



УДК 378.14+621.8+514.85

**Гордлеева Ирина Юрьевна**, к.ф.-м.н., доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта

Волжский государственный университет водного транспорта

603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

### ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ФГОС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ТММ)

*Аннотация.* Рассматривается интеграция таких общеобразовательных дисциплин, как высшая математика, информатика, инженерная графика, теоретическая механика и теория механизмов и машин для эффективной реализации ФГОС на примере курсового проектирования по ТММ.

*Ключевые слова:* интеграция технических дисциплин, эффективные методы обучения, кинематический анализ механизма, образовательные стандарты, математическая модель, графическая визуализация, типовые механизмы.

Грамотная реализация новых федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) касательно технических дисциплин - достаточно сложный и трудоемкий процесс. В первую очередь это связано со сменой парадигмы в образовании: советская школа давала "образование на всю жизнь", нынешняя - "образование через всю жизнь". Необходимость такой смены подходов обусловлена объективными причинами стремительного роста новых технологий, производств, научных направлений, интеграция и одновременно дифференциация которых происходит уже даже не на протяжении десятилетий. Необходимо научиться быстро перепрофилировать не только отработанные годами технологии, но и перестраивать целые производства и отрасли. В свою очередь, это приводит к необходимости изменений в образовательном процессе. С точки зрения компетентностного подхода ФГОС последовательность "знания-умения-навыки" меняют порядок на "умения-навыки-знания".

Известно, что из-за введения большого количества новых предметов и направлений подготовки такие общеобразовательные дисциплины как математика, теоретическая механика, теория механизмов и машин, детали машин, сопротивление материалов и т.д. сократились в аудиторном объеме часов, приводя к поверхностному изучению достаточно сложного материала. С другой стороны, сегодняшние технические возможности таковы, что обеспечивают, во-первых, визуализацию механического процесса, во-вторых многократно сокращают время огромного множества математических расчетов и анализа требуемых задач, в-третьих - обеспечивают быстрое и грамотное построение сложных схем и чертежей взамен длительного ручного вычерчивания и т.д. Это восстанавливает баланс нехватки аудиторных занятий по предметам. Самое главное здесь - грамотно использовать технический потенциал и интеграцию дисциплин для улучшения понимания процесса обучения.

В рамках таких инженерных направлений, как эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, судовых энергетических установок, кораблестроение и других технических специальностей, рассмотрим возможность сквозного обучения и интеграции многих дисциплин для решения вполне определенных механических задач. Известно, что главной квалификационной работой будущих специалистов является дипломный проект. Но первым самостоятельным студенческим исследованием является курсовая работа. Для инженерных специальностей механической направленности - это курсовая работа по теории механизмов и машин. Рассмотрим необходимость взаимодействия многих дисциплин на примере кинематического анализа механизма. В техническом задании (исходных данных) к курсовой работе, как правило, даются варианты схем некоторых абстрактных механизмов. Целесообразнее в зависимости от специализации обучающихся предлагать схемы вполне конкретных механизмов, с которыми им предстоит работать в будущем. К примеру, для судовых механиков - кинематические схемы двигателей внутреннего сгорания, для специалистов подъемно-транспортных машин - механизмы конвейеров или подъемников и т.п. Типовые схемы таких механизмов будут выглядеть примерно следующим образом (рис. 1):

