

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра теории механизмов и машин и основ конструирования

## **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН**

**МАТЕРИАЛЫ  
ВТОРОЙ  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Под редакцией профессора Л.Т. Дворникова  
и доцента И.А. Жукова

Новокузнецк  
2008

УДК 621.01

О

- О Основы проектирования машин: Материалы Второй учебно-методической конференции / Под ред. Л.Т. Дворникова и И.А. Жукова; СибГИУ. – Новокузнецк, 2008. – 60 с.

Представлены результаты учебно-методической работы преподавателей кафедры теории механизмов и машин и основ конструирования, выполненные в 2007/2008 учебном году.

Рекомендации, приведенные в материалах сборника могут быть полезными для преподавателей вузов по дисциплинам механических специальностей.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Жуков И.А.</b> Некоторые факты из истории кафедры теории механизмов и машин и основ конструирования.....	5
<b>Дворников Л.Т.</b> Группы нулевой подвижности (группы Ассура), как основные механизмообразующие элементы кинематических цепей .....	8
<b>Гудимова Л.Н.</b> Древо развития структуры групп Ассура.....	13
<b>Юшков В.Г.</b> Особенности конструирования, изготовления и эксплуатации зубчатых передач.....	17
<b>Стариков С.П.</b> О факультативной дисциплине «Кинематика и кинетостатика сложных групп Ассура» .....	19
<b>Адамович Н.О.</b> О применении системы AutoCAD в курсовом проектировании по ТММ .....	21
<b>Жуков И.А.</b> Исследование динамики механических систем в дипломной работе студентов специальности «Динамика и прочность машин».....	24
<b>Гудимова Л.Н.</b> Инженерное проектирование. Машина и механизм.....	30
<b>Демин В.М.</b> Об активизации познавательной деятельности студентов при изучении дисциплин «Механика» и «Прикладная механика» .....	34
<b>Тимофеева И.С.</b> О возможности выполнения сборочных чертежей в САПР.....	37
<b>Баклушина И.С.</b> Структура и особенности прохождения практик студентами специальности «динамика и прочность машин» .....	40
<b>Куклин С.А.</b> «Проблема быстроходного вала» .....	42

<b>Мизин Ю.Г.</b> Выбор типа конвейера и определение конструктивных параметров несущего полотна при выполнении контрольных работ по дисциплине «Подъемно-транспортные машины» .....	47
<b>Юшков В.Г.</b> Конструктивные параметры инжектора и его характеристика .....	51
<b>Демин В.М.</b> О методах активизации внимания и мыслительной деятельности студентов на лекции.....	54

## **НЕКОТОРЫЕ ФАКТЫ ИЗ ИСТОРИИ КАФЕДРЫ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН И ОСНОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

4 мая 1990 года приказом №257-об ректора Сибирского ордена Трудового Красного Знамени металлургического института имени Серго Орджоникидзе Кулагина Н.М. кафедры механизации вспомогательных процессов и робототехники (МВПиР) и прикладной механики (ПМ) были объединены в одну – кафедру теории механизмов и машин и основ конструирования (ТММ и ОК). Заведующим кафедрой назначен доктор технических наук, профессор Дворников Леонид Трофимович.

На то время штат профессорско-преподавательского состава составлял 17 единиц, в том числе 9 доцентов: Демин В.М., Живаго Э.Я., Зайцев В.И., Кречман А.Ф., Покатилов Ю.П., Юшков В.Г., Гудимов С.Н., Кассир Г.А., Ступаков М.И.; 5 старших преподавателей: Баклушин С.И., Бекиш М.В. Гудимова Л.Н., Колпаков Л.В., Мизин Ю.Г.; 2 ассистента: Василенко Л.А., Прядко Ю.А. На должность заведующей лабораториями назначена Сивова Е.П.

До 1992г. кафедра ТММ и ОК была общеобразовательной, ей поручено проведение занятий по следующим дисциплинам: Прикладная механика, Конструирование механизмов приборов, Детали машин и подъемно-транспортные машины, Теория механизмов и машин, Детали машин и основы конструирования, Подъемно-транспортные устройства, Прикладная механика и основы метрологии.

В 1992г. при кафедре ректоратом была открыта подготовка специалистов по направлению «Прикладная механика», специальность «Динамика и прочность машин», и кафедра становится выпускающей. Обучение студентов осуществлялось при только что открывшемся в СМИ Южно-Кузбасском высшем инженерном колледже (ЮКВИК) – группы КМХ (колледж, механика). Студенты получили возможность получения двухуровневого образования: после 4-х лет обучения – бакалавр техники и технологии, после 5,5 лет – инженер-механик-исследователь. Выпускаемые кафедрой специалисты по динамике и прочности машин должны были обладать знанием и умением создавать машину от начальной идеи до воплощения в металле с последующим ее совершенствованием на основании вновь сформу-

лированных критериев. «Динамика и прочность машин» – исследовательская специальность, в которой реализуется направление объединения университетского образования в области фундаментальных наук и технической привязки их к проблеме практики. Выпускники по специальности являются исследователями широкого профиля, способные работать во всех отраслях промышленности, применяя аналитические и численные методы расчета новой техники, используя математические модели, теоретические и экспериментальные исследования механических систем, их прочности, надежности, ресурса и безопасности, в частности, для экспериментальных условий эксплуатации. Выпускники могут вести преподавательскую деятельность, работать в академических и отраслевых научно-исследовательских институтах, исследовать и эксплуатировать наукоемкую технику на промышленных предприятиях различного профиля. В 2004 году специальность была переведена на транспортно-механический факультет – группы МХП (механика, прочность)

За время обучения многие студенты групп МХП становятся лауреатами конкурсов студенческих научных работ, участниками конференций, изобретателями. Как правило, темы работ формулируются уже на первом курсе и продумываются до диплома включительно, с каждым студентом обеспечивается индивидуальное занятие.

При кафедре ТММ и ОК работает постоянный научный семинар по проблемам механики машин. По итогам семинаров выпущено к настоящему времени 18 сборников трудов. Проводятся конференции не только для аспирантов, преподавателей и научных работников университета, но и для студентов групп МХП, каждый из которых принимает непосредственное участие с докладом.

В 1998 году осуществляется первый выпуск специалистов по динамике и прочности машин: группа КМХ-92 – Губанов Е.Ф., Прядко М.Ю., Свердлов Н.С. Из 10 выпусков по специальности «Динамика и прочность машин» 6 студентов стали кандидатами технических наук, 5 студентов прошли стажировку на кафедре в должности ассистентов, выпускники трудятся на промышленных предприятиях города, области, а также проживают и работают за рубежом.

При кафедре ТММ и ОК в 1990 году основана научная школа «Теория структуры механических систем и практика ее использования при синтезе сложных машин, включая горные». Школой впервые в теории механизмов и машин обоснованы и сформулированы прин-

ципиально новые научные идеи и методы структурного синтеза кинематических пар и кинематических цепей всех классов и семейств. Результатами выполненных исследований явились:

- 1) универсальная структурная система синтеза механических систем;
- 2) полная классификация кинематических пар механических систем;
- 3) метод отыскания полного состава механизмов различных семейств;
- 4) теория исключения избыточных связей в механических системах;
- 5) создание нового поколения бурильных машин.

Под руководством профессора Дворникова Л.Т. были защищены кандидатские диссертации преподавателями кафедры Куклиным С.А., Адамович Н.О., Тимофеевой И.С., Губановым Е.Ф., Баклушиной И.С., Макаровым А.В., Жуковым И.А., Большаковым Н.С.; докторская диссертация Живаго Э.Я. За последние 5 лет издано пять сборников научных трудов, три монографии, получено 60 патентов РФ.

К настоящему времени штат кафедры ТММ и ОК составляет 11 единиц, в том числе:

- заведующий кафедрой: д.т.н., профессор Дворников Л.Т.;
- 9 доцентов: заместитель заведующего кафедрой, к.т.н. Жуков И.А.; к.х.н. Демин В.М.; докторант, к.т.н. Гудимова Л.Н.; к.т.н. Юшков В.Г.; к.т.н. Куклин С.А.; к.т.н. Тимофеева И.С.; к.т.н. Адамович Н.О.; к.т.н. Баклушина И.С.; Мизин Ю.Г.
- ассистент Стариков С.П.

*Заместитель заведующего кафедрой  
ТММ и ОК, к.т.н., доцент Жуков И.А.*

# ГРУППЫ НУЛЕВОЙ ПОДВИЖНОСТИ (ГРУППЫ АССУРА), КАК ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМООБРАЗУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

*Доктор технических наук, профессор*

**Дворников Л.Т.**

Основным и важнейшим свойством механизмов, выделяющим их из многообразия кинематических цепей, является определенность их движения, иными словами, механизм есть такая кинематическая цепь, в которой при заданных движениях одного или нескольких звеньев все остальные звенья движутся вполне определенно, т.е. по заданным законам.

В 1914-1917гг. в работах Ассура Л.В. был сформулирован метод образования механизмов, заключающийся в том, что, если на ведущие звенья насаивать группы звеньев, обладающие нулевой подвижностью, то независимо от числа и сложности насаиваемых групп механизм будет обладать определенностью движения. Такие группы звеньев позже были названы группами Ассура. Свойства групп Ассура оказались уникальными. Эти системы, являясь структурно механизмообразующими, одновременно удовлетворяют требованиям кинематической и динамической разрешимости. Чаще всего, все эти свойства групп Ассура воспринимались как само собой разумеющиеся. В учебниках по теории механизмов и машин считалось достаточным доказать их статическую определенность. Рассмотрим систематически все указанные свойства групп Ассура.

## **1<sup>0</sup>. Группа Ассура, как элемент, структурно образующий механизмы**

Это условие исходит из доказательства подвижности механизмов, выполненного академиком Чебышевым П.Л. в 1869г. Оно заключается в следующем. Любое плоское звено (линия) имеет в плоскости 3 (три) движения – два поступательных вдоль осей плоской системы координат и одно вращательное относительно оси, перпендикулярной плоскости. Если таких звеньев всего  $n$  штук, то общее число подвижностей будет  $3n$ . Любое соединение двух звеньев в шарнир оставляет единственное относительное (вращательное) движение одного звена по отношению к другому, т.е. в каждом соедине-

нии звеньев в шарниры теряется по 2 (два) относительных движения. Так как всего таких соединений (кинематических пар) в цепи  $p$  штук, то потерянными относительными движениями будут  $2p$  движений. Разница между возможными ( $3n$ ) движениями  $n$  звеньев и потерянными ( $2p$ ) движениями окажется степенью подвижности цепи  $W$ , т.е.

$$W = 3n - 2p. \quad (1)$$

Это и есть известная формула Чебышева в современных обозначениях. Группой Ассур, как это следует из предыдущего, является такая система, которая обладает нулевой подвижностью, т.е.  $W = 0$ . При этом значении  $W$  формула (1) преобразуется к виду

$$3n = 2p. \quad (2)$$

Это и есть структурное условие группы Ассур.

Если задать ведущему звену механизма подвижность  $W = 1$ , то, присоединяя к нему группы Ассур, обладающие нулевой подвижностью, подвижность всей системы независимо от числа присоединенных групп будет оставаться равной единице.

## **2<sup>0</sup>. Геометрическая разрешимость (задача о положениях) групп Ассур**

Любая кинематическая цепь строится от базисного звена  $\tau$ -угольника путем последовательного добавления к нему звеньев через посредство кинематических пар. Если принять за  $n$  общее число звеньев цепи, то добавленных к базисному звену всего будет  $(n - 1)$  звеньев, т.е. за вычетом самого базисного звена. Под числом ветвей цепи  $\gamma$  понимается число ее свободных кинематических пар. Если всего в цепи имеется  $p$  кинематических пар, а уже связанных из них будут  $(n - 1)$  пар, что определяется количеством присоединенных к  $\tau$ -угольнику звеньев, то тогда число ветвей будет

$$\gamma = p - (n - 1). \quad (3)$$

При решении задачи о геометрии (положениях) кинематических цепей известными – задаваемыми параметрами являются: начало координат – любая из свободных кинематических пар, координаты других свободных кинематических пар, числом  $(\gamma - 1)$  и длины звеньев цепи, числом  $n$ . Т.е. одна из свободных пар совмещается с началом координат и тогда известными задаваемыми будут  $(\gamma - 1)$  свободных кинематических пар. Найдем все известные. Т.к. каждая из свободных пар определяется двумя координатами в плоской системе коор-

динат, то всего известных таких координат будет  $2(\gamma - 1)$ . Если к этим известным добавить  $n$  известных длин звеньев, то всего известных будет  $2(\gamma - 1) + n$ . С учетом (3) получим

$$2(\gamma - 1) + n = 2p + 2 - 2 + n = 2p - n. \quad (4)$$

Чтобы построить цепь в фиксированном положении, необходимо определить углы наклона  $\varphi_i$  всех звеньев к одной из осей координат, т.е.  $n$  неизвестных положений на плоскости всех кинематических пар кроме заданных свободных, т.е.  $2[p - (\gamma - 1)]$ . Тогда число неизвестных будет

$$2[p - (p - (n - 1) - 1)] = 2n. \quad (5)$$

Система будет разрешимой с точки зрения задачи о положениях, если известные параметры по (4) будут в точности равны неизвестным параметрам по (5), т.е. если

$$2p - n = 2n.$$

Тогда получим, что

$$3n - 2p = 0,$$

что и определяет группу Ассур.

На рисунке 1 показано построение четырехзвенной трехпроводковой группы Ассур. Пара  $A$  совмещается с началом координат. По заданным координатам строим положения точек  $B$  и  $D$ . Зная длины  $DF$  и  $BF$ , фиксируем точку  $F$ , достраиваем по известным размерам треугольное звено 2, получая точку  $E$ . Из точки  $E$  и из точки  $B$  заданными размерами  $l_{BC}$  и  $l_{EC}$  фиксируется точка  $C$ .

