

В приведенном фрагменте при изучении технологии создания и редактирования формул необходимо использовать технологии работы с панелью инструментов Стандартная, форматирование абзаца, а также применить копирование и вставку к объекту.

Электронный инструмент содержит задания повышенной сложности, открытие которых осуществляется переходами по гиперссылкам.

Используя приведенную структуру электронной инструкции–тренажера, на кафедре разработаны и внедрены в учебный процесс лабораторные работы по следующим темам:

1. Основы ОС Windows.
2. Проводник. Корзина. Ярлык. Поиск.
3. Знакомство с редактором Word.
4. Рисунки и таблицы в Word.
5. Работа с объектами в Word.
6. Основные элементы Excel.
7. Построение диаграмм и графиков в Excel.
8. Internet.

Практика создания электронных пособий показывает, что для разработки и внедрения их в учебный процесс необходима организация специальных творческих коллективов. В них должны входить высококвалифицированные педагоги, психологи, Web–дизайнеры и программисты. Только совместными усилиями может быть создано электронное пособие, отвечающее современному уровню развития информационных технологий.

Литература. 1. Филонов И.П., Анципорович П.П., Жуков Д.В. Программа «Геометрические и кинематические связи в рычажных механизмах». - Мн.: БГПА, 1996. - 28с.; 2. Программа «Динамика машинного агрегата» / Анципорович П.П. и др. - Мн.: БГПА, 1994. - 28с.; 3. Программа «Динамический анализ кривошипно–ползунных механизмов» / Анципорович П.П. и др. - Мн.: БГПА, 1998. - 18с.; 4. Программа «Синтез кулачковых механизмов» / Анципорович П.П. и др. - Мн.: БГПА, 1998. - 56с.

УДК 621.01

А.Т. Скойбеда, П.П. Капуста

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ТИПОВОЙ ПРОГРАММЫ
ПО КУРСУ “ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА”
ДЛЯ НЕМЕХАНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ВТУЗОВ**

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Беларусь*

Общие положения. Задачи, место и роль прикладной механики в системе подготовки инженерно-технических специалистов для различных областей промышленности, несомненно, традиционно занимают одно из центральных мест, как в нашей стране, так и за рубежом. Прикладная механика является комплексной базовой и связующей общепрофессиональной и специальный циклы учебной дисциплиной в общетехнической подготовке инженеров. Она содержит основные сведения из теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов и деталей машин. В содержание курса прикладной механики должны быть включены положения дисцип-

лины "Расчет и конструирование изделий отрасли".

Изучение предмета заканчивается курсовым проектированием деталей машин. Роль данного курса не снижается и в условиях многоуровневой подготовки специалистов с переходом на новые учебные планы, проблемами стандартизации квалификационных требований к специалистам. Весьма важным вопросом является определение оптимального количества учебного времени на предмет во вновь разрабатываемых учебных планах. Заглянув в недавнюю предысторию, отметим, что во времена действия системы образования СССР в учебных планах и типовых программах по технической механике для немеханических специальностей ВТУЗов учебное время на предмет составляло до 190...210 часов. В условиях становления концепции многоуровневой подготовки кадров, на наш взгляд, делается заметный "крен" в сторону профессионализации и гуманизации образования. Так, проведенный анализ учебных планов по основным немеханическим специальностям ВТУЗов подтвердил значительное смещение фонда учебного времени в сторону увеличения для специальных дисциплин и предметов специализации, а также - для гуманитарных дисциплин. Вместе с тем, при определении оптимального учебного времени на предмет, необходимо исходить прежде всего из квалификационных требований к специалисту данного уровня, из достаточности и фундаментальности его общеинженерной подготовки для последующего изучения дисциплин специальности и специализации, успешной творческой работы по специальности. Наряду с изложенным выше, очевидна необходимость введения в программный материал новых сведений в связи с современным уровнем развития науки (машиноведение и детали машин, теория упругости и механических систем, теория колебаний, имитационного моделирования и численных методов анализа статического и динамического напряженно-деформированного состояния конструкций и элементов машин и сооружений и других направлений).

В связи с фактическим уменьшением учебного времени на предмет и необходимостью одновременного пополнения его новой дополнительной информацией, необходимо, как нам представляется, частичный уход от громоздких математических, теоретических выкладок в первых двух разделах предмета к прикладным темам, не теряя физической сущности изучаемых вопросов. Следовательно, усиления требует раздел "Детали машин" и их курсовое проектирование. С учетом изложенного обоснования авторами разработан проект типовой учебной программы по прикладной механике для немеханических специальностей ВТУЗов.

Проект программы состоит из 14 разделов: пояснительная записка; примерный тематический план; содержание предмета; основные требования к знаниям и умениям учащихся; расчетно-графические работы; лабораторные работы; практические работы; самостоятельная работа (домашние задания и упражнения) и консультации; контрольные работы; курсовое проектирование; факультативная, кружковая, опытно-конструкторская и исследовательская работа студентов; дополнительные темы и вопросы; вспомогательные средства обучения; методические рекомендации по изучению предмета. Приведены также списки основной и дополнительной литературы, используемых при изучении предмета основных стандартов, перечень учебных кинофильмов.

Авторами разработана структура и содержание предмета, представленные в примерном тематическом плане, объем отдельных разделов и тем в котором дан в процентном отношении в связи с различным количеством учебных часов по предмету в планах по различным специальностям. Разработан также примерный тематический план курса с представлением объема отдельных разделов и тем в учебных часах, для различного фонда (в часах) учебного времени, отводимого на предмет.

