Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 08.07.2026 12:23:33
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ / А.С. Соколов /

«26» февраля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Компьютерный анализ и оптимизация элементов конструкций»

Направление подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль

Компьютерное проектирование оборудования и производств

Квалификация

Бакалавр

Формы обучения

Очная

Москва, 2026г.

Разработчик(и):

доцент каф. «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М. Б. Генералова»,

к.т.н., доцент  /Н.С.Трутнев/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М.Б.Генералова»,

 /А.С.Кирсанов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 6
3.3 Содержание дисциплины 7
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 8
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1 Основная литература 8
4.2 Дополнительная литература 9
4.3 Электронные образовательные ресурсы 9
4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5. Материально-техническое обеспечение 9
6. Методические рекомендации 9
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7. Фонд оценочных средств 11
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
7.2 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
7.3 Оценочные средства 12

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Компьютерный анализ и оптимизация элементов конструкций» следует отнести:

– формирование знаний о динамических расчетах машин химических и нефтехимических производств, обеспечивающих надежность и стабильность работы технологического оборудования;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста по направлению, в том числе формирование умений исследовать функционирование элементов и узлов машин химических и нефтехимических производств, выполнение расчетов на прочность, жесткость и виброустойчивость элементов машин с учетом динамических нагрузок.

К основным задачам освоения дисциплины ««Компьютерный анализ и оптимизация элементов конструкций»» следует отнести:

освоение методологии проведения анализа динамики машин и их приводов;

освоение методик оптимизационного проектирования машин химических и нефтехимических производств;

освоение методов расчета на прочность, жесткость и виброустойчивость элементов машин с учетом динамических нагрузок.

Обучение по дисциплине «Компьютерный анализ и оптимизация элементов конструкций» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ПК-3 Способен исследовать с применением CAD- , CAPP-, PDM- систем технологические процессы изготовления машиностроительны х изделий средней сложности	ИПК-3.1 Владеет способами исследования с применением CAD-, CAPP- , PDM-систем технологических операций процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности. ИПК-3.2 Умеет исследовать с применением CAD- , CAPP-, PDM-систем технологические операции технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности. ИПК-3.3 Знает способы исследования с применением CAD-, CAPP- , PDM-систем технологических операций технологических процессов изготовления машиностроительных

	изделий средней сложности.
ПК-2 Способен оформлять с применением CAD-, CAPP-, PDM- систем технологическую документацию для технологических процессов изготовления машиностроительны х изделий средней сложности	ИПК-2.1 Владеет оформлением с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем технологической документации для технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности. ИПК-2.2 Умеет оформлять с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем технологическую документацию для технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности. ИПК-2.3 Знает правильное оформление технологической документации с применением CAD-, CAPP-, PDM-систем для технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Компьютерный анализ и оптимизация элементов конструкций» относится к учебным дисциплинам блока Б2.1 «Часть, формируемая участниками образовательных отношений» образовательной программы «Компьютерное проектирование оборудования и производств» направления 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, квалификация (степень) – бакалавр.
Освоение дисциплины «Компьютерный анализ и оптимизация элементов конструкций» в 7-м семестре необходимо для последующего освоения дисциплин «Конструкторско-технологическое обеспечение проектирования машин отрасли».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			7	
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия			
1.3	Лабораторные занятия	36	36	
2	**Самостоятельная работа**	**54**	54	
	В том числе:			
2.1	Доклад, сообщение			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**зачет**	**зачет**	
	Итого	**108**	108	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		сего	Аудиторная работа				**амостоятельная работа**
			екции	Семинарские/ практические занятия	аборат орные заняти я	ракти ческая подго товка	
1.1	Введение. Структура математической модели расчета момента инерции сечения балки.	12	2		4		6
1.2	Собственные и вынужденные колебания балок	12	2		4		6
1.3	Математическая модель расчета собственных колебаний двухмассовых систем на упругих опорах. Расчет цилиндрической пружины сжатия и оптимизации ее параметров.	12	2		4		6
1.4	Алгоритм программы расчета геометрии масс тел вращения.	12	2		4		6
1.5	Расчет и анализ критических скоростей ступенчатых валов с несколькими дисками.	12	2		4		6

1.6	Математическая модель расчета и анализа динамики пуска-останова машинного агрегата	12	2		4		6
1.7	Алгоритм программы оптимизации размеров щеки дробилки и ее корпуса. Расчет мощности двигателя и момента инерции маховика щековой дробилки.	12	2		4		6
1.8	Математическая модель и модуль программы расчета крутильных колебаний валов машинных агрегатов.	12	2		4		6
1.9	Обзорная лекция по приближенным методам расчета колебаний	12	2		4		6
	Итого	**108**	**18**		36		**54**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Структура математической модели расчета момента инерции сечения балки.

