

**ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН**  
**КОМПОНОВКА РЕДУКТОРА**  
Методические указания

**Компоновка редуктора**  
Методические указания по дисциплинам «Детали машин и основы конструирования», «Прикладная механика»,

### ***Введение***

Компоновка редуктора - это эскизный проект, включающий в себя разработку сборочного чертежа редуктора. Она выполняется строго в масштабе (предпочтение следует отдавать М 1:1) тонкими линиями карандашом под линейку на миллиметровой бумаге.

При разработке следует изображать главным образом разрезы по осям валов. Для цилиндрических и конических редукторов, при расположении осей в одной плоскости, достаточно проработать один вал, а при расположении осей в двух и более плоскостях – два.

Прежде чем приступить к выполнению компоновки, следует ознакомиться с конструкциями редукторов аналогичными разрабатываемой, выбрать конструкцию и определить размеры основных элементов зубчатых и червячных колес, червяков и корпусных деталей редуктора.

Компоновка прорабатывается в два этапа.

#### ***1. Первый этап эскизной компоновки***

Имеет целью выявить относительное расположение деталей редуктора и заполнить корпус деталями, оценить отношение размеров деталей, выявить габариты редуктора, получить необходимые данные для последующих расчетов валов и подшипников.

##### ***1.1. Краткая рекомендация по конструкции подшипниковых узлов***

Для валов цилиндрических прямозубых и косозубых передач при легких и средних нагрузках применять шарикоподшипники радиальные однорядные, а при тяжелых нагрузках - роликоподшипники конические однорядные.

В передачах с шевронными зубчатыми колесами для тихоходного вала применять аналогичные подшипники, а для быстроходного вала – радиальные роликоподшипники с короткими роликами. Такие подшипники позволяют осевое перемещение вала вместе с внутренними кольцами и роликами по отношению к наружным кольцам (вал «плавающий»), что в свою очередь дает возможность самоустанавливаться шевронной шестерне по колесу.

Для валов конических передач применять радиально-упорные подшипники, при легких и средних нагрузках – шариковые, а при тяжелых – роликовые.

Для валов червячных передач следует применять радиально-упорные подшипники: для вала червяка – шариковые, а для вала червячного колеса – роликовые.

Для быстроходных валов выбирать подшипники средних серий, а для тихоходных – легких.

Для предотвращения заклинивания тел качения, вызываемого температурным удлинением вала или неточностью изготовления деталей подшипникового узла применяются две основные схемы установки подшипников:

1. опоры фиксированных валов;
2. опоры плавающих валов.

Для фиксирования валов наиболее типичными схемами подшипниковых узлов являются:

##### ***Схема «враспор» (рис.1)***

Осевое фиксирование вала осуществляется в двух опорах. В этом случае торцы внутренних колец обеих подшипников упираются в буртики вала или в торцы других деталей, насаженных на вал. Внешние торцы наружных колец упираются в торцы крышек или других деталей, закрепленных в корпусе. Основным достоинством этой схемы является возможность регулирования опор и простота конструкции. Недостаток – возможность защемления вала в опорах. Рекомендация: осевое фиксирование по этой схеме применять при относительно коротких валах и невысоких температурах.

Во избежание защемления тел качения от температурных деформаций предусматривают зазор (а), превышающий тепловое удлинение:

$$a > \Delta l = \alpha \cdot (t_1 - t_0) \cdot l,$$

где  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$  – коэффициент линейного расширения стали,  $1/^\circ\text{C}$ ;

$t_0$  – начальная температура вала и корпуса,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_1$  – рабочая температура вала и корпуса,  $^\circ\text{C}$ ;

$l$  – расстояние между опорами, мм.

Величину «а» устанавливают для каждого вида передачи опытным путем.

Для радиальных шарикоподшипников при обычном перепаде температур вала и окружающей среды принимают  $a \approx 0,2 \dots 0,5$  мм.

Регулируют зазор с помощью мерных прокладок между торцовыми поверхностями корпуса.

В таблице 1 даны рекомендации по применению этой схемы при установке радиально–упорных подшипников с углом контакта  $\alpha = 12^\circ$ .

Таблица 1

**Рекомендации по применению схемы «враспор»**

d, мм	Шариковые радиально–упорные подшипники	Конические роликовые подшипники
	l/d, не более	
Свыше 10 до 30	8	12
Свыше 30 до 50	6	8
Свыше 50 до 80	4	7

Радиально–упорные подшипники с углом контакта  $\alpha \geq 26^\circ$  более чувствительны к осевым зазорам и их в схеме «враспор» не применяют.

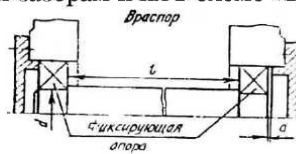


Рис.3. Схема «враспор»

**Схема «враспяжку» (рис.2)**

Осевое фиксирование вала осуществляется также, в двух опорах.

Достоинства схемы: возможность регулирования опор; малая вероятность защемления вала в опорах при температурных деформациях подшипников и вала; увеличение опорного расстояния при установке радиально–упорных подшипников.

Недостатки схемы: возможность образования зазоров, которые нежелательны для радиально–упорных подшипников; посадка подшипника на валу с меньшим натягом из–за необходимости при регулировке его перемещения на валу; некоторое усложнение конструкции опор из–за упорных буртиков в корпусе и наличия регулировочных гаек.



Рис.2. Схема «враспяжку»

**Схема осевого фиксирования вала в опоре с двумя одинарными или одним сдвоенным подшипником (рис.3)**

Эта схема является наиболее распространенной при относительно длинном вале, и в червячных (при  $a_w > 180$  мм) и конических передачах, когда схема «враспор» не может быть применена. Внутренние кольца обеих опор закреплены на валу. Внешние кольца подшипников, расположенных в фиксирующей опоре (на рис.3 правой) закрепляют в корпусе. Наружное кольцо подшипника плавающей опоры оставляют свободным. Плавающая опора воспринимает только

радиальную нагрузку, а фиксирующая опора воспринимает как радиальную, так и осевую силу.

Достоинство схемы: температурные удлинения вала не вызывают его защемления в подшипниках. В этом случае плавающая опора перемещается вдоль оси отверстия корпуса и занимает новое положение, соответствующее изменившейся длине вала, поэтому на размеры корпуса и вала можно назначать весьма широкие диапазоны.