2. О содержании материала учебного курса. Весь отнесенный к содержанию курса учебный материал с учетом проведенного методического анализа и установлен-

ных мотивационных междисциплинарных связей логично расположить следующим образом. Введение в прикладную механику. Содержание, основные задачи и разделы прикладной механики, ее связь с общеобразовательными, общепрофессиональными и специальными предметами. Значение прикладной механики в технике. Краткая справка о развитии прикладной механики. **Часть. 1. Основы теории прикладной механики.**

1.1 Структура механизмов. 1.1.1. Общие сведения о механизмах и машинах. 1.1.2. Основные характеристики и требования, предъявляемые к машинам и механизмам. 1.1.3. Структурные элементы механизмов и задачи анализа. Звенья и кинематические пары. Кинематические цепи. Задачи структурного анализа. 1.1.4. Основные виды механизмов. Классификация механизмов. Структурные формулы кинематических цепей и механизмов. Структурный анализ и синтез механизмов. **Часть. 2. Основы кинематики механизмов и механических систем, статического и динамического взаимодействия элементов в машинах, приборах и аппаратах.**

2.1. Основы кинематики механических систем, механизмов, машин, приборов и аппаратов. 2.1.1. Основные понятия кинематики. 2.1.2. Кинематика точки. 2.1.3. Простейшие движения твердого тела. 2.1.4. Сложное движение точки. 2.1.5. Сложное движение твердого тела. 2.1.6. Задачи кинематического анализа машин, приборов и аппаратов. **2.2. Статическое взаимодействие конструкций, элементов машин, приборов и аппаратов и задачи статики в прикладной механике.** 2.2.1. Основные понятия и аксиомы статики; связи и реакции связей. Основные понятия. Системы сил и их классификация. Аксиомы статики. Проекция силы на ось (оси) координат. Сложение двух сил. Теория пар сил. Момент силы относительно точки и оси. Связи, их классификация; реакции связей и определение их направления. Системы сил; эквивалентные преобразования систем сил (определение: равнодействующей; главного вектора, главного момента). Системы сходящихся сил. Системы сходящихся сил (плоская и пространственная). Условие и уравнения равновесия плоской и пространственной систем сходящихся сил. Стержневые системы с идеальными шарнирами (статически определимые) и определение реакций в стержнях. Общие понятия о статически неопределимых задачах. Системы произвольно расположенных и параллельных сил (плоские и пространственные). Эквивалентные преобразования систем произвольно расположенных сил. Приведение силы, плоской и пространственной систем произвольно расположенных сил к данному центру и оси. Теорема Вариньона о моменте равнодействующей. Условия и уравнения равновесия плоской и пространственной систем произвольно расположенных и параллельных сил. Балки и нагрузки; классификация нагрузок (сосредоточенные, моментные, распределенные). Применение уравнений равновесия для определения опорных реакций статически определимых плоско нагруженных балок и пространственно нагруженных валов. Общие понятия о статически неопределимых задачах. Связи с трением: трение скольжения и качения. Трение скольжения: сила трения, угол трения, коэффициент трения скольжения и факторы, влияющие на него. Конус трения. Условие самоторможения. Трение качения. Коэффициент трения качения и факторы, влияющие на него. Сравнительный анализ трения скольжения и качения. Центр параллельных сил и центр тяжести; устойчивость равновесия. Равнодействующая и центр параллельных сил, его свойства и формулы для определения положения. Центр тяжести тела, его свойство. Формулы для определения координат центра тяжести тонких пластинок (сечений), составленных из простых геометрических фигур и из стандартных профилей проката. Статический момент сечения. Формулы для определения координат центра тяжести тела, составленного из простых геометрических объемных фигур. Центр тяжести симметричных плоских сечений и объемных тел. Положения центров тяжести простых геометрических фигур (прямоугольника, треугольника, кругового сектора и др.) и стандартных профилей проката. Определение координат центров тяжести тонких пластинок (сечений), составлен-

