

ДС 3 курс

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 А. Д. Толстик

« 30 » _____ 2015 г.

Регистрационный № УД _____ /уч.



ДИНАМИКА И УСТОЙЧИВОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

Минск 2015

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2013 (30.08.2013г.) и учебного плана № G31-136/уч. (30.05.2013 г.) для специальности 1-31 03 02 Механика и математическое моделирование.

СОСТАВИТЕЛИ:

Босяков Сергей Михайлович, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ

Кафедрой теоретической и прикладной механики (протокол № 10 от 21.05.2015)

Учебно-методической комиссией механико-математического факультета Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 26.05.2015)



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Выявление основных закономерностей поведения механических систем, в частности моделей строительных, конструкций, элементов механизмов, при решении задач динамики и устойчивости играет важную роль в современной механике деформированного твердого тела и строительной механике. Освоение соответствующих методов исследования динамики и устойчивости механических систем обуславливает необходимость приобретения знаний, позволяющих давать достоверные оценки действительного поведения такой системы. Это обстоятельство делает актуальным изучение теоретических и практических методов расчета стержневых систем и элементов механизмов на динамические нагрузки и устойчивость, которым посвящена дисциплина «Динамика и устойчивость механических систем».

Содержание учебного курса составляют необходимые сведения о подходах, применяемых при расчетах механических систем с одной степенью свободы, несколькими степенями свободы и с бесконечным числом степеней свободы на динамические нагрузки (неподвижную вибрационную нагрузку, импульсную нагрузку, подвижную и сейсмическую нагрузки). Здесь излагаются методы определения частот свободных колебаний с учетом и без учета сил сопротивления, перемещений, внутренних силовых факторов и динамических напряжений при вынужденных колебаниях систем с различным числом степеней свободы. В рамках курса отражены приближенные методы расчета балок переменного сечения, в частности метод Бубнова-Галеркина, Лагранжа – Ритца и метод Рэлея (энергетический метод). Устойчивость динамических систем изучается для одного из случаев потери устойчивости, который соответствует варианту потери устойчивости формы равновесия в деформированном состоянии. Наряду с общим уравнением упругой линии при продольном изгибе стержня и определением критических сил для стержней постоянного сечения при различных закреплениях их концов излагаются методы исследования устойчивости стоек ступенчато-переменного и плавно-переменного сечения.

Данная учебная программа предназначена для студентов высших учебных заведений, основная специальность которых связана с математикой и механикой.

Дисциплина тесно связана с курсом «Колебания механических систем».

Цель дисциплины «Динамика и устойчивость механических систем»: создание базы для освоения основных идей и методов современной механики и математики, подготовка высококвалифицированных специалистов, способных ставить и решать задачи из различных областей науки и техники.

Образовательная цель: формирование у студентов целостного представления о традиционных методах исследования закономерностей поведения моделей действительных механических систем при упругих свободных, вынужденных колебаниях или в случае потери устойчивости; выработка

навыков применения изученных методов при расчетах механических систем на динамическую нагрузку, а также при определении критической нагрузок в случае потери устойчивости.

Развивающая цель: формирование у студентов установки на творческую профессиональную деятельность; развитие профессионального мышления, которое обеспечило бы будущему специалисту возможность свободно оперировать профессиональными знаниями, видеть проблемы и оптимальные пути их решения в самостоятельной практической деятельности.

Основные задачи, решаемые в рамках изучения дисциплины «Динамика и устойчивость механических систем»:

- изучение уравнений движения механических систем с различным числом степеней свободы;
- изучение общих методов расчета частот свободных колебаний систем с бесконечным числом степеней свободы;
- изучение общих методов расчета критической нагрузки для систем с бесконечным числом степеней свободы;
- решение конкретных задач динамики и устойчивости механических систем.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен **знать:**

- дифференциальные уравнения свободных колебаний систем с одной степенью свободы, с несколькими степенями свободы и с бесконечным числом степеней свободы;
- дифференциальные уравнения вынужденных колебаний систем с одной, несколькими и бесконечным числом степеней свободы при вибрационной нагрузке;
- методы определения частот свободных колебаний систем с одной степенью свободы, с несколькими степенями свободы и с бесконечным числом степеней свободы;
- приближенные методы определения частот свободных колебаний систем с несколькими степенями свободы;
- уравнение продольного изгиба стержня для определения критической нагрузки стержней с различными способами закрепления концов;
- приближенные методы определения критической нагрузки для стержней с различными закреплениями концов.

