



**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**Федеральное бюджетное государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования**

**" САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ"**

**Кафедра Машиноведение и детали машин**

**Е.А. Тарасенко**

## **ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

### **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ УЗЛА НА ОСНОВЕ ВАЛА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы

Санкт-Петербург  
2012

УДК 620.1: 621.81 (075.8)

ББК 34.41я7

**Е.А. Тарасенко** Детали машин и основы конструирования: Изучение конструкции узла на основе вала. Методические указания к выполнению лабораторной работы /СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2012. - 10 с.

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения, методика проведения лабораторной работы и рекомендации по оформлению отчетов.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 150700 «Машиностроение», 151000 «Технология машиностроения и оборудование», 151600 «Прикладная механика», 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства», 190100 «Наземные транспортно-технологические комплексы» при изучении соответствующих разделов по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования», «Механика. Детали машин». Может быть использовано в системах непрерывного образования.

Илл.3 . Библиогр. 2

## ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ УЗЛА РЕДУКТОРА НА ОСНОВЕ ВАЛА

**Цель работы:** ознакомиться с назначением и конструкциями валов и сочленяемых с ними деталей, критериями их работоспособности и расчёта, получить практические навыки по конструированию узлов на основе вала.

**Оборудование и принадлежности:** вал механизма, штангенциркуль, справочная литература.

### *Краткие теоретические сведения*

Валом называется деталь, предназначенная для поддержания вращающихся частей механизмов и передающая вращающий момент. Так как возникновение вращающих моментов обусловлено наличием сил, например, сил натяжения ремней, сил в зацеплении зубчатых колёс, валы, кроме крутящих моментов, как правило, нагружены и изгибающими моментами.

Валы делят по следующим основным признакам.

По назначению:

- а) валы передач, т.е. несущие детали передач: зубчатые колёса, шкивы, цепные звёздочки, муфты;
- б) специальные валы, несущие, кроме деталей передач, рабочие органы машин: кривошипы, инструменты, зажимные патроны и т.д.

По форме геометрической оси:

- а) прямые;
- б) коленчатые;
- в) гибкие (с изменяющейся осью).

По форме поперечного сечения:

- а) цилиндрические;
- б) шлицевые;
- в) гранёные;
- г) фасонно–профильные.

По наличию осевого отверстия:

- а) сплошные;
- б) полые;
- в) с отверстием на части длины.

По изменению сечения вдоль оси:

- а) постоянного сечения;
- б) ступенчатые с цилиндрическими и коническими участками.

По расположению и числу опор:

- а) консольные;
- б) двухопорные;
- в) многоопорные.

По выполняемым функциям:

- а) входные;
- б) выходные;
- в) промежуточные.

Опорные части валов называют цапфами. Цапфа на конце вала называется шипом (отсюда название – подшипник), цапфа на промежуточном участке вала называется шейкой. Участок вала, предназначенный для восприятия осевых нагрузок, называется пятой. Обычно это – торец вала, иногда буртик, т.е. выступ на валу.

Передача вращающего момента между валами и насаженными на них деталями осуществляется с помощью шпоночных соединений (рис. 1,а,б,в,ж,з), посадки с натягом (рис. 1,е), с помощью зубчатого (шлицевого) соединения (рис. 1,и), а при небольших передаваемых моментах – за счет сил трения между гайкой или шайбой и ступицей колеса (рис. 4,г,д). От осевого смещения относительно вала детали удерживаются с помощью винтов (рис. 1,б), буртиков и резьбовых соединений (рис. 1,в,г,д), с помощью конических участков и резьбовых соединений (гаек) (рис. 1,з,с), стопорных колец (рис. 1,а), распорных втулок.