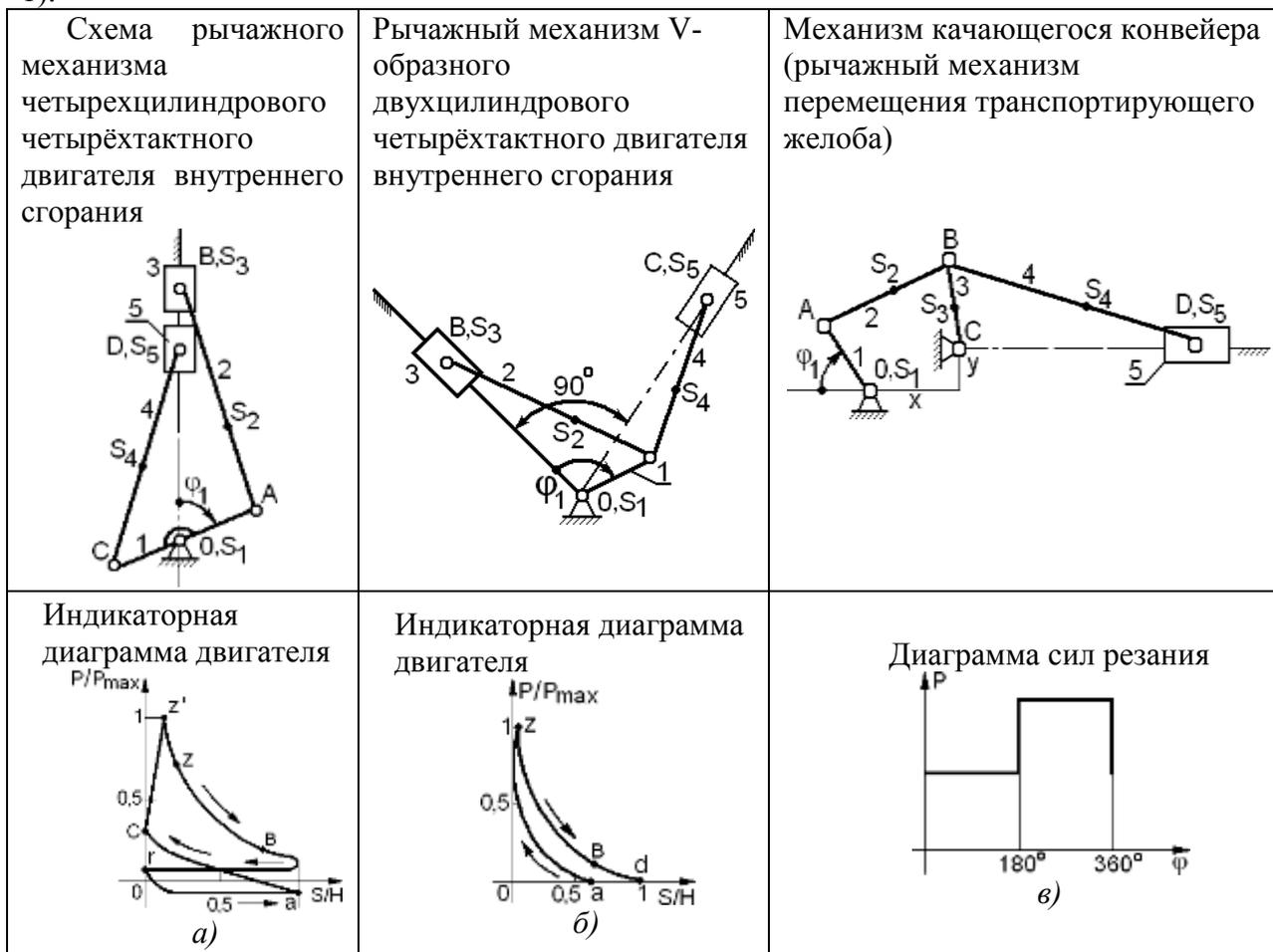


Рис.1

Целью исследования механизма является подбор силы ( $F$ ) или момента ( $M$ ), приводящих в заданное движение входное звено, а по ним и мощность ( $N$ ) привода. Для этого за цикл работы входного звена необходимо провести кинематический анализ по определению линейных и угловых скоростей ( $v$  и  $\omega$ ) и ускорений ( $a$  и  $\varepsilon$ ) отдельных точек и звеньев механизма, так как силы, приложенные к механизму зависят от этих кинематических характеристик.

Традиционно такой анализ выполняется с помощью графо-аналитического метода. Он включает аналитические формулы нахождения скоростей и ускорений определенных точек механизма, известные из теоретической механики. Затем по ним

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

строятся векторные многоугольники  $\mathbf{v}$  и  $\mathbf{a}$  (так называемые планы скоростей и ускорений), по которым уже можно определить скорости и ускорения любых точек и звеньев. Причем такой расчет и построение необходимо выполнять для каждого положения механизма в пределах работы цикла входного звена. И чем больше положений охвачено (6, 12 или 24), тем точнее будет дальнейший динамический расчет. Это длительный и трудоемкий процесс. К тому же графическая часть дает немалую погрешность в зависимости от выбранного масштаба построений.

Новые ФГОС по теории механизмов и машин сократили объем аудиторных часов, а отведенные в былые времена часы на курсовое проектирование не предполагаются вообще. Чтобы процесс обучения оставался эффективным, необходимо менять формы и методы освоения предмета, а также использовать интеграцию с другими дисциплинами.

