

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Факультет СПО

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Методические указания к выполнению курсовой работы для
студентов всех форм обучения

Специальность 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт
автомобильного транспорта

Новосибирск 2019

Составитель: *Цой В.В., преподаватель высшей квалификационной категории факультета СПО ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ*

Техническая механика: метод. указания к выполнению курс. работы/ Новосибир. гос. аграр. ун-т; ф-т СПО; сост.: В.В. Цой.– Новосибирск, 2019.– 28 с.

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине ОП.02 Техническая механика предназначены для студентов всех форм обучения факультета СПО, обучающихся по специальности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта.

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой ОП.02 Техническая механика и ФГОС СПО.

В данных методических материалах приведены справочные данные, методическое описание последовательности выполнения отдельных разделов и примеры расчетов, необходимые при выполнении курсовой работы.

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом факультета СПО (протокол № 2 от 10 октября 2019г).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Основные требования к составу и оформлению пояснительной записки	5
1.1 Общие требования к составу пояснительной записки	5
1.2 Оформление титульного листа.....	6
1.3 Оформление пояснительной записки	6
1.4 Оформление содержания	6
1.5 Оформление структурных элементов и разделов основной части курсовой работы	7
1.6 Нумерация разделов, подразделов, пунктов, подпунктов	7
1.7 Оформление иллюстраций	8
1.8 Оформление таблиц	8
1.9 Формулы и уравнения.....	9
1.10 Список использованных источников	10
2 Руководство курсовой работой и ее организация	11
3 Защита курсовой работы.....	11
4 Варианты заданий к курсовой работе.....	12
5 Алгоритм расчета основных параметров механизма двухступенчатого	14
6 Пример расчета основных параметров механизма	18
Рекомендуемая литература	22
Приложение А (обязательное) Пример оформления титульного листа	23
Приложение Б (обязательное) Образец оформления листа «Содержание».....	24
Приложение В (обязательное) Основная надпись. Форма 2а	25
Приложение Г (справочное) Справочные данные для выполнения задания курсовой работы	26

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа (КР) представляет заключительный этап в изучении дисциплины ОП.02 Техническая механика.

Целью КР является закрепление и расширение теоретических знаний и практических навыков, полученных при изучении дисциплины. Кроме того, происходит закрепление умений обучающихся работать с научно-технической и справочной литературой, анализировать научно-технические достижения науки и промышленности.

В данной работе учтены требования новых стандартов и современных методов расчета и конструирования основных видов механических передач и их элементов.

Структура и содержание методических указаний соответствует последовательности действий при выполнении курсовой работы. Методические указания направлены на максимальную реализацию учебной программы по дисциплине ОП.02 Техническая механика.

Темой КР является расчет механизма, представляющего собой двухступенчатый механический привод от электродвигателя к исполнительному органу машины, включающий для быстроходной передачи один из пяти видов понижающих открытых передач (ременную, цепную, цилиндрическую, коническую или червячную), а для тихоходной один вид понижающей передачи – закрытую цилиндрическую, т.е. цилиндрический редуктор.

В процессе работы выполняется кинематический и мощностной расчеты привода, необходимые для правильного выбора электродвигателя, типа передачи (если не задана), определения мощности и крутящего момента, развиваемых на каждом валу, и частот вращений валов.

В задании на курсовую работу включается структурная схема привода, частота вращения выходного вала n_3 , и выходная мощность P_3 . Задание выдается преподавателем, ведущим дисциплину. Работа выполняется в три этапа: первый – подбор электродвигателя, определение передаточного числа привода; второй – распределение передаточного числа привода по ступеням; третий – определение расчетных параметров на валах. Перед началом первого этапа обучающиеся анализируют схему полученного индивидуального задания на расчет механического привода, выделяет типы быстроходной и тихоходной передач и указывает их основные элементы.

Приложения содержат необходимые справочные сведения.

1 Основные требования к составу и оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка (ПЗ) к курсовой работе является текстовым документом, в котором отражены все действия с соответствующим обоснованием по определению параметров и характеристик проектируемого изделия. Объем записки строго не регламентируется, обычно от 20 до 30 листов формата А4, включая текст, рисунки и таблицы.

Курсовая работа должна быть аккуратно подшита (сброшюрована) в папку.

1.1 Общие требования к составу пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка должна включать в себя следующие обязательные элементы в указанном ниже порядке:

- титульный лист (пример в приложении А);
- задание на курсовую работу;
- содержание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при наличии).

Во **введении** указываются цели и задачи курсовой работы, описание преимуществ зубчатых передач, возможность достичь наибольшего экономического эффекта при применении зубчатой передачи.

Основная часть

Основная часть отражает процесс решения поставленных в работе задач и полученные результаты:

1 Анализ передач, составляющих заданный привод

1.1 Классификация области применения данного вида передач. Принцип действия. Достоинства и недостатки

1.2 Схема привода. Основные элементы. Их назначение

1.3 Исходные данные к расчету электромеханического привода

2 Расчет основных параметров механизма

2.1 Подбор электродвигателя, определение общего передаточного числа привода

2.2 Распределение передаточного числа привода по ступеням

2.3 Определение расчетных параметров на валах

Заключение

Заключение должно содержать краткую трактовку полученных результатов, необходимо обосновать выбор электродвигателя и материала, необходимого для расчета передач на работоспособность

1.2 Оформление титульного листа

1.2.1 Титульный лист для курсовой работы оформляется по образцу (Приложение А).

