

# Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор БП У по учебной рабете, доцент
А.А. Сакович
«18 у 2018 г.
Регистрационный № УД- 1592 /уч.

Динамика машин и виброзащита Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности

**1-36 07 01** «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» (заочная форма обучения)

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов высшего образования специальности 1-36 07 01 Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов и учебных планов указанной специальности № 2014-75-01/3ф и № 2014-75-с-01/3ф от 08.08.2014.

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

**Я. Г. Грода,** доцент кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат физико-математических наук, доцент.

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

- **П. Е. Вайтехович** доцент кафедры машин и аппаратов химических и силикатных производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», доцент, доктор технических наук;
- **В. В. Кудин** доцент кафедры теории механизмов и машин Белорусского национального технического университета, доцент, кандидат технических наук.

## РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 9 от 22 марта 2018 г.)

Методической комиссией заочного факультета учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 7 от 29 марта  $2018 \, \Gamma$ .)

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 5 от 30 03. 2018 г.)

#### 1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

## 1.1. Цель и задачи преподавания и изучения учебной дисциплины

**Целью курса** «Динамики машин и виброзащита» является продолжение фундаментальной подготовки будущих инженеров-механиков в области механических явлений для успешного перехода к усвоению специальных предметов и для использования в дальнейшей деятельности.

**Задачи курса:** 1. Получение навыков в построении динамических моделей, отражающих основные свойства реальных машин.

- 2. Получение навыков в аналитическом описание построенных моделей с помощью нелинейных дифференциальных уравнений.
- 3. Знакомство с расчетными методами позволяющими получить приближенные аналитические решения нелинейных дифференциальных уравнений и провести анализ их решений.

## 1.2. Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины

Образовательными стандартами специальностей предусматривается, что в результате изучения учебной дисциплины студент должен:

#### знать:

- характерные особенности динамического поведения машин и механизмов;
- точные и приближенные методы решения динамических задач и оценку области их применимости;
- способы зашиты механических систем от колебаний;

#### уметь:

- анализировать влияние динамических факторов на поведение устройств в рассматриваемой предметной области;
- проводить необходимые расчеты в рамках курса;

#### владеть:

- навыками построения динамических моделей, отражающих основные свойства реальных машин;
- методиками составления соответствующих дифференциальных уравнений движения;
- методами решения дифференциальных уравнений движения (точными и приближенными) и анализа полученных решений.

## 1.3. Формируемые компетенции

Образовательным стандартом высшего образования предусматривается, что у студента, освоившего курс теоретической механики, должны быть сформированы следующие компетенции:

#### а) академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

## б) социально-личностные компетенции:

СЛК-6. Уметь работать в команде.

### в) профессиональные компетенции:

- ПК-1. Проводить научные исследования и разработки с использованием современных информационных технологий.
- ПК-2. Анализировать и объективно оценивать достижения науки и техники в области процессов, машин и аппаратов, перспективы и направления развития.
- ПК-10. Владеть современными программными средствами моделирования, расчета и компьютерного проектирования изделий и технологических процессов.
- ПК-19. Самостоятельно принимать профессиональные решения с учетом их социальных, экономических и экологических последствий.
- ПК-20. Разрабатывать новые образцы технологического оборудования с использованием современных информационных и компьютерных технологий.

1.4 Перечисление дисциплин, освоение которых необходимо для изучения теоретической механики:

| <b>№</b> №<br>пп | Название<br>дисциплины | Раздел (тема)  |  |  |  |
|------------------|------------------------|--|--|--|--|
| 1.               | Высшая                 | 1. Элементы линейной алгебры и аналитической геомет- |  |  |  |
| 1                | Математика             | рии.   |  |  |  |
|                  |                        | 2. Векторная алгебра.                                |  |  |  |
|                  |                        | 3. Основы дифференциального исчисления.              |  |  |  |
|                  |                        | 4. Интегральное исчисление.                          |  |  |  |
| 1 1 2            |                        | 5. Дифференциальные уравнения.                       |  |  |  |

#### 1.5. Структура содержания учебной дисциплины

При заочной форме обучения для изучения курса «Динамики машин и виброзащиты» студентами специальности 1-36 07 01 учебные планы предусматривают 72 учебных часа, из них 8 часов аудиторных занятий на протяжении двух семестров. Распределение аудиторных часов по видам занятий следующее: лекций — 4, практических — 4. На самостоятельную работу отводится 64 часа. Форма текущей аттестации — зачет.