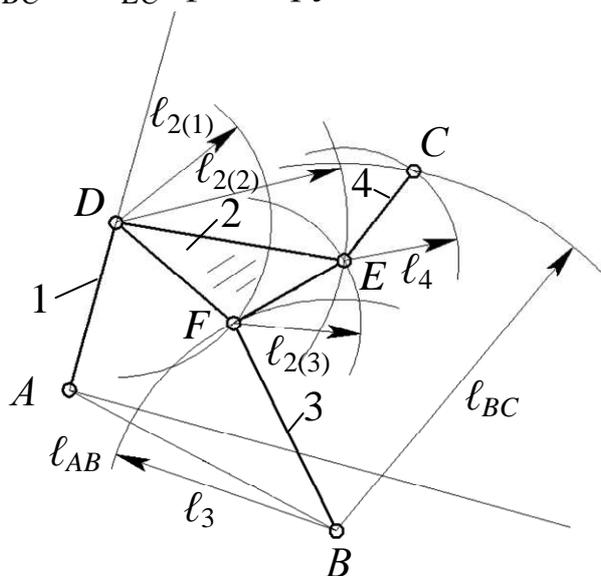


Рисунок 1 – Геометрическое построение четырехзвенной группы Бурместера

### 3<sup>0</sup>. Кинематическая разрешимость группы Ассура

В любой кинематической цепи, например в показанной на рисунке 2, известными являются длины звеньев, представим их векторами  $\bar{l}_1, \bar{l}_2, \bar{l}_{3(1)}, \bar{l}_{3(2)}, \bar{l}_{3(3)}, \bar{l}_4, \bar{l}_5, \bar{l}_{AG}, \bar{l}_{AE}, \bar{l}_{GE}$ .

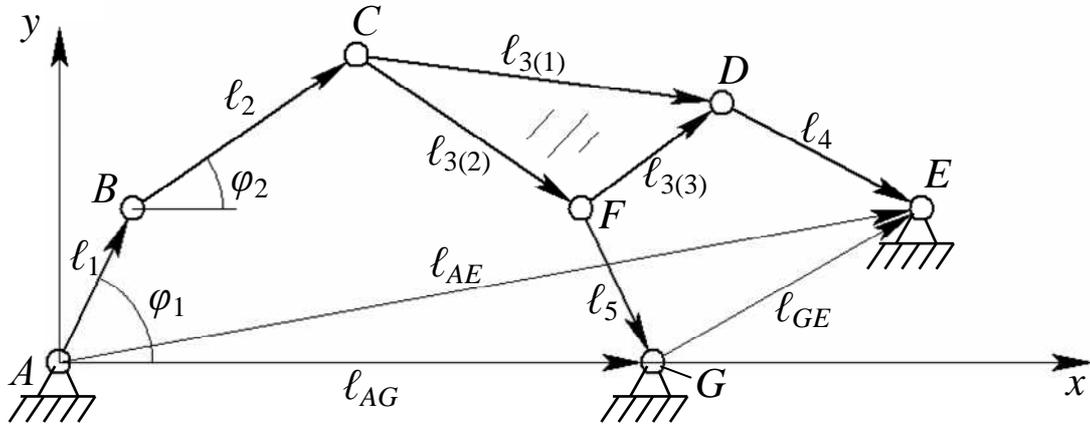


Рисунок 2 – Плоская кинематическая цепь с тремя выходами

Всего в этой цепи можно обнаружить три замкнутых контура, образованных названными векторами

$$\begin{cases} \bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_{3(1)} + \bar{l}_4 = \bar{l}_{AE}, \\ \bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_{3(2)} + \bar{l}_5 = \bar{l}_{AG}, \\ -\bar{l}_5 + \bar{l}_{3(3)} + \bar{l}_4 = \bar{l}_{GE}, \end{cases} \quad (6)$$

т.е. таких контуров всего  $\gamma$  штук, где  $\gamma$  определяется зависимостью (3). Очевидно, что независимых векторных уравнений в (6) всего  $(\gamma - 1)$ , т.к. одно из этих уравнений тождественно двум другим. Если оставшиеся  $(\gamma - 1)$  векторных уравнений (6) расписать в скалярной форме, т.е. в проекциях на оси плоской системы координат  $(A, x, y)$ , то число уравнений удвоится и станет равным

$$2(\gamma - 1). \quad (7)$$

Проекции векторов  $\bar{l}_i$  на оси координат будут выражены через соответствующие углы наклона звеньев  $\varphi_i$  к оси  $x$ . Все эти углы есть неизвестные величины, т.е. всего неизвестных будет

$$\sum \varphi_i = n. \quad (8)$$

Если приравнять (7) и (8), получим с учетом (3)

$$2p - 2n = n,$$

т.е.  $3n - 2p = 0,$

или группу Ассура.

Дифференцируя (6) без одного из тождественных уравнений дважды по времени, можно найти все  $\frac{d\varphi_i}{dt}$  и все  $\frac{d^2\varphi_i}{dt^2}$ , т.е. угловые скорости и ускорения всех звеньев. Таким образом, группа Ассура оказывается системой звеньев, удовлетворяющей условиям кинематической разрешимости.

#### 4<sup>0</sup>. Кинетостатическая разрешимость групп Ассура

Этот вывод хорошо известен из учебников по теории механизмов и машин. Повторим его кратко.

С применением метода кинетостатики любое нагруженное силами твердое тело в плоскости, в том числе звено, может быть описано тремя уравнениями статики, а именно

$$\begin{cases} \sum F(x) = 0, \\ \sum F(y) = 0, \\ \sum M(O) = 0. \end{cases} \quad (9)$$

В системе (9) учитываются все силы и моменты сил инерции и все реакции в связях.

Если в цепи всего  $n$  звеньев, то общее число уравнений (9) станет

$$3n. \quad (10)$$

Известно, что любая сила определяется тремя независимыми параметрами – величиной, направлением и точкой приложения. В одноподвижных кинематических парах  $p$  (вращательной, поступательной), одна из характеристик сил реакции всего известна – или точка приложения – во вращательной паре, или направление – в поступательной паре. Тогда всего неизвестных реакций в кинематической цепи будет

$$2p. \quad (11)$$

Приравняв (10) и (11), получим

$$3n = 2p,$$

т.е. именно группа Ассура есть система кинетостатически определяемая.

Сделаем общий вывод – группы Ассура являются основным механизмообразующим элементом кинематических цепей, т.к. они одновременно есть системы структурно, геометрически, кинематически и кинетостатически разрешимыми.

## ДРЕВО РАЗВИТИЯ СТРУКТУРЫ ГРУПП АССУРА

*Кандидат технических наук, доцент*

**Гудимова Л.Н.**

В разделе теории структуры механических цепей курса ТММ студенты, прежде всего, знакомятся с различными понятиями, такими как кинематическая пара, геометрический элемент звена, звено, группа Ассура и др. Остановимся на понятии «группа Ассура». Это группа звеньев, обладающая нулевой подвижностью. Первая двухзвенная группа была получена Дж. Сильвестром в 1882г., она так и называется «диада Сильвестра», несколькими годами позже немецким ученым Л. Бурместером получена четырехзвенная группа нулевой подвижности. К настоящему моменту известны: одна двухзвенная, две четырехзвенные, десять шестизвенных, 167 структур восьмизвенных групп нулевой подвижности.

После признания метода синтеза механизмов, предложенного Л.В. Ассуром, заключающегося в последовательном наложении групп нулевой подвижности на механизм первого класса, такие группы получили названия групп Ассура. Однако им не был найден метод, позволяющий создавать такие структуры.

На кафедре ТММ и ОК Сибирского государственного промышленного университета была разработана методика создания групп Ассура любой степени сложности, основанная на использовании универсальной структурной системы, предложенной профессором Л.Т. Дворниковым

$$\begin{cases} p_5 = \tau + (\tau - 1) \cdot n_{\tau-1} + \dots + i \cdot n_i + \dots + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_{\tau-1} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1, \\ W = 3n - 2p_5, \end{cases} \quad (1)$$

где  $W$  – степень подвижности механизма;

$n$  – суммарное число звеньев кинематической цепи;

$p_5$  – число кинематических пар пятого класса;

$\tau$  – число углов базисного звена цепи;

$n_i$  – число звеньев, добавляющих в цепь по  $i$  кинематических пар.

По результатам решения трёх уравнений системы (1) для плоских шарнирных групп Ассура было построено древо формирования (рисунок 1), на котором в определенной последовательности приве-

дены необходимые отличительные классификационные признаки для синтеза всего многообразия таких структур.

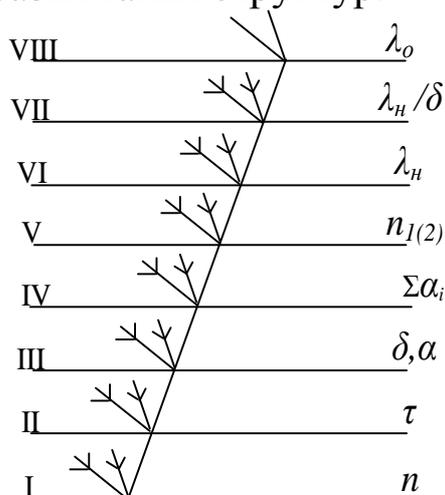


Рисунок 1 – Древо развития групп Ассура

Рассмотрим каждый из классификационных признаков отличая. Приступая к нахождению подобных структур, очевидно, что, прежде всего, необходимо определиться с числом звеньев группы  $n = 2, 4, 6$  и т.д. Оно и будет являться первым признаком при решении поставленной задачи. Зная число звеньев, из третьего уравнения системы (1) при условии, что  $W = 0$ , можно найти число кинематических пар ( $p_5$ ) исследуемой структуры.

Так как любая кинематическая цепь может состоять из звеньев различной сложности, то следующим признаком будет независимый переменный параметр  $\tau$ , определяющий сложность  $\tau$ -угольника, который принимается за базисное звено. Установив возможные варианты базисного звена ( $\tau$ ), появляется возможность при совместном решении первого и второго уравнений системы (1) найти все звенья, добавляющие в кинематическую цепь по  $i$  пар ( $n_1, n_2$  и т.д.), при этом они не могут быть сложнее базисного звена.

Для того чтобы соединить звенья между собой в цепь необходимо знать число ветвей  $\gamma$ , т.е. число свободных кинематических пар при условии, что цепь не имеет изменяемых замкнутых контуров  $\alpha$ , но если группа Ассура содержит такой контур, то число свободных пар будет уменьшено на единицу, тогда целесообразно вместо  $\gamma$  использовать понятие число выходов цепи  $\delta$ . Эти три параметра связаны между собой уравнением  $\gamma = \delta + \alpha$ . И третьим отличительным признаком необходимо считать число выходов цепи.

Следующим классификационным параметром будет сложность изменяемого замкнутого контура  $\Sigma\alpha_i$ , под этим обозначением следует понимать сложность вводимого в цепь изменяемого замкнутого контура при их числе более одного. Необходимо отметить, что число и сложность замкнутых контуров зависят от сложности используемого базисного звена. Уже при  $\tau = 4$  любая группа Ассур будет содержать в себе, по крайней мере, один изменяемый замкнутый контур. Пределы этой суммы могут изменяться от  $\Sigma\alpha_4$  до  $\Sigma\alpha_n$ .

Пятым классификационным признаком является число свободных поводков в цепи  $n_{1(2)}$ , определяемое через число тех звенья  $n_1$ , которые были получены при совместном решении первого и второго уравнений системы (1). Отметим, что два звена  $n_{1(2)}$  не могут быть соединены последовательно друг с другом, т.к. при этом будет образована обычная диада, т.е. синтезируемая группа распадется на более простые.

Шестым признаком отличия групп Ассур должен быть принят параметр, определяющий число наружных сторон цепи  $\lambda_n$ . Для его определения необходимо знать число сторон цепи, не имеющей изменяемых замкнутых контуров ( $\lambda$ ). При этом надо иметь ввиду, что в кинематических цепях, соединяемых в шарниры, двухпарное звено имеет две стороны, трехпарное – три и т.д. Таким образом,  $\lambda$  определяется как сумма сторон всех звеньев  $\lambda = \sum_2^{\tau} j \cdot n_j$ . Если группа содержит изменяемые контуры, то общее суммарное число сторон увеличится на число этих контуров, т.е.  $\lambda_c = \lambda + \alpha$ . В таких цепях часть сторон звеньев становится внутренними, а остальные наружными. И очевидно, что

$$\lambda_c = \lambda_n + \lambda_g. \quad (2)$$

Число внутренних сторон определяется как

$$\lambda_g = \sum_4^{imax} i \cdot \alpha_i. \quad (3)$$

Тогда из уравнения (2) имеем  $\lambda_n = \lambda_c - \lambda_g$ . Из приведенного соотношения (3) видно, что число сторон  $\lambda_g$  не будет постоянным, а значит изменяющееся число наружных сторон  $\lambda_n$  может быть распределено между выходами по-разному. Обозначим это условно как  $\lambda_n / \delta$ . Это отношение и будет определять седьмой признак отличия групп Ассур. Из логических соображений ограничим минимальную «дис-

танцию» между выходами тремя наружными сторонами. Наличие такого количества звеньев гарантирует любой группе работоспособность, даже если группа этими выходами будет замкнута на стойку.

И, наконец, восьмой признак будет определять различие между группами с одинаковыми замкнутыми контурами и одинаковыми разделениями  $\lambda_n/\delta$ , отличающиеся в последовательном расположении друг за другом разных по сложности звеньев как внутри цепи так и по наружному контуру. Этот признак условно обозначим в виде  $\lambda_o$ .

Таким образом, перебирая и определяя последовательно все приведенные признаки отличая, можно синтезировать группы Ассур с любым количеством звеньев.

Рассмотренная методика была использована для создания всего многообразия восьмизвенных групп Ассур. В работе [1] приведен полный состав восьмизвенных групп нулевой подвижности, содержащий в качестве базисного звена треугольное ( $\tau = 3$ ), четырехугольное ( $\tau = 4$ ) и пятиугольное ( $\tau = 5$ ) звенья.

### **Библиографический список**

1. Дворников Л.Т. Задача о поиске многообразия восьмизвенных плоских шарнирных групп Асура / Л.Т. Дворников, Л.Н. Гудимова // Теория механизмов и машин: Периодический научно-методический журнал. – 2008. – №1(11), том 6. – С. 15-30.

# ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

*Кандидат технических наук, доцент*

**Юшков В.Г.**

В учебной и справочной литературе [1, 2] приводятся рабочие чертежи зубчатых передач с характеристиками элементов зацепления и степенью точности, часто недостаточными для их качественного изготовления и обеспечения длительного срока эксплуатации.

Рассмотрим, например, цилиндрические зубчатые передачи.