Тот же кинематический анализ механизма можно провести чисто аналитическим методом. Да, он гораздо сложнее, придется выводить математические соотношения движения точек и звеньев, а затем дважды дифференцировать, чтобы получить искомые скорости и ускорения. Изучая высшую математику, студенты обучаются векторной алгебре и аналитической геометрии. При грамотном взаимодействии на стыке двух дисциплин на вполне реальных механических примерах движения тел можно объяснить значимость сложных математических моделей. И вечный вопрос студентов: "Для чего нам нужна эта математика?" отпадет сам собой. А очевидность необходимости знания математических преобразований, используемых в следующих изучаемых дисциплинах, выявит дополнительную мотивацию к изучению сложного предмета. Теоретическая механика на основе общих теорем и принципов механики, используя уже понятное математическое моделирование, даст более глубокое понимание динамических задач. Рассмотрим механизм рядного ДВС (рис1.а) Движение характерных точек и звеньев описывается следующими аналитическими уравнениями:

$$\begin{aligned} X_A(t) &= l_{OA} \cos \varphi(t), & X_B(t) &= l_{OA} \cos \varphi(t) + l_{AB} \cos \psi(t) \\ Y_A(t) &= l_{OA} \sin \varphi(t), & Y_B(t) &= l_{OA} \sin \varphi(t) + l_{AB} \sin \psi(t) \end{aligned} \quad (1)$$

По определению скоростей и ускорений точек имеем

$$v_A(t) = \sqrt{\dot{X}_A^2 + \dot{Y}_A^2}, \quad a_A(t) = \sqrt{\ddot{X}_A^2 + \ddot{Y}_A^2} \quad (2)$$

либо по известным формулам вращательного и плоского движения

$$\begin{aligned} v_A(t) &= \omega(t) \cdot l_{OA}, \quad \text{где } \omega(t) = \frac{d\varphi}{dt} \\ a_A(t) &= a_A^n + a_A^\tau, \quad \text{где } a_A^n = \omega^2 \cdot l_{OA}, \quad a_A^\tau = \varepsilon \cdot l_{OA}, \quad \varepsilon(t) = \frac{d\omega}{dt} \end{aligned} \quad (3)$$

Так как данные величины являются векторными, то грамотнее уравнения движения точек показать в векторной и матричной форме:

$$\begin{aligned} \bar{r}_A(t) &= \begin{pmatrix} l_{OA} \cos \varphi(t) \\ l_{OA} \sin \varphi(t) \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \bar{r}_{AB}(t) = \begin{pmatrix} l_{AB} \cos \psi(t) \\ l_{AB} \sin \psi(t) \\ 0 \end{pmatrix}, \\ \bar{r}_B(t) &= \bar{r}_A(t) + \bar{r}_{AB}(t), \quad \text{где } \psi(t) = \arccos\left(-\frac{l_{OA}}{l_{AB}} \cos \varphi(t)\right) \end{aligned} \quad (4)$$

Исходными данными для дальнейшего вычисления скоростей и ускорений являются длины звеньев и угловая скорость входного звена ( $l_{OA}$ ,  $l_{AB}$ ,  $\omega = const$ ).

Вернемся к кинематическому анализу типового механизма. Математические соотношения (аналитический метод анализа) уже адаптированы для конкретного механизма и, чтобы быстро посчитать и проанализировать большое количество скоростей и ускорений, нужно запрограммировать определяющие соотношения (см. формулы (1) - (4)). Эффективным средством для аналитических преобразований и численного решения инженерных задач является пакет MathCad с удобным математико-ориентированным интерфейсом, основам которого обучают студентов на информационных технологиях. Интеграция с информатикой улучшит и процесс освоения всевозможного функционала данной среды программирования, а желание получить численные результаты механических характеристик подсознательно подтолкнет обучающегося к изучению

расчетных и графических возможностей пакета. На рис.2 показан блок исходных данных, и запрограммированные соотношения (4) для определения скоростей и ускорений точек механизма рядного двигателя, показанного на рис.1 а.