ных из простых геометрических фигур и из стандартных профилей проката. Условие равновесия твердого тела, имеющего неподвижную опорную точку (или ось вращения) или опорную плоскость: момент опрокидывания и момент устойчивости; коэффициент устойчивости. **2.2. Динамическое взаимодействие конструкций, элементов машин, приборов и аппаратов и задачи динамики в прикладной механике.** 2.2.1. Основные понятия и аксиомы и задачи динамики (прямая и обратная). 2.2.2. Движение материальной точки. Сила инерции и общий метод ее определения. Определение направления и модуля силы инерции в зависимости от траектории и ускорения движения материальной точки. Принцип Д'Аламбера. Метод кинестатики. Понятия о свободной и несвободной точках. 2.2.3. Работа и мощность. Работа постоянной силы при прямолинейном движении. Теорема о работе равнодействующей силы. Понятие о работе переменной силы при криволинейном движении. Работа силы тяжести. Потенциальная энергия для точки. Работа силы упругости. Работа при качении тела по негладкой плоскости. Мощность. Понятие о мощности и ее среднем значении, мощность в данный момент времени. Понятие о механическом коэффициенте полезного действия (КПД). КПД механической системы (при последовательном и параллельном соединении элементов). Работа и мощность при вращательном движении тела; окружная сила и вращающий момент. Связь между вращающим моментом передаваемой мощности и угловой скоростью (частотой вращения). 2.2.4. Общие теоремы динамики. Импульс силы, количество движения, теоремы об изменении количества движения материальной точки. Кинетическая энергия точки. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки. Понятие о механической системе. Основное уравнение динамики вращающегося тела. Моменты инерции однородных тел: прямолинейного стержня, кольца, тонкого круглого диска, цилиндра сплошного и полого. Кинетическая энергия при поступательном, вращательном и плоскопараллельном движениях твердого тела. Теорема об изменении кинетической энергии для системы. 2.2.5. Введение в аналитическую динамику. Классификация связей. Возможные перемещения материальной точки и механической системы. Обобщенные координаты системы. Элементарная работа в обобщенных координатах. Число степеней свободы. Идеальные связи. Обобщенные силы и их вычисление. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики. Уравнения Лагранжа второго рода. 2.2.6. Динамика механизмов. Силы, действующие в механизмах. Динамическая модель механизма. Приведение сил и масс. Уравнение движения механизма в энергетической и дифференциальной формах. Режимы движения механизма. Быстродействие механизмов при неустановившемся (переходном) режиме движения. Неравномерность движения машинного агрегата при установившемся режиме. Пути регулирования скорости машин. Определение момента инерции и массы маховика. Силовой расчет и уравнивание механизмов. Определение реакций в кинематических парах и уравнивающей силы методом планов (по принципу Даламбера), Аналитический метод силового расчета. Неуравновешенность механизмов и ее виды. Влияние неуравновешенных сил инерции механизма на его опоры. Статическая и динамическая балансировка роторов. Уравнивание сил инерции. Понятия о статической и динамической балансировке вращающихся материальных тел. 2.2.7. Колебания в машинах. Общие положения теории колебаний и расчетов механических систем и элементов машин на колебания. **2.3. Часть. 3. Основы расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.** 2.3.1. Основные положения. Понятие о расчетах на прочность, жесткость и устойчивость. Деформации упругие и пластические. Нагрузки внешние и внутренние; их классификация. Основные гипотезы и допущения, применяемые в сопротивлении материалов, о свойствах деформируемого тела и о характере деформаций. Классификация элементов конструкций по геометрическим признакам: брус, оболочка (пластина), массивное тело. Внешние и внутренние силовые факторы

(нагрузки) в элементах конструкций. Метод сечений и его применение для определения внутренних силовых факторов. Простейшие виды нагружения бруса (растяжение и сжатие, срез, кручение, изгиб) и соответствующие им внутренние силовые факторы (общие уравнения для их определения). Понятие о напряженном состоянии в точке тела: механическое напряжение. Алгоритмическая формула напряжения. Геометрическая характеристика прочности сечения. Напряжение: полное, нормальное, касательное.

2.3.2. Центральное растяжение и сжатие. Понятия о центральном растяжении и сжатии. Продольные (нормальные) силы и нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса (гипотеза плоских сечений) при растяжении (сжатии). Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений. Напряжения в наклонных сечениях бруса (максимальные касательные напряжения). Деформации при растяжении и сжатии (продольные и поперечные, абсолютные и относительные). Закон Гука. Модуль продольной упругости. Коэффициент Пуассона. Определение абсолютных продольных деформаций и осевых перемещений поперечных сечений бруса. Построение эпюр осевых перемещений. Испытания материалов. Классификация испытаний по виду нагружения и характеру действующих нагрузок во времени. Классификация конструкционных материалов (пластичные, хрупкопластичные и хрупкие материалы). Испытания материалов на растяжение и сжатие при статическом нагружении. Диаграмма растяжения низкоуглеродистой стали и ее характерные параметры. Характеристики прочности (пределы пропорциональности, текучести, временное сопротивление) и пластичности (относительное остаточное удлинение и относительное остаточное поперечное сужение) материала. Диаграмма растяжения хрупкопластичного материала; условный предел текучести. Закон повторного нагружения (наклеп). Диаграмма растяжения хрупких материалов. Сравнительная диаграмма сжатия пластичных, хрупкопластичных и хрупких материалов; их механические свойства при сжатии. Опасные (предельные) и допускаемые напряжения. Коэффициент запаса прочности и факторы, влияющие на его величину и выбор. Условие прочности при растяжении и сжатии. Расчеты на прочность: проверочный, проектный, определение допускаемой нагрузки.

2.3.3. Срез и смятие: внутренние силовые факторы и геометрические характеристики прочности (условная площадь при срезе и смятии). Условия прочности при срезе и смятии. Расчеты на срез и смятие заклепочных, штифтовых и шпоночных соединений.

2.3.4. Кручение; срез с кручением. Кручение, внутренние силовые факторы при кручении: крутящий момент, построение эпюр крутящих моментов. Чистый сдвиг, угол сдвига, закон парности касательных напряжений. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига. Зависимость между тремя упругими постоянными для изотропного тела. Кручение прямого бруса круглого сечения. Касательные напряжения при кручении, формула для их определения. Геометрические характеристики сечений и геометрические характеристики прочности при кручении: полярные моменты инерции и сопротивления кручению для круглого и кольцевого сечений бруса. Деформации при кручении: угол сдвига, угол закручивания (абсолютный и относительный). Формулы для определения угла закручивания. Характер разрушения при кручении брусев из различных материалов. Условия прочности и жесткости при кручении. Расчеты на прочность (проверочный, проектный, определение допускаемой нагрузки) и жесткость (проверочный и проектный) при кручении. Сравнение прочности и жесткости при кручении брусев круглого и кольцевого сечений, экономический аспект вопроса. Совместное действие среза (сдвига) и кручения. Расчет цилиндрических винтовых пружин, растяжения и сжатия на прочность и жесткость. Определение расчетных касательных напряжений и изменения длины пружины.

