

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН» В ДОНЕЦКОМ НАЦИОНАЛЬНОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Вопросы совершенствования методов исследования и проектирования механизмов и машин (механических систем) актуальны во все времена. Соответственно, актуальными также являются вопросы: подготовки специалистов, владеющих передовыми знаниями и навыками; разработки современных учебно-методических материалов; развития учебных дисциплин и т. д. Учебная дисциплина «Теория механизмов и машин» (ТММ) является одной из базовых общетехнических дисциплин, в рамках которой и изучаются основы исследования и проектирования механических систем.

Развитие дисциплины ТММ – процесс непрерывный, который должен осуществляться с учётом современных требований машиностроения и государственных программ головного ведомства, на современной учебно-методической базе. Однако последний раз Программа дисциплины ТММ пересматривалась Министерством образования и науки Украины в 1992 г., а учебно-методические материалы по основным разделам дисциплины не менялись с 70-х годов XX века, за редкими исключениями. В принимаемых рабочих Программах дисциплины ТММ, начиная с 70-х годов XX века, уделяется значительное внимание применению вычислительной техники (ВТ) для решения задач исследования и проектирования механизмов и машин, как к одному из факторов совершенствования методов решения этих задач. И это оправданно, так как исследование и проектирование современных механизмов и машин невозможно без применения ВТ и соответствующего программного обеспечения (ПО). Общеизвестно, что компьютерные технологии позволяют быстро осуществить разработку и выполнить анализ физических процессов, адекватных процессам, происходящим в исследуемых и проектируемых механических системах, за счёт сокращения времени на подготовку моделей и минимизации неизбежных ошибок при их разработке. Современное развитие компьютерных технологий позволяет сделать их основой учебно-методической базы дисциплины ТММ, выполняя с их помощью лабораторные и практические занятия, курсовой проект и применяя их при чтении лекций для демонстрации учебного материала и т. д.

Опыт применения ВТ в рамках дисциплины ТММ насчитывает 50-летнюю историю. Однако, несмотря на повсеместное применение ВТ, эффективность использования этой техники оставляет желать лучшего, так как из всех её функциональных возможностей широкое применение нашли функции арифмометра, кульмана и пишущей машинки. Из-за отсутствия в XX веке рынка ПО, как такового, преподаватели курса ТММ вынуждены были самостоятельно осваивать различные языки программирования (Fortran, Basic, Pascal, Delphi, C++ и др.) для написания компьютерных программ по расчёту основных кинематических и динамических характеристик механизмов и машин. Такая практика просуществовала до наших дней, так как позволяла быстро реагировать на потребности учебного процесса. Минусы такого подхода к развитию дисциплины ТММ также очевидны. Разработанные преподавателями компьютерные программы узкоспециализированные, что требует их переработки под решение каждой конкретной задачи, при этом математический аппарат программы скрыт от непосредственного пользователя для анализа и редактирования. Таким образом, осуществлялась автоматизация ручного труда по выполнению математических вычислений без изменения основного содержания дисциплины ТММ. Область применения данных программ (как правило, имеющих к тому же интерфейс невысокого уровня) ограничена рамками дисциплины ТММ.

В настоящее время, широкому кругу специалистов доступно универсальное и специализированное ПО, с помощью которого возможно выполнение расчётов и исследование кинематических и динамических характеристик любых механических систем. Зарубежные

аналоги специализированного ПО, позволяющие решать данные задачи, появились одновременно с первыми персональными компьютерами, а отечественные аналоги, в основном российские, начали появляться в последние десятилетия прошлого века.

На рубеже тысячелетий методы исследования и проектирования механизмов и машин, рассматриваемые и осваиваемые в рамках дисциплины ТММ, читаемой студентам Донецкого национального технического университета (ДонНТУ), можно охарактеризовать как методы классической механики. Они в достаточной мере позволяют рассчитывать и анализировать основные кинематические и динамические характеристики идеальных механизмов и машин, как правило, в виде плоских механических систем, степень подвижности которых равна единице. Методы легко реализуются графически и аналитически с применением различного широко распространенного универсального ПО, например, MathCAD, MatLAB, Excel, AutoCAD, «КОМПАС» и др.