Использование ЭВМ для решения задач анализа функционирования машин и оптимизации их параметров. Математические модели и программные модули для задач различных иерархических уровней. Организация работы по дисциплине.

Геометрические характеристики плоских сечений: моменты инерции, главные и центральные оси. Программный модуль расчета положения центра тяжести, главных центральных моментов инерции и моментов сопротивления сечений, состоящих из стандартных прокатных профилей и нестандартных элементов.

Тема 2. Собственные и вынужденные колебания балок.

Механические колебания. Классификация колебательных процессов. Собственные и вынужденные колебания балки. Колебания с вязким сопротивлением. Анализ частот собственных и вынужденных колебаний балки с одной закрепленной массой. Статические и динамические напряжения.

Тема 3. Математическая модель расчета собственных колебаний двухмассовых систем на упругих опорах. Расчет цилиндрической пружины сжатия и оптимизации ее параметров.

Вибрационная защита. Коэффициент передачи силы. Двухмассовые системы и системы с распределенной массой. Модуль расчета частот собственных колебаний многомассовых систем. Анализ влияния упругих опор и методика их расчета.

Модуль расчета цилиндрических винтовых пружин по условию минимизации их массы. Выбор стандартных пружин.

Тема 4. Алгоритм программы расчета геометрии масс тел вращения.

Методы нахождения координат центра масс. Характеристики распределения масс при вращении. Моменты инерции тел вращения. Модуль расчета моментов инерции роторов центрифуг, пальцевых измельчителей и пр.

Тема 5. Расчет и анализ критических скоростей ступенчатых валов с несколькими

дисками.

Критические скорости валов. Жесткие и гибкие валы. Расчет критических скоростей ступенчатых валов с закрепленными на них дисками. Гироскопический момент. Прямая и обратная прецессии. Расчет критических скоростей валов с учетом гироскопического момента и анализ влияния метрических параметров на динамические напряжения.

Тема 6. Математическая модель расчета и анализа динамики пуска-останова машинного агрегата.

Классификация приводов машин и аппаратов. Структура обозначения электродвигателей. Динамика электропривода. Расчет и анализ периодов пуска машинного агрегата с учетом характеристики асинхронного двигателя. Расчет времени останова (выбега) машины. Расчет мощности двигателя.

Тема 7. Алгоритм программы оптимизации размеров щеки дробилки и ее корпуса. Расчет мощности двигателя и момента инерции маховика щековой дробилки.

Степень измельчения. Решение оптимизационной задачи по определению максимального момента. Расчет параметров щековой дробилки и оптимизация размеров её корпуса по критерию минимизации его массы. Расчет мощности двигателя и момента инерции маховика щековой дробилки.

Тема 8. Математическая модель и модуль программы расчета крутильных колебаний валов машинных агрегатов.

Виброустойчивость валов. Приводы машин с одно- и двухступенчатой передачей. Расчет жесткостей участков. Приведенные жесткости и моменты инерции масс. Программы расчета крутильных колебаний валов машинных агрегатов.

Тема 9.Обзорная лекция по приближенным методам расчета колебаний

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Лабораторные занятия

Лабораторное занятие 1.Моменты инерции сечения балок.
Лабораторное занятие 2. Собственные и вынужденные колебания балки.
Лабораторное занятие 3. Расчет и исследование упругих опор машины.
Лабораторное занятие 4. Расчет момента инерции тела вращения.
Лабораторное занятие 5. Критическая скорость вала с ротором.
Лабораторное занятие 6. Динамика периода пуска роторной машины.
Лабораторное занятие 7. Крутильные колебания валов.
Лабораторное занятие 8. Оптимизация параметров щеки.
Лабораторное занятие 9. Оптимизация параметров корпуса щековой дробилки.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Основная литература

1. Лазарев, М. Ю. Технологические машины и аппараты химической промышленности : учебно-методическое пособие / М. Ю. Лазарев, Н. Г. Бакиров, А. В. Старкова. — Казань : КНИТУ, 2023. — 88 с. — ISBN 978-5-7882-3436-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/478085.