Недостаток схемы: усложняется фиксирующая опора и понижается жесткость плавающей опоры.

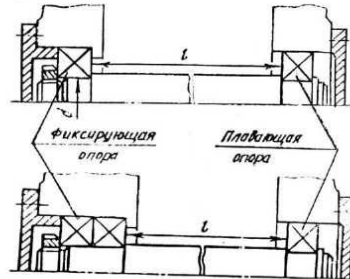


Рис.3. Схема осевого фиксирования вала в опоре с двумя одинарными или одним двойным подшипником

*В качестве опор плавающих валов (валы – шестерни шевронных передач) применяют роликоподшипники с короткими цилиндрическими роликами (рис.4)*

Внутренние кольца подшипников закреплены на валу, а внешние в корпусе. Осевое перемещение вала обеспечивается тем, что внутренние кольца подшипников с комплектом роликов могут смещаться в осевом направлении относительно неподвижных внешних колец.

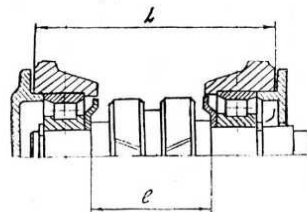


Рис.4. В качестве опор плавающих валов применяют роликоподшипники с короткими цилиндрическими роликами

## 1.2. Рекомендации по способу смазки передач и подшипниковых узлов

### 1.2.1. Смазывание редукторов

Смазывание зубчатых и червячных зацеплений и подшипников уменьшает потери на трение, предотвращает повышенный износ и нагрев деталей, а также предохраняет детали от коррозии. Снижение потерь на трение обеспечивает повышение КПД редуктора.

По способу подвода смазочного материала к зацеплению различают картерное и циркуляционное смазывание.

**Картерное смазывание** осуществляется окунанием зубчатых и червячных колес (или червяков) в масло, заливаемое внутрь корпуса. Это смазывание применяют при окружных скоростях в зацеплении зубчатых передач до  $v \leq 12 \text{ м/с}$ , в зацеплении червячных передач при окружной скорости червяка до  $v \leq 10 \text{ м/с}$ . При большей скорости масло сбрасывается центробежной силой.

Зубчатые и червячные колеса погружают в масло на высоту зуба, а червяк (расположенный внизу) - на высоту витка, но не выше центра нижнего тела качения подшипника. Если условия нормальной работы подшипников не позволяют погружать червяк в масло, то применяют брызговики, забрасывающие масло на червячное колесо (рис.5); в реверсивных передачах устанавливают два брызговика.

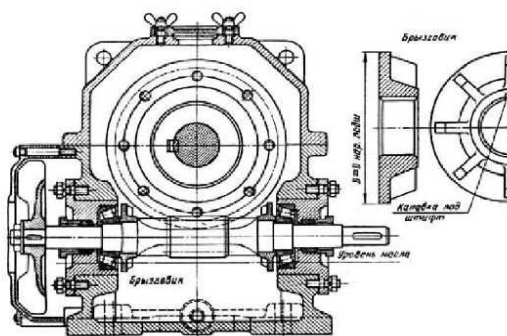


Рис.5. Редуктор с брызговиками

Зубья конических колес погружают в масло на всю длину. В многоступенчатых редукторах часто не удается погружать зубья всех колес в масло, так как для этого необходим очень высокий уровень масла, что может повлечь слишком большое погружение колеса тихоходной ступени и даже подшипников в масло. В этих случаях применяют смазочные шестерни (рис.6) или другие устройства. При  $v \leq 0,5 \text{ м/с}$  колесо погружают в масло до  $1/6$  его радиуса. При смазывании окунанием объем масляной ванны редуктора принимают из расчета  $\sim 0,5 \dots 0,8 \text{ л}$  масла на 1кВт передаваемой мощности.

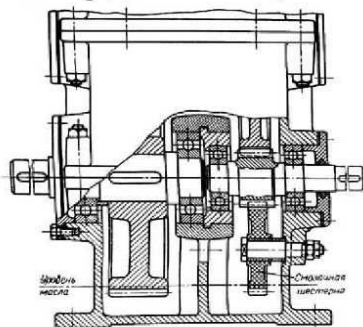


Рис.6. Смазочная шестерня из текстолита

В косозубых передачах масло выжимается зубьями в одну сторону, а в червячных редукторах червяк, погруженный в масло, гонит масло к подшипнику. В том и другом случае для предотвращения обильного забрасывания масла в подшипники устанавливают маслозащитные кольца (см. 1.2.2).

**Циркуляционное смазывание** применяют при окружной скорости  $v \geq 8 \text{ м/с}$ . Масло из картера или бака подается насосом в места смазывания по трубопроводу через сопла (рис.7,а) или при широких колесах через коллекторы (рис.7,б). Возможна подача масла от централизованной смазочной системы, обслуживающей несколько агрегатов.

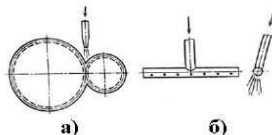


Рис.7. Циркуляционное смазывание

Назначение сорта масла зависит от контактного давления в зубьях и от окружной скорости колеса. С увеличением контактного давления масло должно обладать большей вязкостью; с увеличением окружной скорости вязкость масла должна быть меньше.

**Выбор сорта масла** начинают с определения необходимой кинематической вязкости масла: для зубчатых передач в зависимости от окружной скорости (табл.2), для червячных передач – от скорости скольжения (табл.3). Затем по идейному значению вязкости выбирают соответствующее масло по таблице 4.

Таблица 2

*Рекомендуемые значения вязкости масел для смазывания зубчатых передач при 50 °С*

Контактные напряжения $\sigma_H$ , МПа	Кинематическая вязкость, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , при окружной скорости $v$ , м/с		
	До 2	Свыше 2 до 5	Свыше 5
До 600	34	28	22
Свыше 600 до 1000	60	50	40
Свыше 1000 до 1200	70	60	50

Таблица 3

**Рекомендуемые значения масел вязкости масел для смазывания червячных передач при  $100^\circ\text{C}$**

Контактные напряжения $\sigma_H$ , МПа	Кинематическая вязкость, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ , при скорости скольжения $v_{скл}$ , м/с		
	До 2	Свыше 2 до 5	Свыше 5
До 200	25	20	15
Свыше 200 до 250	32	25	18
Свыше 250 до 300	40	30	23

Таблица 4

**Масла, применяемые для смазывания зубчатых и червячных передач**

Сорт масла	Марка	Кинематическая вязкость, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	Температура
Индустриальное	И-12А	10...14	50 $^\circ\text{C}$
	И-20А	17...23	
	И-25А	24...27	
	И-30А	28...33	
	И-40А	35...45	
	И-50А	47...55	
	И-70А	65...75	
Авиационное	МС-14	15	100 $^\circ\text{C}$
	МК-22	22	
	МС-20	20,5	
Цилиндровое	52	44...59	100 $^\circ\text{C}$

Контроль уровня масла, находящегося в корпусе редуктора, производят с помощью маслоуказателей.