$$\begin{aligned}
 R_{AA} &:= 0.1, \quad L_{AA} := 0.1, \quad \omega_0 := 100, \quad \phi_1(t) := \omega_0 t, \quad l_{AA} := \frac{2L}{3} \\
 \psi_1(t) &:= \arccos\left(-\frac{R}{L} \cdot \cos(\phi_1(t))\right) \quad \omega_{12}(t) := \frac{d}{dt}\psi_1(t) \quad \varepsilon_{12}(t) := \frac{d^2}{dt^2}\psi_1(t) \\
 R_A(t) &:= \begin{pmatrix} R \cdot \cos(\phi_1(t)) \\ R \cdot \sin(\phi_1(t)) \\ 0 \end{pmatrix} \quad R_{AB}(t) := \begin{pmatrix} L \cdot \cos(\psi_1(t)) \\ L \cdot \sin(\psi_1(t)) \\ 0 \end{pmatrix} \quad R_{AM}(t) := \begin{pmatrix} l \cdot \cos(\psi_1(t)) \\ l \cdot \sin(\psi_1(t)) \\ 0 \end{pmatrix} \\
 R_B(t) &:= R_A(t) + R_{AB}(t) \quad R_M(t) := R_A(t) + R_{AM}(t) \\
 \omega_1(t) &:= \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_0 \end{pmatrix} \quad \omega_2(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \omega_{12}(t) \end{pmatrix} \quad \varepsilon_2(t) := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \varepsilon_{12}(t) \end{pmatrix} \\
 U_A(t) &:= \omega_1(t) \times R_A(t) \quad U_{BA}(t) := \omega_2(t) \times R_{AB}(t) \quad U_B(t) := U_A(t) + U_{BA}(t) \\
 a_A(t) &:= \omega_1(t) \times (\omega_1(t) \times R_A(t)) \quad a_B(t) := a_A(t) + \varepsilon_2(t) \times R_{AB}(t) + \omega_2(t) \times (\omega_2(t) \times R_{AB}(t)) \\
 nn &:= 36 \quad \Delta t := \frac{2\pi}{nn \cdot \omega_0} \quad i := 0..nn \quad t_i := i \cdot \Delta t \\
 V_{A_i} &:= \sqrt{(U_A(t_i)_0)^2 + (U_A(t_i)_1)^2} \quad V_{B_i} := \sqrt{(U_B(t_i)_0)^2 + (U_B(t_i)_1)^2} \\
 w_{A_i} &:= \sqrt{(a_A(t_i)_0)^2 + (a_A(t_i)_1)^2} \quad w_{B_i} := \sqrt{(a_B(t_i)_0)^2 + (a_B(t_i)_1)^2}
 \end{aligned}$$

Рис.2

Результаты численного расчета скоростей, а также графическая визуализация одного из положений механизма показаны на рис.3.

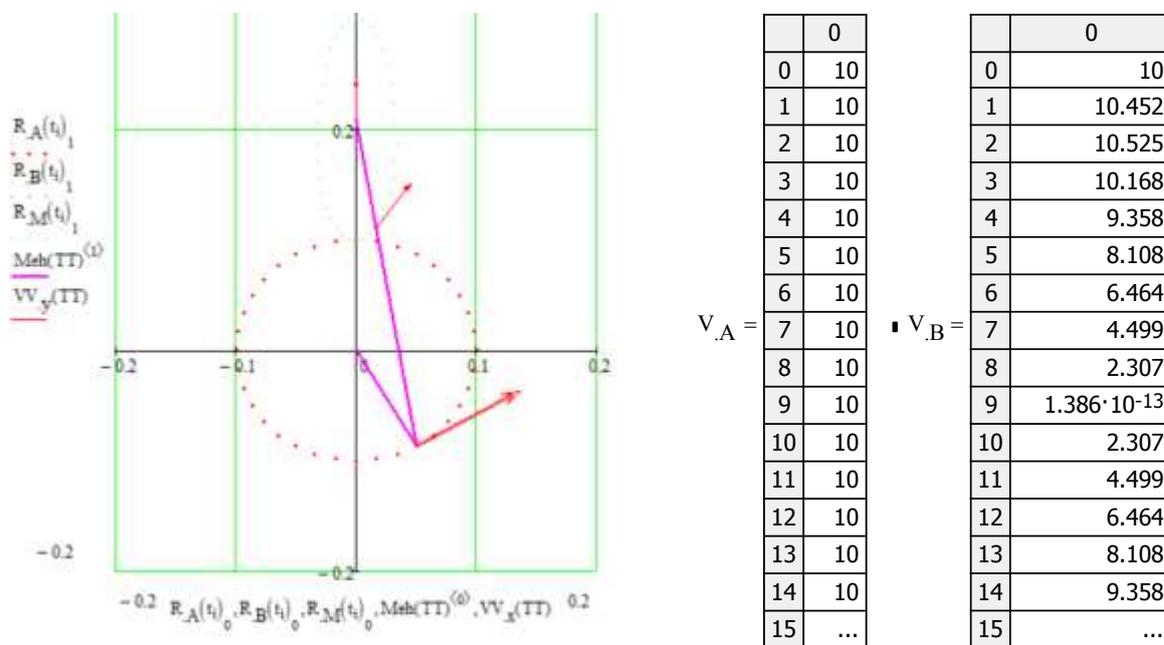


Рис.3

Кроме расчетной части, курсовая работа предполагает выполнение чертежей формата А3, А2 или А1 в зависимости от выбранного масштаба и компоновки отдельных частей. Для этой цели используются такие графические пакеты, как Компас, Autocad и др.,