.

4.2 Дополнительная литература

1. Семакина, О. К. Машины и аппараты химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств : учебное пособие / О. К. Семакина. — Томск : ТПУ, 2016. — 154 с. — ISBN 978-5-4387-0693-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/107722.

4.3 Электронные образовательные ресурсы

ЭОР не разработан

4.4 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Microsoft Office Стандартный 2007 (Word, Excel, Power Point)

2. Программное обеспечение: программный комплекс АКМ-2000.

4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1 . Не предусмотрено

5. Материально-техническое обеспечение

Аудитория для лекционных и практических занятий №4407-4410: столы, стулья, аудиторная доска, настенный проекционный экран, мультимедийный комплекс (проектор, компьютер). Рабочее место преподавателя: стол, стул. (учебный корпус, расположенный по адресу: 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д.16, стр. 5)

Компьютерный класс №4408: персональные компьютеры, столы, стулья, аудиторная доска, настенный проекционный экран, мультимедийный комплекс (проектор, компьютер). Рабочее место преподавателя: стол, стул. (учебный корпус, расположенный по адресу: 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д.16, стр. 5).

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой (выполнением лабораторных работ, курсовой работы).

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение

презентаций по различным темам лекций и лабораторных работ.
Для проведения занятий по дисциплине следует использовать средства обучения:
учебники, информационные ресурсы Интернета;
справочные материалы и нормативно-техническую документацию;
проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы. Студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- выполнение курсовой работы;
- самостоятельное углубленное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля

(промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено»

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой по дисциплине «Компьютерный анализ и оптимизация элементов конструкций» (выполнили и защитили лабораторные работы).

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Практические работы	Оформленные отчеты(лабораторные работы) предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы.
Тест	Система заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1 Шкала оценивания практических работ

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Студент выполнил все задания лабораторной работы; оформил бумажный отчет; имеет представление об основных подходах к излагаемому материалу; демонстрирует готовность применять теоретические знания в практической деятельности и освоение большинства показателей формируемых компетенций.
Не зачтено	Студент не выполнил всех заданий лабораторной работы; не подготовил бумажный отчет; не ориентируется в теоретическом материале; не знает основных понятий излагаемой темы, не умеет применять теоретические сведения для анализа практического материала, не демонстрирует готовность применять теоретические знания в практической деятельности и освоение показателей формируемых компетенций.

7.2.1 Шкала оценивания теста

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Тесты пройдены на 60 % и выше
Не зачтено	Тесты пройдены на менее чем 60%

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

7.3.1.1 Тесты по дисциплине «Техническая диагностика»

Тестовый контроль проводятся на компьютере перед выполнением лабораторных работ. Цель тестового контроля - проверка уровня теоретических знаний студентов и степени их подготовки к выполнению лабораторных работ.

Лабораторная работа №1

1. Какой из приведенных параметров поперечного сечения балки используется для расчета нормальных напряжений при прямом изгибе?
   1) Площадь сечения F
   2) Момент сопротивления W_x
   3) Момент инерции I_x

2. Осевой момент инерции сечения I_x по определению – интеграл от выражения вида…
   1) ydF
   2) y^2dF
   3) Fdy

3. Величина I_x – это момент инерции поперечного сечения балки относительно оси…
   1) следа пересечения плоскости поперечного сечения балки с плоскостью, в которой происходит деформация
   2) Оу – сечения
   3) Ох – сечения

4. Какую размерность имеет осевой момент инерции поперечного сечения балки?
   1) $м^4$
   2) $м^3$
   3) $кг \cdot м^2$

5. Какое из приведенных определений «центральная ось сечения» некорректно?
   1) Ось, относительно которой статический момент равен 0
   2) Любая ось, проходящая через центр тяжести сечения
   3) Ось, совпадающая с нейтральной осью сечения при прямом поперечном изгибе

6. Какое из приведенных выражений следует использовать для пересчета осевого момента инерции сечения от центральной оси к другой, параллельной ей, если известно расстояние *a* между осями и площадью сечения F?

