

АВЕРКИЕВ А. М.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

Аннотация. Рассматриваются вопросы проектирования содержания общетехнической дисциплины «Теории механизмов и машин» на примере практического занятия по разделу «Кинематический анализ рычажных механизмов». В содержании вышеуказанного раздела выделяются основной и процессуальный блоки. В основном блоке приводятся сведения по кинематическому анализу, а в процессуальном – описываются методы его реализации.

Ключевые слова: проектирование содержания, основной блок дисциплины, процессуальный блок дисциплины, кинематический анализ.

AVERKIEV A. M.

**METHODOLOGICAL SPECIFICS OF DESIGNING CONTENTS
OF PRACTICAL CLASSES ON MECHANISMS AND MACHINES THEORY**

Abstract. The article considers the contents of the course "Theory of mechanisms and machines". The authors present a number of practical exercises of the course section "Kinematic analysis of lever mechanisms". The section contents include the core and supplementary units. The core unit deals with the kinematic analysis. The supplementary unit describes the methods of its calculation.

Keywords: course, content, core unit, supplementary unit, kinematic analysis.

Выполненные ранее исследования Е. П. Грошевой [3] и других исследователей [2] по проектированию содержания общетехнических дисциплин позволили сформулировать конкретные требования к содержанию общетехнической дисциплины «Теория механизмов и машин» (ТММ), в том числе в ее практической части, направленной на развитие творческих способностей, основными среди которых являются: 1) содержание общетехнической дисциплины в соответствии с поставленной целью формируется и реализуется через структурные компоненты методической системы – целевой, содержательный, процессуальный и диагностический; 2) содержание общетехнической подготовки, должно формироваться на основе интеграции дисциплины ТММ, сопутствующих дисциплин естественнонаучного, общетехнического и специального циклов и самостоятельной работы в условиях квазипрофессиональной инновационной деятельности; 3) учебные дисциплины общетехнической подготовки в техническом вузе должны рассматриваться в единстве содержательного и процессуального компонентов; 4) в содержании дисциплины ТММ, как и в содержании других общетехнических и сопутствующих дисциплин, фундаментальное

научное и техническое знание должно быть представлено в единстве, при этом первое составляет его инвариантную часть, второе – варьируемую; 5) содержание варьируемой части дисциплины ТММ должно быть связано с содержанием профессиональной и специальной подготовки студентов вузов для определения содержания варьируемого (профессионально направленного) материала; 6) содержание курсов общетехнических дисциплин следует группировать вокруг фундаментальных физических и научно-технических теорий, что позволяет реализовать целостность профессионального образования; 7) учебно-методический комплекс должен включать, наряду с традиционными структурными элементами (рабочие программы, учебно-методический материал лекций и т. п.), систему информационно-компьютерной поддержки курса в виде электронных учебников, пакетов прикладных программ и других программных средств, позволяющую студентам вузов самостоятельно получать знания и умения по дисциплине и осуществлять самоконтроль уровня усвоения материала.

В связи с вышеперечисленным рассмотрим непосредственно вопросы конструирования содержания дисциплины ТММ. В соответствии с дидактической моделью учебного предмета, предложенной И. К. Журавлевым и Л. Я. Зориной [2], она включает два блока – основной и процессуальный. В основной блок входит содержание дисциплины, имеющее непосредственное отношение к ней. А в процессуальный – дополнительные материалы, обеспечивающие усвоение знаний, формирование различных умений, компетенций, а также развитие и воспитание обучающихся. Для обучения ТММ в основной блок включаются предметные знания, а в процессуальный – комплекс вспомогательных знаний (логических, методологических, философских, историко-научных, межпредметных, оценочных).

Таким образом, в основной блок содержания ТММ по разделу «Кинематический анализ механизмов» можно включить нижеследующий материал [4; 5].

Современные машины включают в себя механизмы, образованные группами Асура 2-го класса, всех пяти видов, а также группами более высоких классов, обеспечивающими движение выходных звеньев с требуемыми кинематическими параметрами. Для определения их величин достаточно удобен графоаналитический метод, предусматривающий построение планов скоростей и ускорений. Рассмотрим некоторые предпосылки к использованию этого метода.

Планом скоростей (ускорений) называется такое построение [1], при котором векторы абсолютных скоростей (ускорений) выходят из одной точки, называемой полюсом. Они обладают рядом свойств [4]: 1) векторы, выходящие из полюса плана представляют в определенном масштабе абсолютные скорости (ускорения) точек механизма; 2) векторы,

соединяющие концы векторов абсолютных скоростей (ускорений), представляют в определенном масштабе относительные скорости (ускорения) точек механизма; 3) все неподвижные точки механизма лежат в полюсе плана; 4) отношение относительной скорости (касательного ускорения) к соответствующей длине звена есть угловая скорость (ускорение) этого звена; 5) фигуры, образованные векторами на плане подобны фигурам, составленным звеньями механизма и сходно с ними расположенные.