изучаемые студентами на инженерной графике и начертательной геометрии. В рамках рабочей программы данной дисциплины предусмотрено детализирование с чертежа общего вида. По согласованию с преподавателем графики эффективным станет формирование задания на разработку чертежей не абстрактного плана, а, к примеру, кривошипно-шатунного механизма блока цилиндров (для направления 26.05.06) или зубчатой передачи в качестве привода станка (для направления 23.03.03) и т.д.

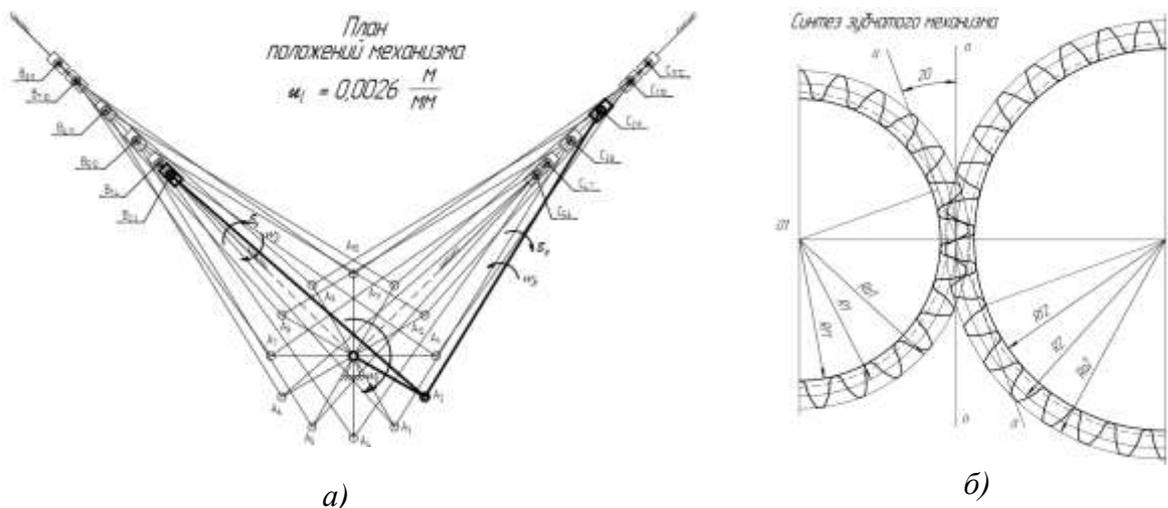


Рис.4

На рис.4 показаны фрагменты чертежей студенческих работ, выполненных в пакете Компас: кинематическая схема V-образного двигателя (рис.4.а) и зубчатая передача (рис.4.б).

Итак, в современных условиях образования интеграция дисциплин - это, с одной стороны, вынужденная необходимость сотрудничества преподавателей, так как уменьшение учебных часов по предметам неминуемо влечет снижение качества обучения и освоения материала. С другой стороны, пересечение одних и тех же примеров и заданий в разных дисциплинах дает осознание взаимосвязанности и необходимости изучения тех или иных образовательных модулей, мотивирует интерес к учебе как таковой и выбранной специальности в частности, способствует приобретению умений и навыков решаемых задач и в конечном итоге ведет к более обширным и глубоким знаниям.

#### Список литературы:

1. Основная образовательная программа высшего образования по специальности 260506, <http://www.vsuwt.ru/sveden/education/oop.php>
2. Бертяев В.Д. Теоретическая механика на базе Mathcad. Практикум. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 752 с.: ил.

### INTEGRATION OF TECHNICAL DISCIPLINES FOR EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF THE NEW GENERATION OF FSES (ON THE EXAMPLE OF COURSE DESIGN FOR TMM)

Irina U. Gordleeva

*The integration of such General education disciplines as higher mathematics, computer science, engineering graphics, theoretical mechanics and the theory of mechanisms and machines for effective implementation of the FSES is considered on the example of course design for TMM.*

*Keywords: integration of technical disciplines, effective teaching methods, kinematic analysis of the mechanism, educational standards, mathematical model, graphic visualization, typical mechanisms*