

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

ДЕТАЛИ И МЕХАНИЗМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов специальности
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии
(по направлениям)» дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2021

УДК 621.01
ББК 34.44
Д38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»
«12» января 2021 г., протокол № 8

Составитель канд. техн. наук, доц. Д. С. Галюжин

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии».

Учебно-методическое издание

ДЕТАЛИ И МЕХАНИЗМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 38 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Введение.....	4
1 Цели и задачи курсовой работы	5
2 Объем и содержание курсовой работы	5
3 Пояснительная записка.....	6
4 Составление технического задания.....	8
5 Разработка технического предложения	11
6 Разработка эскизного проекта.....	15
7 Разработка технического проекта.....	18
8 Рабочая конструкторская документация	25
Список литературы	26
Приложение А. Варианты к техническому заданию 1	27
Приложение Б. Варианты к техническому заданию 2	28
Приложение В. Варианты к техническому заданию 3	29
Приложение Г. Варианты к техническому заданию 4	30
Приложение Д. Варианты к техническому заданию 5	31

Введение

Курсовой проект по дисциплине «Детали и механизмы технологического оборудования» является одной из первых самостоятельных работ студента. При его выполнении закрепляются знания по курсу, развивается умение использовать для практических приложений сведения ранее изученных дисциплин, приобретаются навыки работы со справочной литературой, государственными и отраслевыми стандартами. Изучение основ конструирования деталей машин способствует развитию, совершенствованию и творческому подходу к поставленным задачам. В соответствии с рабочей программой дисциплины объектом курсового проекта являются механические передачи для преобразования вращательного движения, а также преобразования вращательного в поступательное. Наиболее распространенными объектами в курсовом проекте являются передачи цилиндрические, конические, червячные и передачи с гибкой связью. Такой выбор связан с большой распространенностью и важностью их в современной технике. Весьма существенным является то, что в механическом приводе с упомянутыми передачами наиболее полно представляются основные детали, кинематические пары и соединения, изучаемые в курсе. При проектировании редуктора находят практические приложения такие важнейшие сведения из курса, как расчеты на прочность, вибрацию и шум, тепловые расчеты, выбор материалов и термообработок, масел, посадок, параметров шероховатости поверхности и т. д.

Курсовое проектирование по деталям машин основывается на выполнении студентом графических и расчетных работ по черчению, начертательной геометрии, теории механизмов и машин, призвано выработать навыки проектирования машин в целом и тем самым закончить общеинженерную подготовку студента по проектированию.

1 Цели и задачи курсовой работы

Курсовое проектирование по деталям машин имеет целью закрепление и углубление знаний, полученных студентами при изучении теоретического курса, способствует развитию технической мысли студента и получению навыков конструирования сложной сборочной единицы. Инженер-конструктор является творцом новой техники, и уровнем его творческой работы в большей степени определяются темпы научно-технического прогресса. Деятельность конструктора принадлежит к числу наиболее сложных проявлений человеческого разума. Решающая роль успеха при создании новой техники определяется тем, что заложено на чертеже конструктора. Одна из важнейших задач в подготовке инженера (конструктора, технолога, исследователя) – научить творчески применять при решении поставленных задач приобретенные знания. Важнейшая задача курсового проектирования – развить умение разрабатывать техническую документацию для облечения в материальную форму заданной схемы механизма, учитывая требования, предъявляемые к прочности, надежности, технологичности, эксплуатационным расходам и защите окружающей среды. Базируясь на исходных предпосылках из курса графики и машиностроительного черчения, в процессе самостоятельной работы над курсовым проектом по деталям машин студенты овладевают свободным решением и чтением чертежей неограниченной сложности.

2 Объем и содержание курсовой работы

Курсовой состоит из пояснительной записки, графической части и альбома технологической документации.

Примерное содержание расчетно-пояснительной записки.

Введение (цель проекта, особенности привода, постановка задачи).

1 Кинематический расчет и оптимальное передаточное число привода.

1.1 Структурная схема привода и подбор электродвигателя.

1.2 Разбивка передаточных отношений механизмов привода.

1.3 Анализ вариантов распределения передаточных чисел механизмов.

1.4 Определение угловых скоростей и крутящих моментов на всех валах привода.

2 Расчет передачи зацеплением редуктора.

2.1 Выбор материалов и определение допускаемых напряжений.

2.2 Определение межосевых расстояний и диаметров деталей передач из условия сопротивления контактной усталости.

2.3 Проверка зубьев на сопротивление контактной усталости.

2.4 Расчет усилий в зацеплении передачи редуктора.

2.5 Определение модуля зацепления и проверочный расчет на сопротивление усталости зубьев при изгибе.

2.6 Определение геометрических параметров колес (червяка) редуктора.

3 Расчет открытых механических передач.

3.1 Расчет зубчатой или ременной передачи. Определение усилий в передаче.

3.2 Определение геометрических параметров колес или шкивов.

4 Расчет валов на прочность.

4.1 Ориентировочный расчет диаметров валов.

4.2 Разработка компоновки редуктора.

4.3 Определение реакций в опорах и внутренних силовых факторов валов.

4.4 Уточненный расчет валов на прочность и сопротивление усталости.

5 Подбор подшипников.

5.1 Выбор типоразмера подшипников и определение их долговечности.

5.2 Выбор посадок для подшипников.

6 Выбор и проверочные расчеты муфт и шпонок.

7 Конструкция привода и разработка эскиза опорной плиты (рамы) под привод.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложение А. Спецификация редуктора.

Приложение Б. Таблица составных частей привода.

Содержание графической части проекта.

1 Сборочный чертеж редуктора (три проекции) – формат А1.

2 Рабочие чертежи деталей редуктора (тихоходный вал и колесо) – формат А2.

3 Общий вид привода (две-три проекции и выносные элементы) – формат А1.

4 Спецификация сборочного чертежа редуктора и таблица составных частей общего вида привода на листах формата А4.

3 Пояснительная записка

3.1 Требования к оформлению записки

Пояснительная записка пишется от руки черными, синими или фиолетовыми чернилами, печатается на принтерных устройствах ЭВМ на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105–95.

Первым листом пояснительной записки является лист, определяющий содержание записки, с основной надписью, выполненной по форме 2 ГОСТ 2.104–68. Все последующие листы выполняются с основной надписью 2а того же ГОСТа. В графу 2 основной надписи записывается код (обозначение) документа.

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Наименования, включенные в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строки – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки – не менее 10 мм.

Текст записки разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь в пределах всей записки порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзаца. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Заголовки следует писать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 8 мм.

Формулы пишутся в записке на отдельной строке симметрично основному тексту. Расчеты, выполненные по приведенной формуле, записываются на следующей строке. Промежуточные результаты не записываются.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснение каждого символа следует приводить с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться словом «где» без двоеточия после него.

Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 2.1 – Эскиз заготовки.

Таблицы слева и справа, снизу и сверху ограничивают линиями. Линии формата не могут служить линиями таблицы.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм.

Таблицу в зависимости от ее размера помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны документа на отдельной странице.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы.

Если все показатели в графах таблицы выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью.

3.2 Введение

Во введении рассматриваются особенности современного этапа развития станкостроения и машиностроения как базовой отрасли хозяйственного комплекса, в том числе перспективы развития той отрасли, к которой относится предприятие, на котором студент проходил вторую конструкторско-технологическую практику, по материалам которой выполняется курсовая работа.

4 Составление технического задания

В методических указаниях приводятся технические задания по проектированию приводов к ленточному и подвесному конвейерам, шнеку-смесителю, лебедке, мешалке и тарельчатому питателю. Электромеханический привод размещается на едином основании (литой плите или сварной раме) и состоит из электродвигателя, механических передач и аппаратуры управления. Привод при помощи муфты соединяется с исполнительным устройством машины (рабочим органом), т. е. с устройством, выполняющим технологическую или транспортную операцию, например, с конвейером, шнеком, барабаном лебедки и т. д.