2.3.4. Изгиб. Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба: прямой и косой изгиб, чистый и поперечный изгиб. Внутренние силовые факторы при прямом изгибе: поперечная сила и изгибающий момент; правила знаков. Зависимости между изгибающим моментом, попе-

речной силой и интенсивностью распределенной нагрузки. Правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов по характерным точкам (на примерах статически определимых двухопорных и консольных балок для случаев приложения к ним сосредоточенных сил и моментов, а также равномерно распределенных нагрузок). Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для балок, нагруженных плоскими системами параллельных сил. Чистый изгиб: зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси бруса. Нормальные напряжения, возникающие в поперечных сечениях бруса при чистом изгибе, формула для их определения. Геометрические характеристики сечений при изгибе: осевые моменты инерции и сопротивления. Жесткость сечения при изгибе. Осевые моменты инерции и моменты сопротивления изгибу простейших сечений (прямоугольного, круглого, кольцевого) и стандартных профилей проката. Связь между осевыми и полярными моментами инерции. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Условие прочности при изгибе. Расчеты на прочность при изгибе (проверочный, проектный, определение допускаемой нагрузки). Брус равного сопротивления изгибу. Рациональные формы поперечных сечений балок из пластичных, хрупкопластичных и хрупких материалов. Особенности расчета балок из материалов, различно сопротивляющихся растяжению и сжатию. Понятия об армированных и предварительно напряженных балках. Понятия о касательных напряжениях в продольных и поперечных сечениях брусьев при прямом изгибе, формула Журавского. Деформации (линейные и угловые) при прямом изгибе. Определение линейных и угловых перемещений для различных случаев нагружения статически определимых балок. Условия жесткости и расчета на жесткость при изгибе. 2.3.5. Растяжение (сжатие) и изгиб бруса большой жесткости. Совместное действие изгиба и растяжения (сжатия) на брус большой жесткости. Внутренние силовые факторы и нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса. Определение суммарных нормальных напряжений в наиболее напряженных точках сечений. Внецентренное сжатие. Эксцентриситет. Условие прочности и расчета на прочность. 2.3.6. Изгиб с кручением; кручение с растяжением (сжатием). Совместное действие изгиба с кручением и кручения с растяжением (сжатием). Внутренние силовые факторы в этих случаях. Понятие о напряженном состоянии в точке тела. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженного состояния: объемное, плоское, линейное. Эквивалентные (равноопасные напряженные состояния). Эквивалентное напряжение. Гипотезы прочности и их назначение. Гипотеза наибольших касательных напряжений, гипотеза Мора, гипотеза энергии формоизменения. Области применения и точность гипотез прочности. Условие прочности при изгибе с кручением по различным гипотезам прочности. Эквивалентные моменты по различным гипотезам прочности. Связь между полярным и осевым моментами сопротивления (на примере круглого и кольцевого сечений). Расчеты бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением (проверочный и проектный). Расчет бруса круглого поперечного сечения при совместном кручении и растяжении (сжатии), применение гипотез прочности в этих случаях. 2.3.7. Устойчивость сжатых стержней. Понятие об устойчивости сжатых стержней (устойчивое и неустойчивое упругое равновесие). Внутренние силовые факторы. Критическая сила. Формула Эйлера для определения критической силы. Учет влияния формы сечения и способов закрепления концов стержня. Критическое напряжение; гибкость стержня, предельная гибкость. Пределы применимости формулы Эйлера. Эмпирические формулы для критических напряжений (формула Ясинского, случаи сведения расчета на устойчивость к расчету на сжатие). График зависимости критических напряжений (для низкоуглеродистой стали) от гибкости. Условие устойчивости, коэффициент запаса устойчивости. Расчеты сжатых стержней на устойчивость (проверочный и проектный). Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней. Способы повышения их устойчивости. **2.4. Часть 4. Основы проек-**

тирования деталей, сборочных единиц (узлов) и механизмов машин, приборов и аппаратов. **2.4.1. Основные положения.** Цели и задачи раздела в системе технической и конструкторской подготовки специалистов (техников) технического профиля. Связь раздела с теоретической механикой, теорией механизмов и машин, сопротивлением материалов и другими общетехническими и специальными предметами. Краткие исторические сведения о развитии машиноведения и деталей машин. Современное состояние и основные тенденции в развитии машиностроения. Основные понятия. Машина и механизм. Классификация машин в зависимости от их назначения. Машины-двигатели, машины-преобразователи, рабочие машины. Классификация (основные типы) механизмов. Детали и сборочные единицы машин, их классификация. Требования, предъявляемые к машинам, сборочным единицам и деталям. Техничко-экономическая и технологическая роль стандартизации в развитии машиностроения. Типы стандартов. Конструкция, материалы конструкции. Понятия о технологичности конструкций машин и деталей. **2.4.2. Условия работы и нагруженность машин и их деталей.** Нагрузки в машинах и конструкциях. Источники нагрузок в машинах, механическое взаимодействие деталей машин. Классификация машин и деталей в зависимости от условий работы. **Нагруженность машин и их элементов.** Виды нагруженности деталей машин и их классификация: статическое и переменное (регулярное и нерегулярное) нагружение. Нагрузки и напряжения в деталях. Возникновение переменных напряжений. Циклы напряжений и их характеристики. Понятия об учете эксплуатационной нагруженности при проектировании машин и деталей. Сопротивление усталости. Усталостные разрушения деталей и его причины. Предел выносливости. Факторы, влияющие на предел выносливости. Природа усталостного разрушения. Испытания на усталость. Кривая усталости (кривая Велера). Предел выносливости, предел ограниченной выносливости. Степенное уравнение кривой усталости и его характеристики. Коэффициент долговечности. Эмпирические зависимости между пределом выносливости и пределом прочности для металлических материалов, пределами выносливости при симметричном изгибе и симметричном растяжении (сжатии) и кручении. Факторы, влияющие на предел выносливости: концентрация напряжений, абсолютные размеры поперечного сечения, запрессовка деталей (фреттинг-коррозия), шероховатость поверхности, поверхностное упрочнение. Коэффициент снижения предела выносливости детали. Испытания деталей машин на сопротивление усталости. Понятие о ресурсе деталей по критерию сопротивления усталости. Конструктивные и технологические способы повышения сопротивления усталости. Расчет на сопротивление усталости при одноосном и двухосном напряженном состоянии. **Контактные напряжения и контактная прочность.** Основные понятия и определения. Контакт сферических и цилиндрических тел под нагрузкой. Контактные напряжения и деформации, форма площадок контакта. Определение величины контактных напряжений (формула Герца). Виды и механизмы разрушения рабочих поверхностей тел при действии контактных напряжений (из металлических материалов со смазкой и без смазки, из неметаллических материалов без смазки). Понятие о контактной усталости. Контактная прочность и пути ее повышения. **Основные понятия надежности машин и деталей.** Надежность детали и машины. Долговечность. Ресурс. Отказ. Ремонтпригодность. Сохраняемость. Показатель надежности (вероятность безотказной работы или вероятность неразрушения при выработке требуемого ресурса). Интенсивность отказов. График зависимости интенсивных отказов от наработки за весь период эксплуатации машины (детали). Средняя наработка до отказа. Основное уравнение теории надежности. Определение основных характеристик надежности машины, состоящей из сборочных единиц и деталей. **Критерии работоспособности и расчета деталей машин.** Прочность, жесткость, износостойкость, виброустойчивость и теплоустойчивость. Проектные и проверочные расчеты деталей машин.