1) $I_x = I_{цт} + a^2 F$
2) $I_x = I_{цт} + F^2$
3) $I_x = I_{цт} + a^4$

7. Какая геометрическая характеристика сечения балки используется при расчете частоты ее собственных колебаний?
   1) Площадь сечения F
   2) Момент сопротивления W_x
   3) Осевой момент инерции I_x

8. Что собой представляет момент сопротивления сечения балки при изгибе?
   1) $W_x = I_x / y_{max}$
   2) $W_x = I_y / y_{max}$
   3) $W_x = 3{,}14d^3 / 32$
9. Какая геометрическая характеристика поперечно сечения балки используется при расчете ее деформации?
   1) I_x - осевой момент инерции
   2) W_x - момент сопротивления
   3) F - площадь сечения
10. Какова размерность момента сопротивления сечения W_x?
   1) $м^2$
   2) $м^3$
   3) $м^4$

Лабораторная работа №6

1. Физический смысл момента инерции массы тела – мера инерции…
   1) в поступательном движении тела
   2) во вращательном движении тела
   3) в сложном вращении тела
2. Момент инерции тела входит как параметр при решении задач…
   1) статики
   2) кинематики
   3) динамики
3. Если d_m – элемент массы тела, а r – его расстояние до оси z, то момент инерции J_z относительно упомянутой оси – интеграл по все массе тела от выражения…
   1) $r \cdot d_m$
   2) $r^2 \cdot d_m$
   3) $r^3 \cdot d_m$
4. Размерность момента инерции массы тела…
   1) $м^4$
   2) кг·м
   3) $кг \cdot м^2$
5. Если x,y,z – координаты элемента тела, имеющего массу d_m, то момент инерции тела J_x – интеграл по всей массе тела от выражения…
   1) $(x^2 + y^2) \cdot d_m$
   2) $(y^2 + z^2) \cdot d_m$
   3) $(z^2 + x^2) \cdot d_m$
6. Инерциальным моментом называется момент инерции массы тела относительно…
   1) оси, проходящей через центр масс тела
   2) оси вращения тела
   3) оси, вдоль которой тело может перемещаться

7. Если x,y,z – координаты элемента тела, имеющего массу d_m , то момент инерции тела J_y – интеграл по всей массе тела от выражения…
   1) $(x^2 + y^2)\cdot d_m$
   2) $(y^2 + z^2)\cdot d_m$
   3) $(z^2 + x^2)\cdot d_m$
8. J_c – момент инерции тела с массой m относительно его центральной оси, J – момент инерции того же тела относительно оси, параллельной центральной, но отстоящей от нее на расстояние *a*. Какая связь между J_c и J?
   1) $J = J_c + a^2\cdot m$
   2) $J_c = J + a^2\cdot m$
   3) $J_c = J + a\cdot m$
9. Положение центра масс тела Z_c относительно произвольной оси можно найти расчетным путем с помощью…
   1) уравнения статических моментов масс
   2) закона Ньютона
   3) уравнения кинетических энергий
10. Какое соотношение характерно для роторов (или вращения с осью Oz) ?
   1) $J_x = J_y$
   2) $J_y = J_z$
   3) $J_z = J_x$

7.3.1.2 Темы практических работ по дисциплине «Техническая диагностика»

Тематика лабораторных работ изложена в пункте 3.4.

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы к зачету по дисциплине «Техническая диагностика»

1. Геометрические характеристики плоских сечений.
2. Осевой, центробежный и полярный моменты инерции площади сечения.
3. Понятие произвольных, главных и главных центральных осей инерции.
4. Механические колебания. Вибрация.
5. Классификация колебательных процессов.
6. Собственные (свободные) изгибные колебания.
7. Жесткость и податливость.
8. Вынужденные колебания. Амплидудно-частотная характеристика
9. Частота собственных колебаний многомассовой системы. Формула Донкерли.
10. Коэффициент передачи силы..

11. Последовательное и параллельное соединение упругих элементов.
12. Упругие элементы. Виды металлических упругих элементов.
13. Моменты инерции тел вращения.
14. Моменты инерции тела относительно параллельных осей. Теорема Гюйгенса - Штейнера.
15. Центробежные моменты инерции. Главные оси инерции тела.
16. Определение моментов инерции.
17. Понятие критической частоты вращения.
18. Коэффициент динамичности для вращающего вала.
19. Жесткие и гибкие валы машин.
20. Критические частоты вращения вала с двумя дисками.
21. Классификация приводов машин и аппаратов.
22. Расчет времени пуска и останова.