

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ЭкоПромКонтроль»

394030, Российская Федерация, город Воронеж, улица Сакко и Ванцетти, дом 69, офис 15.
т. (473) 292-08-16, т.ф. (473) 200-81-70
8-952-102-22-02
eps.vrn36@mail.ru

ИНН 3666157225 КПП 366601001
р/сч 40702810202000330801
к/сч 30101810300000000760
БИК 047888760

В Ярославском филиале ОАО «Промсвязьбанк» г. Ярославль

Редуктор от «А» до «Я»

1. Классификация редукторов
 - 1.1 Количество ступеней и расположение валов
 - 1.2 Тип используемой передачи
 - 1.2.1 Червячные редукторы
 - 1.2.2 Червячные глобоидные редукторы
 - 1.2.3 Цилиндрические редукторы
 - 1.2.4 Конические редукторы
 - 1.2.5 Коническо-цилиндрические редукторы
 - 1.2.6 Насадные редукторы
 - 1.2.7 Планетарные редукторы
 - 1.3 Способы крепления редукторов
2. Смазка редукторов
3. Зацепления
4. Корпуса редукторов
5. Модернизация редукторов – стабильная тенденция

Редуктор представляет собой составной механизм приводов машин. Его основное назначение – уменьшение частоты вращения ведомого вала при одновременном увеличении крутящего момента. Конструкцией редуктора могут быть предусмотрены одна или несколько передач зацеплением.

1. Классификация редукторов

Редуктор общемашиностроительного назначения. Этот тип оборудования представляет собой самостоятельный агрегат, используемый в приводах машин. Его технические характеристики отвечают общим для разных применений требованиям. Конструктивно общемашиностроительные редукторы могут отличаться.

Специальные редукторы разработаны для автомобильной, авиационной и других узкоспециализированных отраслей. Из названия понятно, что агрегаты этой группы должны соответствовать специфике и параметрам конкретного применения.

Редукторы можно классифицировать по следующим признакам:

- По типам передач и числу ступеней;
- По расположению осей входного/выходного валов в пространстве и относительно друг друга;
- По способу крепления.

1.1 Количество ступеней и расположение валов

У двух- и трехступенчатых редукторов развернутых и раздвоенных схем (в случае с двухступенчатыми моделями еще и соосных схем) есть ряд преимуществ перед агрегатами других типов – прежде всего это высокий КПД и устойчивость к нагрузкам. Соосные цилиндрические редукторы могут комплектоваться тихоходной ступенью с внутренним зацеплением. Планетарные и волновые агрегаты с соосным расположением осей валов также обеспечивают высокую производительность и широкий диапазон передаточных чисел. При комплектации машин и механизмов, требующих пересекающегося расположения валов, будут эффективны двух- и трехступенчатые конические (коническо-цилиндрические) редукторы.

Агрегаты с червячными (червячно-цилиндрическими, цилиндрическо-червячными) передачами характеризуются высоким передаточным числом и низким уровнем шума. Однако КПД у таких моделей ниже, чем у цилиндрических аналогов.

Вертикальное расположение выходных валов требует меньшего пространства. В механизмах, где необходима подобная компоновка, чаще используются червячные или конические редукторы. Удобство заключается в том, что ось двигателя находится в горизонтальном положении.

Таблица 1. Классификация редукторов по расположению осей валов

Редуктор	Расположение осей
Параллельные оси входного/выходного валов	1. Горизонтальное: - оси в горизонтальной плоскости; - оси в вертикальной плоскости (входной вал – над или под выходным валом); - оси в наклонной плоскости. 2. Вертикальное
Совпадающие оси входного/ и выходного валов (соосный)	1. Горизонтальное 2. Вертикальное
Пересекающиеся оси входного/выходного валов	1. Горизонтальное 2. Горизонтальная ось входного вала и вертикальная ось выходного вала 3. Вертикальная ось входного вала и горизонтальная ось выходного вала
Скрещивающиеся оси входного/выходного валов	1. Горизонтальное (входной вал – над или под выходным валом) 2. Горизонтальная ось входного вала и вертикальная ось выходного вала 3. Вертикальная ось входного вала и горизонтальная ось выходного вала

1.2 Типы используемых передач

1.2.1 Червячные редукторы

Червячный редуктор – наиболее распространенный тип редукторов. Привод имеет компактные размеры (в сравнении с цилиндрическими агрегатами). Передаточное отношение червячной пары может достигать 1-100 (иногда и выше).