Прочность деталей машин и методы ее оценки. Классификация и сравнительный анализ методов оценки прочности деталей машин: по допускаемым напряжениям, по запасам прочности (коэффициентам запаса прочности), по вероятности неразрушения. Рекомендации по применению рассмотренных методов при расчетах и проектировании деталей машин. Общие требования к прочности деталей машин и способы ее повышения (увеличение прочности материала, применение упрочняющих технологий, конструкционная прочность). **Жесткость деталей машин и методы ее оценки.** Основные понятия. Методы оценки жесткости деталей машин. Удлинение (укорочение), прогибы, углы поворота, углы закручивания деталей и действующие нормы на них. Общие требования к жесткости деталей машин и способы ее повышения (конструктивная жесткость, жесткость материала, повышение жесткости технологическими и комбинированными методами). Особенности расчетов деталей на жесткость. **Трение, износ и износоустойчивость.** Основные понятия. Виды трения и изнашивания деталей. Сухое, граничное, жидкостное и газовое трение. Понятие об износоусталостном повреждении; трибофатика. Методы оценки износа деталей и современные способы борьбы с изнашиванием. Понятие о расчете деталей на износоустойчивость. **Колебания в машинах и виброустойчивость.** Основные понятия. Причины колебаний машин и их деталей: динамические нагрузки. Собственные и вынужденные колебания. Понятия о резонансе и о расчете упругих систем на колебания. Виброустойчивость. Способы предотвращения резонанса (понятие о критической угловой скорости вала), демпфирующие устройства для гашения колебаний. Понятия о виброактивности и виброзащите машин. **Влияние температуры на работоспособность деталей машин.** Основные понятия. Классификация деталей машин в зависимости от температурных условий работы. Изменение физико-механических свойств конструкционных материалов при низких (отрицательных) и повышенных температурах. Морозо- и теплоустойчивость материалов и конструкций, технологические и конструктивные способы ее повышения. Особенности расчетов деталей, работающих при пониженных и повышенных температурах. **Точность изготовления деталей: общие сведения о шероховатости, допусках и посадках деталей машин.** Основные понятия о взаимозаменяемости и стандартизации деталей машин: шероховатость поверхности, качества точности, допуски и посадки, назначение посадок. Точность геометрической формы деталей. **Выбор материалов деталей машин.** Классификация машиностроительных материалов; черные и цветные металлы и их сплавы; пластмассы; композиционные и другие новые материалы. Упрочняющая обработка деталей (термическая, химико-термическая, поверхностное пластическое деформирование, комбинированные методы). Общие критерии выбора материалов и назначение упрочняющей обработки при проектировании деталей машин. **2.4.3. Механические передачи. Общие сведения о механических передачах и их классификация.** Классификация и сравнительная характеристика механических передач. Назначение передач по принципу действия и по принципу передачи движения от ведущего звена к ведомому. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах. Механический привод машины, кинематические схемы механических приводов. Выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчет привода. **Фрикционные передачи.** Общие сведения о фрикционных передачах: принцип работы и устройство, классификация фрикционных передач, достоинства и недостатки, область применения. Фрикционные передачи с нерегулируемым (постоянным) передаточным отношением. Цилиндрическая передача гладкими катками и условие работоспособности (определение требуемой силы прижатия катков), способы прижатия катков. Материалы катков. Виды разрушений рабочих поверхностей катков. Критерии работоспособности и расчет передач на прочность. Вариаторы (передачи с плавным бесступенчатым регулированием передаточного отношения), их кинематические схемы и область применения. Диапазон регу-