Простейший жезловый маслоуказатель показан на рис.8; для возможности контроля уровня масла во время работы редуктора применяют закрытые жезловые маслоуказатели.

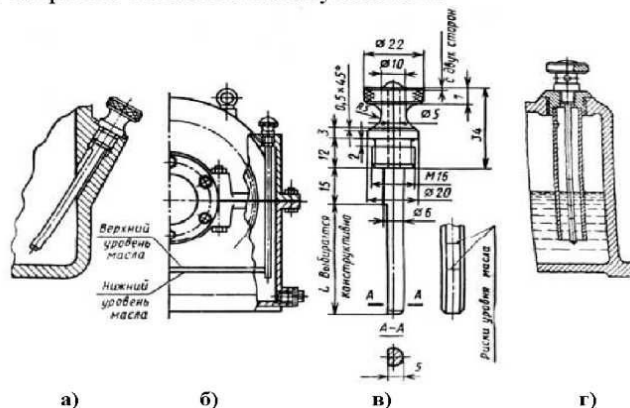


Рис.8. Жезловые маслоуказатели

а – установка в нижней части корпуса редуктора; б – установка в крышке корпуса; в – примерные размеры маслоуказателя для небольших редукторов; г – закрытый маслоуказатель

Фонарный маслоуказатель и его размеры приведены на рис.9. Через нижнее отверстие в стенке корпуса масло проходит в полость маслоуказателя; через верхнее отверстие маслоуказатель сообщается с воздухом в корпусе редуктора.

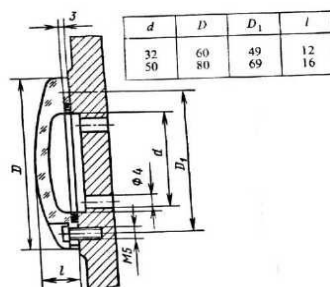


Рис.9. Фонарный маслоуказатель (размеры, мм)

На рис.10 показан трубчатый маслоуказатель, сделанный по принципу сообщающихся сосудов.

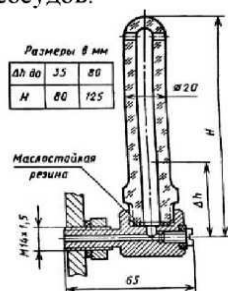


Рис.10. Трубчатый маслоуказатель

### 1.2.2. Смазывание и уплотнение подшипниковых узлов

Для смазывания подшипников применяют пластичные и жидкие нефтяные смазочные материалы (табл.5, табл.6). Требуемую вязкость масла можно определить по номограмме (рис.11).

Таблица 5

#### Пластичные смазочные материалы

Наименование и марка смазки	Температура эксплуатации, °С	Температура каплепадения, °С
<b>Гидратированные кальцевые солидолы</b>		
Солидол синтетический (солидол С)	от -20 до +65	85...105
Пресс-солидол С	от -30 до +50	85...95
Солидолы жировые, пресс-солидол	от -25 до +65	75
<b>Многоцелевые</b>		
Литол-24	от -40 до +130	180
<b>Морозостойкие (тугоплавкие)</b>		
ЦИАТИМ-201	от -60 до +90	175
ЦИАТИМ-203	от -50 до +90	150
<b>Натриевые и натриево-кальцевые</b>		
Консталины жировые УТ-1	от -20 до +120	130...150
<b>Литиевые</b>		
ВНИИ НП-242	от -40 до +100	170...205
ЭШ-176, марка А	от -25 до +100	170...200
<b>Термостойкие (комплексные кальцевые)</b>		
ЦИАТИМ-221С	от -60 до +180	203...207
<b>Вакуумные антифрикционные</b>		
ВНИИ НП-274	от -80 до +160	190...200

Таблица 6

#### Жидкие смазочные материалы

Наименование и обозначение масла	Кинематическая вязкость, 10 <sup>-6</sup> м <sup>2</sup> /с		Температура, °С	
	При 50 °С	При 100 °С	вспышки	затвердевания
<b>Индустриальные</b>				
И-8А	6...8		130	-20
И-12А	10...14		165	-30
И-20А	17...23		180	-15
И-25А	24...27		180	-15
И-30А	28...30		190	-15
И-40А	35...45		200	-15
И-50А	47...55		200	-20
И-70А	65...75		200	-10
<b>Авиационные</b>				
МС-14		14	200	-30
МС-20С		20	250	-18
МК-22		22	230	-14
МС-20		20,5	200	-18

Турбинное				
22	22...23		180	-15
30	28...32		180	-10
46	44...48	—	195	-10
57	55...59		195	—
П-28 (для прокатных станов)	—	26...30	285	-10
Трансмиссионное		8	200	-25
Для коробок передач		20...32	—	-20
Для гипоидных передач	—	14	—	-25
Цилиндровое 38		38...44	300	-17
Цилиндровое 52		44...59	310	-5

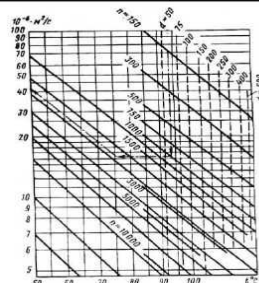


Рис.11. Номограмма для выбора вязкости масла

В редукторах применяют следующие методы смазывания подшипниковых узлов: погружением подшипника в масляную ванну (рис.12,а), фитилем (рис.12,б), разбрызгиванием (картерная), под давлением (циркуляционная); масляным туманом (распылением).