Потенциал увеличения крутящего момента при снижении частоты вращения вала у червячных редукторов выше, чем у оборудования с другими типами передач. Передаточное число того же порядка можно получить при эксплуатации трехступенчатого цилиндрического редуктора. В червячных агрегатах для решения этой задачи достаточно одной ступени. Еще

одно преимущество – простота и низкая стоимость червячных редукторов. Использование червячного зацепления позволяет снизить уровень шума передачи, обеспечить высокую плавность хода.

Функция самоторможения присутствует только в червячных редукторах. Ее принцип основан на торможении ведомого вала при отсутствии движения на ведущем валу (червяке). Самоторможение в передаче осуществляется в тот момент, когда угол подъема ведущего вала меньше или равен 3,5 градусам.

При выборе червячного редуктора следует учитывать тот факт, что при увеличении передаточного числа снижается КПД червячной передачи. Отсюда – потери энергии вследствие трения червяка об зубья колеса.

Ресурс червячных приводов составляет, в среднем, 10 тысяч часов.

1.2.2 Червячный глобоидный редуктор

Винт глобоидного червячного редуктора имеет выпуклую форму (в других червячных передачах он цилиндрический). Эта конструктивная особенность увеличивает передачу крутящего момента и мощность привода.

Глобоидные редукторы предназначены для использования в условиях, предполагающих высокую надежность, отсутствие обратного проскальзывания и динамических толчков на выходном валу. Чаще всего редукторы этого типа применяются в барабанных приводах лифтов: глобоидная пара адаптирована к переменным нагрузкам, возникающим при подъеме и торможении кабины, в состоянии поддерживать нормальную реверсивность при эксплуатации.

Таблица 2. Допустимые нагрузки для червячных глобоидных редукторов типа ЧГ

Типоразмеры	Номинальное передаточное число	Частота вращения червяка, об/мин					
		750		1000		1500	
		Рвх, кВт	Твых, Н·м	Рвх, кВт	Твых, Н·м	Рвх, кВт	Твых, Н·м
ЧГ-63	10	1,2	120	1,5	-	1,9	110
	12,5	1,1	130	1,3	130	1,7	110
	16	1,0	150	1,2	150	1,5	130
	20	0,8	150	0,9	150	1,3	130
	25	0,5	125	0,6	110	0,8	110
	31,5	0,4	110	0,5	110	0,6	90
	40	0,3	110	0,3	100	0,5	90
	50	0,2	100	0,3	100	0,3	90
	63	0,1	90	0,2	90	0,3	80
ЧГ-80	10	2,4	250	2,8	220	3,1	170
	12,5	2,0	260	2,4	240	2,6	180
	16	1,6	260	1,9	240	2,1	180
	20	1,5	300	1,7	260	1,8	200
	25	1,0	250	1,1	220	1,5	190
	31,5	0,7	220	0,8	200	1,1	180
	40	0,6	220	0,7	200	0,9	180
	50	0,5	210	0,5	180	0,6	160

	63	0,3	200	0,4	170	0,5	150
ЧГ-100	10	4,3	460	4,7	380	6,3	350
	12,5	3,8	500	4,0	400	5,5	380
	16	3,0	500	3,6	450	4,6	400
	20	2,7	550	3,2	500	3,9	420
	25	2,0	500	2,3	450	3,0	400
	31,5	1,4	420	1,6	380	2,1	350
	40	1,2	420	1,3	380	1,8	350
	50	0,9	400	1,0	350	1,3	320
	63	0,7	380	0,8	320	1,1	300
ЧГ-125	10	8,4	900	10,4	850	12,3	700
	12,5	7,1	950	8,9	900	10,0	700
	16	5,6	950	7,0	900	8,5	750
	20	5,3	1100	6,3	1000	7,8	850
	25	4,0	1000	4,6	900	5,2	700
	31,5	2,9	900	3,4	800	3,9	650
	40	2,4	900	2,8	800	3,2	650
	50	1,7	800	2,1	750	2,6	650
	63	1,4	750	1,7	700	2,1	600
ЧГ-160	10	16,7	1850	20,3	1700	28,3	1600
	12,5	13,9	1900	16,3	1700	22,8	1600
	16	11,0	1900	13,7	1800	18,6	1650
	20	9,7	2050	11,9	1900	16,5	1800
	25	7,6	1950	8,6	1700	11,2	1500
	31,5	5,7	1800	6,4	1550	8,2	1350
	40	4,6	1800	5,1	1550	6,6	1350
	50	3,6	1650	4,0	1450	5,0	1250
	63	2,8	1550	3,4	1450	4,1	1200