## Выписка из учебного плана дисциплины

| CTb        | octs (dr.       | Распределение часов по видам занятий |        |             | Распределение часов по семестрам |         |       |        |             |                     |
|------------|-----------------|--------------------------------------|--------|-------------|----------------------------------|---------|-------|--------|-------------|---------------------|
| Специально | Зачет (семестр) | Всего                                | Лекции | Практ. зан. | Самост. ра-<br>бота              | Семестр | Bcero | Лекции | Практ. зан. | Самост. ра-<br>бота |
| 1-36 07 01 | VI              | 72                                   | 4      | 4           | 64                               | V       | 24 48 | 4      | 1           | 20                  |

Тематический план курса «Динамика машин и виброзащита»

|        |  | Количест | гво часов               |  |  |  |
|--------|--|----------|-------------------------|--|--|--|
|        |  | Аудит    | Аудиторные              |  |  |  |
| № темы | Название тем                               | Лекции   | Практиче жие<br>занятия |  |  |  |
| 1      | Введение. Динамика жестких систем          | 1        |                         |  |  |  |
| 2      | Решение уравнений движения жестких систем  |          | 2                       |  |  |  |
| 3      | Динамика линейных упругих систем           | 1        |                         |  |  |  |
| 5      | Системы с кусочно-линейной характеристикой |          | 2                       |  |  |  |
| 8      | Защита от колебаний. Виброизоляция         | 2        |                         |  |  |  |
|        | Количество часов                           | 4        | 4                       |  |  |  |
|        | Итого                                      |          | 3                       |  |  |  |

### 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Тема 1. Введение. Динамика жестких систем

Введение в дисциплину «Динамика машин и виброзащита». Механические характеристики двигателей. Динамические модели механизмов. Уравнения движения механизмов с одной степенью свободы.

## Тема 2. Решение уравнений движения жестких систем

Решение уравнений движения систем с одной степенью свободы в простейших случаях. Динамические нагрузки на звенья механизма.

## Тема 3. Динамика линейных упругих систем

Динамические модели упругих систем с линейными характеристиками. Малые свободные колебания одномассовой системы вблизи положения устойчивого равновесия. Виброплощадка с одной степенью свободы. Фазовая плоскость и фазовые траектории. Вынужденные колебания. Функция рассеяния. Проход через резонанс при разгоне и торможении.

### Тема 4. Введение в нелинейные колебания

Свободные колебания в общем случае и методы их исследования. Период нелинейных колебаний. Зависимость амплитуды нелинейных колебаний от частоты. Мягкая и жесткая характеристики.

#### Тема 5. Системы с кусочно-линейной характеристикой

Метод припасовывания. Скелетные кривые систем с одной степенью свободы.

## **Тема 6. Вынужденные колебания в нелинейных системах под действием гармонического возмущения**

Колебания в системах, близких к линейным. Метод гармонического баланса. Амплитудно-частотная характеристика. Множественность колебательных состояний.

# **Тема 7. Вынужденные колебания в нелинейных системах при непериодическом возмущении**

Колебания в системах при наличии малого параметра. Построение решения нелинейного уравнения с помощью разложения по малому параметру: теория возмущений и методы Ван-дер-Поля и Боголюбова-Митропольского. Автоколебания.

## Тема 8. Защита от колебаний. Виброизоляция

Виброзащитные системы. Линейный виброизолятор при силовом и кинематическом возбуждениях. Коэффициент виброизоляции. Машина на упругом основании.

#### Тема 9. Гашение колебаний

Динамическое гашение колебаний. Собственные частоты. Антирезонансная частота.

7

## 3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

|                               | s. v ibblio wellogn ibekay  |                             | _                       |   |                    |   |
|-------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------|---|
| , Te-                         |   | Количество аудиторных часов |                         | бес-<br>(на-<br>по-   |                    | Формы контроля<br>знаний                  |
| Номер раздела,<br>мы, занятия | Наименование раздела, темы, занятия;<br>перечень изучаемых вопросов   |                             | Практические<br>занятия | Материальное обес-<br>печение занятия (на-<br>глядные, метод. по-<br>собия и др.) | Литература         |   |
| 1                             | 2   | 3                           | 4                       | 5   | 6                  | 7   |
| 1                             | Введение в дисциплину «Динамика машин и виброзащита». Механические характеристики двигателей. Динамические модели механизмов. Уравнения движения механизмов с одной степенью свободы.   | 1                           |                         | УМК   | [1,<br>2]          | Зачет,<br>защита<br>инд. за-<br>даний     |
| 2                             | Решение уравнений движения систем с одной степенью свободы в простейших случаях. Динамические нагрузки на звенья механизма.   |                             | 2                       | УМК   | [1,<br>2, 5,<br>6] | Опрос на ПЗ, зачет, защита инд. за- даний |
| 3                             | Динамические модели упругих систем с линейными характеристи-<br>ками. Малые свободные колебания одномассовой системы вблизи<br>положения устойчивого равновесия. Виброплощадка с одной сте-<br>пенью свободы. Фазовая плоскость и фазовые траектории. Вынуж-<br>денные колебания. Функция рассеяния. Проход через резонанс при<br>разгоне и торможении. | 1                           |                         | УМК   | [1-<br>6]          | Зачет.                                    |
| 4                             | Метод припасовывания. Скелетные кривые систем с одной степенью свободы.   |                             | 2                       | УМК   | [1,<br>8,<br>6]    | Опрос на<br>ПЗ.                           |