уметь

- определять собственные частоты свободных колебаний систем с одной степенью свободы, с несколькими степенями и с бесконечным числом степеней свободы;
- определять критическую нагрузку для стержней с различными способами закрепления концов на основании уравнения продольного изгиба;

- решать задачи по всем разделам курса.

владеть:

- современными методами и приемами решения задач динамики и устойчивости механических систем;
- методами построения адекватных математических моделей реальных процессов и явлений;
- навыками самообразования и способами использования аппарата сопротивления материалов и строительной механики для проведения самостоятельных исследований.

Учебная дисциплина УВО «Динамика и устойчивость механических систем» предназначена для студентов 3 курса (5 семестр) дневной формы получения образования.

В соответствии с учебным планом специальности на изучение дисциплины отводится 45 часов, в том числе 30 часов аудиторных занятий, из них: лекции - 14 часов, практические занятия - 14 часов, УСП - 2 часа, рекомендуемая форма отчетности - зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Динамические нагрузки. Системы с различным числом степеней свободы Дифференциальные уравнения колебаний систем с одной степенью свободы.

Предмет динамики механических систем. Типы динамических нагрузок. Расчет ан динамическую нагрузку. Степени свободы механической системы и число степеней свободы. Дифференциальное уравнение колебаний сосредоточенной массы на шарнирно-опертой балке. Решение уравнения свободных колебаний с учетом и без учета сил сопротивления. Решения уравнения колебаний в случае действия вибрационной нагрузки и в случае действия возмущающей силы, изменяющейся по произвольному закону. Динамические коэффициенты.

Тема 2. Системы с несколькими степенями свободы.

Дифференциальное уравнение движения системы с несколькими степенями свободы. Свободные колебания. Определение собственных частот свободных колебаний. Главные формы колебаний. Вынужденные колебания системы без учета сил сопротивления при вибрационной нагрузке.

Тема 3. Системы с бесконечным числом степеней свободы.

Дифференциальные уравнения движения системы с бесконечным числом степеней свободы при поперечных перемещениях прямых стержней. Свободные колебания с учетом и без учета сил сопротивления. Вынужденные колебания прямого бруса постоянного сечения с равномерно распределенной массой от вибрационной нагрузки без учета сил сопротивления.

Тема 4. Приближенные расчеты балок переменного сечения

Точный расчет балок переменного сечения. Метод Бубнова – Галеркина. Метод Лагранжа – Ритца. Метод Рэлея (энергетический метод). Метод последовательных приближений при определении частот свободных колебаний. Метод переноса масс для определения первой частоты свободных колебаний.

Тема 5. Элементы расчета балок на подвижную и сейсмическую нагрузку.

Движение легкого груза по тяжелой балке постоянной жесткости с равномерно распределенной массой. Движение тяжелого груза по легкой балке. Элементы расчета сооружений на сейсмостойкость. Статический и динамический методы расчета.

Тема 5. Элементы расчета балок на подвижную и сейсмическую нагрузку.

Предмет и задачи устойчивости сооружений. Потеря устойчивости и виды потери устойчивости. Потеря устойчивости положения и потеря устойчивости формы равновесия в деформированном состоянии. Дифференциальное

уравнение упругой линии при продольном изгибе стержня. Интегрирование уравнения. Нахождение изгибающих моментов и поперечных сил.

Тема 7. Критические силы для стержней постоянного сечения при различных закреплениях их концов.

Критические нагрузки для стержня, шарнирно закрепленного на концах, стержня жестко заделанного одним концом, стержня заделанного двумя концами и стержня заделанного одним концом и шарнирно опертого другим. Определение форм деформированного состояния.

Тема 8. Устойчивость стоек ступенчато-переменного и плавно-переменного сечения.

Применение метода начальных параметров для нахождения уравнения устойчивости стойки ступенчато - переменного сечения на двух шарнирных опорах. Уравнение устойчивости для стойки, защемленной нижним концом и свободным верхним. Определение критических нагрузок. Решение задачи об устойчивости стоек плавно - переменного сечения.

Тема 9. Приближенные методы определения критических нагрузок.