1.2.3 Цилиндрические редукторы

В цилиндрических редукторах устанавливаются цилиндрические зубчатые передачи. Комплектация таких приводов может отличаться положением входного/выходного валов и количеством ступеней. Одноступенчатые цилиндрические агрегаты классифицируются только по расположению валов. Передаточные числа варьируются в диапазоне 1,6-6,3.

Схемы исполнения цилиндрических пар:

- развернутая узкая;
- развернутая;
- раздвоенная;
- соосная.

Наиболее распространена развернутая схема. Она позволяет выпускать унифицированные колеса, валы и шестерни, которые подходят для производства редукторов разных типоразмеров. Этот фактор является определяющим для серийного производства, т.к. способствует снижению себестоимости выпускаемой продукции.

С той же целью выбирается левое направление зуба шестерни и правое направление колеса для всех ступеней редуктора. При индивидуальной комплектации единичного редуктора целесообразнее использовать следующую схему: левое направление зуба шестерни на первой ступени, правое – на второй ступени. Такая комплектация снизит осевую нагрузку на опоры. Форма редукторов, проектируемых по развернутой схеме, удлиненная. Вес такого агрегата будет на 15-20% больше приводов, сконструированных по раздвоенной схеме.

Раздвоенная схема применима для тихоходной и быстроходной ступеней. Во втором варианте она наиболее рациональна, так как промежуточный вал может быть изготовлен по принципу вала-шестерни, а быстроходный вал становится «плавающим».

При соосной схеме оси быстроходного и тихоходного валов совпадают. Вес и габариты редуктора, собранного по соосной схеме, аналогичны моделям с развернутой схемой. Стоимость обоих типов агрегатов практически одинакова.

Одна из основных технических характеристик соосного редуктора – увеличенная мощность быстроходной ступени, что достигается за счет снижения нагрузки на нее. Однако конструктивно такие агрегаты более сложные.

Ресурс цилиндрического редуктора – 25 тысяч часов и более.

Таблица 3. Допустимые нагрузки для цилиндрических редукторов ЦУ (одноступенчатых горизонтальных)

Типоразмеры	Номинальный вращающий момент на выходном валу, Нм	Номинальная радиальная сила, Н	
		входной вал	выходной вал
ЦУ-100	250	500	2000
ЦУ-160	1000	1000	4000
ЦУ-200	2000	2000	5600
ЦУ-250	4000	3000	8000

Таблица 4. Технические параметры цилиндрических редукторов Ц2С (двухступенчатых соосных)

Типоразмеры	Номинальные передаточные отношения	Номинальный вращающий момент на выходном валу, Нм	Номинальная радиальная сила, Н		КП Д
			входной вал	выходной вал	
Ц2С-63	8; 10; 12,5	125	500	2800	0,98

1.2.4 Конические редукторы

Конструкцией конического редуктора предусмотрены колеса с прямыми и круговыми зубьями. Направления наклона линии зуба и вращения колеса должны совпадать. Соблюдение этого условия позволяет предотвратить затягивание шестерни в зацепление, возникающее под действием отрицательной осевой силы на шестерне.

Передаточное отношение конического редуктора – 1-5.

Зубчатое колесо устанавливается между опорами редуктора. Шестерни монтируются консольно.

1.2.5 Коническо-цилиндрические редукторы

Данный тип механизмов представляет собой гибрид цилиндрического одноступенчатого и конического редукторов. Соответственно, этой группе оборудования присущи все достоинства и недостатки агрегатов обоих типов.

Все коническо-цилиндрические редукторы имеют быстроходную коническую ступень. Такая конструктивная особенность объясняется невысокой нагрузочной способностью и, соответственно, большими габаритами агрегата. С целью уменьшения размеров привода и используется быстроходная коническая ступень.

Коническая передача может использоваться в тихоходных и промежуточных ступенях, что оправдано необходимостью снижения ее чувствительности к погрешностям при производстве и установке, минимизацией их влияния на механизм в целом.