лирования вариаторов. **Зубчатые передачи.** Общие сведения о зубчатых передачах: принцип работы, достоинства и недостатки, область применения. Классификация зубчатых передач. Основы теории зубчатого эвольвентного зацепления, теорема зацепления. Зацепление двух эвольвентных колес: основные геометрические характеристики эвольвентного зацепления. Зацепление эвольвентного зубчатого колеса с рейкой. Принцип нарезания зубьев методом обкатки. Делительная окружность. Исходный контур зубчатой рейки. Методы изготовления зубчатых колес. Точность зубчатых передач. Подрезание зубьев. Основные понятия о зубчатых колесах со смещением (корригирование зубьев колес). Основные геометрические и кинематические соотношения цилиндрических (прямозубых, косозубых, шевронных) и конических (прямозубых и непрямозубых) передач. Виды разрушения зубьев. Критерии работоспособности и расчета зубчатых передач. Материалы зубчатых колес и допускаемые напряжения (учет нагрузочного режима, требуемого ресурса). Упрочнение зубьев колес. Расчет зубчатых передач на прочность. Выбор точности зубчатых передач. Расчет зубчатых передач на контактную выносливость (усталостную прочность) активных поверхностей зубьев колес. Формулы проверочного и проектного расчетов. Особенности расчета конических передач. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Расчет зубчатых передач на изгибную выносливость (сопротивление усталости зубьев колес при изгибе). Формулы проверочного и проектного расчетов. Особенности расчета конических передач. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Конструкции зубчатых колес. Снижение виброактивности зубчатых передач, самоустанавливающиеся зубчатые колеса. Планетарные зубчатые передачи. Принцип работы и устройство. Достоинства и недостатки, область применения. Классификация планетарных зубчатых передач и схема наиболее распространенных механизмов. Определение передаточных отношений. Геометрия и силы в планетарной передаче. Особенности расчета планетарных передач на прочность и конструирования зубчатых колес. Волновые зубчатые передачи. Принцип работы и устройство. Достоинства и недостатки, область применения. Классификация волновых зубчатых передач и схемы наиболее распространенных механизмов. Конструкции. Геометрические и кинематические соотношения. Передаточное отношение. Нагрузки и напряжения в элементах передачи. Виды повреждений и критерии расчета. Расчет волновых передач на прочность. Передачи с зацеплением Новикова. Особенности конструкции, геометрии и расчета. Винтовые и гипоидные зубчатые передачи: конструкция и область применения. **Передачи винт-гайка.** Общие сведения о передачах винт-гайка: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Сравнительная характеристика передач с парами скольжения и качения. Геометрия и силы в передачах. Точность передач. Зависимость между моментом, приложенным к гайке, и осевой силой винта. Самоторможение и КПД винтовой пары. Распределение осевой нагрузки винта по виткам резьбы. Решение задач. Материалы и виды разрушения элементов передач. Расчет элементов передач скольжения на износостойкость, прочность и устойчивость. Понятие о расчете элементов передач с парами качения. **Червячные передачи.** Общие сведения о червячных передачах: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Червячная передача с архимедовым червяком. Основные геометрические соотношения, передаточное число. Скорость скольжения в червячных передачах. Изготовление червяков и червячных колес и их конструкции. Силовые соотношения и КПД червячной передачи. Критерии работоспособности и расчета элементов передачи: требования к износостойкости и жесткости червяка, виды разрушения зубьев червячных колес. Материалы червяков и червячных колес. Допускаемые напряжения для материалов червячных колес. Расчет зубьев колес на циклическую контактную прочность и на сопротивление усталости при изгибе. Формулы проверочного и проектного расче-

тов. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Тепловой расчет и способы охлаждения червячных передач. Расчет червяков на жесткость. Глобоидные червячные передачи, особенности геометрии и расчета. **Цепные передачи.** Общие сведения о цепных передачах: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Конструкции деталей цепных передач: приводные цепи, звездочки, натяжные устройства. Применяемые материалы. Сравнительная характеристика передач втулочными, роликковыми и зубчатыми цепями. Основные геометрические соотношения в передачах. Передаточное число. Силовые соотношения в цепных передачах. Критерии работоспособности. Расчеты цепных передач (проверочный и проектный). Методика подбора стандартных цепей. Смазка цепных передач. **Ременные передачи.** Общие сведения о ременных передачах: принцип работы, устройство, достоинства и недостатки, область применения. Классификация. Конструкции деталей ременных передач: приводные ремни, шкивы, натяжные устройства. Применяемые материалы для деталей ременных передач. Сравнительная характеристика передач плоскими, клиновыми, поликлиновыми и зубчатыми ремнями. Основные геометрические соотношения в передачах. Силовые соотношения в ременных передачах. Напряжения в ветвях ремня. Кинематика передач, скольжение ремня на шкивах. Передаточное отношение. Расчет ременных передач по тяговой способности. Выбор основных параметров и расчетных коэффициентов. Особенности работы и расчета клиноременных передач с поликлиновыми ремнями. Зубчато-ременные передачи. Критерии работоспособности и особенности расчета зубчато-ременных передач. **2.4.4. Несущие, поддерживающие, корпусные и упругие детали. Оси и валы.** Оси и валы, их назначение и классификация. Конструктивные элементы. Материалы осей и валов. Критерии работоспособности и расчет валов и осей на статическую и усталостную прочность. Проектный и проверочный расчеты валов. Проектный и проверочный расчеты осей. Конструирование осей и валов, рациональные конструкции. Способы повышения сопротивления усталости на стадии проектирования валов и осей. Понятия о расчетах валов и осей на жесткость и колебания. **Опоры осей и валов (подшипники).** Общие сведения. Назначение, принцип и условия работы, классификация опор осей и валов. Подшипники скольжения и качения. **Подшипники скольжения.** Подшипники скольжения: устройство, достоинства и недостатки; классификация, основные типы и область применения. Виды трения и режимы работы подшипников скольжения. Материалы и смазка. Виды разрушения и основные критерии работоспособности. Нагрузочная способность, расчет на износостойкость и теплостойкость. Подшипники скольжения, работающие без смазки и в режиме смешанного трения. **Подшипники качения.** Подшипники качения: устройство, достоинства и недостатки, сравнительная характеристика подшипников скольжения и качения. Классификация и маркировка подшипников качения. Основные типы подшипников качения и области их применения. Особенности работы радиально-упорных и шарико- и роликподшипников. Статическая и динамическая грузоподъемность и подбор подшипников качения. Расчет подшипников качения на долговечность. Монтаж, демонтаж и регулировка подшипников качения. **Корпусные детали, направляющие, устройства для смазывания и уплотнения.** Корпусные детали: назначение, классификация, области применения. Конструкции корпусов и требования к ним. Способы изготовления и материалы. Основные геометрические параметры для литых и сварных (штампосварных) корпусов и их выбор при конструировании. Направляющие скольжения и качения: назначение, типы, конструкции, классификация, области применения. Понятие о расчетах несущей способности. Общие сведения о гидро- и газостатических направляющих. Уплотнение: назначение, классификация (типы, конструкции), области применения. Устройства для смазывания: назначение, классификация (типы, конструкции), области применения. Смазочные материалы, их классификация и