На чертеже, как правило, обозначается степень точности: 8-7-6-Ва ГОСТ 1643-81, что означает

8 – степень кинематической точности,

7 – степень точности по нормам плавности,

6 – степень точности по нормам контакта,

В – вид сопряжения по боковому зазору,

а – вид допуска бокового зазора.

Норма плавности обычно выбирается по окружной скорости зубьев шестерни [3], а степень кинематической точности и контакта зубьев принимается в зависимости от назначения зубчатой передачи, с увеличением или уменьшением на 1, или конструктором используется накопленный опыт по эксплуатации аналогичных передач.

Прямозубые цилиндрические передачи, как правило, взаимозаменяемые и профиль зубьев проверяют обкаткой с эталонной шестерней. Косозубые цилиндрические передачи на сборку поступают комплектом. На каждой должен быть выбит или выгравирован номер комплекта, а в паспорте указаны кроме номера комплекта, величина бокового зазора, биение по профилям зубьев каждой шестерни, разность окружных шагов и отпечаток пятна контакта, который снимается с зубьев на бумагу и клеивается в паспорт. На чертеже шестерни указывается диаметр по впадинам зубьев при четном их числе или наибольшая хорда при нечетном.

Вид сопряжения зубьев при  $t \geq 1\text{мм}$  (Е, Н, D, С, В, А) назначается в зависимости от системы (механизма), где используются шестерни.

При настройке зубообрабатывающего станка профиль зубьев проверяется на эвольвентомере, а направление зубьев с помощью ин-

дикатора по длине зуба. Окончательный контроль при шевинговании (если профиль зубьев не шлифуется) или при шлифовании зубьев (если профиль зубьев шлифуется после цементации и закалки) проводится также на эвольвентомере. Цементируемые зубчатые шестерни после закалки проходят слесарную обработку: снятие фасок по вершинам и боковым ребрам зубьев с помощью пневматических бормашинок и полировку. У цементированных и закаливаемых шестерен контролируется радиус у основания зубьев после шлифования, так как он является концентратором напряжения и одной из возможных причин появления трещин у основания зубьев.

Испытания зубчатых передач после сборки проводятся обычно в пределах 20-30 часов. Три часа – обкатка без нагрузки, а в остальное время под нагрузкой при режимах в зависимости от назначения передач. Если зубчатые передачи имеют термическую обработку – улучшение или нормализацию, то применяют при испытании масла с повышенной вязкостью и противозадирными присадками, что приводит к улучшению контакта и приработке поверхностей зубьев. Качество зубчатых шестерен при серийном производстве оценивается после приемочных испытаний, кроме приработки поверхностей зубьев, по величине стружки, снимаемых с магнитных пробок в редукторе, шуму передачи и нагреву смазывающей жидкости. После испытаний проводится разборка редуктора, осмотр шестерен, и составляется акт. Схема сертификации зубчатых передач при испытаниях выбирается в зависимости от назначения изделия и методики испытания.

Недопустимо в технической документации делать ссылку на ГОСТ, не указывая контролируемых предельных значений элементов зацепления.

### **Библиографический список**

1. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. 8-е изд. / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Высшая школа, 2003.
2. Анухин В.И. Допуски и посадки. Учебное пособие для бакалавров, дипломированных специалистов и магистров специальности. 3-е изд. – С-Пб.: Высшая школа. – 2004.
3. Палей М.А. Допуски и посадки. Справочник в 2 частях. 8-е изд. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – С-Пб.: Политехника. – 2001. – с. 326.

## О ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «КИНЕМАТИКА И КИНЕТОСТАТИКА СЛОЖНЫХ ГРУПП АССУРА»

*Стажер-преподаватель*

**Стариков С.П.**

В последние годы, особенно в начале XXI века научный интерес к теоретическим проблемам теории механизмов заметно усилился. В технике начали применяться механизмы, включающие в свой состав сложные группы Ассура, состоящие из многопарных звеньев, соединенных в многоугольные замкнутые изменяемые контуры. В частности получили применение шестизвенные плоские шарнирные группы Ассура. Основы исследования такого рода структур, а именно их кинематики и кинетостатики были заложены еще в трудах Бурместера Л., Ассура Л.В., Баранова Г.Г., Джолдасбекова У.А., Озола Л.Г., Бейера Р. Уже найдены решения, в том числе при участии автора в области кинематики и кинетостатики плоских шарнирных групп Ассура от двухзвенных (диад) до шестизвенных (гексад) графоаналитическим методом. Решения уже вполне могут быть систематизированы и изложены в учебном процессе в высших учебных заведениях. Они основываются на формулировании и доказательстве следующих теорем.

**Теорема 1:** Если в плоской шарнирной четырехзвенной кинематической цепи, образующей замкнутый четырехугольный изменяемый контур, точки Ассура двух треугольных звеньев совмещаются в одну точку  $\delta$ , то скорость этой точки может быть найдена по известным – заданным скоростям отдельных точек треугольных звеньев.

**Теорема 2:** В шестизвенной группе Ассура с шестиугольным замкнутым изменяемым контуром соседние точки Ассура, принадлежащие треугольным звеньям, имеют одинаковые проекции скоростей на линии, соединяющие эти точки Ассура.

**Теорема 3:** В шестизвенной группе Ассура с пятиугольным замкнутым изменяемым контуром точки Ассура треугольных звеньев, соединенных поводком, с одним из углов третьего треугольного звена образуют треугольник, проекции скоростей точек которого являются одинаковыми на соединяющую эти точки линию.

**Теорема 4:** В шестизвенной симметричной группе Ассура с двумя четырехугольными замкнутыми изменяемыми контурами направ-

ление скорости точки Ассура треугольного звена с двумя поводками определяется однозначно по заданным скоростям свободных пар треугольных звеньев.

**Теорема 5:** В шестизвенной несимметричной группе Ассура с двумя четырехугольными замкнутыми изменяемыми контурами скорости точек Ассура соседних треугольных звеньев могут быть найдены путем использования ложных значений скоростей точки соединяющей эти звенья.

В основу кинетостатического решения шестизвенных групп Ассура может быть положено формулирование и доказательство следующей **теоремы**: если в трехшарнирном звене известны тангенциальные составляющие сил реакций во всех трех кинематических парах и если перпендикулярные к ним направления не пересекаются в одной точке, то известными являются и полные реакции во всех кинематических парах.

Помимо изучения строения, кинематики и кинетостатики шестизвенных групп Ассура важным ставится вопрос о целесообразном применении таких групп в практике, и с этой целью уже теперь вполне возможно излагать рациональные методы исследования сложных механизмов, которые образуются путем присоединения к ведущему звену сложных, в том числе шестизвенных групп Ассура.

# О ПРИМЕНЕНИИ СИСТЕМЫ AUTOCAD В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТММ

*Кандидат технических наук, доцент*

**Адамович Н.О.**

Процесс проектирования сложных технических объектов на базе традиционных средств и методов сложен, трудоёмок и длителен. Требования к их характеристикам постоянно повышаются, а это приводит к увеличению сложности создаваемых образцов. Возрастание сложности проектируемых изделий проявляется в увеличении количества входящих в них подсистем (устройств) и элементов. В связи с этим растёт разделение труда и число специалистов, участвующих в их разработке, усложняется согласование их действий в процессе проектирования, затрудняется представление (восприятие) изделия как единого целого. В результате не снижается ни трудоёмкость проектирования, ни время проектирования. Поэтому проблема сокращения сроков, снижения стоимости проектирования при одновременном повышении технических характеристик остаётся острой. Попытка смягчить эту проблему на базе традиционных средств и методов за счёт их совершенствования оказалась малоэффективной. С начала века производительность труда в проектировании повысилась всего лишь на 20 %, в то время как в производстве – на 1000%, т.е. в 10 раз. В последние два десятилетия с целью решения рассматриваемой проблемы идёт интенсивная разработка новых средств и методов проектирования на базе вычислительной техники. Для ускорения процесса проектирования и снижения его трудоёмкости разработано и используется большое количество компьютерных программ, решающих проектные задачи, и целый ряд систем (программных комплексов), выполняющих достаточно крупные фрагменты проектно-конструкторских работ.

Увеличение производительности труда разработчиков новых изделий, сокращение сроков проектирования, повышение качества разработки проектов – важнейшие проблемы, решение которых определяет уровень ускорения научно-технического прогресса общества. Развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) опирается на прочную научно-техническую базу. Это – современные средства вычислительной техники, новые способы представления и

обработки информации, создание новых численных методов решения инженерных задач и оптимизации. Системы автоматизированного проектирования дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук отрабатывать и совершенствовать методологию проектирования, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных систем и объектов. В настоящее время созданы и применяются в основном средства и методы, обеспечивающие автоматизацию рутинных процедур и операций, таких, как подготовка текстовой документации, преобразование технических чертежей, построение графических изображений и т.д.

Новые тенденции в проектно-конструкторской работе ставят новые задачи в организации учебного процесса. Одной из важных задач в системе подготовки специалистов является отработка навыков работы с САПР.

Самой распространенной из САПР не российского производителя в настоящее время является AutoCAD. AutoCAD – это мощное средство 2D и 3D моделирования, которое позволяет автоматизировать множество задач проектирования.

Постоянное развитие системы, учет замечаний, интеграция с новыми продуктами других ведущих фирм (в первую очередь, Microsoft), сделали AutoCAD мировым лидером на рынке программного обеспечения. Первые версии AutoCAD содержали в основном инструменты для простого двумерного рисования, которые постепенно дополнялись и развивались. В результате система стала очень удобным «электронным кульманом».

Для облегчения процесса выпуска проектной документации можно разрабатывать «библиотеки стандартных элементов». В качестве стандартных элементов могут выступать как целые файлы, так и их отдельные части. Эта идея стала хорошим стимулом для создания на базе системы AutoCAD локальных рабочих мест по различным конструкторским и другим направлениям, а также для разработки новых специализированных систем.

В графическом пакете есть все, что необходимо пользователю для создания чертежа. Инструментам ручного черчения соответствуют графические примитивы (точка, отрезок, окружность и т.д.), команды их редактирования (копирование, перенос и др.) и команды установки свойств примитива.

Ниже показан пример выполнения в редакторе AutoCAD раздела курсового проекта по теории механизмов и машин – кинематический анализ рычажных механизмов.

Графическая часть работы включает следующие построения (рисунок 1): планы положений механизма; планы скоростей; планы ускорений.

При построении планов положений механизма задействованы следующие примитивы: отрезок, прямоугольник, окружность, штриховка; команды: копирование, массив, перенос, вращение. Деление окружности на равные дуги осуществлялось с помощью функции – полярная привязка.

Построение планов скоростей и ускорений осуществлялось с помощью копирования и переноса соответствующих отрезков с планов механизма и проведения перпендикулярных к ним линий с помощью функции объектной привязки. Определение длин отрезков проводилось с помощью команды – размеры. При построении планов скоростей и ускорений использовались следующие примитивы: окружность, отрезок, полилиния; команды: зеркало, копирование, перенос, вращение, обрезка.

Все построения выполнялись в четырех слоях.

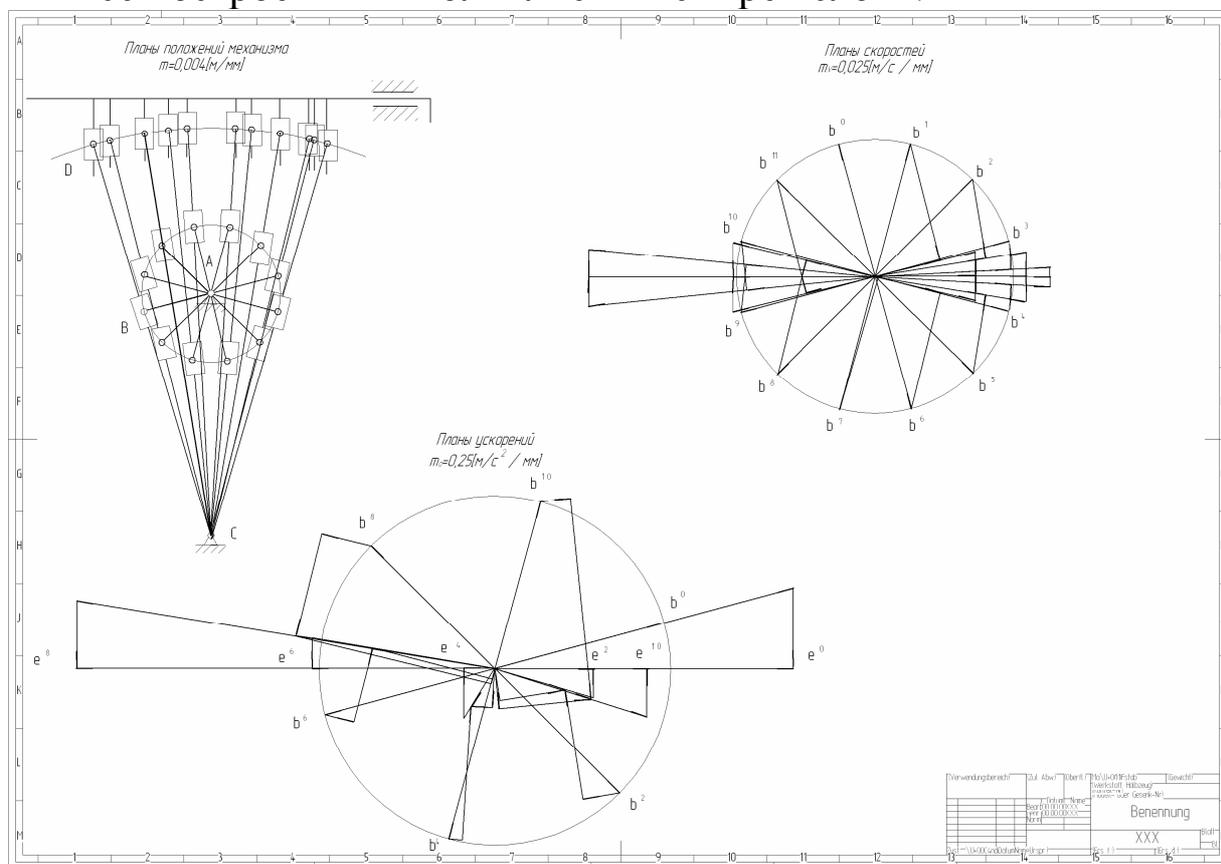


Рисунок 1 – Графическая часть

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ДИПЛОМНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ МАШИН»

*Кандидат технических наук, доцент*

**Жуков И.А.**

«Прикладная механика» – исследовательское направление в области фундаментальных наук и наукоемкого технического образования в сфере обеспечения прочности, надежности машин, конструкций, приборов и безопасности техники, включая совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, направленных на исследование, создание и эксплуатацию машин с высокой долговечностью и эффективностью функционирования.

