

УДК 531.01:378.147

Д. В. КОМНАТНЫЙ¹, Д. А. ЧЕРНОУС²

¹Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Гомель, Беларусь

²Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАДАНИЙ ПО АНАЛИЗУ ПРОСТЫХ МАШИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Рассматривается проблема повышения практической подготовки студентов, привития им навыков анализа механических аппаратов и устройств. Для ее решения предлагается изучение студентами простых машин, известных с античности, и некоторых других объектов техники. Выбор тем для изучения базируется на классических курсах прикладной механики, разработанных Н. Е. Жуковским. Методикой изучения студентами этих тем выбрана самостоятельная управляемая работа студентов. Описаны организация такой работы, способы изложения теоретического материала и управления работой студентов.

Ключевые слова: простые машины, статика, «золотое правило механики», учебно-исследовательская работа, самостоятельная управляемая работа.

Значительное число специальностей, по которым ведется подготовка в технических высших учебных заведениях, предусматривает освоение курсов теоретической и прикладной механики. В курсе теоретической механики студентам предлагаются для решения задачи технического содержания по статике, кинематике и динамике. Курс прикладной механики содержит разделы механики материалов и теории механизмов и машин. В обоих случаях для достижения целей занятий студент должен иметь базовую техническую подготовку, четкое представление о механизмах и их деталях. Неоднократно отмечалось, что современные студенты, наоборот, мало знакомы с простейшими элементами машин и конструкций [1]. В результате при освоении курсов механики они сталкиваются с непонятными им постановками задач, что создает немалые психологические трудности в учебе.

В этой ситуации многие кафедры, обеспечивающие подготовку по указанным выше курсам, разрабатывают лабораторные установки для наглядной демонстрации работы тех или иных механизмов. Эти установки позволяют осуществить количественное исследование на базе законов теоретической механики [2, 3]. Но, по мнению авторов, остается полузабытым и невостребованным еще один метод пропедевтического обучения в курсах механики. А именно, рассмотрение конструкций и анализ работы известных с античности простых машин и близких к ним устройств. История теоретической механики показывает, что именно с исследования этих машин началось формирование механики как теоретической и прикладной науки. Следовательно, при обучении в современных условиях будет полезным прохождение учащихся через этапы, повторяющие путь формирования изучаемой ими науки [4, 5].

Целью настоящей работы является разработка рекомендаций по применению указанного метода подготовительного обучения механике.

Здесь необходимо решить две принципиальные проблемы. *Первая* – это отбор рассматриваемых простых машин, отдельных элементов механизмов и механических ситуаций, а также методов их анализа. Ключевой момент состоит в том, чтобы уровень отобранного материала превышал уровень учебных курсов средней школы. Сводка теоретических сведений о простых машинах, преподаваемых в средних учебных заведениях, имеется в [6]. Представляется нецелесообразным повторение этого материала в высшей школе, где сложность материала должна обеспечивать уровень образования, необходимый на современном этапе. Решить эту проблему можно, основываясь на классических курсах лекций по прикладной механике и статике, созданных великим русским ученым-механиком Н. Е. Жуковским [7, 8]. К этому базовому источнику могут быть сделаны некоторые дополнения из других пособий и монографий. Проанализируем информацию из указанных источников об исследовании простых механических устройств и методов их описания.

С учетом того, что использовать этот материал предполагается на начальных этапах обучения, основным методом анализа является составление и решение уравнений равновесия. В некоторых случаях допустимо использование принципа возможных перемещений в наиболее простых формах.

В [7] Н. Е. Жуковский рассмотрел теорию весов: аналитических, коромысловых, безмена, десятичных (иначе называемых весами Квинтенца), осуществил анализ факторов, влияющих на точность их показаний. В этой связи студентам будет полезно узнать, что проблема весов была поставлена еще в античности в сочинении «Механические проблемы», а решена в XVIII веке великим Л. Эйлером [5, 7]. Здесь же допустимо рассмотреть и принцип действия весов Роберваля с применением принципа возможных перемещений [5, 7, 9]. Анализ этих весов методами статики твердого тела оказывается громоздким и затруднительным, о чем целесообразно проинформировать студентов.

Далее в [8] рассматриваются блок Рамсона, различные модификации ворота: горизонтальный, вертикальный, китайский. Также изучается лебедка с редуктором, с помощью которой поднимают висящий на канате груз. Силовая схема, аналогичная схеме лебедки, применима к анализу простейшего реечного домкрата, в котором груз перемещается рейкой, а ее захватывает зубчатое колесо.

