Якщо в рішенні задачі припущені помилки в математичних розрахунках, які не порушують логіку рішення та висновки по задачі, але якщо задача вирішена, але висновки відсутні.

2 При присутності слідуючи умов: надається рецензія „на доробку контрольної роботи”.

– Теоретичні питання:

Якщо відповідь не точна, частково відсутні необхідні визначення, фактори, формули, схеми, порушена логічна послідовність викладу матеріалу. Якщо відповідь не розкриває сутність завдання, або не відповідає відповідному завданню.

– Задачі: Якщо в задачі припущені помилки, які порушують логіку рішення, або приводять до невірних висновків. Якщо в рішенні задачі використані невірні формули, або рішення відсутнє.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗАХИСТУ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ:

Після отримання позитивної рецензії, контрольна робота спрямовується до захисту. Захист являє собою письмову відповідь на два запитання в межах тем, які розглядаються у контрольній роботі. За повну докладну відповідь, яка містить необхідні визначення, фактори, формули, а також логічну послідовність викладу матеріалу, а також за точну відповідь, яка включає необхідні формули, структурні схеми, але частина матеріалу при цьому викладається дуже стисло та не завжди послідовно, а також при відсутності окремих визначень або назв окремих факторів ставиться залік. Здати екзамен з курсу „Динаміка та міцність металургійних машин” можна тільки після захисту контрольної роботи.

Критерії оцінки контрольної роботи наведені в таблиці 5.1.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ АБО ЗАЛІКОВОЇ РОБОТИ:

Плановий прийом екзамену проводиться у період сесії відповідно до затвердженого розкладу та згідно із затвердженими екзаменаційними білетами та тестовими завданнями для підсумкового контролю знань по модулям дисципліни „Динаміка та міцність металургійних машин”.

Оцінки за кожний модуль і підсумкова оцінка в цілому виставляється у заліково-екзаменаційну відомість. Кожний модуль оцінюється у балах і шкалі ECTS, підсумкова оцінка виставляється у балах за шкалою ECTS і національною шкалою (5-бальна для екзаменів). Якщо рейтингова оцінка, яка одержана на екзамені за будь-який модуль, менше ніж та, яка була отримана у триместрі, то в екзаменаційну відомість виставляється оцінка за підсумком роботи у триместрі. Якщо студент отримав хоча б за один модуль оцінку нижче 55 балів, то дисципліна вважається незарахованою та її підсумкова оцінка не може бути більше 54 балів. У кредитно-залікову книжку студентів оцінка за кожний модуль та за дисципліну в цілому виставляється тільки після позитивного складання усіх модулів з даної дисципліни.

Таблиця 5.1 – Критерії оцінки

Модулі та їх елементи	Форма контролю	Кількість балів	
		мінімаль-на	максималь-на
Модуль 1			
Теоретичне питання №1	Письмова контрольна робота	2	4
Задача №1	Письмова контрольна робота	3	6
Захист контрольної роботи		25	30
Теоретичне питання №1	Письмовий іспит	15	30
Задача №1	Письмовий іспит	15	30
<i>Всього за модуль №1</i>		<i>60</i>	<i>100</i>
<i>Ваговий коефіцієнт</i>		<i>0,5</i>	
Модуль 2			
Теоретичне питання №2	Письмова контрольна робота	2	4
Задача №2	Письмова контрольна робота	3	6
Захист контрольної роботи		25	30
Теоретичне питання №2	Письмовий іспит	15	30
Задача №2	Письмовий іспит	15	30
<i>Всього за модуль №1</i>		<i>60</i>	<i>100</i>
<i>Ваговий коефіцієнт</i>		<i>0,5</i>	
Всього за триместр		60	100

VI. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література за курсом

1. Динамика и прочность прокатного оборудования / Ф.К. Иванченко, П.И. Полухин, М.А. Тылкин, В.П. Полухин. – М.: Металлургия, 1970. – 486 с.
2. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т.3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. Учебник для вузов/ Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник В.М. и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – 680 с.
3. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.
4. Иванченко Ф.К. та ін. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: Навч. посібник / Ф.К. Иванченко, В.М. Гребеник, В.І. Ширяев. – К.: Вища школа. – 1995. – 455 с.
5. Конспект лекцій по дисципліне «Динамика и прочность металлургических машин» для студентов специальности 7.090218 «Металлургическое оборудование» / Сост. Э.П. Грибков. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 60 с.
6. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине “Динамика и прочность металлургических машин” для студентов специальности 7.090218 “Металлургическое оборудование”/ Сост. Э.П. Грибков. – Краматорск: ДГМА, 2003. – 48 с.
7. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Динаміка і міцність металургійних машин” для студентів спеціальності 7.090218 “Металургійне обладнання”/ Укл. Ю.В. Фоменко. – Краматорськ: ДДМА, 1999. – 24 с.
8. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Динаміка та міцність металургійних машин» для студентів спеціальності 7.090218 «Металургійне обладнання» / Укл. Е.П.Грибков. – Краматорськ: ДДМА, 2004. – 12 с.
9. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Динамика и прочность металлургических машин» для студентов заочного отделения специальности 7.090218 «Металлургическое оборудование» Укл. Е.П.Грибков. – Краматорськ: ДДМА, 2007. – 20 с.