В приводах, разрабатываемых в рамках данного курсового проекта, предлагается использовать двигатели серии АИР общепромышленного применения. Двигатель преобразует электрическую энергию в механическую энергию вращающегося вала, что позволяет обеспечить высокий КПД электродвигателей (до 95 %) при их малых габаритах и относительно малой металлоемкости, в том числе и по дорогостоящей меди. Частота вращения ротора $n_{ном}$ асинхронного двигателя всегда меньше синхронной частоты вращения n_c магнитного поля, создаваемого током обмотки статора. При работе двигателя под нагрузкой частота вращения вала уменьшается на величину относительного скольжения s , которое определяется из технических данных двигателя. Поэтому номинальная частота вращения вала двигателя $n_{ном}$, мин⁻¹, определяется как

$$n_{ном} = n_c (1 - s/100).$$

Скорость вращения вала электродвигателя ω_d , рад/с,

$$\omega_d = \pi n_{ном}/30.$$

Механические передачи передают механическую энергию на расстояние и выполняют функцию «механического трансформатора», т. е. согласуют кинематические и силовые параметры вала двигателя и вала рабочего органа (уменьшая скорость вращения вала, пропорционально увеличивают крутящий момент на нем).

В состав предлагаемых к разработке приводов входят закрытые передачи в виде нестандартных одноступенчатых редукторов различных типов (цилиндрические, конические, червячные), а также открытые передачи (ременные, цепные, зубчатые). Закрытые передачи размещаются в закрытых корпусах и работают в условиях непрерывной смазки. Для соединения входного и выходного валов механических передач с валом двигателя и рабочим валом исполнительного устройства машины используют муфты или же шпоночные соединения вала и детали привода (шкивы, звездочки и т. д.).

Каждое из пяти технических заданий содержит 25 вариантов и включает общую схему машинного агрегата и исходные данные для проектирования приводного устройства (приложения А–Д). Срок службы привода L_h , ч, подсчитывают по формуле

$$L_h = 365 \cdot L_2 \cdot t_c \cdot L_c,$$

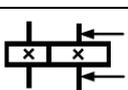
где L_2 – срок службы, год;

t_c – продолжительность смены, ч;

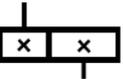
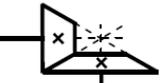
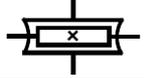
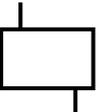
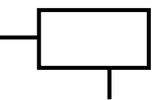
L_c – число смен.

В рамках работы над оформлением технического задания (ТЗ) студент анализирует и уточняет устройство машинного агрегата на основании принципиальной и структурной схем, содержащихся в техническом задании. При изучении структурной схемы следует руководствоваться ГОСТ 2.770–68 (таблица 1).

Таблица 1 – Условные обозначения элементов кинематики на структурных схемах

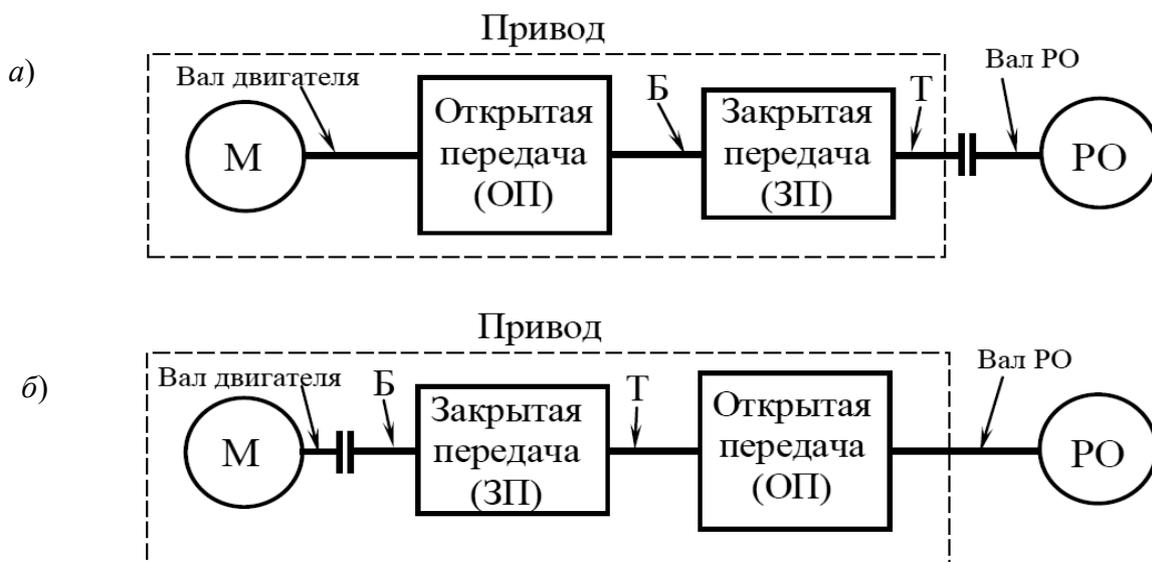
Обозначение	Наименование
	Вал с подшипниками качения или скольжения
	Муфта (без уточнения типа)
	Муфта упругая нерасцепляемая
	Передача клиноременная (▴ – знак для клинового, — — для плоского ремня)
	Передача фрикционная с цилиндрическими катками

Окончание таблицы 1

Обозначение	Наименование
	Передача зубчатая цилиндрическая (без уточнения типа зубьев)
	Передача зубчатая коническая (без уточнения типа зубьев)
	Передача червячная с цилиндрическим червяком
	Редуктор цилиндрический одно- или многоступенчатый
	Редуктор конический или коническоР-цилиндрический
	Электродвигатель (мотор)
	Рабочий орган (исполнительное устройство) машины

В техническом задании используются два основных варианта блок-схем с различной последовательностью составных частей:

- блок-схема I: двигатель – открытая механическая передача – закрытая механическая передача – муфта – вал рабочего органа машины (рисунок 1, а);
- блок-схема II: двигатель – муфта – закрытая передача – открытая передача – вал рабочего органа машины (рисунок 1, б).



Б – быстроходный вал редуктора; Т – тихоходный вал редуктора

Рисунок 1 – Блок-схемы для привода машин

5 Разработка технического предложения

5.1 Выбор двигателя привода

Двигатель привода выбирается из унифицированной серии АИР (А – асинхронный, И – интерэлектро, Р – вариант привязки мощности к установочным размерам в соответствии с ГОСТ 31606–2012) по номинальной мощности и номинальной синхронной частоте вращения вала без нагрузки (таблица 2). Номинальная, т. е. максимальная, мощность $N_{н.д.}$, которую может обеспечивать электродвигатель в штатном режиме эксплуатации, должна превышать суммарную требуемую мощность $N_{р.м.}$, необходимую для проведения технологического процесса, и мощность потерь на трение в элементах механических передач (учитывается введением в расчеты коэффициента полезного действия (КПД)).

Таблица 2 – Технические данные двигателей серии АИР (закрытые, обдуваемые)

$N_{н.д.}$, кВт	$n_c = 3000 \text{ мин}^{-1}$				$n_c = 1500 \text{ мин}^{-1}$			
	Типоразмер	КПД, %	s , %	$T_{\max}/T_{ном}$	Типоразмер	КПД, %	s , %	$T_{\max}/T_{ном}$
0,25	АИР56В2	69,0	9,0	2,2	АИР63А4	68,0	12,0	2,2
0,37	АИР63А2	72,0	9,0	2,2	АИР63В4	68,0	12,0	2,2
0,55	АИР63В2	75,0	9,0	2,2	АИР71А4	70,5	9,5	2,2
0,75	АИР71А2	78,5	6,0	2,2	АИР71В4	73,0	10,0	2,2
1,10	АИР71В2	79,0	6,5	2,2	АИР80А4	75,0	7,0	2,2
1,50	АИР80А2	81,0	5,0	2,2	АИР80В4	78,0	7,0	2,2
2,20	АИР80В2	83,0	5,0	2,2	АИР90L4	81,0	7,0	2,2
3,00	АИР90L2	84,5	5,0	2,2	АИР100S4	82,0	6,0	2,2
4,00	АИР100S2	87,0	5,0	2,2	АИР100L4	85,0	6,0	2,2
5,50	АИР100L2	88,0	5,0	2,2	АИР112М4	85,5	4,5	2,5
7,50	АИР112М2	87,5	3,5	2,2	АИР132S4	87,5	4,0	2,5
11,0	АИР132М2	88,0	3,0	2,2	АИР132М4	87,5	3,5	2,7
15,0	АИР160S2	90,0	3,0	2,7	АИР160S4	90,0	3,0	2,9
18,5	АИР160М2	90,5	3,0	2,7	АИР160М4	90,5	3,0	2,9
22,0	АИР180S2	90,5	2,7	2,7	АИР180S4	90,5	2,5	2,4
30,0	АИР180М2	91,5	2,5	3,0	АИР180М4	92,0	2,0	2,7
37,0	АИР200М2	91,5	2,0	2,8	АИР200М4	92,5	2,0	2,7
45,0	АИР200S2	92,0	2,0	2,8	АИР200L4	92,5	2,0	2,7