Планы строятся для конкретного положения механизма, изображенного в масштабе, в следующей последовательности: 1) задается закон движения ведущего звена, обычно принимается за основу, что оно вращается равномерно; 2) строится план скоростей группы Асура, непосредственно присоединенной к ведущему звену и стойке; 3) строится для этой же группы план ускорений; 4) строятся планы скоростей и ускорений следующей присоединенной группы, так продолжается до тех пор, пока не будут построены планы скоростей и ускорений всех групп механизма [5].

Задача кинематического анализа механизма считается полностью решенной, если для каждого звена механизма известны положения, скорости и ускорения двух его точек, или - положение, скорость и ускорение одной точки и угловая координата, угловая скорость и угловое ускорение самого звена. Для облегчения решения этой задачи в таблице приведены схемы построения планов для структурных групп 2-го класса всех 5-ти видов и пояснения к ним.

Процессуальный блок рассмотрим на примере определения скорости и ускорения точки M_2 методом планов [5] для механизма, изображенного на рисунке 1, при следующих исходных данных: угловая скорость вращения кулисы $\omega_1 = 100$ рад/с; длина коромысла AB $l_{AB} = 0,6$ м; длина отрезка $l_{AM} = 0,3$ м. Для этого построим планы скоростей и ускорений. Составим векторные уравнения. Скорость точки A_1 вычислим по формуле $\bar{v}_{A_1} = \omega_1 \cdot l_{OA} = 100 \cdot 0,3 = 30$ м/с.

В масштабе проведем вектор $\bar{v}_{A_1}$, перпендикулярно звену OA и направленный в сторону вращения кулисы 1.

Скорость точки $A_{2,3}$ найдем из графического решения системы векторных уравнений

$$\left. \begin{aligned} \bar{v}_{A_2} = \bar{v}_{A_3} &= \bar{v}_{A_1} + \bar{v}_{A_2A_1} \\ &\quad \parallel OA \\ \bar{v}_{A_3} &= \bar{v}_B + \bar{v}_{A_3B} \\ &\quad = 0 \quad \perp AB \end{aligned} \right\}$$

Из точки a_1 плана проводим линию параллельную звену OA , из полюса проводим линию перпендикулярную звену AB , на пересечении получаем точку $a_{2,3}$.

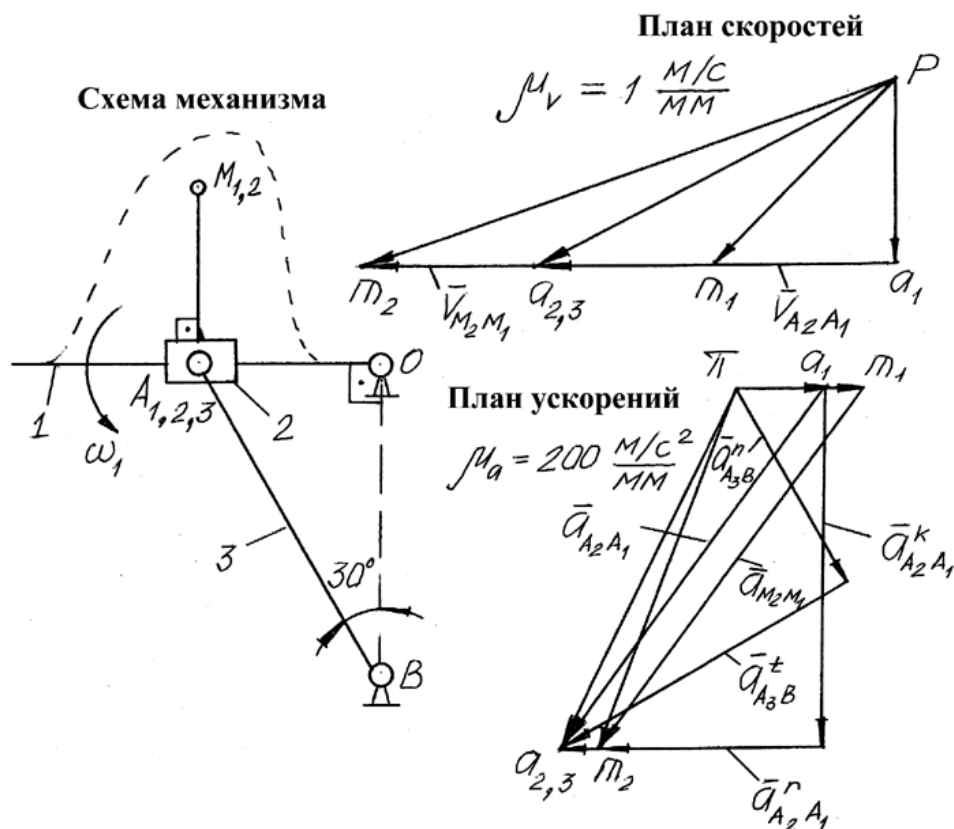


Рис.1. Построение планов скоростей и ускорений.