Наряду с этими устройствами можно предложить студентам изучение конструкции и принципа действия винтового домкрата и винтового пресса, так как схемы анализа сил в этих двух устройствах одинаковы. Анализ работы винтовых механизмов рационально выполнить на основе «золотого правила механики». Во-первых, это правило позволяет получить результат более простым для начинающих методом, нежели принцип возможных перемещений. Во-вторых, оставшееся в наследие от Аристотеля и его школы правило не исчезает в потоке новых знаний, а остается в учебном процессе. В-третьих, владение этим правилом облегчает освоение более сложных и

фундаментальных вопросов – принципа возможных перемещений и закона сохранения энергии. В-четвертых, при изучении этого правила можно рассказать учащимся о начальных этапах развития механики в перипатетической школе и об их значении в развитии науки [5].

Н. Е. Жуковский в своих лекциях уделяет внимание изучению бесконечного архимедова винта. Это устройство, изобретенное в эпоху античности, сохранило свое значение и до настоящего времени [4, 5, 7]. Кроме того, студентам будет дана возможность углубленно изучить результаты трудов великого механика античности Архимеда на примере конкретного устройства.

В следующую группу механизмов рационально включить клин и наклонную плоскость. В простейшем случае рассматривается подъем по клину груза силой, параллельной поверхности земли, с учетом сухого трения. Иначе рассматривается удержание груза той же силой в тех же условиях. Более сложная задача – о подъеме или удержании клином груза, который соприкасается с вертикальной стенкой. Во всех точках соприкосновения возникают силы трения [9]. При рассмотрении наклонной плоскости ставится задача: для тела на наклонной плоскости найти минимальную сдвигающую силу, параллельную плоскости и ориентированную относительно стенки тела произвольно. Между телом и плоскостью действует сила трения. В [10] показано, что задача имеет несколько решений в зависимости от ориентации сдвигающей силы.

К этим задачам примыкает задача о волочении человеком некоторого груза по горизонтальной плоскости с учетом трения груза о плоскость. Ее решение существенно зависит от принятых во внимание процессов. В [11] задача решена без учета проскальзывания ног человека, но в результате решения получены условия устойчивости человека. Соответствующий расчет является достоинством такой постановки задачи, так как начальные понятия об устойчивости равновесия целесообразно формировать на ранних этапах обучения. В [10] учтено проскальзывание подошв человека и показано, что задача имеет несколько вариантов решения в зависимости от соотношения между массами груза и человека, а также от коэффициента трения. Многовариантность решения задач прививает учащимся навык внимательного анализа предлагаемой ситуации, готовит к решению реальных задач техники. Поэтому польза от рассмотрения таких задач несомненна.

В [11] приведена задача, в которой требуется объяснить перемещение тела перекачиванием и целесообразность использования для этого колес или катков. Физические основы перемещения тел таким способом зачастую нигде строго не объясняются, что является существенным пробелом в инженерных знаниях. Его устранение на подготовительных занятиях является оправданным и полезным.

Для начального знакомства с принципом возможных перемещений могут быть использованы задачи об уравновешенном цепном мосте и кривошипе. Первая задача была поставлена известным французским инженером Белидором, а ее решение впервые было дано Лопиталем [4, 12]. Оно строится на основе

условий равновесия и требует интегрирования однородного дифференциального уравнения с иррациональностями [4]. Решение по принципу возможных перемещений получается путем простейшего интегрирования [9]. Анализ кривошипно-шатунного механизма пытались осуществить еще в античности. Ему посвящен один из разделов книги «Механические проблемы» [4, 5]. Наиболее простое решение современными средствами приведено, по-видимому, в [13].

Также для учебного процесса может оказаться полезным анализ работы махового колеса и гидравлического пресса, предложенный в [8].

Второй проблемой является выбор методики, по которой предложенный материал преподается учащимся. В условиях сокращения учебной нагрузки по дисциплинам механического профиля изложение решений во время лекционных занятий затруднительно. С другой стороны, в [14] отмечается, что наиболее эффективной формой активизации познавательной активности, несомненно, является организация решения задач. Поэтому наиболее целесообразно использовать отобранные выше задачи в качестве заданий для учебно-исследовательской работы студентов и для самостоятельной управляемой работы студентов. Так как сам объект исследования может оказаться малознакомым для студентов, то необходимо предусмотреть пособие, альбом, мультимедийный ресурс с изображением и описанием простых машин или механизмов, изучение которых предполагается. Необходимо также вместе с выдачей задания указать студентам, какие темы и теоретические сведения они должны усвоить перед началом непосредственного решения задачи. В начале и в конце работы над задачей преподаватель должен объяснить, почему для решения выбран соответствующий раздел статики.