выбор. Конструкции смазочных и уплотнительных узлов. Типовые конструкции узлов для подачи, контроля, очистки и охлаждения масла. **Упругие детали и сборочные единицы машин.** Назначение (аккумулирование энергии и демпфирование колебаний в машинах), классификация и области применения упругих деталей и сборочных единиц машин. Геометрические параметры и рабочие характеристики цилиндрических витых пружин растяжения и сжатия, их расчет и конструирование. Средства виброзащиты и борьбы с колебаниями в машинах. Амортизаторы, рессоры и упругие подвески (общие сведения). Схемы и области применения. Несущая и демпфирующая способность. Понятие о расчетах на долговечность (сопротивление усталости). Резиновые упругие элементы: демпферы и амортизаторы. Устройство. Особенности подбора, конструирования и расчета. **2.4.5. Соединения деталей машин.** Назначение и общая классификация соединений деталей и сборочных единиц машин. Неразъемные и разъемные соединения. Сравнительная характеристика, достоинства, недостатки и области применения различных классов соединений. **Сварные, заклепочные, паяные и клеевые соединения.** Сварные соединения: классификация по расположению свариваемых элементов и типам сварных швов. Конструктивные варианты сварных соединений. Расчет сварных соединений на срез при постоянной нагрузке. Допускаемые напряжения для сварных соединений. Понятия о расчете сварных соединений при переменном нагружении. **Заклепочные соединения:** классификация, конструкции и материалы заклепок. Расчет на прочность заклепок и соединяемых деталей. Материалы и допускаемые напряжения. **Паяные соединения:** конструкции, материалы деталей и припои. Особенности расчета, допускаемые напряжения. **Клеевые соединения.** Виды соединений. Процесс склеивания. Клеевые материалы. Особенности расчета. **Штифтовые, шпоночные, шлицевые и профильные соединения.** **Штифтовые соединения:** конструкции соединений и штифтов. Применяемые материалы. Особенности расчета штифтов. Материалы и допускаемые напряжения. **Шпоночные соединения.** Основные типы стандартных шпонок, их классификация и сравнительная характеристика соответствующих соединений. Расчет соединений призматическими и сегментными шпонками. Материалы и допускаемые напряжения. **Шлицевые соединения.** Классификация по характеру соединения, по форме зубьев, по способу центрирования ступицы относительно вала. Соединения с прямобочными и эвольвентными зубьями и их сравнительная характеристика. Расчет шлицевых прямобочных соединений. Материалы и допускаемые напряжения. **Профильные соединения.** Конструкции. Несущая способность. Особенности расчета профильных соединений. Материалы и допускаемые напряжения. **Резьбовые соединения.** Общие сведения о резьбовых соединениях. Основные типы резьб, их классификация; обоснование выбора профиля резьбы. Геометрические параметры, характеризующие резьбу. Основные типы крепежных деталей и способы стопорения резьбовых соединений. Силовые соотношения в резьбе; условие самоторможения. Зависимость между усилием затяжки и силой на ключе. Контроль усилия затяжки, динамометрические ключи. Материалы резьбовых деталей, классы прочности резьб. Способы изготовления резьбы. Допускаемые напряжения при контролируемой и неконтролируемой затяжках. Расчет на прочность стержня винта (болта, шпильки) при постоянной осевой нагрузке. Основные расчетные случаи: затянутый болт без внешней осевой нагрузки; затянутый болт с дополнительной осевой силой; болт нагружен поперечной силой (2 случая – болт поставлен с зазором и без зазора). Распределение нагрузки по виткам резьбы. Понятие о расчетах витков резьбы на прочность. Способы повышения прочности и надежности резьбовых соединений (конструктивные и технологические). **Соединения с натягом.** Общие сведения. Цилиндрические и конические соединения с натягом, конструкции соединений. Способы сборки. Достоинства и недостатки, область применения. Расчет соединений с натягом в зависимости от передаваемых нагрузок.