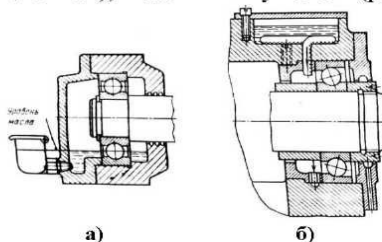


Рис.12 Смазывание подшипника: а – масляная ванна; б – фитильное смазывание

Масляную ванну применяют при  $d_{cp} \cdot n < 200 \cdot 10^3$  мм·об/мин для горизонтальных валов, когда подшипник изолирован от общей системы смазки. Масло заливается в корпус через масленку, верхний уровень которой расположен по заданному уровню масла в корпусе. Смазывание с помощью фитилей применяют для горизонтальных и вертикальных валов при  $d_{cp} \cdot n \leq 60 \cdot 10^3$  мм·об/мин. Смазывание разбрызгиванием применяют, когда подшипники установлены в корпусах, не изолированных от общей системы смазки узла. Вращающиеся детали (зубчатые колеса, диски и пр.), соприкасаясь с маслом, залитым в картер, при вращении разбрызгивают масло, которое попадает на тела качения и беговые дорожки колец подшипников.

Для защиты подшипников от обильных струй масла (которые создают быстроходные косозубые шестерни или червяки) и от попадания в них продуктов износа ставят защитные шайбы (рис. 13).

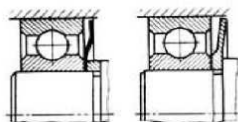


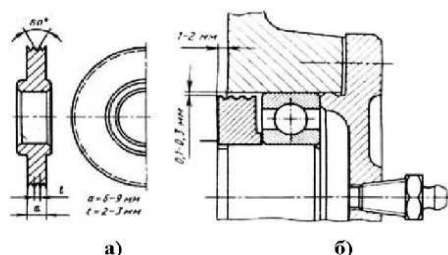
Рис.13. Подшипники с маслоотражательными кольцами

Смазывание под давлением через форсунки применяют для редукторов, работающих продолжительное время без перерывов, а также для опор высокоскоростных передач, в которых необходимо обеспечить интенсивный отвод теплоты.

Смазывание масляным туманом применяют для высокоскоростных легконагруженных подшипников. С помощью специальных распылителей под давлением в узел подается струя воздуха, которая увлекает частицы масла. Этот метод позволяет маслу проникнуть в подшипники, расположенные в труднодоступных местах, создает прочное смазывание при минимальном расходе масла,

обеспечивает хорошее охлаждение подшипника, а давление предохраняет узел от загрязнения.

**Пластичные смазочные материалы** применяют в узлах при  $d_{ср} \cdot n \leq 300 \cdot 10^3$  мм·об/мин, когда окружающая среда содержит вредные примеси или температура узла резко изменяется. Предельная температура узла должна быть не менее, чем на 20 °С ниже температуры каплепадения. Для отделения узла от общей смазочной системы применяют мазеудерживающие кольца (рис.14.а), вращающиеся вместе с валом кольцо имеет от двух до четырех канавок; зазор между кольцом и корпусом (стаканом) 0,1...0,3мм. Кольцо должно быть установлено так, чтобы его торец выходил за стенку корпуса (стакана) на 1...2мм (рис.14.б).



**Рис.14.** Применение мазеудерживающих колец: а– мазеудерживающее кольцо; б– узел подшипника с использованием пластичного материала

В условиях высокого вакуума, интенсивного изолирующего излучения, высоких и низких температур, газовых и агрессивных сред применяют твердые смазочные материалы: дисульфид молибдена, фторпласт, графит; их наносят тонким слоем на трущиеся поверхности.

**Уплотняющие устройства** по принципу действия разделяются на контактные (манжетные), лабиринтные и щелевые; центробежные и комбинированные.

Манжетные уплотнения (табл.7) разделяются на два основных типа: тип I применяется при скорости скольжения  $v \leq 20$  м/с; тип II (с пыльником) применяют при  $v \leq 15$  м/с. Поверхность вала под уплотнением должна быть закаленной до твердости HRC40, иметь шероховатость поверхности  $Ra \leq 0,32$  мкм, а для отверстия  $Ra = 2,5$  мкм. Допуск вала под уплотнение должен соответствовать h11. Для извлечения манжет в крышках делают 2...3 отверстия. Ресурс манжет до 5000ч; они надежно работают как при пластичных, так и при жидких смазочных материалах при перепадах температур от  $-45^0$  до  $+150^0$  С.

Таблица 7

*Манжеты резиновые армированные (по ГОСТ 8752–79)*

	d, мм	D, мм	h <sub>1</sub> , мм	h <sub>2</sub> , мм	
<p>Тип I</p>	10; 11	26	7	–	
	12; 13; 14	28			
	15; 16	30			
	17	32			
	18; 19	35			
	<p>Тип II с пыльником</p>	20; 21; 22	40	10	14
		24	41		
		25	42		
		26	45		
		30; 32	52		
35; 36; 38		58			
40		60			
42		62			
45		65			
48; 50		70			
<p>Тип I</p>	55; 56; 58	80	12	16	
	60	85			
	63; 65	90			
	70; 71	95			
	75	100			
	80	105			
	85	110			
	90; 95	120			
	100	125			
	105	130			

На рис.15,а показана установка, открытой манжеты, рекомендуемая только при давлении внутри узла, близком к атмосферному. При высоком давлении в узле следует применять закрытые уплотнения (рис.15,б), так как они не выдавливаются из крышки.

При работе узла в особо пыльной среде ставят двойные уплотнения (рис.15,в) или двухкромочные манжеты с пыльником (рис.15,г).

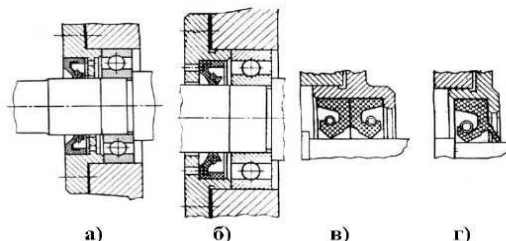


Рис.15. Применение манжетных уплотнений

Лабиринтные уплотнения применяют при любых скоростях. Осевое уплотнение для разъемных корпусов показано на рис.16,а; радиальное – на рис.16,б и щелевое – на рис.16,в. Зазоры заполняют пластичным смазочным материалом, температура каплепадения которого должна быть выше температуры узла. Размеры канавок и зазоры лабиринтных и щелевых уплотнений даны в таблице 8. Одна из конструкций узла подшипника с комбинированным уплотнением представлена на рис.16,г.