| 1 | 2  | 3 | 4 | 5   | 6                       | 7                                     |
|---|--|---|---|-----|-------------------------|---------------------------------------|
| 5 | Виброзащитные системы. Линейный виброизолятор при силовом и кинематическом возбуждениях. Коэффициент виброизоляции. Машина на упругом основании. | 2 |   | УМК | [1,<br>2,<br>10,<br>14] | Зачет,<br>защита<br>инд. за-<br>даний |

## 4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 4.1. Перечень основной литературы

- 1. Белов, В.В. Динамика машин и виброзащита. Лекции для студентов специальности 1-36 07 01 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов» / В.В. Белов, Г.М. Хвесько. Мн.: БГТУ, 2009 138 с.
- 2. Динамика машин и виброзащита. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения специальностей 1-36 07 01, 1-36 06 01 / составители В. В. Белов, Я. Г. Грода. Минск, БГТУ, 2008.-44 с.
- 3. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики: учеб. в 2 т. / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. М.: «Наука», 1979. Т. 2. 544 с.
- 4. Бидерман, В.Л. Теория механических колебаний / В.Л. Бидерман. М.: «Высш. шк.», 1980. 406 с.
- 5. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. СПб.: Лань, 1998. 480 с.
- 6. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / А. А. Яблонский [и др.]; под ред. А.А. Яблонского. М.: «Высш. шк.», 1985. 367 с.
- 7. Комаров, М. С. Динамика механизмов и машин / М. С. Комаров. М.: «Машиностроение», 1969. 296 с.
- 8. Вихренко, В.С. Устойчивость и нелинейные колебания / В.С. Вихренко. Минск: БТИ, 1993. 74 с.

## 4.2 Перечень дополнительной литературы

- 9. Боголюбов, Н. Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний: моногр. / Н. Н. Боголюбов, Ю. А. Митропольский. М.: «Наука», 1974. 504 с.
- 10. Силенок, С. Г. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / С. Г. Силенок [и др.]. М.: «Машиностроение», 1990. 416 с.
- 11. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики: учеб. пособие в 2 т. / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. М. «Наука», 1983.– Т. 2. 640 с.
- 12. Теория механизмов и машин: учеб. для втузов / К.В. Фролов [и др.]; под редакцией К.В. Фролова. М.: Высш. шк., 1987. 496 с.
- 13. Соколов, В. И. Современные промышленные центрифуги / В. И. Соко-лов. М.: «Машиностроение», 1967. 523 с.
- 14. Коловский, М.З. Нелинейная теория виброзащитных систем / М.З. Коловский. Л.: «Машиностроение», 1968. 282 с.

## 4.3 Перечни заданий и контрольных мероприятий управляемой самостоятельно работы студентов

| <b>№</b><br>п/п | Контрольное мероприятие       | Семестр<br>выдачи | Семестр<br>сдачи |
|-----------------|-------------------------------|-------------------|------------------|
| 1               | Индивидуальная задача № 1 [2] | V                 | VI               |
| 2               | Индивидуальная задача № 2 [2] | V                 | VI               |
| 3               | Индивидуальная задача № 3 [2] | V                 | VI               |

## 4.4 Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

- 4.4.1. Проверка отчетов по индивидуальным заданиям.
- 4.4.2. Анализ результатов и устное собеседование со студентами по темам индивидуальных заданий.
- 4.4.3. Индивидуальный опрос студентов по темам практических занятий.

## 4.5 Перечень практических занятий

- 1. Решение уравнений движения систем с одной степенью свободы в простейших случаях и определение динамических нагрузок на звенья механизма.
- 2. Метод припасовывания

## 4.7 Контроль качества усвоения знаний

Контроль качества усвоения знаний основан на проведении зачетного занятия, контроля выполнения индивидуальных заданий, использовании рейтинговой системы контроля знаний студентов.

## 5. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

| Название дисцип-   | Кафедра, которая | Предложения кафед-  | Принятое ре-   |
|--------------------|------------------|---------------------|----------------|
| лины, с которой    | обеспечивает     | ры о внесении изме- | шение кафедры. |
| требуется согласо- | изучение этой    | нений в содержании  | Дата, № прото- |
| вание              | дисциплины       | учебной программы   | кола           |
| MAXOT              | Машин и аппара-  | Bameranui nes       |                |
|                    | тов химических и |                     |                |
|                    | силикатных про-  |                     |                |
|                    | изводств         |                     |                |

И.о. зав. кафедрой машин и аппаратов химических и силикатных производств к.т.н., доцент

В.С.Францкевич