Окончание таблицы 2

$N_{н.д.}$, кВт	$n_c = 3000 \text{ мин}^{-1}$				$n_c = 1500 \text{ мин}^{-1}$			
	Типоразмер	КПД, %	s , %	$T_{\max}/T_{ном}$	Типоразмер	КПД, %	s , %	$T_{\max}/T_{ном}$
0,25	АИР63В6	59,0	14,0	2,2	АИР71В8	56,0	8,0	1,9
0,37	АИР71А6	65,0	8,5	2,2	АИР80А8	60,0	6,5	1,9
0,55	АИР71В6	68,5	8,5	2,2	АИР80В8	64,0	6,5	1,9
0,75	АИР80А6	70,0	8,0	2,2	АИР90L8	70,0	7,0	1,7
1,10	АИР80В6	74,0	8,0	2,2	АИР90LB8	72,0	7,0	1,7
1,50	АИР90L6	76,0	7,5	2,2	АИР100L8	76,0	6,0	1,7
2,20	АИР100L6	81,0	5,5	2,2	АИР112МА8	76,5	5,5	2,2
3,00	АИР112МА6	81,0	5,0	2,2	АИР112МВ8	79,0	5,5	2,2
4,00	АИР112МВ6	82,0	5,0	2,2	АИР132S8	83,0	4,5	2,2
5,50	АИР132S6	85,0	4,0	2,2	АИР132М8	83,0	5,0	2,2
7,50	АИР132М6	85,5	4,0	2,2	АИР160S8	87,0	3,0	2,4
11,0	АИР160S6	88,0	3,0	2,7	АИР160М8	87,5	3,0	2,4
15,0	АИР160М6	88,0	3,0	2,7	АИР180М8	89,0	2,5	2,2
18,5	АИР180М6	89,5	2,0	2,4	АИР200М8	89,0	2,5	2,3
22,0	АИР200М6	90,0	2,0	2,4	АИР200L8	90,0	2,5	2,3
30,0	АИР200L6	90,0	2,5	2,4	АИР225М8	90,5	2,5	2,3
37,0	АИР225М6	91,0	2,0	2,3	АИР250S8	92,5	2,0	2,3
45,0	АИР250S6	92,5	2,0	2,3	АИР250М8	92,5	2,0	2,2

Примечание – $T_{ном}$ – номинальный (расчетный) момент; T_{\max} – максимальный момент двигателя при пуске

Требуемая мощность рабочей машины $N_{р.м.}$, Вт, определяется по формулам:

$N_{р.м.} = F \cdot V$ – если в исходных данных указано значение тяговой силы F , кН, и линейной скорости V , м/с, тягового органа машины;

$N_{р.м.} = T \cdot \omega$ – если указано значение вращающего момента T , Н·м, и угловой скорости ω , рад/с.

Общий КПД привода

$$\eta = \eta_{з.п.} \eta_{о.п.} \eta_{м.} \eta_{л.к.},$$

где $\eta_{з.п.}$ – КПД закрытой передачи;

$\eta_{о.п.}$ – открытой передачи;

$\eta_{м.}$ – муфты;

$\eta_{л.к.}$ – одной пары подшипников качения.

Значения КПД передач и подшипников определяются по таблице 3.

Таблица 3 – Значения КПД механических передач

Тип (параметр)	Открытая	Закрытая
Зубчатая цилиндрическая	0,93...0,95	0,96...0,97
Зубчатая коническая	0,92...0,94	0,95...0,97
Червячная при передаточном числе u свыше 30	–	0,70...0,75
Червячная при передаточном числе u от 14 до 30	–	0,80...0,85
Червячная при передаточном числе u от 8 до 14	–	0,85...0,95
Цепная роликовая	0,90...0,93	0,95...0,97
Ременная с плоским ремнем	0,96...0,98	–
Ременная с клиновым ремнем	0,95...0,97	–
Пара подшипников качения	0,99...0,995	0,99...0,995
Пара подшипников скольжения	0,98...0,99	0,98...0,99
Муфта упругая втулочно-пальцевая (ГОСТ 21424–93)	0,98	

Расчетная мощность двигателя $N_{p.d.}$, кВт,

$$N_{p.d.} = N_{p.m.} / \eta.$$

Значение номинальной мощности двигателя выбирается из таблицы 2 по ближайшей большей величине к расчетной мощности:

$$N_{н.д.} > N_{p.d.}$$

Для одной и той же мощности имеются двигатели с синхронными частотами вращения 3000, 1500, 1000 и 750 мин⁻¹. При этом надо учитывать, что двигатели с частотой 3000 мин⁻¹ имеют низкий рабочий ресурс, а двигатели с 750 мин⁻¹ весьма металлоемки, поэтому их нежелательно применять без особой необходимости. Исходя из вышеизложенного рекомендуется использовать двигатели с частотами 1500 или 1000 мин⁻¹. Из них следует выбрать тот двигатель, который дает минимальные отклонения от расчетного передаточного отношения.

5.2 Определение передаточного отношения привода

Передаточное отношение привода определяется отношением номинальной частоты вращения двигателя n_{po} к частоте вращения рабочего органа машины n_{po} при минимальной нагрузке и равно произведению передаточных отношений закрытой $u_{з.н.}$ и открытой $u_{о.н.}$ передач:

$$u = n_{ном} / n_{po} = u_{з.н.} \cdot u_{о.н.}$$

Частота вращения приводного вала рабочей машины:

– для ленточных конвейеров, шнеков-смесителей, лебедок и мешалок:

$$n_{p.o.} = 60 \cdot 1000 \cdot V / (\pi \cdot D),$$

где V – скорость тягового органа, м/с;

D – диаметр барабана, шнека или диска питателя, мм;

– для цепных конвейеров:

$$n_{p.o.} = 60 \cdot 1000 \cdot V / (z \cdot t),$$

где V – скорость цепи, м/с;

z – количество зубьев ведущей звездочки тягового органа;

t – шаг тяговой цепи, мм.

Далее требуется осуществить разбивку общего передаточного отношения (числа) на $u_{з.п.}$ и $u_{о.п.}$. Здесь необходимо руководствоваться данными, приведенными в таблице 4. Для того, чтобы габариты передач не были чрезмерно большими, нужно придерживаться некоторых средних значений $u_{з.п.}$ и $u_{о.п.}$, по возможности доводя их до наибольших, допускаемых в отдельных случаях. Значения первого ряда следует предпочесть значениям второго ряда.

Таблица 4 – Рекомендуемые значения передаточных чисел

Тип передачи	Значение передаточного отношения
Закрытые зубчатые передачи. Одноступенчатые цилиндрические и конические редукторы	1-й ряд: 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3 2-й ряд: 2,24; 2,8; 3,55; 4,5; 5,6; 7,1
Закрытые червячные передачи. Одноступенчатые редукторы для червяка с числом витков $z_1 = 1; 2; 4$	1-й ряд: 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5 2-й ряд: 11,2; 14,0; 18; 22,4; 28; 35,5
Открытые зубчатые передачи	3...7
Цепные передачи	2...4
Ременные передачи	2...3

5.3 Кинематический расчет привода

Кинематический расчет привода позволяет получить исходные данные для прочностного расчета элементов механических передач, определения размеров передач.

Энергетические параметры (мощность), кинематические параметры (частота вращения и угловая скорость) и силовые параметры (вращающий момент) на всех валах привода (двигателя, быстроходном (Б), тихоходном (Т), рабочего органа (РО)) определяются исходя из расчетной мощности и номинальной частоты вращения двигателя при установившемся режиме движения.

Для принятых в техническом задании блок-схем I и II (см. рисунок 1) расчеты выполняются согласно последовательности, приводимой в таблице 5.