Направление зуба в косозубой цилиндрической паре должно быть выбрано с учетом возможности вычитания осевых сил на промежуточных валах.

Таблица 5. Коэффициент режима эксплуатации коническо-цилиндрических редукторов (двухступенчатых и трехступенчатых)

Характер режима нагрузки	Суточная продолжительность эксплуатации		
	3 часа	8 часов	24 часа
Спокойный	1,25	1,0	0,8
Умеренные толчки	1,0	0,8	0,65
Сильные толчки	0,55	0,65	0,5

1.2.6 Насадные редукторы

Насадными редукторами называются агрегаты с полым выходным валом. Они монтируются непосредственно на вал – без дополнительных соединений и передач. Преимущество насадных редукторов заключается в более компактных габаритах и сравнительно невысоком весе.

Насадный способ монтажа, как правило, применим к червячным и некоторым другим типам редукторов. Исключение составляет цилиндрическая соосная группа оборудования, конструктивные особенности которой затрудняют такую установку.

При резкой динамике нагрузки на выходной вал (чаще всего при нештатных ситуациях) отсутствие соединительной муфты может стать причиной преждевременного выхода из строя приводного оборудования. Поэтому эксплуатация редуктора требует создания условий эксплуатации при равномерной нагрузке. Как вариант – дополнительная защита привода.

1.2.7 Планетарные редукторы

Планетарные (дифференциальные) редукторы состоят из центральной шестерни (солнечной), расположенной в центре редуктора, вспомогательных шестерней одинакового размера (сателлитов), установленных вокруг центральной шестерни, и фиксатора (водила), обеспечивающего их надежное крепление. Конструкцией планетарного редуктора также предусмотрена кольцевая шестерня, внешне напоминающая зубчатое колесо. Ее предназначение – обеспечение сцепления с сателлитами. Центральная шестерня является ведущим элементом, сателлиты – ведомыми. Кольцевая шестерня всегда неподвижна.

Конструктивно исполнения планетарных редукторов могут отличаться. Модели классифицируются по количеству ступеней (одно-, двух- и трехступенчатые), кинематической схеме планетарной передачи. Тип подшипников также отличается. Подшипники качения предназначены для режимов эксплуатации на низкой скорости. В свою очередь, подшипники скольжения рассчитаны на режим высоких скоростей. Основная сфера

использования планетарных редукторов – машиностроение.

Планетарные агрегаты МПО классифицируются как универсальное приводное оборудование. Они широко используются в приводах перемешивающих механизмов медицинской, химической, микробиологической промышленности, а также в приводах общепромышленного назначения. Редукторы серии МПО могут эксплуатироваться в режиме 24 часа в сутки при постоянной и переменной нагрузках.

К планетарным редукторам предъявляются жесткие требования. Производство такого оборудования требует высокой точности, чтобы зубцы плотно соприкасались между собой, но при этом легко приводились в движение.

Таблица 6. Технические параметры планетарных редукторов Пз (зубчатые одноступенчатые)

Типоразмер	Радиус водила, мм	Передаточные числа	Вращающий момент на выходном валу, Н·м	Консольная сила, Н		КП Д	Частота вращения входного вала	
				входной вал	выходной вал		максимум	минимум
Пз-31,5	32,35	8, 10	125	80	140	0,96	3000	500
Пз-40	40	6,3	250	120	200	0,98	3000	500
		8, 10, 12,5				0,97		
Пз-50	50	6,3	500	170	280	0,98	3000	500
		8, 10, 12,5				0,97		
Пз-63	63	6,3	1000	240	400	0,98	3000	500
		8, 10, 12,5				0,97		
Пз-80	80	6,3, 8, 10, 12,5	2000	340	560	0,97	1500	500
Пз-100	100	6,3, 8, 10, 12,5	4000	480	800	0,97	1500	500
Пз-125	125	6,3, 8, 10, 12,5	8000	680	1130	0,97	1500	500
Пз-160	160	6,3	16000	960	1600	0,97	1000	500
		8, 10, 12,5	1500					
Пз-200	200	6,3, 8, 10, 12,5	31500	1340	2240	0,97	1000	500

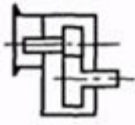
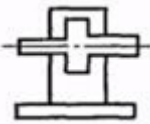
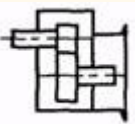

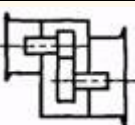
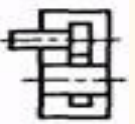
1.3 Способы крепления редукторов

Крепление на лапах часто используется с легкосплавными корпусами, чтобы максимально облегчить конструкцию агрегата. В корпусе предусмотрены специальные зоны для быстрого крепления редуктора к основанию.