Додаткова література за курсом

1. Гребеник В.М. Усталостная прочность и долговечность металлургического оборудования – М.: Машиностроение, 1969. – 256 с.
2. Яковлев Р.А. Динамический расчет прокатных станов: Методическое пособие. – М.: МВТУ им. Баумана, 1984. – 25 с.
3. Смирнов В.В., Яковлев Р.А. Механика приводов прокатных станов. – М.: Металлургия, 1975. – 216 с.
4. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

Робоча програма розроблена к.т.н., доцентом Грибковим Е.П.

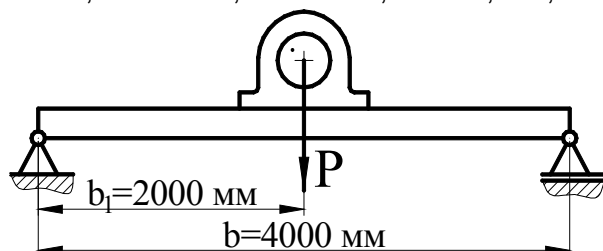
ДОДАТОК А

Приклади контрольних завдань

Вариант №1	<p>1 Механические колебания. Механический удар. Число степеней свободы механической системы. Примеры систем с одной степенью свободы.</p> <p>2 Задача. Составить двухмассовую расчетную схему механизма рольганга. Привод ролика рольганга включает электродвигатель и одноступенчатый цилиндрический редуктор. Приведение осуществить к вращательному движению вала электродвигателя.</p> <p>3 Виброизоляторы. Теоретические положения, лежащие в основе их работы.</p> <p>4 Задача. Рассчитать на усталостную прочность в сечении шейки опорный валок. Приводными являются опорные валки. Расчёт выполнить в виде определения коэффициента запаса прочности. Исходные данные: сила прокатки – 1МН; момент прокатки (на двух валках) – 200 кН·м; расстояние между подшипниковыми опорами $L=600$ мм; длина бочки $l=200$ мм; диаметр шейки $d=250$ мм; предел прочности $\sigma_B=850$ Н/мм²; коэффициенты: $k_\sigma=2,45$; $k_\tau=2,25$; $\beta=0,80$; $\varepsilon_\sigma=0,62$; $\varepsilon_\tau=0,54$, $[\eta]=1,2$</p>
Вариант №2	<p>1 Основные законы динамики. Число степеней свободы механической системы. Примеры систем с тремя степенями свободы.</p> <p>2 Задача. Определить максимальные напряжения в вале. Исходные данные: $M_1=30$кН·м; $M_2=-20$кН·м; $I_1=1000$кг·м²; $I_2=200$кг·м²; $l=1$ м; $d=200$мм; $\theta=0,015$рад.</p> <div data-bbox="367 1433 845 1590" data-label="Diagram"> </div> <p>3 Поглотители колебаний.</p> <p>4 Задача. Рассчитать сварное соединение на выносливость. Соединение встык. Ширина листа – 120 мм, толщина листов – 6 мм. Исходные данные: предел прочности основного металла $\sigma_B=450$ Н/мм²; переменная нагрузка: $P_{\max}=50$ кН; $P_{\min}=-50$ кН; коэффициент концентрации $K_\sigma=1,9$, $[\eta]=1,6$</p>

1 Динамическая и статистическая модели. Виды схематизации. Виды колебаний механических систем.

2 Задача. Определить максимальные напряжения в балке. Исходные данные: $P=10$ кН; $n=800$ об/мин; $I=1000$ см⁴; $W=100$ см⁴; $S=1$ кН; $\delta=0,002$ мм/Н.



3 Типы виброизоляторов. Их конструктивное исполнение.

4 Задача. Определить напряжения при ударе падающего груза массой 400 кг о брус площадью 1000 мм² высотой 0,5 м. Высота падения груза – 48 мм