Объектами профессиональной деятельности инженера по специальности «Динамика и прочность машин» направления «Прикладная механика» являются:

- расчеты и проектирование новой техники в том числе предназначенной для работы в экстремальных условиях;
- экспериментальные исследования создаваемых образцов новой техники, приборов, машин, конструкций и новых материалов;
- создание и развитие аналитических и численных методов расчета новой техники, приборов, машин и конструкций;
- теоретическое и экспериментальное исследование динамики и устойчивости механических систем;
- исследование надежности, ресурса и безопасности машин, конструкций и приборов;
- разработка математических моделей расчета конструкций из композиционных и перспективных материалов, находящихся в экстремальных условиях эксплуатации.

Инженер-механик может в соответствии с фундаментальной и специальной подготовкой выполнять следующие виды профессиональной деятельности:

- научно-исследовательская;
- проектно-конструкторская;
- организационно-управленческая.

Инженер-механик должен быть готов к решению следующих типов задач по виду профессиональной деятельности.

#### Научно-исследовательская:

- статистические методы обработки результатов экспериментов на прочность, усталость, трение и износ;
- диагностика состояния и динамики объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств анализа;
- создание математических и физических моделей процессов и оборудования;
- планирование эксперимента и использование методик математической обработки результатов;
- использование информационных технических средств при разработке новых изделий машиностроения.

#### Проектно-конструкторская:

- формулирование целей и задач расчетной программы при выданных критериях, целевых функциях, ограничениях, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения;
- разработка обобщенных вариантов решения проблем, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности;
- расчет проектов изделий с учетом механических, технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических параметров;
- использование информационных технологий для выбора необходимых материалов изготавливаемых изделий.

#### Организационно-управленческая:

- организация работы коллектива исполнителей, принятие управленческих решений в условиях различных мнений;
- нахождение компромисса между различными требованиями (стоимости, качества, безопасности и сроков исполнения) как при долгосрочном, так и при краткосрочном планировании и определении оптимальных решений;
- оценка производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции;
- составление нормативно-технической документации.

Подготовка выпускника специальности «Динамика и прочность машин» должна обеспечивать квалификационные умения для решения профессиональных задач:

- участие во всех фазах проектирования, разработки, изготовления и сопровождения объектов профессиональной деятельности;

- использование современных методов, средств и технологий разработки объектов профессиональной деятельности;
- взаимодействие со специалистами смежного профиля при разработке методов, средств и технологий проектирования объектов профессиональной деятельности;
- участие в научных исследованиях и проектно-конструкторской деятельности, в управлении технологическими, экономическими, социальными системами;
- проведение комплексного технико-экономического анализа для обоснованного принятия решений, изыскание возможности сокращения цикла работ, содействие подготовке процесса их реализации с обеспечением необходимыми техническими данными, материалами, оборудованием;
- участие в работах по осуществлению исследований, в разработке проектов и программ, в проведении необходимых мероприятий, связанных с испытаниями оборудования и внедрением его в эксплуатацию, а также в выполнении работ по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования, в рассмотрении различной технической документации.

Итоговая государственная аттестация инженера включает выпускную квалификационную работу и государственный экзамен, позволяющий выявить теоретическую подготовку к решению профессиональных задач.

Выпускная квалификационная работа инженера (дипломный проект или работа) представляет собой законченную научно-исследовательскую, проектную или технологическую разработку, в которой решается актуальная задача для специальности «Динамика и прочность машин» направления «Прикладная механика» по проектированию или исследованию одного или нескольких объектов профессиональной деятельности и их компонентов.

Структура дипломной работы разработана кафедрой теории механизмов и машин и основ конструирования Сибирского государственного индустриального университета таким образом, что одной из ее составляющих является исследование динамики механических систем. Выполнение этого раздела подразумевает наличие у студента знаний об имеющихся современных средствах автоматизированного проектирования и выполнения инженерных расчетов, а также знания их функционального назначения и принципов работы.

Наиболее широко распространенной на российском рынке программных продуктов, а также среди промышленных предприятий-потребителей, полнофункциональной САПР, обладающей всеми современными средствами разработки проектов любой сложности является система T-Flex.

T-Flex представляет собой комплекс программ CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM типов. Расчетными модулями данной системы, позволяющими исследовать динамику механических систем, являются «Анализ» и «Динамика»

T-Flex Анализ – это интегрированная с T-Flex CAD среда конечно-элементных расчетов. Используя T-Flex Анализ, пользователь системы T-Flex CAD имеет возможность осуществлять математическое моделирование распространенных физических явлений и решать важные практические задачи инженерного проектирования. Все расчеты ведутся с применением метода конечных элементов (МКЭ). При этом между трехмерной моделью изделия и расчетной конечно-элементной моделью поддерживается ассоциативная связь. Параметрические изменения исходной твердотельной модели автоматически переносятся на сеточную конечно-элементную модель. Статический анализ позволяет осуществлять расчет напряженно-деформированного состояния конструкций под действием приложенных к системе постоянных во времени сил. С помощью модуля «Статический анализ» пользователь может оценить прочность разработанной им конструкции по допускаемым напряжениям, определить наиболее уязвимые места конструкции и внести необходимые изменения, оптимизировать изделие.

Экспресс-анализ – модуль, встроенный в T-Flex CAD, является облегченной версией пакета «T-Flex Анализ», специально адаптированной для проведения упрощенных, но качественных прочностных расчетов. В распоряжении пользователя имеется необходимый набор типов нагрузок и закреплений. Основываясь на геометрии модели T-FLEX CAD, автоматический генератор экспресс-анализа создает качественную конечно-элементную сетку. После выполнения расчета в графическом виде выводятся результаты по деформациям, напряжениям, перемещениям, запасу прочности. Таким образом, модуль экспресс-анализа позволяет проектировщику быстро определить расположение концентраторов напряжений, степень деформации, оце-

нить элементы конструкции с избыточным материалом. Это позволяет серьезно повысить эффективность и качество проектирования.

Совместно с T-Flex CAD 3D может работать модуль динамического анализа «Динамика». Модуль основан на собственных алгоритмах разработчиков компании «Топ Системы» и позволяет производить исследование динамического поведения различных пространственных механических систем. В T-Flex CAD 3D уже встроен модуль динамического экспресс-анализа. Он представляет собой бесплатную некоммерческую версию, предназначенную в основном для ознакомления с основным модулем. Модуль экспресс-динамики имеет некоторые ограничения по видам нагрузений и по выводу результатов динамического анализа.

Система динамического анализа позволяет решать следующие задачи:

- анализ траекторий движения, скоростей, ускорений любых точек компонентов механической системы под действием сил;
- анализ временных характеристик механической системы (время прихода в целевую точку, время затухания колебаний и т.д.);
- анализ сил, возникающих в компонентах механической системы в процессе движения (силы реакции в опорах, сочленениях и т.д.).

Модель механизма описывается как система твёрдых тел, шарниров и нагрузок. Данные для анализа автоматически берутся непосредственно от созданной в системе T-Flex CAD геометрической модели. При моделировании используются обычные инструменты T-Flex CAD, для задания связей между трёхмерными телами используются сопряжения и степени свободы. В системе также имеются средства моделирования контактов между любыми твёрдыми телами, способные обрабатывать одновременное контактное взаимодействие сотен и тысяч твёрдых тел произвольной формы.

В качестве нагрузок для тел можно задать начальные линейные и угловые скорости, силы, моменты, пружины, гравитацию и т.д. Для наиболее естественного моделирования механических систем, пользователь имеет возможность задать контактные свойства материалов – коэффициенты трения, возникающего при контакте; коэффициенты восстановления, задающие поведение тел при ударе.

Для считывания результатов используются специальные элементы-датчики. Работа с результатами расчёта ограничена для бесплатного модуля (отсутствуют инструменты для получения числен-

ных результатов расчёта). В коммерческом модуле результаты расчёта выдаются в виде графиков, динамических векторов-стрелок и в виде массива чисел (точки графика). Для анализа доступны многие величины: координаты, скорости, ускорения, силы реакций в шарнирах, усилия в пружинах и т.д. Непосредственно в процессе расчёта пользователь может наблюдать за поведением модели с любой точки. По готовым результатам динамического расчёта можно создавать анимационные ролики. Результаты анализа сохраняются в рассчитанной модели и могут быть проиграны системой в любой момент времени без необходимости расчёта.

К настоящему времени вышеописанные модули САПР прошли апробацию студентами специальности «Динамика и прочность машин» при выполнении дипломных работ на степень бакалавра.

# ИНЖЕНЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. МАШИНА И МЕХАНИЗМ

*Кандидат технических наук, доцент*

**Гудимова Л.Н.**

В процессе обучения студенты механического факультета выполняют курсовые проекты не только по механике, но и по другим дисциплинам. Рассматривать проектирование необходимо как один из важных этапов в подготовке инженера. Однако в учебных программах не предусмотрено подробного рассмотрения этого вопроса, и студенты в рамках выполнения проекта решают конкретно поставленные задачи, являющиеся лишь частью общих вопросов инженерного проектирования. В данной работе приводятся понятия, определения и основные этапы выполнения инженерного проекта, с которыми студент может ознакомиться и изучить самостоятельно.

Инженерное проектирование – это процесс, в котором научная и техническая информация используется для создания новой системы, устройства, машины, приносящих обществу определенную пользу.

Проект (латинское слова *projectus* означает брошенный вперед) – это совокупность документов и описаний на различных языках (графическом – чертежи, схемы, диаграммы и графики; математическом – формулы и расчеты; инженерных терминов и понятий – тексты описаний, пояснительные записки), необходимых для создания какого-либо сооружения, механизма, машины или изделия.

Существуют следующие методы проектирования.

– Прямые аналитические методы синтеза (они стандартизированы и разработаны для ряда простых типовых механизмов).

– Эвристические методы проектирования – это методы, позволяющие решать задачи проектирования на уровне изобретений.

– Синтез методами анализа – это метод, заключающийся в переборе возможных решений по определенной стратегии с проведением сравнительного анализа по совокупности качественных и эксплуатационных показателей (часто используются методы оптимизации – минимизация сформулированной разработчиком целевой функции, определяющей совокупность качественных характеристик изделия).

– Системы автоматизированного проектирования или САПР – компьютерная программная среда, которая моделирует объект проектирования и определяет его качественные показатели, после принятия

решения – выбора проектировщиком параметров объекта, система в автоматизированном режиме выдает проектную документацию.

В процессе инженерного проектирования необходимо соблюдать следующие основные этапы процесса проектирования.

1. Осознание общественной потребности в разрабатываемом изделии.
2. Техническое задание на проектирование (первичное описание).
3. Анализ существующих технических решений.
4. Разработка функциональной схемы.
5. Разработка структурной схемы.
6. Метрический синтез механизма (синтез кинематической схемы).
7. Статический силовой расчет.
8. Эскизный проект.
9. Кинетостатический силовой расчет.
10. Силовой расчет с учетом трения.
11. Расчет и конструирование деталей и кинематических пар (прочностные расчеты, уравнивание, балансировка, виброзащита).
12. Технический проект.
13. Рабочий проект (разработка рабочих чертежей деталей, технологии изготовления и сборки).
14. Изготовление опытных образцов.
15. Испытание опытных образцов.
16. Технологическая подготовка серийного производства.
17. Серийное производство изделия.

### **Машины и их классификация**

Машина – техническое устройство, выполняющее преобразование энергии, материалов и информации с целью облегчения физического и умственного труда человека, повышения его качества и производительности.

Существуют следующие виды машин.

1. Энергетические машины, преобразующие энергию одного вида в энергию другого вида. Эти машины бывают двух разновидностей.

1.1 Двигатели, которые преобразуют любой вид энергии в механическую (например, электродвигатели преобразуют электрическую энергию, двигатели внутреннего сгорания преобразуют энергию расширения газов при сгорании в цилиндре).

1.2 Генераторы, которые преобразуют механическую энергию в энергию другого вида (например, электрогенератор преобразует механическую энергию паровой или гидро- турбины в электрическую).

2. Рабочие машины – машины, использующие механическую энергию для совершения работы по перемещению и преобразованию материалов. Эти машины тоже имеют две разновидности.

2.1 Транспортные машины, которые используют механическую энергию для изменения положения объекта (его координат).

2.2 Технологические машины, использующие механическую энергию для преобразования формы, свойств, размеров и состояния объекта.

3. Информационные машины – машины, предназначенные для обработки и преобразования информации. Они подразделяются на следующие типы.

3.1 Математические машины, преобразующие входную информацию в математическую модель исследуемого объекта.

3.2 Контрольно-управляющие машины, преобразующие входную информацию (программу) в сигналы управления рабочей или энергетической машиной.

4. Кибернетические машины – машины управляющие рабочими или энергетическими машинами, которые способны изменять программу своих действий в зависимости от состояния окружающей среды (т.е. машины обладающие элементами искусственного интеллекта).

### **Понятие о машинном агрегате**

Машинным агрегатом называется техническая система, состоящая из одной или нескольких соединенных последовательно или параллельно машин и предназначенная для выполнения каких-либо требуемых функций. Обычно в состав машинного агрегата входят: двигатель, передаточный механизм и рабочая или энергетическая машина (рисунок 1). В настоящее время в состав машинного агрегата часто включается контрольно-управляющая или кибернетическая машина. Передаточный механизм в машинном агрегате необходим для согласования механических характеристик двигателя с механическими характеристиками рабочей или энергетической машины.