Таблица 5 – Определение силовых и кинематических параметров привода

Параметры	Вал (см. ТЗ)	Принятая кинематическая схема	
		I	II
Мощность N , кВт	Двигателя	N_{δ}	N_{δ}
	Б	$N_1 = N_{\delta} \cdot \eta_{o.n} \cdot \eta_{п.к.}$	$N_1 = N_{\delta} \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{п.к.}$
	Т	$N_2 = N_1 \cdot \eta_{з.п.} \cdot \eta_{п.к.}$	$N_2 = N_1 \cdot \eta_{з.п.} \cdot \eta_{п.к.}$
	Вал РО	$N_{PO} = N_2 \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{п.к.}$	$N_{PO} = N_2 \cdot \eta_{o.n} \cdot \eta_{п.к.}$
Частота вращения n , мин ⁻¹	Двигателя	$n_{ном}$	$n_{ном}$
	Б	$n_1 = n_{ном} / u_{o.n.}$	$n_1 = n_{ном}$
	Т	$n_2 = n_1 / u_{з.п.}$	$n_2 = n_1 / u_{з.п.}$
	Вал РО	$n_{p.o.} = n_2$	$n_{p.o.} = n_2 / u_{o.n.}$
Угловая скорость ω , с ⁻¹	Двигателя	$\omega_{ном} = \pi \cdot n_{ном} / 30$	$\omega_{ном} = \pi \cdot n_{ном} / 30$
	Б	$\omega_1 = \omega_{ном} / u_{o.n.}$	$\omega_1 = \omega_{ном}$
	Т	$\omega_2 = \omega_1 / u_{з.п.}$	$\omega_2 = \omega_1 / u_{з.п.}$
	Вал РО	$\omega_{PO} = \omega_2$	$\omega_{PO} = \omega_2 / u_{o.n.}$
Вращающий момент T , Н·м	Двигателя	$T_{\delta} = N_{\delta} \cdot 10^3 / \omega_{ном}$	$T_{\delta} = N_{\delta} \cdot 10^3 / \omega_{ном}$
	Б	$T_1 = T_{\delta} \cdot u_{o.n.} \cdot \eta_{o.n.} \cdot \eta_{п.к.}$	$T_1 = T_{\delta} \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{п.к.}$
	Т	$T_2 = T_1 \cdot u_{з.п.} \cdot \eta_{з.п.} \cdot \eta_{п.к.}$	$T_2 = T_1 \cdot u_{з.п.} \cdot \eta_{з.п.} \cdot \eta_{п.к.}$
	Вал РО	$T_{PO} = T_2 \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{п.к.}$	$T_{PO} = T_2 \cdot u_{o.n.} \cdot \eta_{o.n.} \cdot \eta_{п.к.}$

6 Разработка эскизного проекта

Эскизный проект выполняется на основании данных, полученных при разработке технического предложения. Данный этап включает расчеты зубчатых (червячных) передач редуктора, а также разработку эскиза компоновки редуктора.

Здесь следует учитывать технический уровень проектируемого редуктора. Критерием j технического уровня является отношение массы редуктора M , кг, к моменту на тихоходном валу T_2 , Н·м. В эскизном проектировании предварительно можно принять средний технический уровень:

$$j = M / T_2 = 0,1 \dots 0,2 \text{ кг}/(\text{Н}\cdot\text{м}).$$

Это дает возможность ориентировочно прогнозировать значения главного геометрического параметра редуктора (a_w – межосевое расстояние для цилиндрической по ГОСТ 2185–66 и червячной по ГОСТ 2144–76 передачи; d_{e2} – внешний делительный диаметр колеса для конической передачи по ГОСТ 12289–76).

Поэтому рекомендуется поступать в следующей последовательности:

– определить диапазон массы редуктора в килограммах, ориентируясь вначале на среднее значение массы в диапазоне:

$$M = (0,1 \dots 0,2) T_2;$$

– по величине массы M определить предполагаемый диапазон главного параметра редуктора из таблицы 6.

Таблица 6 – Главный параметр одноступенчатого редуктора

Масса цилиндрического редуктора M , кг	30	40	50	60	70	85	110	140	180	230	290
Межосевое расстояние a_w , мм	90	100	112	125	140	160	180	200	224	250	280
Масса конического редуктора M , кг		15	20	25	30	40	60	80	110	150	200
Внешний делительный диаметр d_{e2} , мм	$u = 2 \dots 2,8$	100	112	125	140	160	180	200	225	250	280
	$u = 3,15 \dots 5$	112	125	140	160	180	200	225	250	280	315
Масса червячного редуктора M , кг	40	50	60	70	85	110	140	190	240	300	360
Межосевое расстояние a_w , мм	90	100	112	125	140	160	180	200	224	250	280

6.1 Выбор материалов зубчатой (червячной) передачи. Определение допускаемых напряжений

На этой стадии проектирования в соответствии с техническим заданием (см. приложение А), выбирают материалы для зубчатых (червячных) колес механизмов передач, а также рассчитывают величины допускаемых напряжений для данных материалов. Зубчатые колеса изготавливают из стали, червяк (ведущее звено червячной передачи) – из стали, а червячное колесо – из чугуна или делают составным венцом (обод с зубьями) из бронзы, а диск со ступицей – из чугуна или стали.

6.2 Расчет зубчатой (червячной) передачи редуктора

Затем выполняют проектный расчет закрытой зубчатой передачи редуктора – определяют размеры (геометрические параметры) зубчатой передачи исходя из необходимого сопротивления контактной усталости зубьев. После уточнения полученных параметров (межосевое расстояние a_w , модуль зацепления m , число зубьев z) выполняют проверочный расчет зубьев на сопротивление контактной усталости и на изгиб. Сравнивают полученные значения с предварительно выбранным главным параметром редуктора.

При выполнении расчетов передач одноступенчатых редукторов используют методики, изложенные в пособиях, приведенных в списке литературы.

На данном этапе целесообразно выполнить также предварительный проектный расчет валов. Поскольку на данном этапе проектирования размеры валов (длины) не известны, соответственно, расчет на изгиб невозможен, то расчет выполняют только по условию прочности на кручение. Для косвенного учета деформации изгиба – расчет на кручение проводится по пониженным касательным напряжениям. Пониженные допускаемые касательные напряжения

для быстроходного вала рекомендуется принять $[\tau] \approx 15$ МПа, для промежуточного вала – $[\tau] \approx 20$ МПа, а для тихоходного – $[\tau] \approx 25$ МПа.

6.3 Разработка эскиза (компоновки) общего вида редуктора

По полученным геометрическим параметрам закрытой передачи разрабатывается компоновка общего вида редуктора.

Для одноступенчатых цилиндрических редукторов компоновку выполняют в последовательности, изложенной в [1, с. 116–117], вспомогательные данные для компоновки приведены в [1, с. 115]. Компоновку одноступенчатых конических редукторов следует выполнять по схеме, приведенной в [1, с. 120–121]. Компоновку одноступенчатых червячных редукторов выполняют в последовательности, изложенной в [1, с. 123].

Компоновка выполняется путем поэтапной переработки и дополнения составленной кинематической схемы (схемы в масштабе) до получения эскиза главного вида редуктора. Исходными данными являются структурная схема редуктора (схема без масштаба), вычисленные межосевые расстояния передач a_w , размеры колес (делительные диаметры, диаметры вершин, ширины венцов), ориентировочные диаметры валов (длины валов определяются окончательно лишь на последних этапах эскизного конструирования).

Рекомендуется придерживаться следующего порядка работы по эскизному конструированию редуктора:

- с соответствии с исходными данными подбирается стандартный масштаб изображения – масштаб должен позволить разместить главный вид на формате А2, при этом следует оставить место для простановки размеров и штампа;

- на миллиметровой бумаге первоначально изображается кинематическая схема редуктора, которая выглядит так же, как и структурная, но выполняется в масштабе, например, межосевые расстояния a_w должны соответствовать расчетным значениям;

- на первом этапе доработки кинематической схемы контурно по габаритным размерам (диаметры и ширины венцов колес, диаметры валов) в виде прямоугольников схематически изображаются колеса и валы;

- на втором этапе доработки схематически изображается внутренний контур редуктора в виде прямоугольника, охватывающего зубчатую передачу; причем между вращающимися деталями должны быть предусмотрены определенные зазоры: между торцами зубчатых колес $\Delta_1 \approx 0,5\delta$; между торцом колеса и внутренними деталями корпуса $\Delta_2 \approx 0,5\delta$; между вершинами зубьев колеса и корпусом $\Delta_3 \approx 1,25\delta$ (здесь δ – толщина литой стенки картера, $\delta = 2(0,1T)^{0,25} \geq 6$ мм, где T – вращающий момент на тихоходном валу, Н·м);

- на третьем этапе, согласно кинематической схеме, намечаются места расположения подшипников; предварительно по диаметрам валов d подбираются подшипники средней серии (для цилиндрических редукторов – шариковые радиальные, для конических и червячных – роликовые радиально-упор-

ные); основными габаритными размерами подшипников являются их наружный диаметр D и ширина B ;

- на четвертом этапе схематически изображается внешний контур редуктора, для чего намечаются размеры фланцев разъема картера (нижней части корпуса) для ее соединения с крышкой; ширина фланцев в местах расположения подшипников должна быть больше ширины B подшипников тихоходного вала примерно на 15 %...20 %;

- на пятом этапе назначаются длины вылетов (консолей для размещения муфт) входного и выходного валов, величиной 1,6...2 диаметра вала по ГОСТ 12080–66 для цилиндрического и ГОСТ 12081–72 для конического концов вала;

- на заключительном этапе на полученном эскизе должны быть проставлены необходимые размеры, полученные расчетом или принятые конструктивно: габаритные, межосевые расстояния, диаметры валов и колес, длины участков валов (границами являются середины колес, середины подшипников, середины консольных участков).