Специализированное ПО, например, WorkingModel и «Универсальный механизм», полностью автоматизирующее расчёт и анализ кинематических и динамических характеристик механизмов и машин (что позволяет решать эти задачи на более высоком уровне, с высокой эффективностью и достоверностью), пока не находит широкого применения в учебном процессе. Данные программы реализуют методы вычислительной механики, естественно скрытые от пользователя для анализа и редактирования. При этом становится возможным исследование и проектирование плоских и пространственных механических систем со степенью подвижности больше единицы. Появляется возможность расширения круга решаемых задач, например, оптимизация конструктивных параметров и исследование взаимосвязей различных характеристик механизмов и машин.

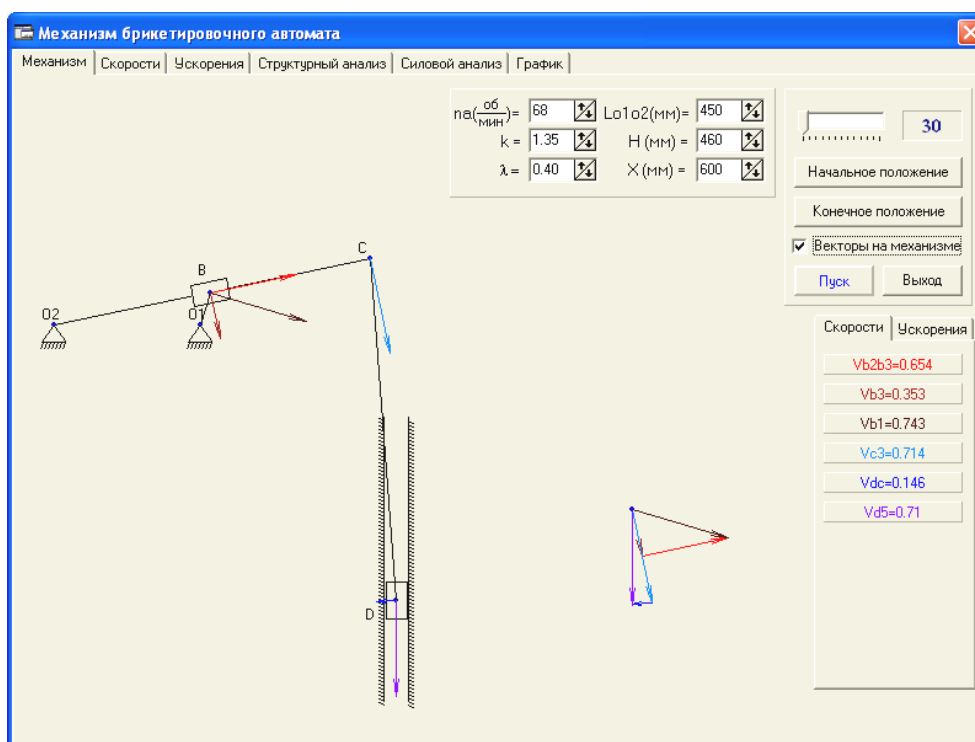
Исследование и проектирование механических систем методами вычислительной механики бурно развивается с 40-х годов XX века, стимулируемое потребностями в области космических исследований и авиастроения, транспорта, робототехники с одной стороны и прогрессом ВТ – с другой. Современная вычислительная механика является плодом совместных усилий таких дисциплин, как динамика, проектирование систем управления, теория графов, вычислительная математика, информатика, оптимизация и др.

Для рассмотрения и освоения методов вычислительной механики современными студентами необходим пересмотр содержания, в частности, учебной дисциплины ТММ, включая материалы лекций, практических и лабораторных занятий, курсового проектирования в направлении включения новых разделов по ознакомлению с методами вычислительной механики и освоению ПО, их реализующего. Изучение же методов классической механики в этом случае должно быть реализовано, в основном, в рамках дисциплины «Теоретическая механика». Неизменным в содержании дисциплины ТММ в этом случае остается материал по структуре механизмов, основным понятиям и определениям ТММ (коэффициент полезного действия, силы и моменты сил инерции, передаточное отношение и т.д.).