При использовании фланцевых креплений редуктор устанавливается с помощью фланца, расположенного на корпусе. Выходной вал проходит через этот фланец.

Крепление насадкой связывает редуктор с рабочим механизмом посредством полого выходного вала. Этот вал насаживается на окончание вала рабочего механизма.

Таблица 7. Классификация редукторов по способу крепления

Способ крепления	Пример	Способ крепления	Пример
Приставные лапы или плита (потолочная или стеновая):		Фланцевое со стороны входного вала	
на уровне плоскости основания корпуса		Фланцевое со стороны выходного вала	
над уровнем плоскости основания корпуса		Фланцевое со стороны входного/выходного валов	
		Насадное	

2. Смазка редукторов

С целью профилактики преждевременного износа комплектующих редуктора и сокращения потерь мощности в результате трения используется смазка подшипников и зацеплений.

В редукторах небольшой мощности и невысокой скорости зацепления смазка производится методом разбрызгивания либо с использованием масляной ванны. В то же масло, которое заливается в корпус, частично погружаются червяк, колесо (зубчатое или червячное) и разбрызгивающее кольцо.

Для смазки быстроходного оборудования высокой мощности масло в зону зацепления подается насосом из масляной ванны. Для подшипников используется смазка жидкой или густой консистенции.

3. Зацепления

При эвольвентном зацеплении профиль зуба имеет форму эвольвенты. Эвольвентная передача поддерживает постоянное передаточное отношение при движении.

При зацеплении Новикова профиль зуба очерчен окружностью определенного радиуса. Этот тип зацепления эффективен при передаче зубчатым механизмом больших усилий.

4. Корпуса редукторов

Главные требования к корпусу редуктора – жесткость и прочность, исключающие вероятность перекоса валов. В современном производстве редукторов выпускаются два типа корпусов – разъемные и неразъемные.

Конструкция разъемного корпуса включает в себя основание и съемную крышку. Отдельные модели вертикальных цилиндрических редукторов имеют разъемы по 2-3 плоскостям. Чтобы предотвратить протекание масла, разъемы корпуса редуктора обрабатывают герметиком. Устанавливать прокладки между крышкой и основанием не рекомендуется, так как при фиксации крепежных болтов они деформируются. Как следствие, посадка подшипников может быть нарушена.

Неразъемный корпус чаще используется для червячных редукторов и других типов оборудования, имеющих легкий вес. В такой конструкции предусмотрена съемная крышка.

Для производства корпусов редукторов используется, главным образом, чугун марок СЧ 10-

15. Листовая сталь применяется реже, как правило, при комплектации габаритного приводного оборудования по индивидуальному заказу. У стального сварного корпуса толщина стенок примерно на треть меньше, чем у чугунных редукторов. В последнее время для производства корпусов все чаще используются алюминиевые сплавы.

5. Модернизация редукторов – стабильная тенденция

В модельном ряду производителей представлены стандартные и модернизированные решения. В усовершенствованных агрегатах сохраняются прежние габариты и размеры присоединений.

Основу модернизации составляют:

- Стандарты ISO.
- Блочно-модульные конструкции.
- Усовершенствованные механизмы защиты редукторов.
- Модификации зубчатых зацеплений.
- Модернизация корпусов редукторов, ориентированная на производство монолитных конструкций небольшого веса, характеризующихся высокой теплоотдачей.
- Применение технологии литья под давлением при производстве корпусов из алюминиевых сплавов.
- Использование синтетического масла для всего периода эксплуатации редуктора.
- Отсутствие необходимости в техническом обслуживании приводных механизмов в процессе их эксплуатации.

Непрерывный процесс модернизации способствует улучшению технических характеристик редукторов, расширению их функциональности и вариативности исполнений. Сегодня продукция крупных российских производителей не уступает по качеству иностранным аналогам.