7 Разработка технического проекта

Технический проект направлен на разработку конструкции редуктора и привода технологической машины. На данном этапе проектирования выполняются расчеты валов, расчеты подшипников редуктора, расчет открытой передачи. Графическая часть включает сборочный чертеж редуктора и компоновку привода.

Результаты технического проекта являются основанием для разработки пакета рабочей конструкторской документации.

7.1 Составление схемы нагружения валов редуктора. Расчет валов редуктора

Расчету валов предшествует составление схемы нагружения валов редуктора [1, с. 125–128]. При составлении силовой схемы учитывают крутящие моменты; силы, возникающие в зацеплении; силы, действующие со стороны элементов открытой передачи и муфт; опорные реакции со стороны подшипников. Конечной целью является определение коэффициента запаса прочности по переменным напряжениям.

7.2 Расчет подшипников редуктора

Целью расчета подшипников является определение их долговечности, которая не должна быть меньше срока службы привода. Исходными данными являются значения радиальных и осевых реакций в опорах вала (подшипниках),

а также параметры выбранного подшипника. При невыполнении условия долговечности необходимо использовать подшипники более тяжелых серий.

7.3 Разработка сборочного чертежа редуктора

Сборочный чертеж редуктора разрабатывается на основании эскиза компоновки. Пример эскиза компоновки представлен на рисунке 2. Масштаб чертежа, как правило, совпадает с масштабом компоновки. При необходимости в эскизную конструкцию вносятся изменения, например, типоразмеры подшипников, длины и диаметры консольных участков валов для размещения на них стандартных полумуфт и др. Примеры выполнения сборочных чертежей редукторов представлены в пособиях [1, с. 242–299; 2, с. 280–298, с. 352–387].

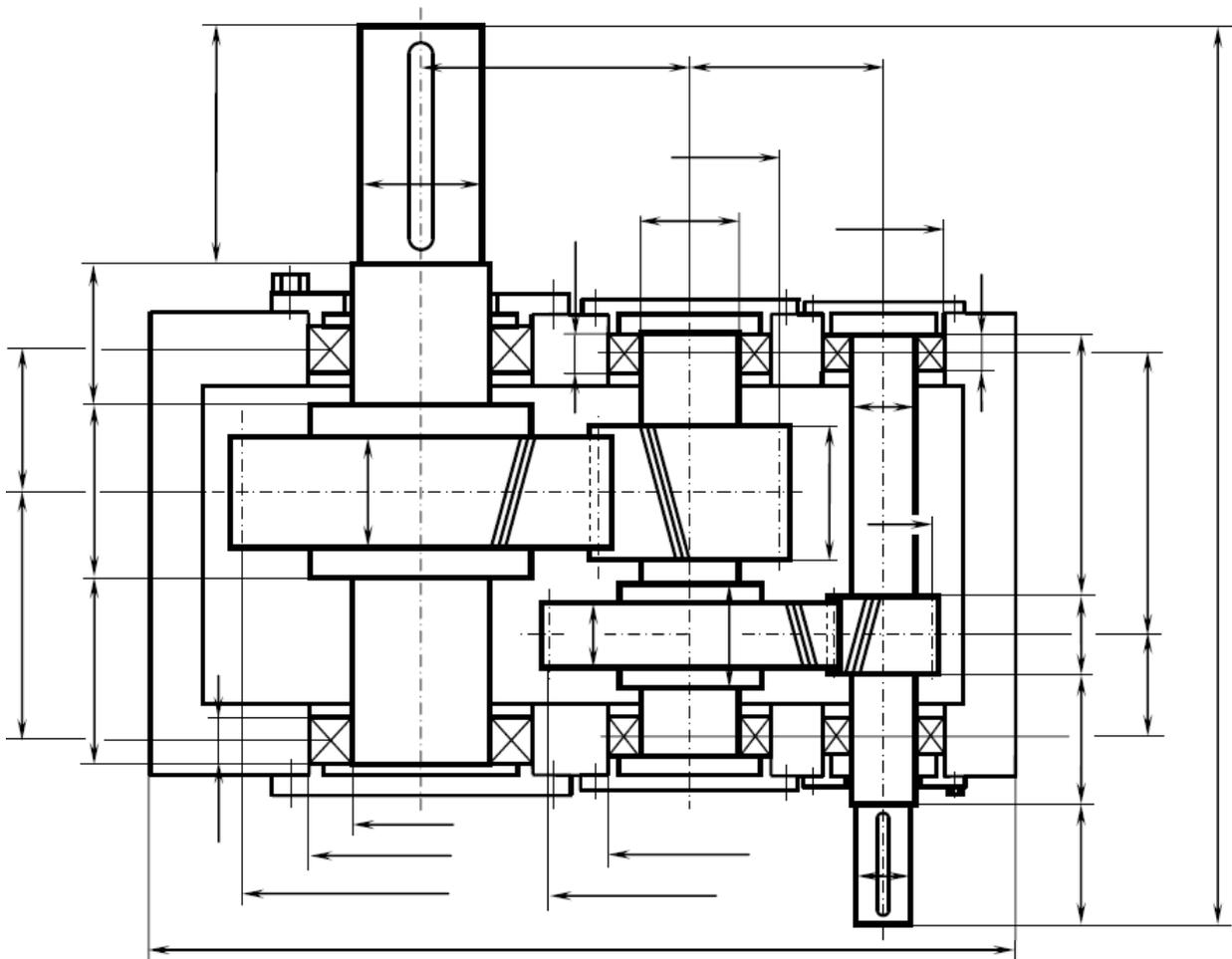


Рисунок 2 – Эскиз компоновки двухступенчатого горизонтального цилиндрического редуктора

Корпус редуктора служит для правильного взаимного положения зубчатых передач, восприятия усилий, возникающих при работе, защиты от загрязнений, используется как емкость для смазки. Корпусы редукторов обычно бывают литыми (чугун), реже сварными. Конструктивные особенности корпусных деталей в их взаимосвязи с элементами передачи целесообразно рассмотреть на примере устройства цилиндрического редуктора (рисунок 3).