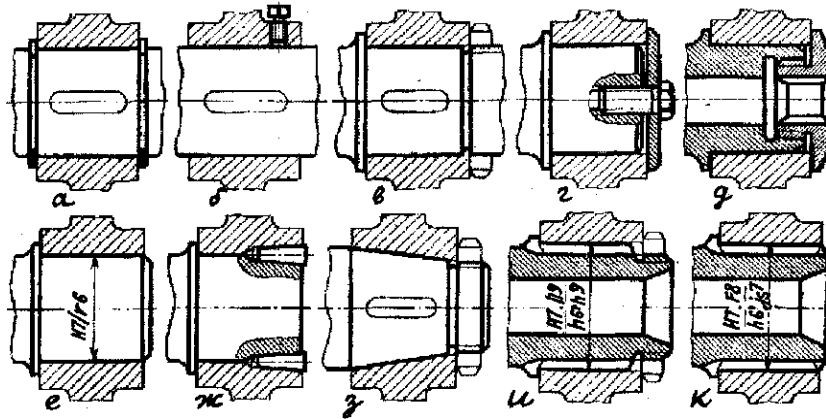


Рис. 1. Крепление деталей на валах

Валы являются ответственными тяжело нагруженными деталями, поэтому они изготавливаются из качественных углеродистых или легированных сталей, подвергаются термической или химико-термической обработке.

Основными критериями работоспособности валов являются усталостная прочность (выносливость) от длительно действующих переменных напряжений, статическая прочность и жесткость. Как правило, проверка на статическую прочность проводится по третьей или четвертой гипотезам прочности по максимальным напряжениям, возникающим при перегрузках привода. Чаще всего кратность перегрузки определяется характеристиками приводного двигателя.

Проектирование вала начинают с определения диаметра его выходного конца, на который насаживается муфта или другой элемент передачи (шкив ременной передачи, цепная звёздочка или зубчатое колесо внешней передачи). Этот диаметр определяется лишь из условия кручения по пониженным допускаемым напряжениям  $[\tau] = (10...30)$  МПа.

При установке на выходном конце вала муфты, не передающей изгибающий момент (например, компенсирующей), допускаемое напряжение принимают наиболее высоким  $[\tau] = (25...30)$  МПа. При наличии изгибающего момента допускаемое напряжение принимают в пределах  $[\tau] = (15...20)$  МПа.

Расчёт проводят на основании условия прочности на кручение

$$\tau = \frac{T}{W_p} \leq [\tau], \quad (1)$$

где  $\tau$  – действующее напряжение, МПа;  $T$  – крутящий момент, Нмм;  $W_p$  – полярный момент сопротивления поперечного сечения вала, мм<sup>3</sup>.

Для сплошного круглого сечения

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3,$$

где  $d$  – диаметр вала, мм.

Из (1):

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}}$$

Вращающие моменты, передаваемые муфтами, можно оценить по значениям допускаемых моментов, приведенных в справочных таблицах на муфты, приняв коэффициент запаса  $k \approx 1,3 \dots 1,5$ .

Момент, который может передать шпоночное соединение, можно определить из условия прочности шпонки по напряжениям смятия и среза:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot A_{см}},$$

где  $T$  – передаваемый момент, Нмм;  $d$  – диаметр вала, мм;  $A_{см}$  – площадь смятия шпонки, определяется формой и размерами шпонки, мм<sup>2</sup>.

$$\tau_{ср} = \frac{2T}{d \cdot A_{ср}} \leq [\tau_{ср}],$$

где  $A_{ср}$  – площадь среза шпонки, которая определяется её формой и размером, мм<sup>2</sup>.

При оценке назначения вала редуктора и его отдельных конструктивных элементов, прежде всего, обращают внимание на наличие выходных концов вала. Если нет выходных концов, то вал – промежуточный, при этом у него должно быть не менее двух посадочных участков для зубчатых колёс, имеющих, как правило, шпоночные пазы. Эти участки могут иметь одинаковые или различные размеры, могут разделяться буртиками. Кроме посадочных поверхностей для зубчатых колёс промежуточные валы должны иметь шипы (цапфы на концах вала). Пример промежуточного вала приведен на рис. 2.