В мотивированных группах с высоким процентом успевающих студентов возможно бригадное или парное решение задач. Таким образом, студенты обучаются коллективной работе, подобно работе на производстве [14].

Очевидно, что представленный способ использования материалов, выбранных на основе лекционных курсов, разработанных Н. Е. Жуковским, и его огромного опыта выдающегося ученого и педагога, окажется наиболее приспособленным к современным условиям. В нем удачно сочетаются историческая основа курса, его практическая ориентированность, доступность. Он позволяет активизировать учебный процесс, внести в него элементы самостоятельной творческой работы, и вместе с тем облегчить дальнейшее изучение механики.

Таким образом, предложенная методика вводного обучения теоретической и прикладной механике может найти свое место в педагогическом процессе технических высших учебных заведений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бобер, О. А.** О месте преподавания теоретической механики в учебном процессе / О. А. Бобер // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. – 2009. – Вып. 3. – С. 150–159.

2 **Дубинин, В. В.** Физический эксперимент, математическое моделирование и информационные методы обработки данных в механике / В. В. Дубинин, В. В. Ви-тушкин, Г. И. Дубровина // Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки. – 2009. – Вып. 3. – С. 159–174.

3 **Суменков, А. Л.** Об использовании новых форм проведения занятий по меха-нике / А. Л. Суменков, Л. В. Лукиенко, И. И. Семочкин // Механика. Научные иссле-дования и учебно-методические разработки. – 2014. – Вып. 8. – С. 239–245.

4 **Яковлев, В. И.** Начала аналитической механики / В. И. Яковлев. – Москва–Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. – 279 с.

5 **Дубко, А. Н.** Развитие механики, как основы инженерного дела / А. Н. Дубко, Д. В. Комнатный. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 279 с.

6 **Кабардин, О. Ф.** Физика: справочные материалы / О. Ф. Кабардин. – М. : Про-свещение, 1988. – 367 с.

7 **Жуковский, Н. Е.** Полное собрание сочинений : в 16 т. / Н. Е. Жуковский. – М.-Л. : ОНТИ НКТП СССР, гл. ред. авиац. лит., 1939. – Вып. 3 : Теоретическая меха-ника: курс высшего технического училища. – 420 с.

8 **Жуковский, Н. Е.** Полное собрание сочинений : в 16 т. / Н. Е. Жуковский. – М.-Л. : ОНТИ НКТП СССР, гл. ред. авиац. лит., 1939. – Вып. 4 : Аналитическая ме-ханика, теория регулирования хода машин, прикладная механика. – 416 с.

9 **Пёшьль, Т.** Техническая механика для инженеров и физиков / Т. Пёшьль. – М. : Гостехтеориздат, 1934. – 344 с.

10 **Розенблат, Г. М.** Сухое трение и односторонние связи в механике твердого тела / Г. М. Розенблат. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 208 с.

11 **Сумбатов, А. С.** Избранные задачи механики с сухим трением / А. С. Сумба-тов, Е. К. Юнин. – М. : Физматлит, 2013. – 200 с.

12 **Фрейман, Л. С.** Творцы высшей математики / Л. С. Фрейман. – М. : Наука, 1968. – 216 с.

13 **Зоммерфельд, А.** Механика / А. Зоммерфельд. – М. : ГИИЛ, 1947. – 391 с.

14 **Еременко, И. Л.** Организация самостоятельной работы студентов по теорети-ческой механике / И. Л. Еременко, Е. А. Ляшенко // Сборник научно-методических статей по теоретической механике. – М. : Изд-во МПИ, 1991. – Вып. 21. – С. 31–75.

D. V. KOMNATNY¹, D. A. CHERNOUS²

¹Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Belarus

²Belarusian State University of Transport, Gomel, Belarus

USAGE OF SIMPLE MACHINE ANALYSIS TASKS IN ORDER TO INCREASE THE PRACTICAL TRAINING OF STUDENTS

There is considered the problem of improving the practical training of students, instilling for them the skills of mechanical apparatus and devices analyzing. To solve the mentioned problem it is proposed to teach students the simple machines, known from antiquity, and some other technical objects. The choice of topics for study is based on the classical courses in applied mechanics, developed by N. E. Zhukovsky. The methodology for studying these topics by students is an independent, guided work of students. The organization of such work, methods of presenting theoretical material and managing the work of students are described.

Keywords: simple machines, statics, "golden rule of mechanics", educational research work, independent controlled work.

Получено 26.02.2020