Таблица 8

*Размеры лабиринтных и щелевых уплотнений, мм (см.рис.16,б и 16,в)*

d вала, мм	c, мм	f <sub>1</sub> , мм	f <sub>2</sub> , мм	t, мм	t <sub>1</sub> , мм	г, мм
10...45	0,2	1	1,5	4,5	3	1,5
50...75	0,3	1,5	2,5	4,5	3	2
80...110	0,4	2	3	6	4	2

Уплотнения центробежного типа показаны на рис.17: масло, попадающее на вращающиеся детали, отбрасывается центробежной силой обратно в подшипник.

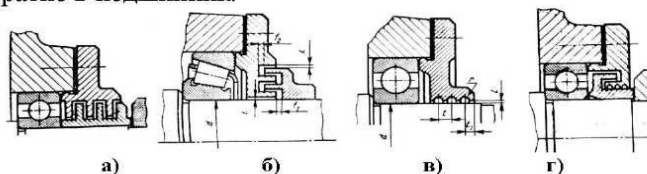


Рис.16. Применение лабиринтных уплотнений

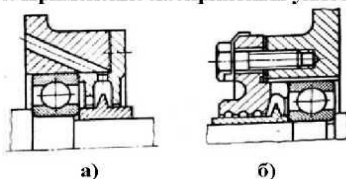


Рис.17. Применение лабиринтных уплотнений

После выбора схемы установки подшипниковых узлов и способа смазки приступают к выполнению компоновочного чертежа. Цель первого этапа компоновки – подготовить данные для проверки прочности валов, долговечности подшипников.

## 2. Последовательность выполнения компоновки

### 2.1.1. Цилиндрический одноступенчатый редуктор (рис.18)

#### 2.1.1. Первый этап эскизной компоновки

##### цилиндрического одноступенчатого редуктора

2.1.1.1. Примерно посередине листа параллельно его длинной стороны провести горизонтальную осевую линию, соответствующую средней плоскости передачи.

- 2.1.1.2. Провести две вертикальные линии – оси валов на расстоянии  $a_w$  друг от друга.
- 2.1.1.3. Вычертить упрощенно шестерню и колесо в виде прямоугольников по геометрическим размерам.
- 2.1.1.4. Очертить внутреннюю стенку корпуса:
- принять зазор между торцом шестерни или торцом ступицы колеса  $A_1=1,2\cdot\delta$ ;
  - принять зазор от окружности вершин зубьев колеса до внутренней стенки корпуса  $A=\delta$ ;
  - со стороны шестерни внутреннюю стенку корпуса проводить после установки подшипников; если диаметр наружного кольца окажется больше диаметра окружности вершин зубьев шестерни, то расстояние  $A$  надо брать от диаметра наружного кольца подшипника.
- 2.1.1.4. Выбрать подшипники (табл.9), схему их установки, смазку передачи и подшипников. При смазывании подшипников пластичной смазкой предусмотреть установку мазеудерживающих колец для предотвращения вытекания смазки внутрь корпуса и вымывании пластичного смазочного материала жидким маслом из зоны зацепления.

Таблица 9

*Характеристики подшипников*

Валы	№ подшип	d, мм	D, мм	B, мм	T, мм	$\alpha$ , град	c, кН	c <sub>0</sub> , кН	e	Y	Y <sub>0</sub>
Ведущий											
Ведомый											

- 2.1.1.5. По диаметрам валов  $d_{н1}$  и  $d_{н2}$  выписать габариты выбранных подшипников ( $d$ ,  $D$  и  $B$ ). нанести контуры подшипников на компоновку, отступив от внутренней стенки корпуса наружу на размер  $y=2\ldots3$ мм, либо  $y=10\ldots12$  при наличии мазеудерживающих колец.
- 2.1.1.6. Глубину гнезда подшипника ориентировочно принять  $l_f=1,5\cdot B$  (где  $B$  – ширина подшипника).
- 2.1.1.7. Выбрать конструкцию подшипниковых крышек (табл.10) и провести контуры их в подшипниковых гнездах. Толщину фланца  $\Delta$  крышки подшипника принимают примерно равной диаметру отверстия  $d_0$  отверстия. Высоту головки болта принять равной  $0,7\cdot d_0$ .

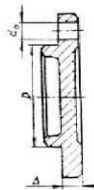


Рис.19. Крышка торцовая

Таблица 10

*Толщина фланца крышки подшипника, мм*

D	d <sub>0</sub>	Δ
20...50	7	8
50...65	9	10
65...90	12	12
90...120	14	14

- 2.1.1.7. Замером определить размеры  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  между реакциями опор и точками приложения нагрузок.

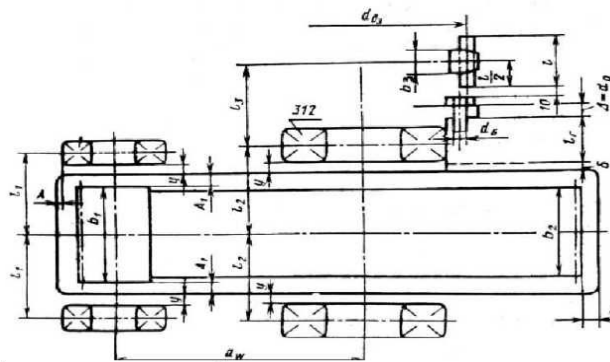


Рис.18. Схема предварительной компоновки одноступенчатого цилиндрического редуктора

### 2.1.2. Второй этап эскизной компоновки цилиндрического одноступенчатого редуктора

Второй этап компоновки имеет целью конструктивно оформить зубчатые колеса, валы, корпус, подшипниковые узлы и подготовить данные для проверки прочности валов и некоторых других деталей.