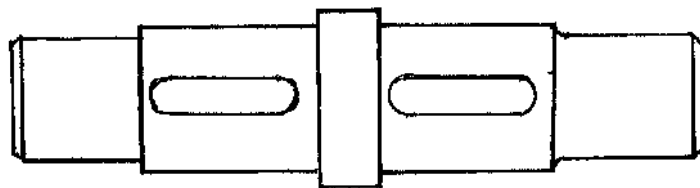


Рис. 2. Промежуточный вал

Входные и выходные валы имеют выходные концы, предназначенные для крепления на них муфт, шкивов, внешних зубчатых колёс, цепных звёздочек. Входной вал от выходного можно отличить по следующим признакам. При одинаковой длине входные валы имеют значительно меньшие диаметры, чем выходные. Отношение длины участка вала между серединами цапф к диаметру цапфы для входных валов обычно лежит в пределах 1,8..2,5, а для выходных валов это отношение составляет 2,5..3,5 и более. Если выходной конец вала имеет конусный участок с резьбой на конце, то на него предполагается насаживать не муфту, а какой-то элемент передачи (шкив, звёздочку), следовательно, этот конец вала будет нагружен радиальной силой и будет испытывать кроме кручения изгиб. На входных и выходных валах следует различать участки под уплотнительные устройства, имеющие более высокую чистоту обработки, чем остальные участки.

### **Порядок выполнения работы**

1. Внимательно осмотрите вал, предложенный преподавателем. Определите наличие цапф, посадочных поверхностей, переходных участков. Оцените назначение буртиков, конических участков, шпоночных канавок, шлицев и других конструктивных особенностей вала.

2. Проведите измерения размеров вала и составьте его эскиз с указанием всех конструктивных особенностей и размеров в соответствии с рис.3.

3. Используя размеры вала, оцените допускаемую величину вращающего момента, передаваемого валом, по выражению (1).

4. Используя справочную литературу, по размерам вала подберите сочленяемые с ним детали: муфты, подшипники качения, шпонки и др., выпишите их основные справочные данные, определите вращающие моменты, которые могут передавать данные детали. Сопоставьте значения моментов, передаваемых навесными деталями, с рассчитанным значением допускаемого момента вала.

5. Составьте отчёт о работе.

## Форма отчета

1. Эскиз вала.
2. Допускаемая величина вращающего момента, передаваемого валом.
3. Параметры муфты, подшипников качения, шпонки и др.
4. Вращающий момент, передаваемый муфтой, шпонкой.

## Контрольные вопросы

1. Какие детали называют валами?
2. Перечислите внутренние усилия, возникающие в поперечном сечении вала.
3. Перечислите напряжения, возникающие в поперечном сечении вала.
4. Критерии работоспособности валов. Влияние на работоспособность вала материала и химико-термической обработки.
5. Материалы, используемые для изготовления валов.
6. Химико-термическая обработка вала.
7. Классификация валов.
8. Понятия входного, выходного и промежуточных валов.
9. Назначение и конструкция выходных участков входного и выходного валов.
10. Способы соединения валов с муфтами, зубчатыми колесами, цепными звездочками, шкивами ременных передач и т.д.
11. Как, используя размеры вала, определить величину выходного момента редуктора?
12. Полярный момент сопротивления поперечного сечения вала.
13. Как определяются изгибающие моменты в опасном сечении вала при действии вертикальных и горизонтальных силовых факторов?
14. Осевой (экваториальный) момент сопротивления вала.
15. Эквивалентные напряжения в поперечном сечении вала по 3-ей и 4-ой гипотезам прочности.
16. Какие напряжения принимают в качестве допускаемых при расчете валов на изгиб, кручение и при сложном напряженном состоянии?
17. Проектировочный расчет валов. Определение диаметра вала из условия кручения.
18. Конструирование вала. Порядок определения диаметров основных участков вала, определение длин участков вала.
19. Перечислите детали и узлы, с которыми валы соединяются сборочными операциями.
20. Как закрепляются детали на выходных концах валов и на промежуточных участках?
21. Что такое галтель, для чего она предназначена?





## **Библиографический список**

1. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Прикладная механика: Учеб. для вузов/ Под ред. Г.Б. Иосилевич. – М.: Высш. шк., 1989. – 351 с. – С. 232-234.

2. Ковалев Н.А. Прикладная механика: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1982. – 400 с. – С. 115-127; 377-381.