Работа со специализированным ПО для расчёта и исследования кинематических и динамических характеристик механических систем заключается в создании расчётных схем, по сути математических моделей механизмов и машин, в виде систем материальных тел, связанных посредством кинематических и силовых связей, с последующим автоматическим синтезом уравнений движения и дальнейшим расчётом любых кинематических и динамических характеристик данных механизмов и машин. Реализация методов вычислительной механики возможна только с применением ВТ в силу больших объёмов вычислений, при этом они остаются скрытыми для редактирования, что и является отличительной особенностью методов аналитической механики, где весь процесс составления системы уравнений выполняется «вручную», а автоматизируется только расчёт уравнений и графические построения. Однако именно методы вычислительной механики и программные комплексы для их реализации являются основным инструментом при исследовании и проектировании современных механизмов и машин. Это результат естественного процесса развития науки и техники, т. к. методы классической и аналитической механики применимы для относительно простых механизмов и машин, как правило, плоских, со степенью подвижности, равной единице; методы вычислительной механики снимают эти ограничения и позволяют исследовать и проек-

тировать плоские и пространственные механизмы и машины любой сложности.

В настоящее время дисциплина ТММ, читаемая в ДонНТУ, включает рассмотрение и освоение методов классической механики с частичным ознакомлением с методами аналитической механики. По основным разделам дисциплины ТММ самостоятельно разработаны и освоены большинством преподавателей компьютерные программы (рис. 1). Разработаны методические указания по выполнению лабораторных работ и курсовых проектов с применением этих программ. Ведутся разработки новых методических указаний. Но содержание дисциплины ТММ и её программно-методическое обеспечение не полностью отвечает современным требованиям науки и техники и подготовки специалистов (инженеров-механиков), так как, в частности, практически не уделяется внимание методам вычислительной механики.



**Рис. 1. Рабочее окно программы "ТММ\_KUL" по анализу кулисных механизмов различного типа во время моделирования механизма брикетировочного автомата**

На основе вышеизложенного преподавателями дисциплины ТММ ДонНТУ рассматривается развитие дисциплины по двум направлениям:

- 1) расширение существующего и включение нового материала по аналитической механике,
- 2) включение нового материала по вычислительной механике с соответствующим сжатием материала по классической механике.

При 1-м направлении развития рекомендуемыми программными комплексами для расчёта и исследования характеристик механических систем являются MathCAD и «КОМПАС». На рис. 2 и 3 приведены пример выполнения курсового проекта по ТММ с применением данного ПО. При этом ПО MathCAD выбрано из-за отсутствия отечественных аналогов. Однако ситуация в ближайшем будущем обещает измениться, тогда предпочтение должно быть отдано именно отечественному (в рамках СНГ) ПО. При 2-м направлении развития – «Универсальный механизм» (рис. 4).

Второе направление развития позволяет также решать различные задачи оптимизации и синтеза механизмов и машин для заданных условий, исследования любых геометри-

ческих, кинематических и динамических характеристик механизмов и машин и их взаимо-