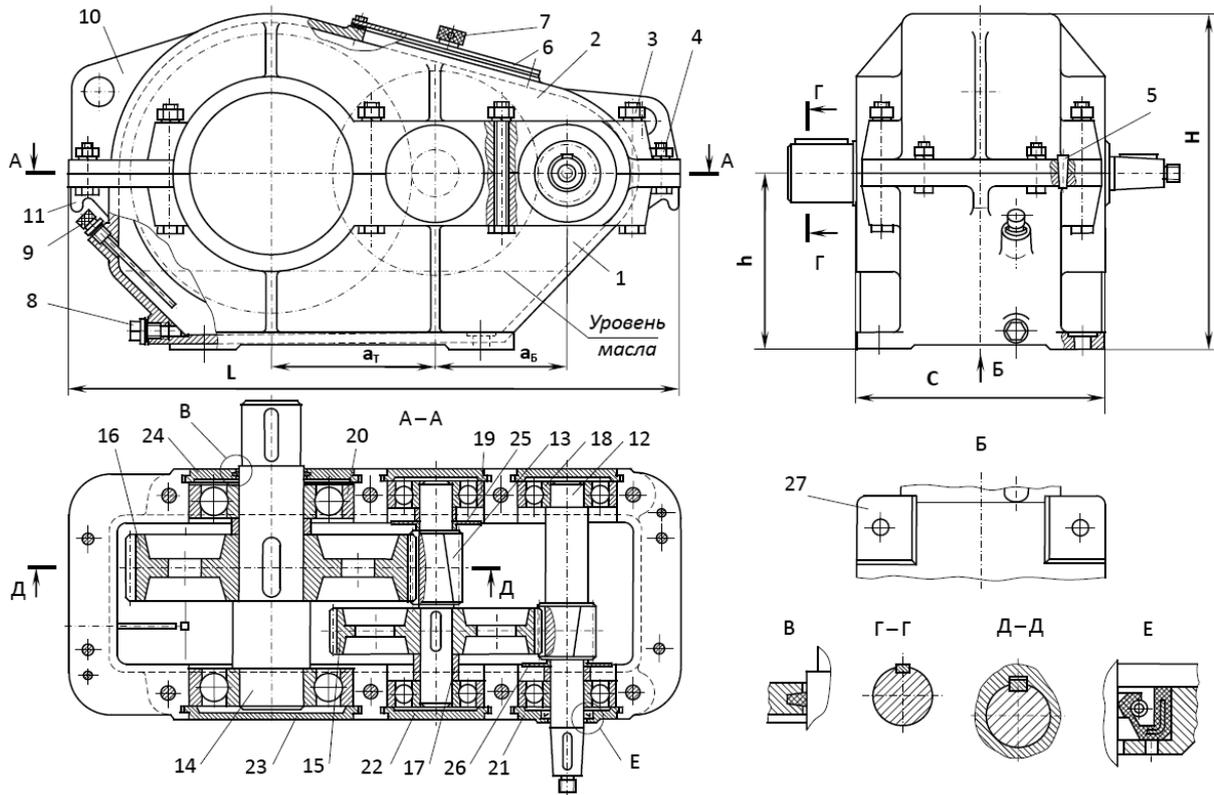


Рисунок 3 – Двухступенчатый горизонтальный цилиндрический редуктор

Толщину стенки картера, принятую при эскизном проектировании, можно уточнить в зависимости от приведенного габарита L_{np} корпуса (таблица 7):

$$L_{np} = (2L + B + H)/4,$$

где L, B, H – длина, ширина и высота корпуса соответственно.

Таблица 7 – Зависимость толщины стенок литого корпуса редуктора от приведенного габарита

L_{np} , м	0,4	0,75	1,0	1,5	1,8
δ , мм	6	8	10	12	14

Элементы корпуса должны сопрягаться одинаковым радиусом $r \approx 0,25\delta$.

Толщина стенки крышки составляет примерно $0,8\delta$ (где δ – толщина стенки картера).

Для повышения жесткости корпус усиливают ребрами, расположенными по осям опор валов. Поперечные сечения ребер жесткости имеют литейный уклон.

Корпус редуктора для удобства монтажа выполняют разъемным (см. рисунок 3). Нижняя часть 1 называется картером, а верхняя – крышкой 2. По всему контуру разъема предусмотрены фланцы, в которых размещаются болты 3, стя-

гивающие картер и крышку (диаметры болтов принимаются примерно равными $d_6 \approx (T)^{1/3}$). Толщина каждого фланца по разьему составляет примерно 1,5 δ . Основные стяжные болты 3 стремятся максимально приблизить к подшипникам 18, 19, 20 для увеличения жесткости соединения. Остальные болты 4 располагают с шагом (12...15) d_6 . Ширина самого фланца ($2,7d_6$) устанавливается такой, чтобы на ней свободно размещались шестигранные гайки и чтобы была возможность поворота гаечного ключа на 60°.

Плотность прилегания крышки к картеру достигается соответствующей обработкой рабочей поверхности фланцев (шабрение и шлифовка); при сборке на поверхности наносят герметик.

В крышке редуктора с целью заливки масла в картер (картерная смазка), а также для визуального контроля над правильностью зацепления зубьев колес 15 и 16 с зубьями валов-шестерней 13 и 12 при регулировке имеется окно, закрытое прямоугольной крышкой 6 с отдушиной 7. Отдушина служит для выравнивания давления внутри корпуса с атмосферным, что предотвращает утечку масла через уплотнения. При картерной смазке венец колеса быстроходной ступени погружается в масло на высоту зуба. При вращении колес масло попадает как в зону зацепления, так и в подшипники. Уровень масла контролируют щупом 9, на котором имеются соответствующие риски.

Для слива отработанного масла в картере имеется отверстие, заглушенное пробкой 8 и медной шайбой, подкладываемой под головку винта-пробки 8. Масло сливают без разборки редуктора – стекание происходит благодаря дну картера, выполненному с уклоном примерно 1,5° в сторону спускного отверстия. Для полного удаления отработанного масла возле отверстия на дне делается местное углубление.

Герметичность быстроходного вала 12, промежуточного вала-шестерни 13, тихоходного вала 14 и их точная установка относительно корпуса обеспечивается закладными глухими крышками 22, 23 и закладными сквозными крышками 21 и 24. Герметичность прохождения консольных частей быстроходного и тихоходного валов через сквозные крышки 21 и 24 достигается применением войлочных колец (вид В) и уплотнительных манжет (вид Е). Во избежание попадания в подшипники продуктов износа зубчатых колес, а также излишнего полива маслом подшипники, расположенные ближе к зубчатому колесу, закрываются маслозащитными шайбами 25 и 26.

В данной конструкции редуктора валы установлены наиболее распространенным способом – «враспор». Для осевой фиксации валов использованы распорные втулки 17. Между вращающимися деталями, как указывалось выше, должны быть предусмотрены определенные зазоры: между торцами зубчатых колес $\Delta_1 \approx 0,5\delta$, между торцом колеса и внутренними деталями корпуса $\Delta_2 \approx 0,8\delta$, между вершинами зубьев колеса и корпусом $\Delta_3 \approx 1,25\delta$.

Для размещения подшипников на боковых стенках корпуса предусмотрены приливы. Отверстия под подшипники растачивают в сборке картера 1 с крышкой 2, при этом точность стыковки этих двух деталей обеспечивается установочными штифтами 5.

Для установки редуктора на раме или плите привода в нижней части картере-

ра 1 делают фланцы, в которых имеются отверстия под болты (диаметры болтов $d_{\phi} \approx 1,25d_6$). Число фундаментных болтов при $a_m \leq 250$ мм $z_{\phi} = 4$, при $a_m > 250$ мм $z_{\phi} = 6$. Опорная поверхность корпуса редуктора (вид Б) выполнена в виде четырех обработанных платиков 27. Поскольку поверхности под головками болтов или под шайбами должны быть перпендикулярны к осям отверстий, то их обрабатывают: фрезеруют, если имеется пластик, или зенкуют для гладких фланцев.

Для перемещения крышки и картера используют проушины 10 и крючья 11.

Подобные рекомендации справедливы и для корпусов червячных редукторов.

На сборочном чертеже должны быть проставлены несколько групп основных размеров:

- габаритные;
- установочные;
- присоединительные (размеры входного и выходного валов с указанием допусков);
- посадочные (в местах расположения колес, подшипников, крышек и т. д.).

Могут указываться также справочные размеры, которые облегчают понимание конструктивных особенностей изделия.

7.4 Расчет открытой передачи

Необходимым этапом является расчет открытой передачи. С этой целью в зависимости от типа открытой передачи, приведенной в техническом задании на структурной схеме привода, выполняются проектные и проверочные расчеты в соответствии с методиками, изложенными в [1, с. 2]:

- открытые цилиндрические передачи [1, с. 45];
- открытые конические передачи [1, с. 78];
- плоскоременные передачи [1, с. 326–329; 2, с. 79–85];
- клиноременные передачи [1, с. 333–336; 2, с. 85–91].

7.5 Расчет технического уровня редуктора

Для количественной оценки технического уровня редуктора используют параметр, отражающий соотношение затраченных средств и полученного результата. «Результатом» для редуктора является его нагрузочная способность – вращающий момент T , кН·м, на тихоходном (выходном) валу. Мерой затраченных средств считают массу редуктора M . Таким образом, критерий технического уровня γ характеризуется расходом материала на передачу крутящего момента:

$$\gamma = M / T.$$

На стадии эскизного проекта масса редуктора определялась ориентировочно. На стадии технического проекта, когда разработана окончательная конструкция редуктора и установлены его максимальные габариты L , B и H , следу-

ет определить действительную массу (M , кг) и фактический критерий технического уровня γ .