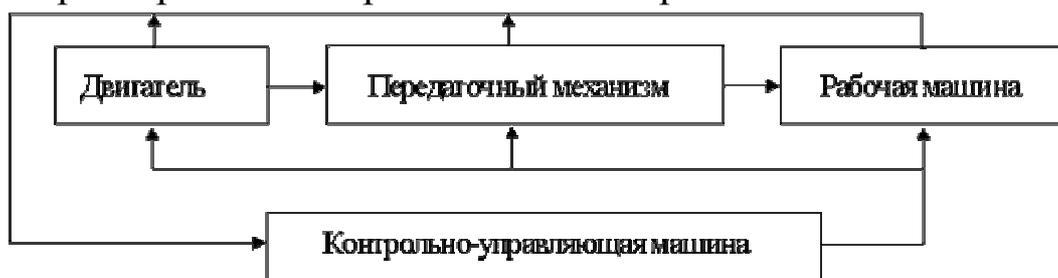


Рисунок 1 – Схема машинного агрегата

## Механизм и его элементы

В учебной литературе используются несколько определений механизма:

*Первое:* Механизмом называется система твердых тел, предназначенная для передачи и преобразования заданного движения одного или нескольких тел в требуемые движения других твердых тел.

*Второе:* Механизм – кинематическая цепь, в состав которой входит неподвижное звено (стойка) и число степеней свободы которой равно числу обобщенных координат, характеризующих положение цепи относительно стойки.

*Третье:* Механизмом называется устройство для передачи и преобразования движений и энергий любого рода.

*Четвертое:* Механизм – система твердых тел, подвижно связанных путем соприкосновения и движущихся определенным, требуемым образом относительно одного из них, принятого за неподвижное.

*Пятое:* Механизм – это кинематическая цепь, обладающая определенностью движения. Под определенностью движения надо понимать следующее, если задать движение одному из звеньев, то все остальные звенья будут двигаться вполне определенно.

Последнее (пятое) определение является наиболее правильным, т.к. оно не только определяет структуру механизма, но описывает его предназначение.

В определениях механизма использованы следующие понятия, рассмотрим их и приведем краткие определения: *звено* – это твердое тело или система жестко связанных твердых тел, входящих в состав механизма, через которое передается движение; *кинематическая пара* – подвижное соединение двух звеньев, допускающее их определенное относительное движение; *кинематическая цепь* – последовательное соединение звеньев в кинематические пары; *стойка* – звено, которое при исследовании механизма принимается за неподвижное и число степеней свободы или *подвижность механизма* – число независимых обобщенных координат, однозначно определяющее положение всех его звеньев на плоскости или в пространстве.

Таким образом, в данной работе приведены краткая классификация машин, существующие определения механизмов и последовательность выполнения инженерного проектирования при создании машин, механизмов и других технологических изделий.

# ОБ АКТИВИЗАЦИИ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИН «МЕХАНИКА» И «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»

*Кандидат химических наук, доцент*

**Демин В. М.**

Курсы «Механика» и «Прикладная механика» играют важную роль в общеинженерной подготовке студентов, поскольку являются завершающими в группе общетехнических дисциплин и служат мостом между общетеоретическими и специальными дисциплинами.

Постоянное сокращение числа часов, отводимых на изучение этих дисциплин, стимулировало совершенствование методов преподавания в направлении активизации познавательной деятельности студентов при широком использовании индивидуальных форм обучения и выработки у них навыков самостоятельной работы, повышения качества усвоения материала, организации ритмичной работы в течение семестра и т.д.

Обучение эффективно только при такой организации учебного процесса, при которой студент учится сам, а преподаватель осуществляет мотивационное управление его обучением с учетом индивидуально-психологических особенностей, т.е. организывает, координирует, консультирует и контролирует деятельность обучаемого. Только в этом случае оно ведет к осознанному и прочному усвоению знаний и развитию интеллекта студента.

Практические занятия – необходимое и важное звено в учебном процессе, именно эта форма работы активно способствует не только закреплению, но и расширению и углублению знаний. Здесь вырабатываются профессиональные навыки и приемы самостоятельной работы. Поэтому первой задачей совершенствования учебного процесса преподавания дисциплин «Механика» и «Прикладная механика» является организация практических занятий.

С этой целью на кафедре ТММ и ОК по каждой теме аудиторного практического занятия изучаемых дисциплин были разработаны учебно-методические материалы, представляющие собой «руководства к индивидуализированной самостоятельной работе». Разработка по каждой теме включает в себя 25 вариантов индивидуальных заданий по 3-4 задачи с постепенным нарастанием трудности, вопросы

для самоконтроля, список литературы и методические указания к решению задач.

Методика проведения практических занятий заключается в следующем. Студент заранее получает свое задание и к практическому занятию должен подготовить необходимый теоретический материал, ответив на вопросы самоконтроля, познакомиться с условиями задач, наметив ход решения некоторых из них. Во время аудиторного занятия студенты, пользуясь конспектами, учебной и справочной литературой, самостоятельно выполняют свои задания под контролем преподавателя. Преподаватель консультирует студентов на занятии, поэтапно контролирует решение задач, при наличии общих ошибок, возникших затруднений разъясняет их у доски. В конце занятий он оценивает работу каждого студента. Те студенты, которые не успели выполнить задание, дорабатывают его во внеаудиторное время. Защита выполненных работ проводится во время консультаций.

Разработанная методика проведения практических занятий позволяет вести управляемое преподавателем самообучение студентов в темпе, соответствующем их индивидуальным способностям и подготовке с учетом их индивидуально-психологических особенностей. Наличие многоканальной прямой и обратной связи позволяет осуществлять замкнутое управление обучением студентов.

Другим, важным, на наш взгляд, методом активизации учебно-познавательной деятельности студентов является введение рубежного (промежуточного) контроля знаний студентов в виде тестирования. Возможность своевременно отслеживать процесс усвоения изучаемого материала и управлять этим процессом имеет большое значение и для преподавателя, и для студента. В результате преподаватель имеет возможность совершенствовать свою деятельность, а студент повышает свою активность в работе над изучаемым материалом. Текущий контроль знаний позволяет измерять результаты учебного процесса, осуществлять обратную связь, диагностировать ход дидактического процесса. В этой связи, другой задачей совершенствования учебного процесса была разработка системы текущего контроля знаний.

Текущий контроль проводится в виде тестирования после проработки дозированных порций изучаемого материала (прочтены лекции, проведены практические занятия). Периодичность – 6-8 часов лекций, продолжительность – не более 15 минут.

Тесты содержат вопросы различного уровня сложности («знакомств», «копий» и «умений») и представляют собой, в основном, линейную систему контроля, когда студенту предлагается несколько заранее заготовленных ответов, один из которых правильный. Подбор неверных ответов осуществляли, ориентируясь на возможные ошибки в понимании алгоритма решения поставленной задачи. Тесты содержат по 8-10 вопросов, из которых половина – на уровне «умений». Проверка ответов занимает у преподавателя 5-10 минут. Результаты с анализом ошибок сообщаются студентам в конце занятия.

Выводы, сделанные в результате оценки эффективности применения разработанных учебно-методических материалов, сводятся к следующему.

1. Внедрение в учебный процесс индивидуальных заданий заметно активизирует познавательную деятельность студентов как на занятиях, так и во внеаудиторное время, а также организует управляемое преподавателем самообучение каждого студента в темпе, который отвечает его способностям и подготовке.

2. Применение в учебном процессе текущего контроля знаний позволяет осуществлять постоянную и одновременную для всех студентов группы проверку качества усвоения изучаемого материала за малые промежутки времени, объективно оценивать их знания на каждом этапе учебного процесса, своевременно выявлять отстающих и проводить с ними работу, что в конечном итоге активизирует самостоятельную работу студентов и улучшает управление обучением. Кроме этого, такой контроль создает широкие возможности обратной связи для корректировки процесса обучения.

3. Принципиально меняется и роль преподавателя в учебном процессе. Задача преподавателя – мотивировать процесс обучения, осуществлять управление учебно-познавательной деятельностью студентов. Это обязательно приводит его к анализу своего опыта, поиску более совершенных методов обучения. Продумывание целей деятельности студентов, определение программы их действий, четкое определение форм и методов обучения требует от преподавателя знаний индивидуально-психологических особенностей студентов.

4. Применение разработанных материалов заметно стимулирует познавательную деятельность и активность студентов, способствует ритмичной самостоятельной работе, повышает успеваемость, качество усвоения дисциплин и прочность приобретенных знаний.

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ В САПР**

*Кандидат технических наук, доцент*

**Тимофеева И.С.**

T-FLEX CAD – полнофункциональная система автоматизированного проектирования, система, обладающая всеми современными средствами разработки проектов любой сложности. Система объединяет мощные параметрические возможности трёхмерного моделирования со средствами создания и оформления конструкторской документации. Технические новшества и хорошая производительность в сочетании с хорошим и понятным интерфейсом делают T-FLEX CAD универсальным и эффективным средством проектирования изделий основного производства и комплекса необходимой оснастки. Возможности параметризации в T-FLEX CAD очень широки, что обеспечивает максимальную эффективность при проектировании моделей с различными исполнениями и набором типоразмеров.

Любой чертёж системы T-FLEX можно включать в другие чертежи. Например, можно включить чертёж болта в какую-нибудь сборку. В сборочном чертеже хранится только ссылка на исходный файл фрагмента. При изменении файла фрагмента происходит обновление соответствующего компонента сборочного чертежа.

Создание чертежей с помощью фрагментов в ряде случаев позволяет добиться значительных преимуществ. Во-первых, для сложных чертежей упрощается процесс создания, так как можно сначала создать отдельные части этого чертежа, а затем объединить их. Процесс проектирования отдельных фрагментов может быть абсолютно независимым, либо производиться в контексте сборки с использованием ассоциативных связей между фрагментами и сборкой. Разделение сборочного чертежа на фрагменты, соответствующие отдельным деталям, позволяет добиться полного соответствия сборочного чертежа реальному сборочному узлу, максимально автоматизировать процесс создания спецификации сборочного чертежа, а также получить полный комплект детализованных чертежей. Во-вторых, если создавать параметрический сборочный чертеж на основе деталей, составляющих его, то при изменении каких-либо параметров сборочного чертежа можно будет одновременно получить и полный набор со-

ответствующих этим новым параметрам чертежей деталей. В-третьих, в качестве фрагментов удобно создавать часто повторяющиеся элементы чертежей, элементы стандартных библиотек. К примеру, можно к чертежу детали добавить чертеж бланка форматки или создать специализированный элемент оформления чертежа.

Эффективность работы со сборочными чертежами в T-FLEX обеспечивается следующими возможностями фрагментов:

Как и все элементы T-FLEX CAD, фрагменты можно привязывать к другим элементам сборочного чертежа, в том числе к другим фрагментам. Это позволяет добиться изменения положения фрагмента при перемещении элементов чертежа. Благодаря тому, что фрагменты могут являться параметрическими чертежами, их размеры в этом случае будут рассчитываться в соответствии с нужными параметрами сборочного чертежа. При этом в одном документе возможно использование одного и того же файла фрагмента с разными значениями параметров. Эта возможность приносит особую выгоду при использовании библиотек стандартных элементов. На сборочном чертеже фрагменты часто перекрывают друг друга и изображение самой сборки. T-FLEX CAD позволяет организовать автоматическое удаление невидимых линий при наложении фрагментов.

В сборочный чертёж можно вставлять только те элементы чертежа-фрагмента, которые необходимы. Эта возможность позволяет использовать в сборочных чертежах полностью оформленные чертежи деталей.

Фрагменты можно сделать переменными, то есть в зависимости от каких-либо условий в сборочный чертеж будет загружаться тот или иной фрагмент. Эта возможность позволяет создавать сборочные чертежи и модели изделий с разными вариантами исполнения, когда в составе одной и той же сборки участвуют разные детали в зависимости от варианта исполнения.

Сборочные чертежи непосредственно не содержат в себе всех данных фрагментов. Они хранят лишь необходимое изображение и ссылки на эти чертежи. Это позволяет добиться максимально компактного хранения чертежей в памяти и на диске. Кроме того, если один и тот же файл чертежа был включен в различные сборки, то при его модификации произойдут соответствующие изменения и в тех документах, в которых он был использован.

Прежде чем приступить к началу создания сборочного чертежа, желательно продумать его структуру. При этом нужно постараться определить требования к его параметрическим возможностям: что конкретно впоследствии необходимо будет менять, какие части составят чертёж, какая предполагается иерархия фрагментов. От результатов этого предварительного анализа будет зависеть, какому из методов создания сборочной модели и фрагментов отдать предпочтение. Отличие методов проектирования сборочных чертежей состоит в способе создания файла фрагмента.

**Проектирование «Снизу вверх».** При использовании этого метода сначала в отдельных документах T-FLEX CAD обычным способом создаются чертежи деталей, входящих в сборку. Создание сборочного чертежа в этом случае заключается в последовательном нанесении на него необходимых фрагментов. При этом нужно решать задачи привязки изображения детали к сборочному чертежу.

**Проектирование «Сверху вниз»** Смысл этого метода в том, что основа чертежа детали берётся из сборочного чертежа, т.е. создание фрагментов происходит в контексте сборки. В этом случае проектирование начинается с создания сборочного чертежа. Уже созданные части сборочного чертежа, в том числе линии изображения и узлы фрагментов, могут использоваться для создания новых фрагментов. Этот подход упрощает создание ассоциативных связей между фрагментами сборки и процесс их привязки. Созданные фрагменты сохраняются в отдельные документы для дальнейшей доработки и/или использования в других сборочных чертежах.

Описанные методы можно комбинировать. Например, фрагмент, созданный и нанесённый на сборку методом «Снизу вверх», впоследствии можно отредактировать уже в контексте сборки. А фрагмент, созданный в контексте сборки, может быть впоследствии использован при создании других сборок методом «Снизу вверх».

# СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ ПРАКТИК СТУДЕНТАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ МАШИН»

*Кандидат технических наук, доцент*

**Баклушина И.С.**

Важным этапом учебного процесса является практическая подготовка студентов любой специальности и направлений. Профессиональная практика позволяет провести реализацию теоретических знаний, научных разработок непосредственно на производстве. Определяющая роль практики, как материальной деятельности людей выражается с одной стороны, в том, что практика выступает одним из основных источников знаний, и, с другой стороны, в том, что она является и средством проверки истинности знаний, критерием истины. Обе эти стороны неразрывны уже потому, что любой акт практики всегда есть в то же время и средство проверки истинности имеющихся знаний, и источник получения новых знаний. Связь теории с практикой в самом процессе создания теории, равно как и непрерывное обращение к теории в ходе практики, является важнейшим требованием, соблюдение которого необходимо для успешного развития теории и практики. Надо всегда помнить, что теория и практика взаимно связаны и взаимодействуют не как внешние друг другу силы, а как взаимно проникающие друг в друга, тесно сплетающиеся стороны единой человеческой деятельности.