Для определения скорости точки M_2 вычислим скорость точки $\bar{v}_{M_1} = \omega_1 \cdot l_{OM} = 100 \cdot 0,3 / \cos 45^\circ = 42,4 \text{ м/с}$ и изобразим ее на плане. Скорость точки M_2 найдем из графического решения векторного уравнения $\bar{v}_{M_2} = \bar{v}_{M_1} + \bar{v}_{M_2M_1}$, скорость $\bar{v}_{M_2M_1} = \bar{v}_{A_2A_1}$ как скорости поступательного движения 2-го звена.

Из построенного плана определим скорости точки M_2 и относительной скорости точки A_2 относительно точки A_1

$$\bar{v}_{M_2} = \overline{pm_2} \cdot \mu_v = 92 \cdot 1 = 92 \text{ м/с}; \quad \bar{v}_{A_2A_1} = \overline{a_1a_2} \cdot \mu_v = 60 \cdot 1 = 60 \text{ м/с}$$

Построим план ускорений, вычислим ускорение точки A_1

$$\bar{a}_{A_1} = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 100^2 \cdot 0,3 = 3000 \text{ м/с}^2$$

Ускорение точки $A_{2,3}$ определим из графического решения системы векторных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \bar{a}_{A_2} &= \underbrace{\bar{a}_{A_1}}_{\perp OA} + \underbrace{\bar{a}_{A_2A_1}^K}_{\parallel OA} + \underbrace{\bar{a}_{A_2A_1}^r}_{\perp OA} \\ \bar{a}_{A_3} &= \underbrace{\bar{a}_B}_{\parallel AB} + \underbrace{\bar{a}_{A_3B}^n}_{\perp AB} + \underbrace{\bar{a}_{A_3B}^t}_{\parallel AB} \end{aligned} \right\},$$

где $\bar{a}_{A_2A_1}^K = 2 \cdot \omega_1 \cdot \bar{v}_{A_2A_1} = 2 \cdot 100 \cdot 60 = 12000 \text{ м/с}^2$ – кариолисово ускорение, имеет направление вектора $\bar{v}_{A_2A_1}$ повернутого на 90° в сторону вращения кулисы;

$\bar{a}_{A_2A_1}^r$ – релятивное ускорение;

$\bar{a}_{A_3B}^n = \frac{v_{A_3}^2}{l_{AB}} = \frac{67^2}{0,6} = 7490 \text{ м/с}^2$ – нормальное ускорение, направлено к центру вращения;

$\bar{a}_{A_3B}^t$ – касательное ускорение.

Выберем масштаб построения $\mu_a = 200 \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}}$, в этом масштабе вычисленные ускорения будут выражены отрезками следующей длины:

$$|a_{A_1}| = 15 \text{ мм}; \quad |a_{A_2A_1}^K| = 60 \text{ мм}; \quad |a_{A_3B}^n| = 37,5 \text{ мм}.$$

Построив соответствующие вектора, определим ускорение точки $A_{2,3}$, $a_{A_2} = \pi a_3 \cdot \mu_e = 68 \cdot 200 = 13600 \text{ м/с}^2$.

Вычислим ускорение точки M_1 $\bar{a}_{M_1} = \omega_1^2 \cdot l_{OM} = 100^2 \cdot 0,3 / \cos 45^\circ = 4240 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ покажем этот вектор на плане. Местоположение точки M_2 определим из графического решения системы векторного уравнения.

$$\bar{a}_{M_2} = \bar{a}_{M_1} + \bar{a}_{M_2M_1}, \quad \text{где } \bar{a}_{M_2M_1} = \bar{a}_{A_2A_1}$$

Из построенного плана определим искомое ускорение точки M_2 $a_{M_2} = \pi m_2 \cdot \mu_a = 64 \cdot 200 = 12800 \text{ м/с}^2$.

$$\text{Ответ: } \bar{v}_{M_2} = 92 \text{ м/с}; \quad \bar{a}_{M_2} = 12800 \text{ м/с}^2.$$

Описанный метод определения кинематических параметров (скорости и ускорения) позволяет для такого сложного механизма, достаточно просто и наглядно вычислить искомые параметры, что особенно важно в прикладных задачах механики.

Таким образом, проектирование содержания общетехнических дисциплин на основе сформулированных положений и включением в его состав двух блоков (основного и процессуального) обеспечивают соблюдение следующих дидактических принципов: принцип действенности знаний, принцип наглядности обучения, принцип связи теории с практикой обучения и др., а также способствуют развитию творческого потенциала студентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболовский И. И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 640 с.
2. Журавлев И. К., Зорина Л. Я. Дидактическая модель учебного предмета // Новые исследования в педагогических науках. – 1979. – № 1. – С. 18–23.
3. Наумкин Н. И. Методическая система формирования у студентов технических вузов способностей к инновационной инженерной деятельности: монография / под ред. П. В. Сенина, Л. В. Масленниковой, Д. Я. Тамарчака. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 172 с.
4. Наумкин Н. И., Раков Н. В., Купряшкин В. Ф. Теория механизмов и машин и ее приложение в АПК: учебник / под общ. ред. П. В. Сенина, Н. И. Наумкина. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. – 220 с.
5. Наумкин Н. И. Сборник задач по теории механизмов и машин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 296 с.