Порядок выполнения:

- 2.1.2.1. Оформляем конструкции шестерни и зубчатых колес по размерам, найденным ранее.
- 2.1.2.2. Вычерчиваем подшипники сохраняя при этом ранее принятые зазоры.
- 2.1.2.3. На ведущем и ведомом валах остались подшипники, выбранные ранее (если поменялись, следует указать это). Вычерчиваем в разрезе подшипники качения (можно вычерчивать одну половину подшипника, а для второй половины нанести габариты).
- 2.1.2.4. Вычерчиваем валы. Шестерню выполняем заодно с валом. Для фиксации зубчатого колеса на ведомом вале предусматриваем буртик. Таким образом, зубчатое колесо с одной стороны упирается в буртик, а с другой стороны с помощью распорной втулки фиксируется ближайшим подшипником.
- 2.1.2.5. Если предусмотрены масеудерживающие кольца, то вычерчиваем их так, чтобы их торцы выступали внутрь корпуса на 1...2мм от внутренней стенки. Тогда эти кольца будут выполнять одновременно роль маслоотбрасывающих колец. Для уменьшения числа ступеней вала кольца устанавливаем на тот же диаметр, что и подшипник. Фиксация их в осевом направлении осуществляется заплетчиками вала и торцами внутренних колец подшипников.
- 2.1.2.6. Вычерчиваем крышки подшипников с уплотнительными прокладками (толщиной ~1мм) и болтами. Войлочные и фетровые уплотнения применяют главным образом в узлах, заполненных пластической смазкой. Уплотнения манжетного типа широко используются как при пластичных, так и при жидких смазочных материалах.
- 2.1.2.7. Переход вала к присоединительному концу выполняют на расстоянии 10...15мм от торца крышки подшипника, так чтобы ступица муфты не задевала за головки болтов крепления крышки. Длина присоединительного конца определяется длиной ступицы муфты. Аналогично конструируем узел ведомого вала.
- 2.1.2.8. Штриховыми линиями вычерчиваем наружные очертания стенки корпуса и бобышек под болты. Наносим контур верхнего фланца. Вычерчиваем фланцы и нижний пояс. Конструируем крюки (или проушины) для подъема. В нижней части корпуса вычерчиваем пробку для спуска масла, и устанавливаем маслоуказатель (указать тип).
- 2.1.2.9. Для передачи вращающих моментов применяем шпонки призматические со скругленными торцами по ГОСТ 23360-78. Вычерчиваем шпонки, принимая их длины на 5...10мм меньше длин ступиц.

- 2.1.2.10. Непосредственным измерением уточняем расстояния между опорами и расстояния, определяющие положения зубчатых колес относительно опор. При значительном изменении этих расстояний уточняем реакции опор и вновь проверяем долговечность подшипников.

## 2.2. Конический одноступенчатый редуктор (рис.20)

### 2.2.1. Первый этап эскизной компоновки конического одноступенчатого редуктора

- 2.2.1.2. Примерно посередине листа параллельно его длинной стороны провести горизонтальную осевую линию – ось ведущего вала. Наместить положение вертикальной линии – ось ведомого вала.
- 2.2.1.3. Провести вертикальную линию – ось ведомого вала.
- 2.2.1.4. От точки пересечения осей ведущего и ведомого валов под углом  $\delta_1$ , провести осевые линии делительных конусов и отложить на них отрезки ОС равные  $R_a$ . Провести расстояния от точки С до осей  $CD=0,5 \cdot d_{e2}$  и  $CB=0,5 \cdot d_{e1}$ .
- 2.2.1.5. Конструктивно оформить по найденным геометрическим размерам шестерню и колесо. Вычертить их в зацеплении. Для этого в точках С к образующим делительных конусов восстановить перпендикуляры, на которых отложить высоту головки зуба  $h_a$  и высоту ножки зуба  $h_f$ . Концы отложенных отрезков соединить с точкой О линиями, которые представляют собой образующие конусов вершин и впадин зубьев. По направлению к точке О отложить ширину зуба  $b$  и провести границу зуба. При наличии ступицы у колеса выполнить ее несимметричной относительно диска для уменьшения расстояния между опорами промежуточного вала.
- 2.2.1.6. Выбрать подшипники (табл.11). схему их установки. смазку передачи и подшипников. При пластической смазке предусмотреть мазедерживающие кольца. Смазка передачи картерная, подшипников – пластичная, т.к. один из подшипников ведущего вала удален и это затрудняет попадание в него масляных брызг.

Таблица 11

### Характеристики подшипников

Валы	№ подшип	d, мм	D, мм	B, мм	T, мм	$\alpha$ , град	c, кН	$c_0$ , кН	c	Y	$Y_0$
Ведущий											
Ведомый											

- 2.2.1.7. Наносим габариты подшипников ведущего вала, наметив предварительно внутреннюю стенку корпуса на расстоянии  $x=10$ мм от торца шестерни и отложив зазор между стенкой и торцом подшипника  $y_1=10 \dots 15$ мм, оставив место для мазедерживающих колец.

При установке радиально-упорных подшипников необходимо учитывать, что радиальные реакции считают приложенными к валу в точках пересечения нормалей, проведенных к середине контактных площадок.

- а) Для однорядных роликоподшипников:

$$a = \frac{T}{2} + \frac{(d + D) \cdot c}{6}$$

- б) Для однорядных радиально-упорных шарикоподшипников:

$$a = 0,5 \cdot \left[ T + \frac{(d + D) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} \right]$$

Замером найти расстояние  $f_1$  от середины шестерни до точки приложения реакции первого подшипника. Второй подшипник установить на расстоянии между реакциями подшипников равном:

$$c_1 = (1,4 \dots 2,3) \cdot f_1$$

- 2.2.1.8. Разместить подшипники ведомого вала, наметив предварительно внутреннюю стенку корпуса на расстоянии  $A=8 \dots 10$ мм от торца

ступицы колеса и отложив зазор между стенкой корпуса и торцом подшипника  $y_2=15...20\text{мм}$  (для размещения мазеудерживающих колец).

- 2.2.1.9. Найти точку приложения реакции, вычислив значение «а» аналогично ведущему валу.
- 2.2.1.10. Замером найти размер К – от линии реакции подшипника до оси ведущего вала. Корпус выполнить симметричным относительно оси ведущего вала, поэтому следует принять  $K_1=K$ . нанести габариты подшипников ведомого вала.
- 2.2.1.11. Замером найти размеры  $f_2$  и  $c_2$ .
- 2.2.1.12. Проработать гнезда подшипников. Подшипники ведущего вала установить в стакане, который продолжить за второй подшипник на  $15...20\text{мм}$ . Глубина подшипниковых гнезд ведомого вала  $l_f=1,5 \cdot T$  (где Т – ширина подшипника).
- 2.2.1.13. Выбрать конструкцию подшипниковых крышек (табл.10) и провести контуры их в подшипниковых гнездах. Толщину фланца  $\Delta$  крышки подшипника принимают примерно равной диаметру отверстия  $d_0$  отверстия. Высоту головки болта принять равной  $0,7 \cdot d_0$ .