Студенты-механики специальности «Динамика и прочность машин» обучаются до степени бакалавра 4 года, до квалификации инженера 5,5 лет. За этот период они проходят учебную практику (1 курс), первую производственную (3 курс), вторую производственную (5 курс) и преддипломную (6 курс).

Согласно учебному плану специальности длительность практик составляет:

- учебная практика – 3 недели;
- первая производственная практика – 5 недели;
- вторая производственная практика – 6 недель;
- преддипломная практика – 4 недели.

Особенностью проведения профессиональных практик у студентов специальности «Динамика и прочность машин» является сово-

купность теоретической, производственной и научной области знаний.

### 1. Теоретическая часть.

Изучение ЕСКД (единой системы конструкторской документации), знакомство со структурой и основными грузопотоками предприятий, а также конструкциями машин и агрегатов металлургического, горного производства и машиностроения. Руководителем практик предоставляется предварительный перечень необходимых литературных источников для написания теоретической части отчета.

### 2. Производственная часть.

Подход к выбору мест практики индивидуален, так как темы, выбранные студентами на первом курсе, имеют широкое применение в различных отраслях машиностроения, горной промышленности, строительной механики и т.д. Результатом прохождения практики является отчет, содержащий ежедневный графики и отражающий анализ работы оборудования с последующими конструктивными предложениями по устранению выявленных недостатков. Более того, за период практики многие студенты успевают разработать пакет документов для изготовления конкретных деталей, узлов и даже механизмов. Новые разработки или макеты защищаются патентами Российской Федерации, актами о внедрении результатов научных исследований на производстве.

### 3. Научно-исследовательская часть.

Обмен практическими и теоретическими результатами исследований является одним из важных особенностей подготовки квалифицированных инженеров-механиков. За период обучения студенты участвуют в научно-практических конференциях, как в стенах Сибирского государственного индустриального университета, так и в других городах. Являются исследователями, изобретателями, авторами научных публикаций и патентов РФ, участниками и призерами «Инноваций года», Кузбасских ярмарок и т.д.

Таким образом, в течение всего учебного процесса у студентов специальности «Динамика и прочность машин» научные исследования неразрывно связаны с практическим применением разработанных идей, что является главной особенностью проведения профессиональных производственных практик.

## «ПРОБЛЕМА БЫСТРОХОДНОГО ВАЛА»

*Кандидат технических наук, доцент*

**Куклин С.А.**

Быстроходный вал редуктора часто приходится напрямую соединять с валом электродвигателя, при этом очевидно рационально принимать диаметры валов одинаковыми, что обычно и рекомендуется. Однако здесь конструктор сталкивается с проблемой.

Выходные концы валов электродвигателей стандартизованы Международной электротехнической комиссией (таблица 1). В последнем столбце таблицы приводятся диаметры, рассчитанные по формуле

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}}, \quad (1)$$

где  $T$  – крутящий момент, передаваемый валом;

$[\tau]$  – допускаемое касательное напряжение.

Следует заметить, что напряжения, приведенные в таблице, считаются предельными для вала электродвигателя, то есть реально они еще меньше (не больше  $10 \text{ МПа}$ ).

В то же время по ГОСТ 24266-94, выпускаемые промышленностью редукторы имеют входные концы, рассчитанные на допускаемое напряжение  $[\tau]=20 \text{ МПа}$  или  $[\tau]=28 \text{ МПа}$  или больше [1, т. 3, с. 667], т.е. при том же моменте имеют заведомо меньшие диаметры валов, чем валы электродвигателей.

Более того, по ГОСТ не допускается сочетание валов с различными диаметрами: для втулочно-пальцевых муфт допускается сочетание только в пределах диаметров, рекомендованных для одного крутящего момента [1, т. 2, с. 315].

Спрашивается, как соединить быстроходный вал стандартного редуктора с валом стандартного электродвигателя при помощи наиболее распространенной втулочно-пальцевой муфты, не нарушая требования равенства диаметров полумуфт? Нигде этот вопрос не рассматривается, по-видимому, каждый конструктор поступает по своему усмотрению. Обычно быстроходные валы, соединяемые посредством муфты с электродвигателем, имеют завышенные диаметры, то есть, и двигатель и редуктор работают с большим запасом.

Таблица 1 – Размеры выходного конца вала, шпонок и шпоночных пазов по МЭК72

$d, мм$		$l, мм$	$b, мм$	$h, мм$	$t_1, мм$	$T, Нм$	$[\tau], МПа$
7	j6	16	2	2	1,2	0,25	4
9		20	3	3	1,8	0,63	4
11		23	4	4	2,5	1,25	5
14		30	5	5	3	2,8	5
19		40	6	6	3,5	8,25	6
22		50				14	7
24		60	8	7	4	18	7
28						31,5	7
32	k6	80	10	8	5	50	8
38						90	8
42						125	9
48		110	12	8	5,5	200	9
55	m6	140	18	11	7	355	11
60						450	11
65		20	12	12	7,5	630	12
70						800	12
75						1000	12
80		170	22	14	9	1250	12
85						1600	13
90			25			1900	13
95						2360	14
100		210	28	16	10	2800	14
110	4000					15	

Примечание:  $d, l$  – диаметр и длина выходного конца вала,  $b, h$  – ширина и высота шпонки,  $t_1$  – глубина шпоночного паза,  $T$  – предельный крутящий момент для данного диаметра,  $[\tau]$  – допускаемые напряжения, рассчитанные по формуле (1).

Между прочим, у авторов учебников и справочников нет единства в величине допускаемых касательных напряжений. Рассмотрим, например, результаты, получаемые при заданном крутящем моменте  $T=1000Нм$  и допускаемых напряжениях, взятых из различных источников (таблица 2).

В итоге получается, что рекомендуемые значения разнятся в 5 раз в диапазоне 9,8...50МПа с диаметром, изменяющимся в 2 раза – 80...46мм.

Таблица 2 – Сводка допускаемых напряжений на кручение по разным источникам

Источник	Примечание	$[\tau]$ , МПа	$d$ , мм
Анурьев [1, т. 2, с. 19]	Пост. нагрузка и малые изгиб. моменты (короткие валы)	50	46
	Перем. нагрузка и средние изгиб. моменты или пост. нагрузка и значит. изгиб. моменты	37	51
	Перем. нагрузка и средние изгиб. моменты или пост. нагрузка и значит. изгиб. моменты	28,5	56
Гузенков [2, с. 274]		20	63
Куклин [3, с. 311]	Минимальное значение	20	63
	Максимальное значение	30	55
Дунаев, 1984г. [4, с. 36]		40	50
Дунаев, 2000г. [5, с. 42]	Минимальное значение	9,8	80
	Максимальное значение	14,6	70
Иванов [6, с. 296]	Для редукторных валов	12	75
Кудрявцев [7, с. 372]	Для стали 45 (рекомендуется формула $(0,025...0,03)\sigma_B$ )	18	64

Попытаемся оценить при какой величине изгибающего момента правомерно применение формулы (1) и допускаемых касательных напряжений меньше 10МПа.

Допускаемое напряжение берется заниженным, с учетом изгиба и динамических нагрузок. Изгиб учитывается после конструирования вала в формуле

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{экв}}{0,1 \cdot [\sigma_u]}} \quad (2)$$

где  $[\sigma_u]$  – допускаемое напряжение на изгиб,

$M_{экр}$  – эквивалентный момент, который определяют исходя из третьей (наибольших касательных напряжений)

$$M_{экр} = \sqrt{M^2 + T^2}, \quad (3)$$

или четвертой (удельной потенциальной энергии изменения формы) гипотез прочности

$$M_{экр} = \sqrt{M^2 + 0,75 \cdot T^2}, \quad (4)$$

где  $M$  – изгибающий момент в исследуемом сечении.

Диаметры ступеней вала обычно возрастают, начиная с входного конца, поэтому из формул (1) и (2)

$$\sqrt[3]{\frac{M_{экр}}{0,1 \cdot [\sigma_u]}} \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}} \Rightarrow \frac{M_{экр}}{0,1 \cdot [\sigma_u]} \geq \frac{T}{0,2 \cdot [\tau]} \Rightarrow M_{экр} \geq \frac{T \cdot [\sigma_u]}{2 \cdot [\tau]}.$$

Воспользуемся третьей гипотезой прочности

$$M^2 + T^2 \geq \left( \frac{T \cdot [\sigma_u]}{2 \cdot [\tau]} \right)^2 \Rightarrow M^2 \geq T^2 \cdot \left( \left( \frac{[\sigma_u]}{2 \cdot [\tau]} \right)^2 - 1 \right) \Rightarrow$$

$$M \geq T \cdot \sqrt{\left( \frac{[\sigma_u]}{2 \cdot [\tau]} \right)^2 - 1}.$$

Допускаемое напряжение на изгиб  $[\sigma_u]=50\dots95\text{МПа}$  [2, с. 274] намного больше допускаемого напряжения на кручение, т.е.

$\left( \frac{[\sigma_u]}{2 \cdot [\tau]} \right)^2 \gg 1$ . Соответственно соотношение между крутящим мо-

ментом и изгибающим моментом выражается формулой

$$M \geq T \frac{[\sigma_u]}{2 \cdot [\tau]}. \quad (5)$$

При конкретных значениях  $[\sigma_u]=80\text{МПа}$  и  $[\tau]=10\text{МПа}$  следует, что применять низкие значения допускаемых касательных напряжений следует, когда  $M > 4T$ . Или по-другому: формулу (1), не учитывая изгиба, правомерно применять при рекомендуемых значениях допускаемых касательных напряжений, если изгибающий момент  $M=4T$ . Если изгибающий момент меньше этой величины, то получим завышенную прочность, если изгиб ожидается больше, то следует увеличить диаметр.

Четырехкратное превышение изгибающего момента над крутящим встречается редко (на длинных валах), поэтому, по мнению ав-

тора, необходимо говорить студентам о границах применимости формулы (1), а по большому счету, необходимо пересмотреть требования в ГОСТах.

В заключение заметим, что при завышении диаметра вала в 2 раза масса вала увеличится в 4 раза, при этом существенно изменится цена подшипников. Например, на сегодняшний день, примерная цена пары подшипников №209 – 167,6руб., а пары подшипников №216 – 542,8руб., т.е. различается в 3 раза.

### **Библиографический список**

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. т. 1 – 920с., т. 2 – 912с., т. 3 – 864с.
2. Гузенков П.Г. Детали машин: Учебник для вузов / П.Г. Гузенков. – 4-е изд. испр. – М.: Высш.шк.– 1986. – 359с.
3. Куклин Н.Г. Детали машин: Учебник для техникумов / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. – 5-е изд., перераб. и допол. – М.: Илекса, – 1999. – 392с.
4. Дунаев П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учебное пособие для машиностроит. спец. техникумов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Высш. шк., 1984. – 336с.
5. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – 6-е изд., испр. – М.: Высш.шк., 2000. – 447с.
6. Иванов М.Н. Детали машин: Учебник для втузов / М.Н. Иванов: под ред. В.А. Финогенова. – 6-е изд. перераб. – М.: Высш. шк. – 2000. – 383с.
7. Кудрявцев В.Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов / В.Н. Кудрявцев. – Л.: Машиностроение. – 1980. – 464с.

# ВЫБОР ТИПА КОНВЕЙЕРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕСУЩЕГО ПОЛОТНА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ»

Доцент

Мизин Ю.Г.

Приведенные в настоящей работе рекомендации могут помочь студентам, выполняющим контрольные задания по выбору типа пластинчатого конвейера, достаточно быстро выполнить необходимые расчеты.

Пластинчатые конвейеры предназначены для транспортирования острокромочных или горячих материалов, кусковых или штучных грузов. Они состоят из тягового органа (в виде одной или двух бесконечных тяговых цепей) с прикрепленным к нему настилом из отдельных пластин, приводного (ПУ), натяжного (НУ), загрузочного устройства (ЗУ) и рамы. Различные схемы пластинчатых конвейеров представлены на рисунке 1. При плоском настиле возможно наличие и разгрузочного устройства в виде плужкового сбрасывателя. Привод наиболее часто осуществляется от электродвигателя через редуктор.

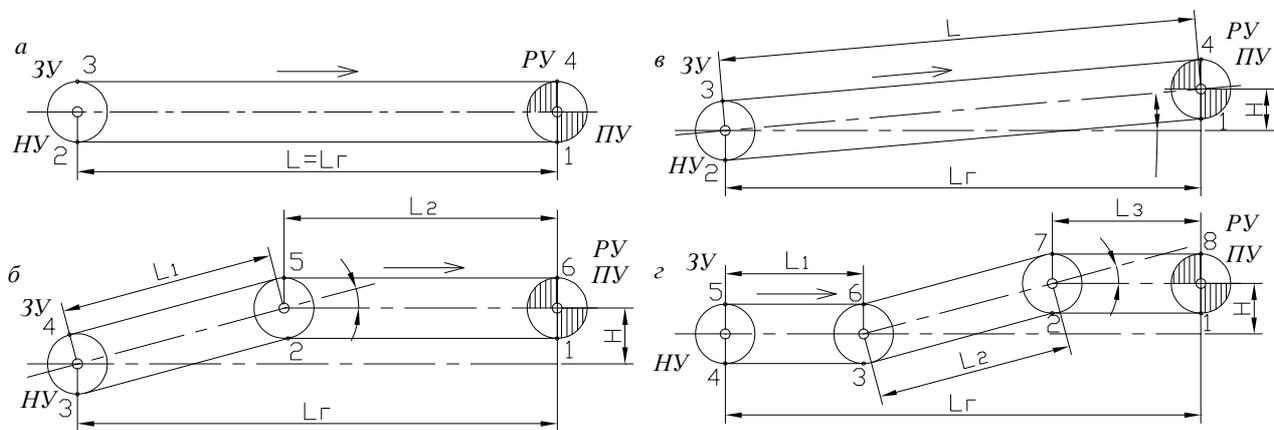


Рисунок 1 – Схемы пластинчатых конвейеров:

*а* – горизонтального; *б* – наклонно-горизонтального; *в* – наклонного; *г* – горизонтально-наклонно-горизонтального; ПУ – приводное устройство; НУ – натяжное устройство; ЗУ – загрузочное устройство; РУ – разгрузочное устройство.

Пластинчатые конвейеры различаются в основном конструкцией настила (рисунок 2) и выбираются в зависимости от назначения (таблица 1).