Определение массы редуктора необходимо проводить в следующей последовательности:

- для цилиндрического и конического редукторов:

$$M = \varphi \cdot \rho \cdot V \cdot 10^{-9},$$

где φ – коэффициент заполнения, зависящий от межосевого расстояния a_w – для цилиндрического редуктора (рисунок 4) или от внешнего конусного расстояния R_e – для конического редуктора (рисунок 5);

ρ – плотность чугуна, $\rho = 7,4 \cdot 10^3$ кг/м³;

V – условный объем редуктора, определяемый как произведение наибольшей длины, ширины и высоты редуктора, мм³:

$$V = L \cdot B \cdot H;$$

- для червячного редуктора

$$M = \varphi \cdot \rho \cdot d_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4},$$

где φ – коэффициент заполнения, определяемый по графику (рисунок 6) в зависимости от делительного диаметра колеса d_2 , мм;

d_1 – делительный диаметр червяка, мм;

ρ – плотность чугуна.

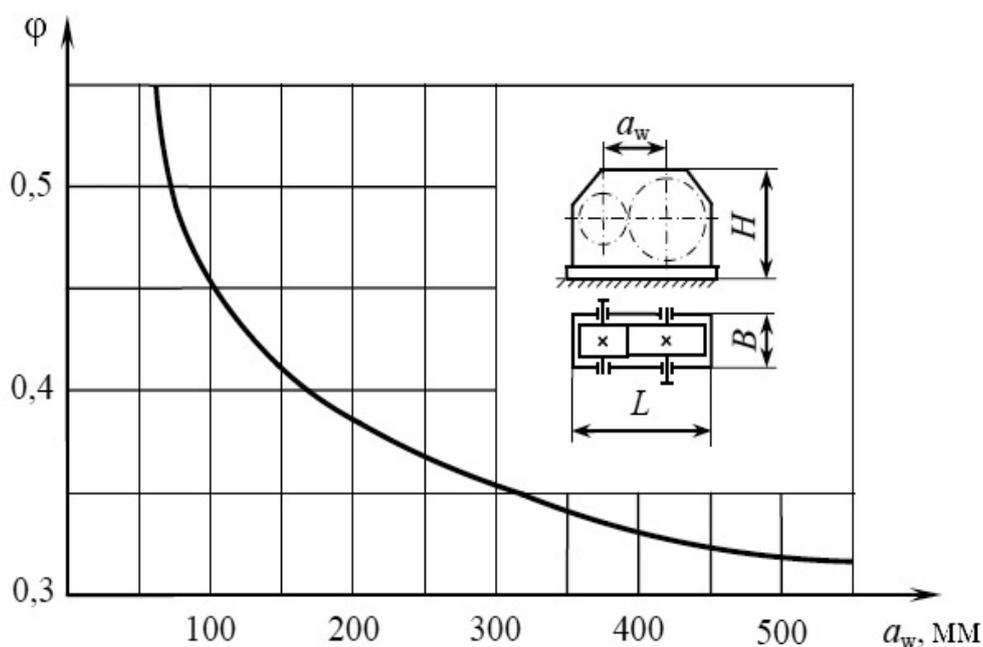


Рисунок 4 – Коэффициент заполнения цилиндрического одноступенчатого редуктора

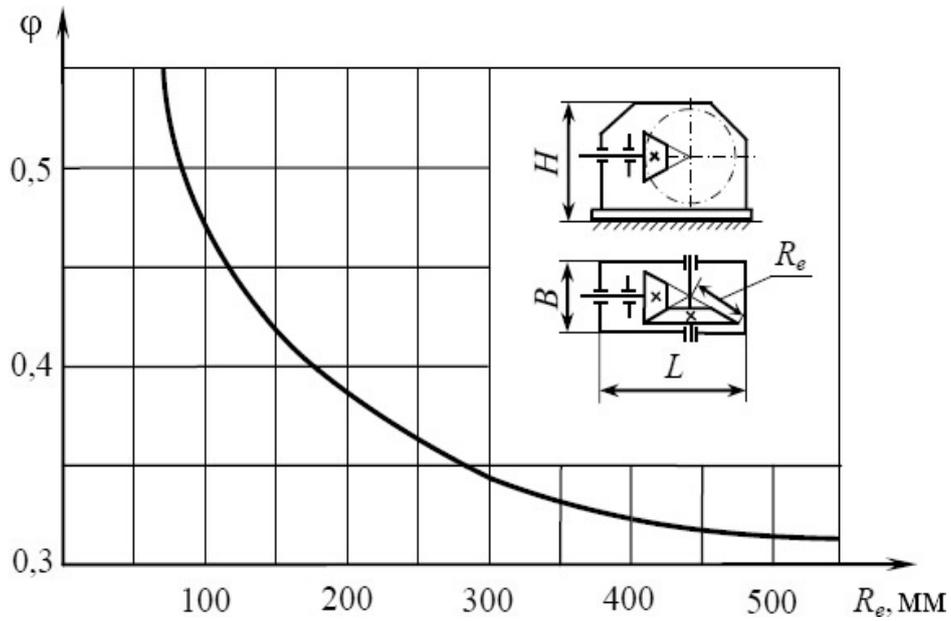


Рисунок 5 – Коэффициент заполнения конического одноступенчатого редуктора

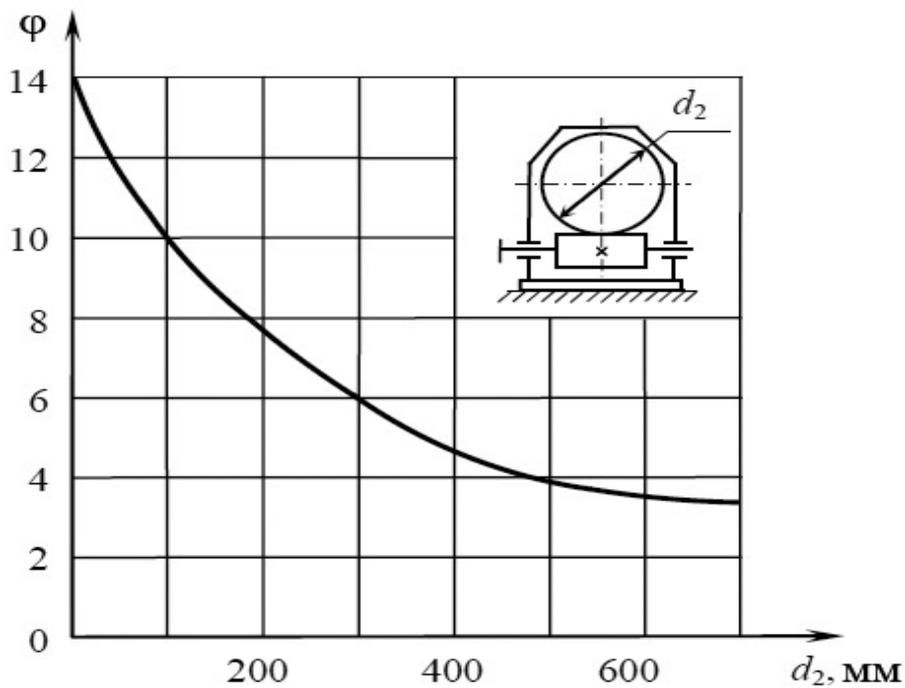


Рисунок 6 – Коэффициент заполнения червячного одноступенчатого редуктора

Критерий технического уровня позволяет сравнить спроектированный редуктор со стандартной конструкцией. Следует иметь в виду, что конструкции редукторов, изготовляемых в условиях индивидуального или мелкосерийного производства, могут существенно не дотягивать до высоких значений критерия технического уровня.

7.6 Разработка компоновки общего вида привода

Целью разработки компоновки общего вида привода является взаимная конструкторская увязка редуктора, открытой передачи, двигателя, муфт и других узлов на единой основе – литой плите или раме. При составлении компоновки необходимо добиваться такого расположения узлов и деталей, при котором создается наибольшее удобство для их монтажа и эксплуатации [1, с. 312–325; 2, с. 158–165].

Компоновка привода должна содержать:

- изображение (упрощенное) привода в двух проекциях с необходимыми выносными видами и разрезами, а также таблицу перечня составных частей (покупные изделия, вновь разрабатываемые изделия), помещаемую над основной надписью на том же листе или отдельно на формате А4;
- габаритные, установочные, присоединительные размеры;
- техническую характеристику, в которой указывают момент и скорость тягового органа рабочей машины, общее передаточное число привода.