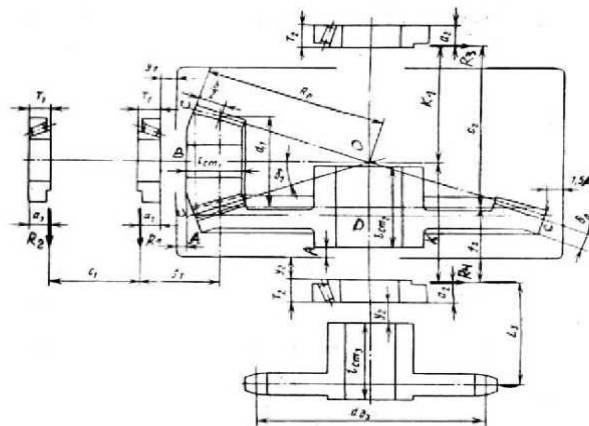


Рис.20. Схема предварительной компоновки одноступенчатого конического редуктора

### 2.2.2. Второй этап эскизной компоновки конического одноступенчатого редуктора

Второй этап компоновки имеет целью конструктивно оформить зубчатые колеса, валы, корпус, подшипниковые узлы и подготовить данные для проверки прочности валов и некоторых других деталей.

Порядок выполнения:

- 2.2.2.1. Оформляем конструкции шестерни и зубчатых колес по размерам, найденным ранее.
- 2.2.2.2. Вычерчиваем подшипники сохраняя при этом ранее принятые зазоры.
- 2.2.2.3. На ведущем и ведомом валах остались подшипники, выбранные ранее (если поменялись, следует указать это). Вычерчиваем в разрезе подшипники качения (можно вычерчивать одну половину подшипника, а для второй половины нанести габариты).
- 2.2.2.4. Вычерчиваем валы. Шестерню выполняем заодно с валом. Для фиксации зубчатого колеса на ведомом валу предусматриваем буртик. Таким образом, зубчатое колесо с одной стороны упирается в буртик, а с другой стороны с помощью распорной втулки фиксируется ближайшим подшипником. Взаимное расположение подшипников ведущего вала фиксируем распорной втулкой. Толщину стенки втулки назначаем из интервала  $(0,1...0,15) \cdot d_{ш}$ .
- 2.2.2.5. Подшипники ведущего вала размещаем в стакане, толщина стенки которого  $\delta_{ст}=(0,08...0,12) \cdot D$ , где D – наружный диаметр подшипника. Для фиксации наружных колец подшипников от осевых перемещений у стакана сделан упор величиной  $\sim 6\text{мм}$ . У второго подшипника наружное кольцо фиксируем торцовым выступом крышки подшипника через распорное кольцо. Для

- облегчения посадки на вал подшипника, прилегающего к шестерне, диаметр вала уменьшаем на 0,5...1мм на длине, несколько меньшей длины распорной втулки.
- 2.2.2.6. Если предусмотрены мазеудерживающие кольца, то вычерчиваем их так, чтобы их торцы выступали внутрь корпуса на 1...2мм от внутренней стенки. Тогда эти кольца будут выполнять одновременно роль маслоотбрасывающих колец. Для уменьшения числа ступеней вала кольца устанавливаем на тот же диаметр, что и подшипник. Фиксация их в осевом направлении осуществляется заплетчиками вала и торцами внутренних колец подшипников.
- 2.2.2.7. Вычерчиваем крышки подшипников с уплотнительными прокладками (толщиной ~1мм) и болтами. Войлочные и фетровые уплотнения применяют главным образом в узлах, заполненных пластической смазкой. Уплотнения манжетного типа широко используются как при пластичных, так и при жидких смазочных материалах.
- 2.2.2.8. Переход вала к присоединительному концу выполняют на расстоянии 10...15мм от торца крышки подшипника, так чтобы ступица муфты не задевала за головки болтов крепления крышки. Длина присоединительного конца определяется длиной ступицы муфты. Аналогично конструируем узел ведомого вала.
- 2.2.2.9. Штриховыми линиями вычерчиваем наружные очертания стенки корпуса и бобышек под болты. Наносим контур верхнего фланца. Вычерчиваем фланцы и нижний пояс. Конструируем крюки (или проушины) для подъема. В нижней части корпуса вычерчиваем пробку для спуска масла, и устанавливаем маслоуказатель (указать тип).
- 2.2.2.10. Для передачи вращающих моментов применяем шпонки призматические со скругленными торцами по ГОСТ 23360-78. Вычерчиваем шпонки, принимая их длины на 5...10мм меньше длин ступиц.
- 2.2.2.11. Непосредственным измерением уточняем расстояния между опорами и расстояния, определяющие положения зубчатых колес относительно опор. При значительном изменении этих расстояний уточняем реакции опор и вновь проверяем долговечность подшипников.

### 2.3. Червячный одноступенчатый редуктор (рис.21)

#### 2.3.1. Первый этап эскизной компоновки червячного одноступенчатого редуктора

- 2.3.1.1. Примерно посередине листа параллельно его длинной стороне провести горизонтальную осевую линию. Провести вторую осевую линию параллельно первой на расстоянии  $a_w$  (вниз – при нижнем расположении червяка, вверх – при верхнем).
- 2.3.1.2. Провести две вертикальные линии, одну для главного вида, вторую для вида сбоку.
- 2.3.1.3. Вычертить упрощенно червяк и червячное колесо по геометрическим размерам.
- 2.3.1.4. Очертить внутреннюю стенку корпуса:
- принять зазор между стенкой корпуса и зубьями червячного колеса  $A \approx 15\text{мм}$ ;
  - принять зазор между стенкой корпуса и ступицей колеса  $A \approx 15\text{мм}$ ;
- 2.3.1.5. Выбрать подшипники (табл.12), схему их установки, смазку передачи и подшипников.  
Рекомендация: смазка передачи – картерная, подшипников разбрызгиванием. Схема установки подшипников вала червяка и подшипников вала червячного колеса «враспор» (для определения места приложения нагрузок см. пункт 2.2.1.6.).