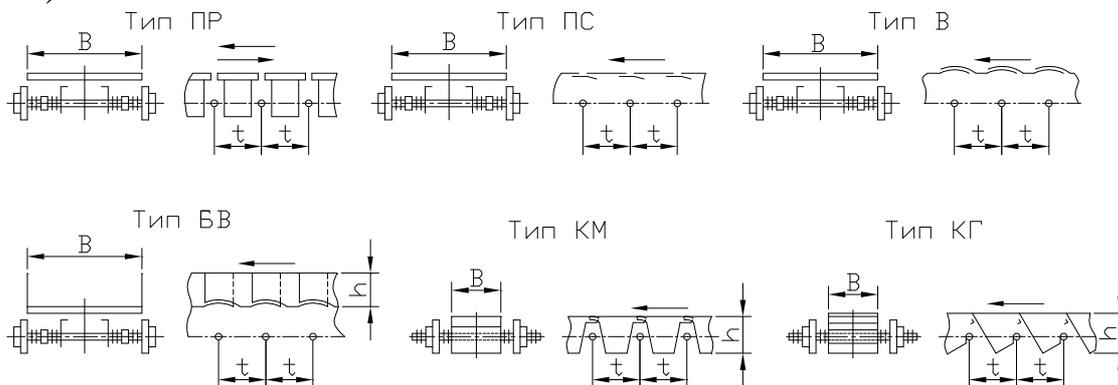


Рисунок 2 – Типы пластинчатых конвейеров

Таблица 1 – Типы пластинчатых конвейеров (ГОСТ 22281-76) и область их применения

Обозначение типа конвейера	Тип конвейера	Область применения
ПР	Плоский разомкнутый	Для транспортирования штучных грузов
ПС	Плоский сомкнутый	Для транспортирования штучных и насыпных (кусковых) грузов
В	Безбортовой волнистый	
БВ	Бортовой волнистый	Для транспортирования насыпных и штучных грузов
КМ	Коробчатый мелкий	Для транспортирования насыпных грузов
КГ	Коробчатый глубокий	

Пластинчатые конвейеры бывают двух исполнений: с ходовой частью с катками; с ходовой частью без катков. Катки (опорные ролики) являются элементами металлоконструкций.

Ширина настила (мм) при транспортировании штучных грузов:

$$B = b_1 + B_1, \quad (1)$$

где  $b_1$  – наибольший поперечный размер груза (рисунок 3), мм;

$B_1$  – запас ширины настила: для безбортовых конвейеров  $B_1 = 50...100\text{мм}$ , для бортовых  $B_1 = 100...150\text{мм}$ .

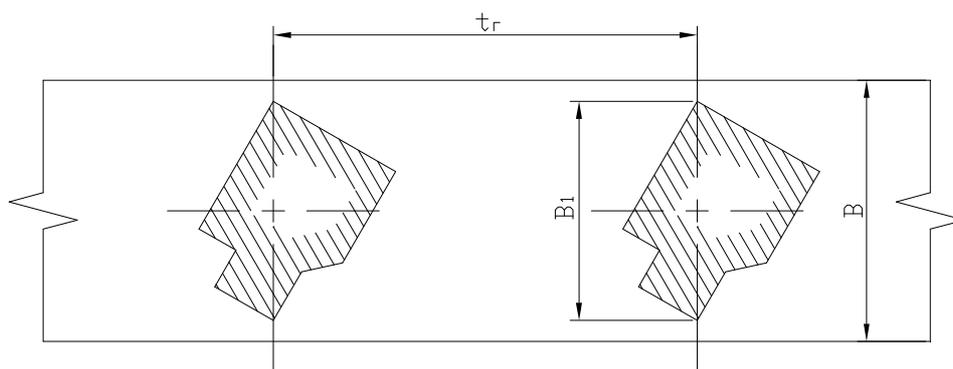


Рисунок 3 – Расположение штучных грузов на настиле конвейера.

Ширина настила (мм) при транспортировании насыпных грузов принимается из условия:

$$B \geq k \cdot a + 200,$$

где  $k$  – коэффициент: для сортированного груза  $k = 2,7$ ; для рядового груза  $k = 1,7$ ;

$a$  – наибольший размер типичного куса груза, мм.

Полученные ширина настила и высота борта должны быть округлены до ближайших размеров по ГОСТ 22281-76.

В зависимости от ширины настила назначается шаг цепей и скорость движения полотна.

В основном в пластинчатых конвейерах применяются пластинчатые тяговые цепи (ГОСТ 588-81; СТ СЭВ 1011-78) следующих типов (рисунок 4): 1 – втулочные; 2 – роликовые; 3 – катковые гладкие; 4 – катковые с ребордами.

По конструкции предусматриваются тяговые цепи каждого типа следующих исполнений: 1 – неразборная цепь со сплошными валиками (индекс М); 2 – разборная цепь со сплошными валиками (индекс М); 3 – неразборная цепь с полыми валиками (индекс МС).

Основные параметры и размеры тяговых пластинчатых цепей выбираются по данным ГОСТ 588-81.

Для цепей установлена следующая структура обозначения:

*Наименование изделия  $X_1 - X_2 - X_3 - X_4$  ГОСТ 588-81,*

где  $X_1$  – номер цепи;  $X_2$  – цифровое обозначение типа цепи;  $X_3$  – шаг цепи, мм;  $X_4$  – цифровое обозначение исполнения цепи.

Например, тяговая пластинчатая цепь М с разрушающей нагрузкой  $112\text{кН}$  типа 2 с шагом 100 мм исполнения 1 обозначается:

## Цепь М112-2-100-1 ГОСТ 588-81.

Тип 1 Исполнение 1

Тип 2 Исполнение 2

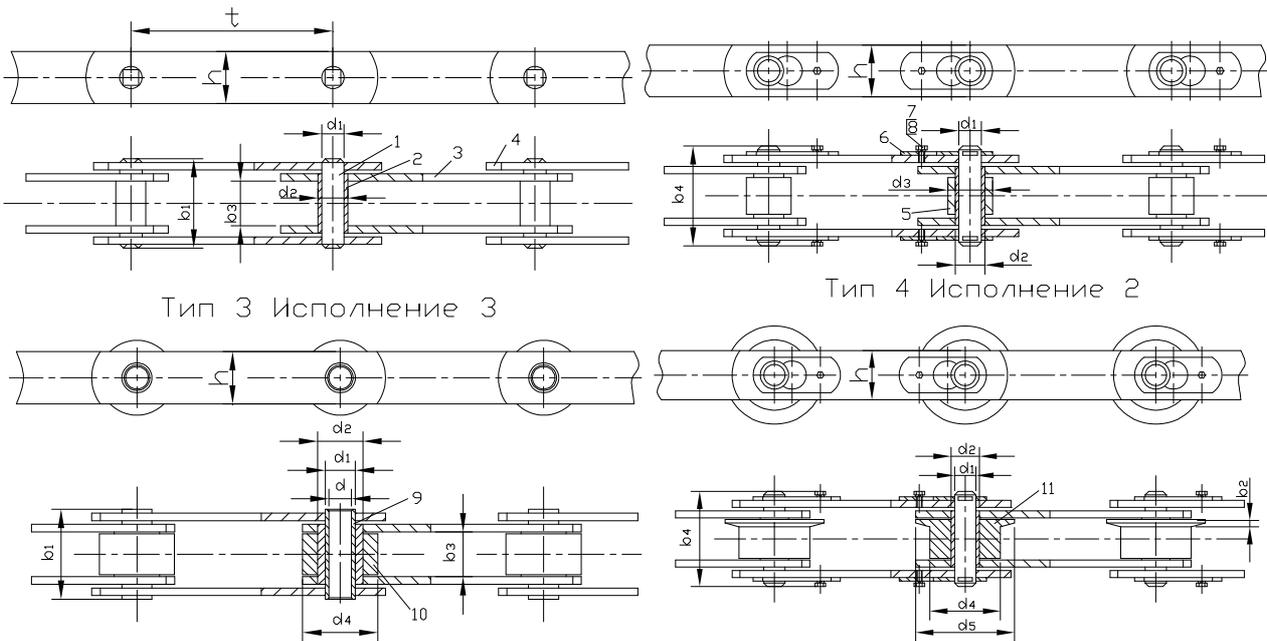


Рисунок 4 – Цепи тяговые пластинчатые:

1 – валик; 2 – втулка; 3 – внутренняя пластина; 4 – наружная пластина; 5 – ролик; 6 – ригель; 7 – болт; 8 – шайба; 9 – полый валик; 10 – каток; 11 – каток с ребордой

Условное обозначение пластинчатого конвейера, согласно ГОСТ 22281-76, содержит наименование изделия, обозначение типа конвейера и его исполнения, ширину настила ходовой части (см) и номер стандарта.

Например, стационарный пластинчатый конвейер общего назначения бортовой волнистый (БВ), исполнения 1, с шириной настила ходовой части  $B = 800\text{мм}$  обозначается:

*Конвейер пластинчатый БВ-1-80 ГОСТ 22281-76.*

Указанные выше различные параметры конвейера принимаются по ГОСТам, выдержки из которых будут размещены в готовящемся к изданию кафедрой ТММ и ОК методическом указании «Расчет пластинчатого конвейера».

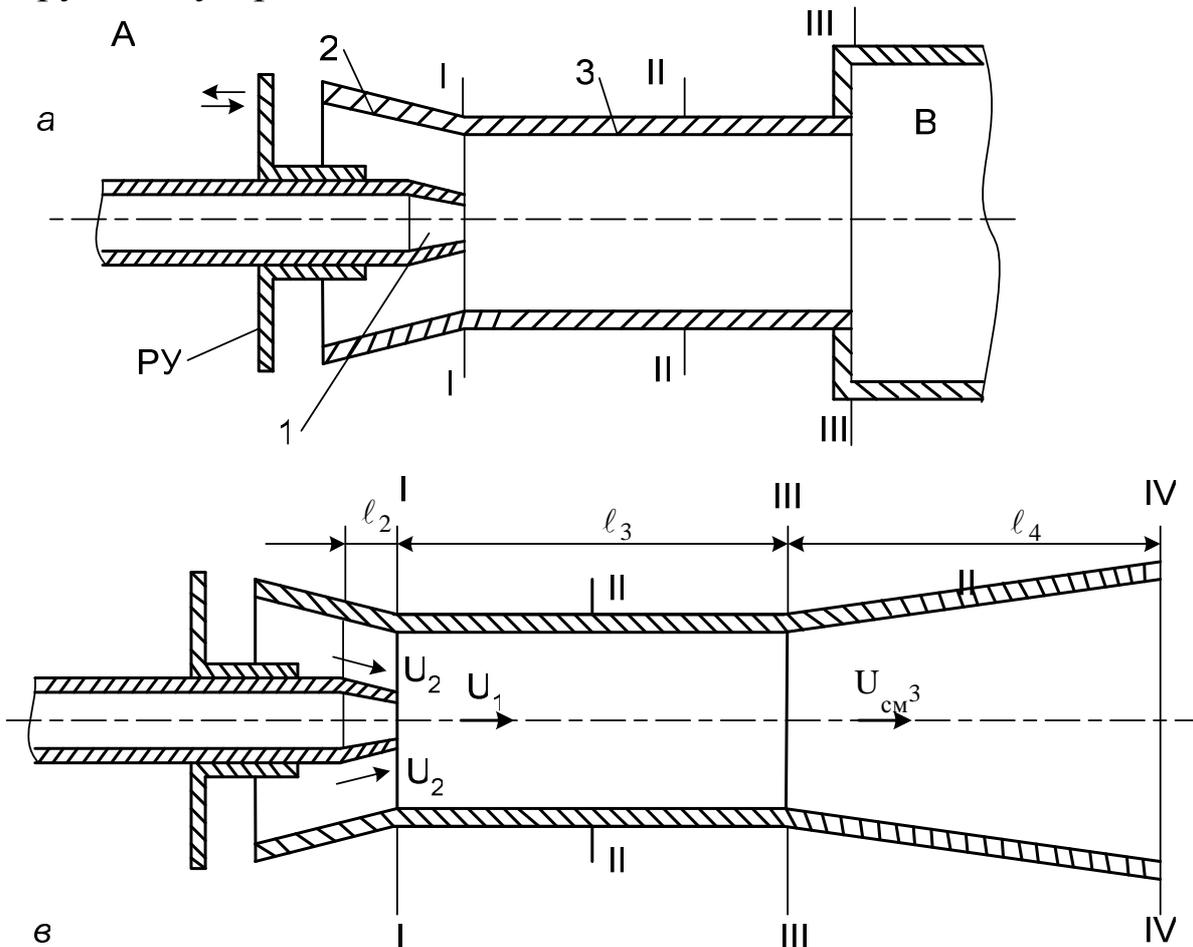
# КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИНЖЕКТОРА И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА

*Кандидат технических наук, доцент*

**Юшков В.Г.**

Инжекторы применяются в гидроприводах, двигателях внутреннего сгорания, в гидравлических следящих системах, в оборонной технике и др. Струйным инжектором является устройство, в котором полное давление потока жидкости увеличивается под действием другой струи, имеющей большую энергию. Передача энергии от одного потока к другому происходит путем их турбулентного смешения. Инжектор прост по конструкции, может работать в широком диапазоне параметров жидкости или газа, позволяет легко регулировать рабочий процесс и переходить от одного режима к другому.

Он имеет следующие элементы (рисунок 1): 1 – сопло рабочей струи, 2 – сопло низконапорной струи, 3 – камеру смешения, 4 – регулирующее устройство (РУ).



Высоконапорная жидкость, имеющая давление  $P_1$ , вытекает из сопла со скоростью  $u_1$  в смесительную камеру. Область течения этой жидкости делится на 2 участка. На начальном участке течение с приближением соответствует турбулентной струе, развивающейся в спутном потоке. На ее поверхности претерпевают тангенциальный разрыв скорость течения, температура, концентрация примеси, но распределение статического давления является непрерывным. Поверхность неустойчива, возникают вихри в продольном и поперечном направлениях, возникает область пониженного давления, в результате низконапорная жидкость из пространства А устремляется через сопло и регулирующее устройство в смесительную камеру.