8 Рабочая конструкторская документация

В состав рабочей документации входят сборочные чертежи узлов, рабочие чертежи деталей. На данном этапе курсового проектирования выполняются рабочие чертежи деталей. Детали, подлежащие разработке, назначаются преподавателем. Для одноступенчатого редуктора такими деталями обычно являются ведомое колесо и тихоходный вал. Рабочие чертежи деталей выполняются на листах формата А3 в соответствии с ГОСТ 2.109–73 желательнее с использованием масштаба 1:1, 2:1, 1:2. Рабочий чертеж детали содержит изображение детали с нанесенными размерами, предельными отклонениями размеров, допуски форм и расположения поверхностей, параметры шероховатости поверхностей, технические требования.

Изображение детали на чертеже должно содержать минимальное количество видов, разрезов и сечений, но достаточное для выявления формы детали и простановки размеров.

Текстовая часть рабочего чертежа необходима для лучшего понимания изображения детали и точного её изготовления. Для рабочих чертежей валов применяют только технические требования [1]. Текстовая часть рабочих чертежей зубчатых и червячных колес, а также валов-червяков содержит таблицу параметров зацепления и технические требования [1].

Список литературы

1 **Курмаз, Л. В.** Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие для вузов / Л. В. Курмаз, О. Л. Курмаз. – Минск: Вышэйшая школа, 2007. – 455 с.

2 **Лустенков, М. Е.** Детали машин: учебное пособие / М. Е. Лустенков. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2018. – 240 с. : ил.

3 **Шейнблит, А. Е.** Курсовое проектирование деталей машин : учебное пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтар. сказ, 2005. – 456 с.

4 **Дунаев, П. Ф.** Конструирование узлов и деталей машин : учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 11-е изд., стер. – Москва : Академия, 2008. – 496 с.

5 **Курмаз, Л. В.** Детали машин. Проектирование: справочное учебно-методическое пособие / Л. В. Курмаз, А. Т. Скойбеда. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2005. – 309 с.

6 Курсовое проектирование деталей машин : учебное пособие / С. А. Чернавский [и др.] – 3-е изд., стер. – Москва : Альянс, 2005. – 416 с.

7 **Марцулевич, Н. А.** Техническая механика: учебное пособие в 2 ч. Ч. 2: Сопротивление материалов. Детали машин / Н. А. Марцулевич, А. Н. Луцко, Д. А. Бартенев ; под ред. Н. А. Марцулевича. – Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2010. – 493 с.

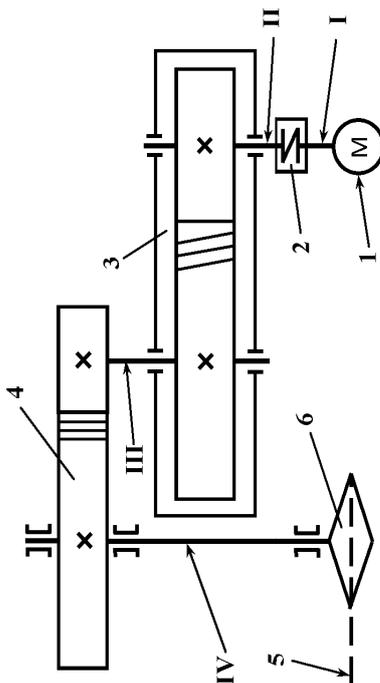
Приложение Б (справочное)

Варианты к техническому заданию 2

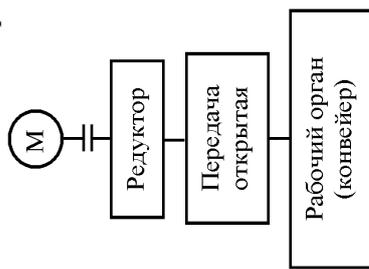
Приводная станция подвешенного конвейера:

- 1 – двигатель (мотор);
- 2 – упругая втулочно-пальцевая муфта;
- 3 – цилиндрический редуктор с косозубой передачей;
- 4 – цилиндрическая прямозубая открытая передача;
- 5 – грузовая цепь;
- 6 – звездочка цепи.
- I – вал двигателя;
- II – быстроходный вал редуктора;
- III – тихоходный вал редуктора;
- IV – вал рабочей машины.

Структурная схема привода подвешенного конвейера
(вид сверху)



Блок-схема привода подвешенного конвейера



Режим работы машины: Л – легкий; С – средний; Т – тяжелый.

Исходные данные	Варианты																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Тяговая сила ленты F , кН	3,0	3,4	3,8	4,0	4,2	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5	2,5	2,8	3,0	3,1	3,2	3,5	3,7	3,9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3
Скорость грузовой цепи V , м/с	0,55	0,60	0,65	0,60	0,65	0,65	0,60	0,65	0,55	0,63	0,50	0,60	0,65	0,68	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,65
Шаг грузовой цепи p , мм	80	80	100	80	100	80	100	80	100	80	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80
Число зубьев звездочки z	7	9	8	7	9	8	8	9	7	8	7	9	8	7	9	8	7	9	8	7	9	8	7	9	8
Срок службы привода L_r , лет	5	5	7	6	7	7	5	4	4	6	5	4	6	7	5	4	6	7	5	4	8	6	7	5	8
Сменность работы L_c	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Продолжительность смены t_c , ч	8	10	8	6	8	10	6	8	10	6	8	10	8	6	8	10	8	6	10	8	6	10	8	6	10
Режим работы машины	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л

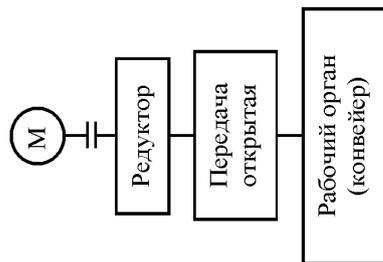
Приложение В (справочное)

Варианты к техническому заданию 3

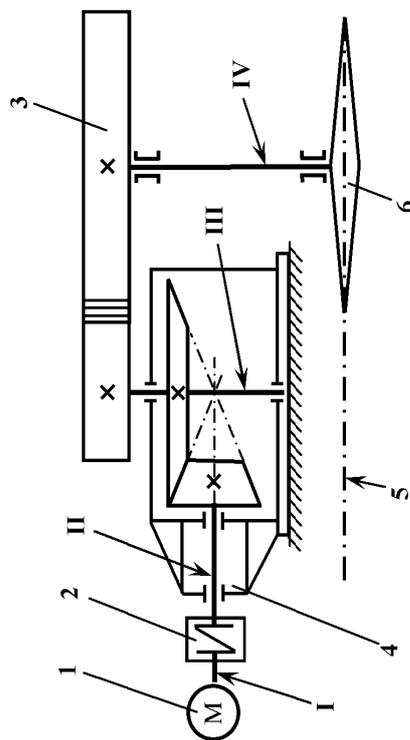
Приводная станция подвесного конвейера:

- 1 – двигатель (мотор);
- 2 – упругая втулочно-пальцевая муфта;
- 3 – открытая цилиндрическая прямозубая передача;
- 4 – конический редуктор;
- 5 – грузовая цепь;
- 6 – звездочка цепи.
- I – вал двигателя;
- II – быстроходный вал редуктора;
- III – тихоходный вал редуктора;
- IV – вал рабочей машины.

Блок-схема привода подвесного конвейера



Структурная схема привода подвесного конвейера



Режим работы машины: Л – легкий; С – средний; Т – тяжелый.

Исходные данные	Варианты																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Тяговая сила ленты F , кН	3,0	3,4	3,8	4,0	4,2	4,6	4,8	5,0	5,2	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5	4,2	3,8	3,6	3,4	3,2	3,3	3,5	3,7	3,9	4,5
Скорость грузовой цепи V , м/с	0,55	0,60	0,65	0,60	0,65	0,65	0,60	0,65	0,55	0,63	0,52	0,55	0,58	0,60	0,65	0,68	0,70	0,72	0,75	0,66	0,62	0,60	0,59	0,57	0,55
Шаг грузовой цепи p , мм	80	80	100	80	100	80	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80
Число зубьев звездочки z	7	9	8	7	9	8	8	9	7	8	7	9	8	7	9	8	7	9	8	7	9	8	7	9	8
Срок службы привода L_p , лет	5	5	7	6	7	7	5	4	4	6	5	4	6	7	4	7	6	5	4	5	6	7	6	5	4
Сменность работы L_c	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Продолжительность смены L_c , ч	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8	6	10	8
Режим работы машины	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л	С	Т	Л