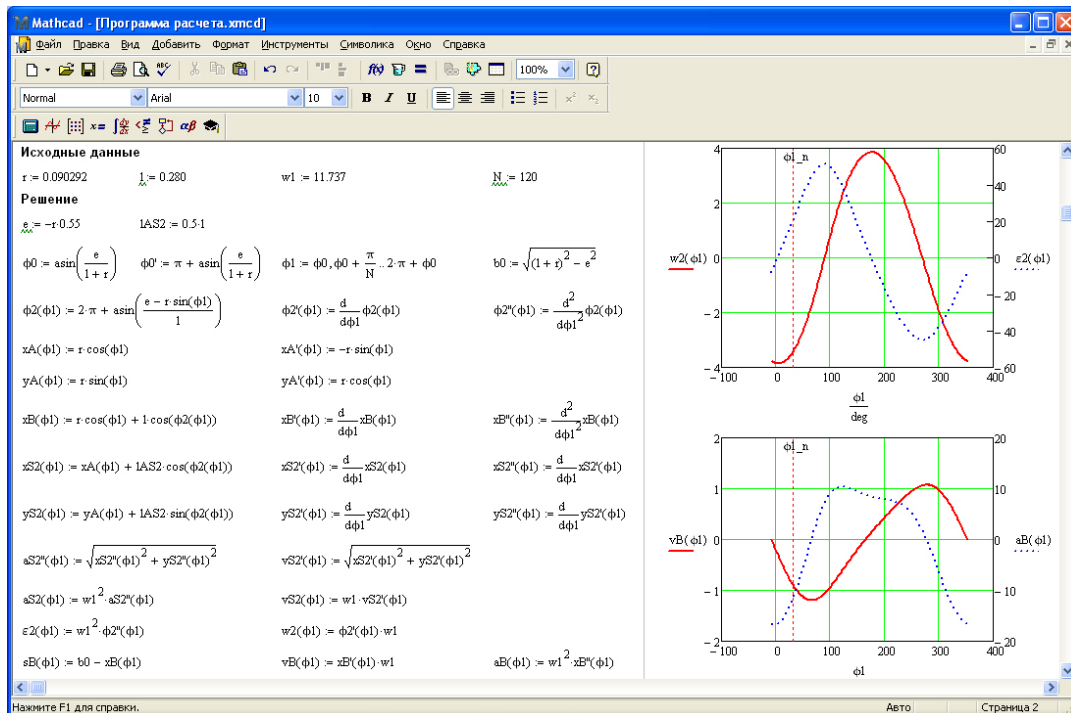


Рис. 2. Рабочее окно программы MathCAD с примером кинематического анализа кривошипно-ползунного механизма (слева – исходные данные и аналитические зависимости, справа – результаты расчёта в виде графиков)

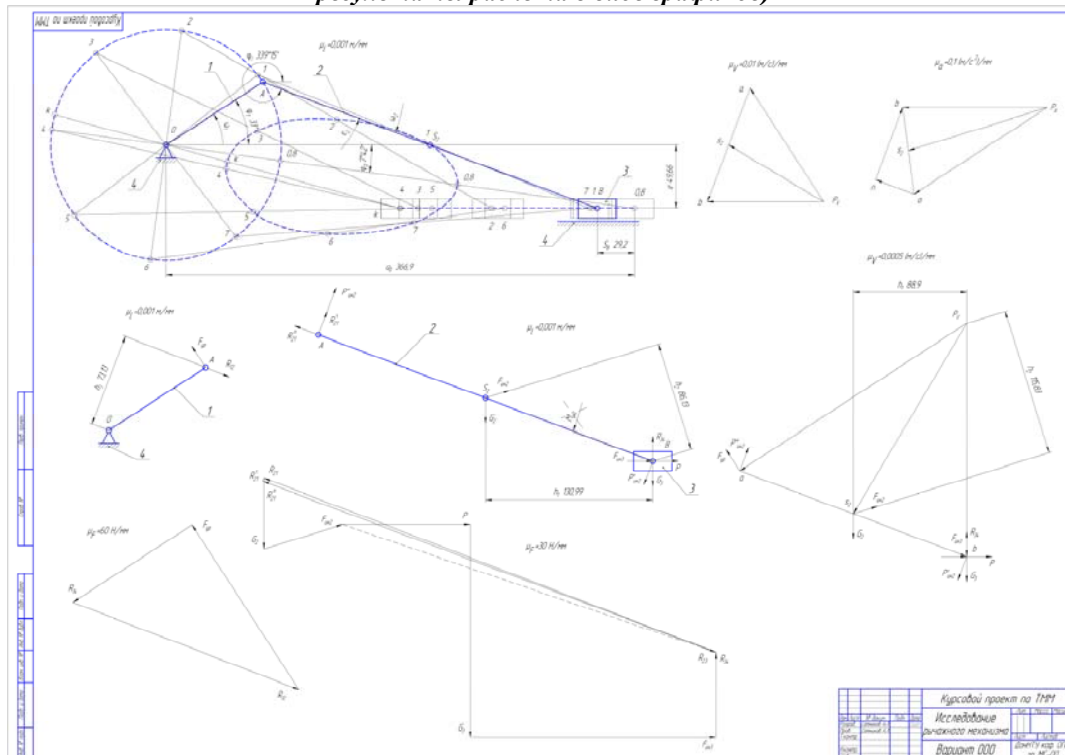
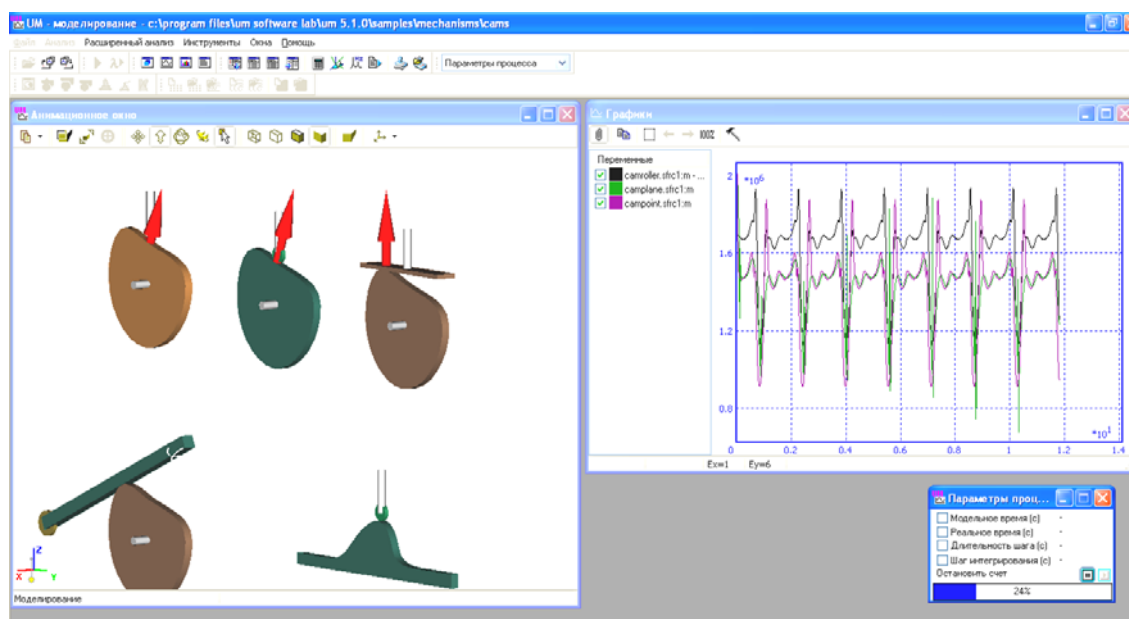