Отношение количества низконапорной жидкости к количеству высоконапорной жидкости называется кратностью инжекции: объемной

$$\varphi_0 = \frac{Q_{02}}{Q_{01}} (m^3/m^3) \quad (1)$$

или массовой

$$\omega = \frac{m_2}{m_1} (kg/kg) \quad (2)$$

Соотношение между ними

$$\omega = \psi_0 ( \rho_{02} / \rho_{01} ), \quad (3)$$

где  $\rho_{01}, \rho_{02}$  – плотности инжектирующей и инжектируемой жидкости.

В сечении II-II, называемом граничным сечением, пограничный слой из смеси жидкости достигает оси смесительной камеры и заполняет все ее поперечное сечение.

После сечения II-II в основном участке камеры происходит выравнивание характеристик потоков (скоростей, температур и концентраций) и при достаточной длине этого участка в пространство Б поступает достаточно однородная смесь жидкостей, давление которой  $P_3$  тем больше превышает давление жидкости  $P_2$ , чем меньше коэффициент инжекции  $\omega$ .

С помощью сопел жидкость с минимальными потерями подводится в смесительную камеру, в которой за счет поперечного переноса вырабатываются все параметры потока.

При закрытом положении РУ смесительная камера отсечена от пространства А и происходит истечение жидкости узкого канала 1 в широкий канал 2. Количество движения жидкости уменьшается, ско-

рость движения его убывает от начального значения  $u$ , до значения  $u_{13}$  в конце смесителя, а статическое давление возрастает от  $P_{11}$  в сечении I-I до значения  $P_3 = P_{\text{окр}}$  в сечении III-III. При открытии смесителя от крайнего правого положения РУ до крайнего его левого положения кратность инъекции увеличивается, а разрежение инжектора ( $P_{\text{окр}} - P_1$ ) уменьшается. Увеличение инъекции и уменьшение разрежения инжектора будут происходить до тех пор, пока РУ не займет положение, при котором его перемещение влево не будет изменять аэродинамического сопротивления на пути инжектируемой жидкости при истечении ее из пространства А в смеситель. Следовательно, перемещение РУ изменяет кратность инъекции от нуля до максимального значения, а разрежение в смесителе изменяется при этом в обратном порядке от максимума до минимума.

Аналогичных результатов можно достигнуть изменением статического давления в пространстве Б, в которое приводится инъекция.

Диффузор является средством понижения противодавления и увеличения кратности инъекции и не имеет органической связи с явлением инъекции, поэтому инжекторы не всегда имеют диффузоры.

Для установления рациональных параметров инжектора необходимо выбрать такие его геометрические размеры, чтобы при заданных начальных параметрах и соотношения расходов жидкостей получить наибольшее давление смеси жидкостей, или при заданных начальных и конечных давлениях получить наибольшую кратность инъекции. Для решения этой задачи составляется уравнение инъекции, которое связывает необходимый запас энергии инжектирующей жидкости, кратность инъекции, противодавление, геометрические размеры инжектора и физические свойства обеих жидкостей [1, 2].

Таким образом можно спроектировать инжектор, в котором инжектирующей жидкостью является перегретый водяной пар, а инжектируемой жидкостью – воздух, который изменяет, свои параметры в широких пределах и струя при определенных условиях становится двухфазной.

### **Библиографический список**

1. Самойлович Г.С. Гидрогазодинамика: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 382 с.
2. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Пер. со 2-го нем. изд. Г.А. Вольперта. 2-е изд. – М.: Ижевск: НИЦУдГУ, 2000. – 576 с.

# О МЕТОДАХ АКТИВИЗАЦИИ ВНИМАНИЯ И МЫСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ НА ЛЕКЦИИ

*Кандидат химических наук, доцент*

**Демин В.М.**

Лекция традиционно является ведущей формой обучения в вузе [1-4]. Ее основная цель – вызвать интерес студентов к изучаемой дисциплине и сформировать ориентировочную базу для последующего усвоения учебного материала. Лекция дает систему знаний. Лекция – самый экономный путь овладения знаниями. За 1,5 часа студент получает знания, на приобретения которых другими способами ему пришлось бы потратить времени в 10 – 20 раз больше. Лекция – не пассивная форма обучения. Уже давно известно, что «студент не сосуд, который нужно наполнить, а факел, который нужно зажечь». Лекция должна вызывать у студентов интерес и потребность к углубленной самостоятельной работе, стимулировать их самостоятельные занятия и поиски. Поэтому повышение эффективности лекционных занятий следует рассматривать как важнейший резерв улучшения подготовки специалистов.

Чтение лекций – это искусство, форма которого во многом определяется духовно-психологическими чертами характера лектора, а также его физическим состоянием [1,4]. Рассмотрим некоторые рекомендации, направленные на привлечение внимания слушателей к изучаемой дисциплине и на активизацию их мыслительной деятельности.

**Элементы проблемного обучения.** Хорошая лекция не должна быть сведена только к объяснительно-иллюстративному ее изложению. На лекции студент должен размышлять вместе с лектором, мыслить, полемизировать, доказывать, отстаивать свою жизненную позицию. Это, как хорошо известно, достигается при использовании в лекции элементов проблемного обучения.

Постановка и обоснование вопроса-проблемы – важный начальный этап лекции. Разрешение проблемной ситуации является основным содержанием лекции [5]. При проблемном обучении студенты являются активными участниками выполняемой на лекции работы. Они принимают участие в формировании проблемы исследования, более или менее самостоятельно предлагают варианты ее решения,

делают выводы, обобщения. Основываясь на своем опыте и старых знаниях, студенты как бы сами добывают новые знания. При этом у слушателей развивается опыт творческой деятельности. Проблемное обучение такого типа, на наш взгляд, может быть использовано только в численно небольших лекционных потоках, не превышающих двух лекционных групп.

В больших же лекционных потоках студенты не могут быть активными участниками лекции. Проблемное обучение в этом случае может проявляться в том, что лекционное повествование носит характер исследования с элементами диалога.

**Связь со специальностью.** Интерес студентов к изучаемому предмету усиливается, если на всех лекциях в большей или меньшей мере преподаватель будет показывать связь читаемой дисциплины с будущей специальностью студентов.

**Увлеченность и эмоциональность лектора.** Энтузиазм, воодушевление, увлеченность лектора своим делом делают лекцию интересной, увлекательной, эмоционально окрашенной. Благодаря этому обостряется интерес слушателей к излагаемой дисциплине и усиливается их интеллектуальная восприимчивость. Человеческие эмоции, как известно, не только полезны для здоровья, но они лежат в основе всякого творчества. Эмоции слушателей способствуют лучшему усвоению ими лекционного материала. Кроме того, эмоциональные чувства слушателей составляют, на наш взгляд, основу оценки ими качества лекции.

Студент не только слышит лектора, но и видит его. Поэтому лектор должен выбрать место, с которого ему удобно было бы говорить, а студентам – легко слушать. Мысли лектора передаются студентам не только словами, но и интонацией, мимикой, жестами, всем его внешним обликом. Жесты оживляют речь, но они должны гармонизировать с речью и не быть однообразными.

Н.В. Гоголь, будучи профессором Киевского университета, выразил требования, предъявляемые к языку лектора: «Нельзя вообразить, не испытавши, какое вредное влияние происходит из-за того, что слог профессора вял, сух и не имеет той живости, которая не дает мыслям ни на минуту рассыпаться. Тогда не спасет его самая ученость: его не будут слушать; тогда никакие истины не произведут на слушателей влияния, потому что их возраст есть возраст энтузиазма и сильных потрясений... Чтобы делаться доступнее, он не должен быть

скуп на сравнения. Как часто понятное еще более поясняется сравнением! И поэтому эти сравнения он должен всегда брать из предметов, самых знакомых слушателям. Тогда и идеальное, и отвлеченное становится понятным».

Эмоциональное воздействие на слушателя усиливается, если лектор обладает чувством юмора и умело пользуется им на лекции. Неплохо, если юмор лектора порой вызывает смех слушателей. Во всем должно быть чувство меры. Лекция должна быть увлекательной, но не развлекательной.

**О поведении лектора.** Хорошая лекция возможна только при свободном владении материалом. Наглядные пособия и технические средства обучения следует использовать в таком объеме, чтобы они не заслоняли лектора. Лектор должен целенаправленно формировать положительную установку на себя, на излагаемую им учебную дисциплину и на тему, рассматриваемую на текущей лекции.

Очень важным, на наш взгляд, является соблюдение лектором такта по отношению к студентам. Не рекомендуется делать замечания слушателям во время лекции. Если кто-то из студентов разговаривает, единственное средство их остановить – самому лектору прервать себя на полуслове и посмотреть в сторону разговаривающих. Они поймут, что лектор остановился из-за них, и разговаривать в ходе лекции он никому не позволит. Аудитория таким образом дисциплинируется. Надо учиться управлять аудиторией, и аудитория любит того, кто может управлять ею. Не следует делать замечаний и опоздавшим. Единственное здесь средство – прервать себя и невозмутимо ждать, пока опоздавшие студенты рассядутся. Лекция должна начинаться без опоздания и обрываться в любом месте по звонку на перерыв, поскольку после звонка материал не конспектируется и не усваивается.

В процессе чтения лекции следует позаботиться и об отдыхе слушателей. Лекция – это труд не только для того, кто ее читает, но и для тех, кто ее слушает. Держать аудиторию под напряжением в течение всей лекции нельзя. Материал, трудный для усвоения, следует подавать попеременно с таким, который не требует концентрации воли для его понимания, скучный чередовать с интересным. В те моменты времени, когда внимание студентов притупляется, опытный лектор использует эмоциональную разрядку, обращаясь к шутке, внося в речь какой-нибудь любопытный факт, делая паузу в плавном те-

чении речи, изменяя ее темп, повышая или понижая голос. Целесообразно сделать небольшое «освежающее» отступление, которое должно быть легким и в то же время связанным с содержанием данного места речи. Такими отступлениями могут быть удачно подобранный пример, интересные факты биографии ученых, об их увлечениях и т.д.

**Об ораторском искусстве.** На лекции должны иметь место элементы ораторского искусства – культура речи, эмоциональность, убежденность, строгость, образность, логичность, простота изложения [1]. Хорошо известно, что ораторское искусство опирается на большую культуру: чем больше знаешь, тем лучше скажешь.

В умении видеть то, о чем ты говоришь, и наглядно показывать это слушателям – в этом проявляется настоящий ораторский талант. Приемы диалога всегда действуют на слушателей сильнее, чем простое описание. Наилучшее описание не то, в котором дается максимум подробностей, а то, которое производит неизгладимое впечатление, выделяет самое важное. Речь должна быть убедительной; доказательства – это мускулы речи, они придают ей силу и делают ее твердой. Большое значение имеет интонация.

Хорошая лекция не может быть монотонной. Тихую речь трудно слышать и понять, громкую – трудно слушать. Тон, высота голоса, громкость, темп речи связаны с содержанием и не могут оставаться постоянными на протяжении всей лекции. Следует использовать логические ударения. Качество лекции во многом определяется дикцией лектора. Любая мысль должна быть выражена минимумом слов. Весьма желательны многочисленные непродолжительные паузы по ходу изложения материала.

**Научить слушать лекцию.** Лекционное обучение – процесс двусторонний. Эффективность его зависит как от мастерства лектора, так и от активности слушателей, от их творческого отношения к приобретению знаний. Студентов необходимо готовить к лекционной форме обучения. Они должны знать, что слушание лекции – это активный процесс, требующий максимального напряжения ума, воли, значительных затрат энергии. Усвоение лекционного материала, получение знаний, как в свое время заметил Дистервек, каждым студентом осуществляется индивидуально и самостоятельно.

В процессе запоминания главенствующую роль играет не память сама по себе, а мышление. Мыслительная и творческая работа студента повышается, если он неотступно следуя за линией повество-

вания-исследования лектора, отвечает (мысленно, лучше вслух) на все поставленные лектором вопросы, принимает активное участие в решении исследуемой на лекции проблемы [4].

Лучшему усвоению и запоминанию способствует конспектирование лекционного материала. Здесь проявляются наиболее активно и эффективно зрительно-образная и моторная виды памяти.

**Поддержание внимания слушателей.** Задача лектора – сделать студентов сопричастными к своим мыслям, чтобы они вместе с лектором размышляли над поставленными проблемами. Сотворчество с аудиторией не возникает, если лекция читается по записям и если преподаватель безразличен к тому, как слушают его лекцию: терпят ради приличия или испытывают полное удовлетворение. Не выпуская слушателей из поля своего зрения, лектор все время следит, «идут» ли за ним его слушатели, не «растерял» ли он их по дороге. А.П. Чехов в рассказе «Скучная история» словами старого профессора передал «Читаешь четверть, полчаса и вот замечаешь, что студенты начинают поглядывать на потолок... Один полезет за платком, другой сядет поудобнее, третий улыбается своим мыслям... Это значит, что внимание утомлено. Нужно принять меры. Пользуясь первым удобным случаем, я говорю какой-нибудь каламбур. Все полтора лица широко улыбаются, глаза весело блестят, слышится ненадолго гул моря...».

Интерес у студентов к теме лекции можно пробудить, излагая отдельные положения лекции в форме вопросов и ответов. Это заставляет их сосредоточиться, активнее мыслить, лучше работать на лекции. Наличие или отсутствие контакта с аудиторией связано с личностью лектора, отношением к нему слушателей. Студенты хорошо чувствуют, получает ли лектор удовольствие от общения с ними. Слушатель всегда сочувствует оратору, говорящему с искренним чувством, а «дежурные фразы» и «остывшие слова» не производят впечатления на слушателей. Думая и переживая то, что он говорит, лектор заставляет думать и переживать своих слушателей.

### **Библиографический список**

1. Порубов Н.И. Риторика: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2001. – 384 с.
2. Железнякова О.М. Изжила ли себя лекция в вузе? // Высшее образование сегодня. – 2007. – №3. – С. 30-33.

3. Бабаев Ю.В. Лекция студентам заочникам. // Высшее образование в России. – 2002. – №1. – С. 111.
4. Серегин С.А. Лекция – одна из форм общения преподавателя и студента в процессе обучения. Методические рекомендации в помощь студентам и преподавателям. – Издание СМИ. – Новокузнецк, 1987.
5. Андрощук В.А. Подготовка и чтение лекций проблемным методом // Научное обозрение. – 2006. – №3. – С. 215-217.

Учебно-методическое издание

## ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН

МАТЕРИАЛЫ ВТОРОЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Редактор Т.И. Комиссарова

Подписано в печать .08.08г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 150 экз. Заказ

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Типография СибГИУ