Выбор стандартной посадки. Проверка прочности деталей соединения. Проблема повышения сопротивления усталости соединений с натягом. **Муфты:** назначение и классификация. Устройство и принцип действия основных типов муфт, их сравнительная характеристика. Методика подбора стандартных муфт по типу и по расчетному моменту. **2.4.5. Редукторы и мотор-редукторы.** Общие сведения о редукторах и мотор-редукторах. Назначение, устройство, классификация, конструкции. Основные параметры редукторов. Мотор-редукторы. Методика выбора редукторов и мотор-редукторов в зависимости от нагрузки. Основные принципы проектирования редукторов и мотор-редукторов. **2.4.5. Основы проектирования и конструирования деталей машин. Общие принципы проектирования и конструирования деталей машин.** Стадии и формы организации проектирования машин и их деталей. Основы конструирования: принципы и методика конструирования. Влияние масштаба производства на методы формообразования деталей. **Понятия о численных методах расчета деталей машин.** Численные методы анализа прочности и жесткости сложных сборочных единиц и деталей машин при простом и сложном напряженном состоянии. Понятия о методах конечных разностей, ортогонализации, минимума полной энергии, конечных элементов, их краткая сравнительная характеристика и рекомендации по использованию. **Понятия о вероятностных методах расчета и прогнозировании надежности деталей машин.** Размеры деталей, свойства материалов, точность изготовления, нагруженность машин и деталей как случайные варьирующие величины. Связь между вероятностью неразрушения детали и запасом ее прочности. Вероятностные диаграммы усталости. Понятие о расчете ресурса (расчете на долговечность) деталей в вероятностном аспекте. **Понятия об оптимальном проектировании деталей машин.** Основные задачи и проблемы оптимального проектирования деталей машин (ОПДМ), его содержание. Понятия о математических моделях оптимального проектирования, одно- и многокритериальной задаче оптимизации конструкций. **Понятия об автоматизированном проектировании деталей машин.** Общие сведения об автоматизированном проектировании. Многовариантность расчетов. Принципы построения системы автоматизированного проектирования (САПР). Структура и материально-техническая основа САПР. Виды обеспечения САПР: техническое, методическое, математическое, лингвистическое и программное. Понятия о системах автоматизированной обработки графической части конструкторской документации. Общие представления о связи САПР и автоматизированной системы технологической подготовки производства с автоматизированным производственным процессом.

3. Примерное распределение объема материала по частям предмета. Предлагаемая типовая программа ориентирована на все формы обучения (дневную, вечернюю и заочную), а также - на разное количество учебных часов в зависимости от специальности. Планирование для некоторых специальностей менее 68 часов лекций, 54 часов на лабораторно-практические и 30 на курсовое проектирование является нерациональным, так как не может обеспечить необходимого минимального уровня общетехнической подготовки инженера. Оптимально необходимый объем на предмет для указанных специальностей рекомендуется в количестве не менее 180...210 часов. Преподавание курса должно вестись в течении трех учебных семестров. Распределение объема материала по частям предмета рекомендуется проводить в следующих пропорциях (в процентном соотношении): Часть. 1. Основы теории прикладной механики – 5...8; Часть. 2. Основы кинематики механизмов и механических систем, статического и динамического взаимодействия элементов в машинах, приборах и аппаратах – 22...25); Часть. 3. Основы расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость – (30); Часть 4. Основы проектирования деталей, сборочных единиц (узлов) и механизмов машин, приборов и аппаратов – (40). Дополнительно должно выделяться учебное

время для курсового проектирования в объеме ориентировочно 4...6 часов на одного студента. На основании данного распределения часов и программного содержания предмета предусматривается разработка рабочих программ по конкретным специальностям с округлением полученного количества часов до ближайшего целого значения с учетом разбивки по занятиям. При разработке рабочей программы может производиться необходимый отбор и перестановка материала. Рабочие программы должны учитывать специфику специальности и быть рассмотрены на заседании кафедры. Преподавание может вестись с использованием любой методики, позволяющей достичь требуемых программой знаний и умений студентов.

В связи с ограниченностью объема настоящей статьи, ряд материалов, касающихся содержания разработанной учебной программы авторами не приводится. В содержание учебного материала не включены также дополнительные темы и вопросы.

Заключение. Авторами разработаны структура, содержание материала, рекомендации по распределению учебного времени и проект типовой программы по инженерному курсу “Прикладная механика” для немеханических специальностей ВТУЗов.

УДК 681.3

М.А. Журавков, О.В. Громько

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КУРСА «КОМПЬЮТЕРНАЯ МЕХАНИКА» В БЕЛОРУССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

*Белорусский государственный университет
Минск, Беларусь*

Широкое внедрение компьютерных технологий во все сферы человеческой деятельности – в науку, производство, образование, быт означает наступление новой, компьютерной эры. В настоящее время владение навыками работы с ЭВМ рассматривается как вторая грамота. Но компьютеризация образования – это не только обеспечение компьютерной грамотности или изучение языков программирования, основ информатики, но и обучение навыкам использования сложных пакетов для решения комплексных задач различных предметных областей. Это и средство для увеличения производительности труда преподавателей и студентов, способ повышения эффективности и интенсификации обучения и самообучения. Таким образом, компьютерные технологии можно трактовать в узком и широком смысле слова. Первое означает применение компьютера как средства обучения, второе – многоцелевое использование компьютера в учебном процессе. В то же время не утихают споры о роли и функциях компьютеров, используемых в целостной системе обучения. В связи с активным внедрением средств вычислительной техники во все сферы научно-исследовательской и производственной деятельности человека, коренным образом меняются подходы к выполнению научных исследований и инженерной работе специалистов. Компьютер является не просто инструментом для работы, а все более становится интеллектуальным инструментом. Такой подход открывает новые возможности, каждая индивидуальная задача решается в строгой постановке, а не приближенными методами по инженерным формулам.

Решение большинства прикладных задач механики требует выполнения пассивного или активного эксперимента. Основной недостаток пассивного эксперимента (натурные исследования или наблюдения) заключается в невозможности достаточного