Рис. 3. Рабочее окно программы «КОМПАС» с примером исследования кривошипно-ползунного механизма (слева – исходные данные и аналитические зависимости, справа – результаты расчёта в виде графиков)

связей. Соответственно, содержание дисциплины ТММ и ее программно-учебно-методическое обеспечение требует полной переработки, с ориентацией на применение универсального и специализированного ПО для расчёта и исследования различных характеристик механических систем. При этом важным вопросом является применение лицензионного ПО, т. е. приобретённого легально. В настоящее время основная часть ПО, применяемая в учебном процессе, – это нелегальные версии ПО. Предпочтение при приобретении ПО должно отдаваться отечественным программным продуктам, так как, помимо соответствия национальным стандартам и низкой стоимости, возможно непосредственное получение технической поддержки разработчиков, использование учебно-методических разработок других отечественных пользователей и т. д.



**Рис. 4. Рабочее окно программы моделирования «Универсальный механизм» во время анализа кулачковых механизмов различного типа (слева – анимационное окно, справа – результаты моделирования в виде графиков)**

Бесспорным является факт начала новой эпохи в истории человеческого познания с появлением компьютеров – компьютерной эпохи, давшей начало развитию компьютерных технологий, компьютерных вычислений, компьютерного моделирования и т. д. Сложность решаемых современниками задач непрерывно повышается, что определяет необходимость в новых методах и инструментах решения данных задач с помощью компьютера. Естественно, компьютерной эпохе предшествовала докомпьютерная эпоха с её методами и инструментами вычисления, и закономерным является наступление в далёком будущем послекомпьютерной эпохи, когда будут доминировать новые методы и инструменты вычисления.

*Поступила в редакцию 30.09.2009  
После доработки 25.06.2010*