Метод Бубнова – Галеркина решения дифференциального уравнения продольного изгиба и определения критической нагрузки. Метод Лагранжа – Ритца.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Количество часов по УСР	Формы контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	9
	Динамика и устойчивость механических систем	14	14			2	
1	Тема 1. Динамические нагрузки. Системы с различным числом степеней свободы Дифференциальные уравнения колебаний систем с одной степенью свободы.	2	2				
2	Тема 2. Системы с несколькими степенями свободы.	1	1				
3	Тема 3. Системы с бесконечным числом степеней свободы.	1	1				
4	Тема 4. Приближенные расчеты балок переменного сечения	2	2			1	Проверка индивидуальных заданий
5	Тема 5. Элементы расчета балок на подвижную и сейсмическую нагрузку.	1	1				
6	Тема 5. Элементы расчета балок на подвижную и сейсмическую нагрузку.	2	2				
7	Тема 7. Критические силы для стержней постоянного	2	2				

	сечения при различных закреплениях их концов.								
8	Тема 8. Устойчивость стоек ступенчато-переменного и плавно-переменного сечения.	2	2				1		Проверка индивидуальных заданий
9	Тема 9. Приближенные методы определения критических нагрузок.	1	1						

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. *Безухов Н. И., Лужин О. В., Колкунов Н. В.* Устойчивость и динамика сооружений в примерах и задачах. М.: Высшая школа. 1987. 264 с.
2. *Киселев В. А.* Строительная механика. Специальный курс. Динамика и устойчивость сооружений. М.: Издательство литературы по строительству. 1969. 432 с.

Дополнительная литература:

1. *Бабаков И. М.* Теория колебаний. М.: Наука. 1968. 560 с.
2. *Бидерман В. Л.* Теория механических колебаний. М.: Высшая школа. 1980. 408 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении самостоятельных работ;

При изучении дисциплины организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм:

1. Внеаудиторная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;
2. Аудиторная самостоятельная работа при выполнении студентом учебных и творческих задач.
3. Творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов разнообразны: подготовка и написание рефератов, докладов, очерков и других письменных работ на заданные темы.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории необходимо контролировать усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам.

На практических и семинарских занятиях различные виды самостоятельной работы студентов позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях нужно не менее 1 часа из двух (50% времени) отводить на самостоятельное решение задач. Практические занятия целесообразно строить следующим образом: 1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены). 2. Беглый опрос. 3. Решение 1-2 типовых задач. 4. Самостоятельное решение задач. 5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Результативность самостоятельной работы студентов во многом опре-

деляется наличием активных методов ее контроля. Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;
- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;
- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;
- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;
- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

ДИАГНОСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для диагностики используются проверка письменных индивидуальных заданий.

Пример индивидуального задания

Задача 1. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении-сжатии. Проектирование бруса равного сопротивления.

На брус квадратного или круглого поперечного сечения действуют осевые растягивающие и сжимающие силы F_i . Спроектировать брус равного сопротивления, для чего необходимо:

- 1) Определить продольные усилия на каждом участке бруса и построить эпюру продольных сил (исходные данные для расчета приведены в табл.).
- 2) Из расчета на прочность, определить для каждого участка размеры поперечного сечения бруса (диаметр для круглого и сторону квадрата для квадратного сечения);
- 3) Вычертить в выбранном масштабе схему бруса по заданной длине и найденным размерам сечений;
- 4) Построить эпюры нормальных напряжений σ и перемещений w .

№ п/п	Материал	Модуль про- доль- ной упру- гости E , МПа	Време н-ное сопро- тив- ление σ_B , МПа	Преде л теку- чести σ_T , МПа	Допускаемые напряжения [σ], МПа	
					Растя- жение [σ_p]	Сжа- тие [σ_c]
1	Сталь Ст3	$2 \cdot 10^5$	380- 470	240	160	160
2	Чугун серый	$1,15 \cdot 10^5$	120- 380	-	40	135
3	Сплав титана	$1,1 \cdot 10^5$	800- 900	700- 800	350	350
4	Алюминий	$0,7 \cdot 10^5$	220	110	55	55
5	Дюралюминий	$0,7 \cdot 10^5$	450- 500	330	115	115
6	Латунь	$1,0 \cdot 10^5$	400	210	105	105
7	Бронза	$1,1 \cdot 10^5$	380	160	90	90
8	Текстолит	$0,1 \cdot 10^5$	100	-	35	35
9	Древесина	$0,1 \cdot 10^5$	100	-	8	12
10	Стеклопластик	$0,6 \cdot 10^5$	260- 480	-	130	130
11	Углепластик	$1,9 \cdot 10^5$	900- 1000	-	400	400

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Колебания механических систем	Кафедра теоретической и прикладной механики	нет	Изменений в содержании учебной программы не требуется. Протокол № 10 от 21.05.2015

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

На ____ / ____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от ____ г.)

Заведующий кафедрой

Доктор ф/м наук профессор

(степень, звание)

(подпись)

М.А.Журавков

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Кандидат ф/м наук доцент

(степень, звание)

(подпись)

Д.Г.Медведев

(И.О.Фамилия)