Таблица 12

#### Характеристики подшипников

Валы	№ подшип	d, мм	D, мм	B, мм	T, мм	$\alpha$ , град	c, кН	$c_0$ , кН	e	Y	Y <sub>0</sub>
------	----------	-------	-------	-------	-------	-----------------	-------	------------	---	---	----------------

Ведущий										
Ведомый										

- 2.3.1.6. По диаметрам валов  $d_{n1}$  и  $d_{n2}$  выписать габариты выбранных подшипников ( $d$ ,  $D$  и  $B$ ). Нанести контуры подшипников на компоновку. На червяке середины подшипников установить на уровне внутренней стенки корпуса, симметрично относительно среднего сечения червяка. На валу червячного колеса отступив от внутренней стенки корпуса наружу на размер  $y=2...3$ мм.
- 2.3.1.7. Глубину гнезда подшипника ориентировочно принять  $l_f=1,5 \cdot T$  (где  $T$  – ширина подшипника), для сдвоенных подшипников  $l_f=3 \cdot T$ .
- 2.3.1.8. Выбрать конструкцию подшипниковых крышек (табл.10) и провести контуры их в подшипниковых гнездах. Толщину фланца  $\Delta$  крышки подшипника принимают примерно равной диаметру отверстия  $d_o$  отверстия. Высоту головки болта принять равной  $0,7 \cdot d_o$ . Толщину прокладок принять  $1,5...2$ мм.
- 2.3.1.9. Замером определить размеры  $l_1$ ,  $l_2$  между реакциями опор и точками приложения нагрузок.

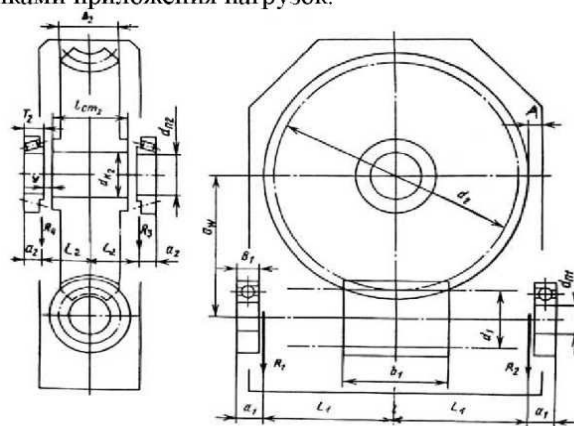


Рис.21. Схема предварительной компоновки одноступенчатого червячного редуктора

### 2.3.2. Второй этап эскизной компоновки червячного одноступенчатого редуктора

Второй этап компоновки имеет целью конструктивно оформить червячное колесо, червяк, валы, корпус, подшипниковые узлы и подготовить данные для проверки прочности валов и некоторых других деталей.

Порядок выполнения:

- 2.3.2.1. Оформляем конструкции червяк и червячное колесо по размерам, найденным ранее.
- 2.3.2.2. Вычерчиваем подшипники сохраняя при этом ранее принятые зазоры.
- 2.3.2.3. На ведущем и ведомом валах остались подшипники, выбранные ранее (если поменялись, следует указать это). Вычерчиваем в разрезе подшипники качения (можно вычерчивать одну половину подшипника, а для второй половины нанести габариты).
- 2.3.2.4. Вычерчиваем валы. Червяк выполняем заодно с валом. Для фиксации зубчатого колеса на ведомом валу предусматриваем буртик. Таким образом, зубчатое колесо с одной стороны упирается в буртик, а с другой стороны с помощью распорной втулки фиксируется ближайшим подшипником.
- 2.3.2.5. Смазывание зацепления и подшипников – разбрызгиванием жидкого масла, залитого в корпус ниже уровня витков так, чтобы избежать чрезмерного заполнения подшипников маслом, нагнетенным червяком. На валу червяка устанавливаем крыльчатки; при работе редуктора они будут разбрызгивать масло и забрасывать его на колесо и в подшипники.
- 2.3.2.6. Если предусмотрены мазеудерживающие кольца, то вычерчиваем их так, чтобы их торцы выступали внутрь корпуса

на 1...2мм от внутренней стенки. Тогда эти кольца будут выполнять одновременно роль маслоотбрасывающих колец. Для уменьшения числа ступеней вала кольца устанавливаем на тот же диаметр, что и подшипник. Фиксация их в осевом направлении осуществляется заплетчиками вала и торцами внутренних колец подшипников.

- 2.3.2.7. Вычерчиваем крышки подшипников. Под крышки устанавливаем металлические прокладки для регулировки. Войлочные и фетровые уплотнения применяют главным образом в узлах, заполненных пластической смазкой. Уплотнения манжетного типа широко используются как при пластичных, так и при жидких смазочных материалах.
- 2.2.2.12. Если наружный диаметр подшипники ведущего вала меньше наружного диаметра червяка, и по условию сборки сборка редуктора и замена подшипников невозможна, то одну опору вала-червяка размещаем в стакане, толщина стенки которого  $\delta_{ст}=(0,08...0,12) \cdot D$ , где  $D$  – наружный диаметр подшипника; тем самым добиваемся чтобы наружный стакан был чуть больше наружного диаметра червяка. Для фиксации наружных колец подшипников от осевых перемещений у стакана сделан упор величиной  $\sim 6$ мм. У второго подшипника наружное кольцо фиксируем торцовым выступом крышки подшипника через распорное кольцо.
- 2.3.2.8. Переход вала к присоединительному концу выполняют на расстоянии 10...15мм от торца крышки подшипника, так чтобы ступица муфты не задевала за головки болтов крепления крышки. Длина присоединительного конца определяется длиной ступицы муфты. Аналогично конструируем узел ведомого вала.
- 2.3.2.9. Штриховыми линиями вычерчиваем наружные очертания стенки корпуса и бобышек под болты. Наносим контур верхнего фланца. Вычерчиваем фланцы и нижний пояс. Конструируем крюки (или проушины) для подъема. В крышке люка размещаем отдушину. В нижней части корпуса вычерчиваем пробку для спуска масла, и устанавливаем маслоуказатель (указать тип).
- 2.3.2.10. Для передачи вращающих моментов применяем шпонки призматические со скругленными торцами по ГОСТ 23360-78. Вычерчиваем шпонки, принимая их длины на 5...10мм меньше длин ступиц.
- 2.3.2.11. Непосредственным измерением уточняем расстояния между опорами и расстояния, определяющие положения зубчатых колес относительно опор. При значительном изменении этих расстояний уточняем реакции опор и вновь проверяем долговечность подшипников.