1.2.2 Титульный лист является первым листом пояснительной записки, но не нумеруется.

1.3 Оформление пояснительной записки

1.3.1 Пояснительная записка должна быть изложена технически грамотно, четко и сжато. Текст пишется в безличной форме.

1.3.2 Текст оформляется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (297х210 мм) в соответствии с основными требованиями ГОСТ 2.105-95 с использованием компьютера:

- шрифт – Times New Roman;
- размер – 14 пт;
- межстрочный интервал – полуторный;
- цвет – черный, абзацный отступ – 1,25;
- выравнивание – по ширине.

1.3.3 На листе чертится внешняя рамка – поля стандартные: 20 мм слева и по 5 мм со всех других сторон от внешней рамки формата.

1.3.4 Расстояние от внешней рамки листа до границ текста в начале и в конце строки – 5 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней границы рамки 10 мм.

1.3.5 На листе «СОДЕРЖАНИЕ» выполняется основная надпись по форме 2 (ГОСТ 2.104-68), а в графе "Лист" пишется цифра 2. На последующих листах пояснительной записки выполняется основная надпись по форме 2а (Приложение Б).

Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашивание белой краской.

1.4 Оформление содержания

1.4.1 Содержание пояснительной записки помещается после задания на курсовую работу.

1.4.2 Содержание должно включать в себя структурные элементы работы (ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ, СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИЛОЖЕНИЯ), номера и наименования разделов и подразделов пояснительной записки с указанием порядковых номеров листов (страниц).

1.4.3 Каждую запись содержания оформляют как отдельный абзац, выровненный влево. Номера страниц указывают выровненными по правому краю поля и соединяют с наименованием структурного элемента или раздела работы посредством отточия.

1.5 Оформление структурных элементов и разделов основной части курсовой работы

1.5.1 Наименования структурных элементов работы «СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ», «ПРИЛОЖЕНИЕ» служат заголовками структурных элементов документа.

Заголовки структурных элементов работы следует располагать в середине строки без точки в конце прописными буквами, без абзацного отступа, не подчеркивая. Начертание полужирное.

1.5.2 Основную часть работы следует делить на разделы, подразделы и пункты. Пункты при необходимости могут делиться на подпункты. Разделы и подразделы работы должны иметь заголовки. Пункты и подпункты, как правило, заголовков не имеют.

1.5.3 Заголовки разделов и подразделов основной части работы следует начинать с абзацного отступа и размещать после порядкового номера, печатать с прописной буквы, полужирным шрифтом, не подчеркивать, без точки в конце.

1.5.4 Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках не допускаются.

1.5.5 Каждый структурный элемент и каждый раздел основной части работы начинают с новой страницы.

1.6 Нумерация разделов, подразделов, пунктов, подпунктов

1.6.1 Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами без точки и расположенные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

1.5.7 Если работа имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками.

1.5.8 Внутри пунктов или подпунктов могут быть приведены перечисления. Перед каждым элементом перечисления следует ставить тире. При необходимости, ссылки в тексте работы на один из элементов перечисления вместо тире ставят строчные буквы русского алфавита со скобкой, начиная с буквы «а» (за исключением букв ё, з, й, о, ч, ь, ы, ь). Простые перечисления отделяются запятой, сложные — точкой с запятой.

При наличии конкретного числа перечислений допускается перед каждым элементом перечисления ставить арабские цифры, после которых ставится скобка.

Перечисления приводятся с абзацного отступа в столбик.

1.7 Оформление иллюстраций

1.7.1 Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, где они упоминаются впервые, или на следующей странице (по возможности ближе к соответствующим частям текста). На все иллюстрации в работе должны быть даны ссылки. При ссылке необходимо писать слово «рисунок» и его номер, например, «в соответствии с рисунком 2» и т. д.

1.7.2 Иллюстрации, за исключением иллюстраций, приведенных в приложениях, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок один, то он обозначается: Рисунок 1.

1.7.3 Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения: Рисунок А.3.

1.7.4 Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой: Рисунок 2.1.

1.7.5 Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисночный текст). Слово «Рисунок», его номер и черезтире наименование помещают после пояснительных данных и располагают в центре под рисунком без точки в конце.

1.7.6 Если наименование рисунка состоит из нескольких строк, то его следует записывать через один межстрочный интервал. Наименование рисунка приводят с прописной буквы без точки в конце. Перенос слов в наименовании графического материала не допускается.

1.8 Оформление таблиц

1.8.1 Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей.

1.8.2 Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

На все таблицы в отчете должны быть ссылки. При ссылке следует печатать слово "таблица" с указанием ее номера.

1.8.3 Наименование таблицы, при ее наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким.

Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в следующем формате: Таблица Номер таблицы - Наименование таблицы. Наименование таблицы приводят с прописной буквы без точки в конце.

Если на именование таблицы занимает две строки и более, то его следует записывать через один межстрочный интервал.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово "Таблица", ее номер и наименование указывают один раз слева над первой

частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова "Продолжение таблицы" и указывают номер таблицы.

При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номерами граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы. Таблица оформляется в соответствии с рисунком 1

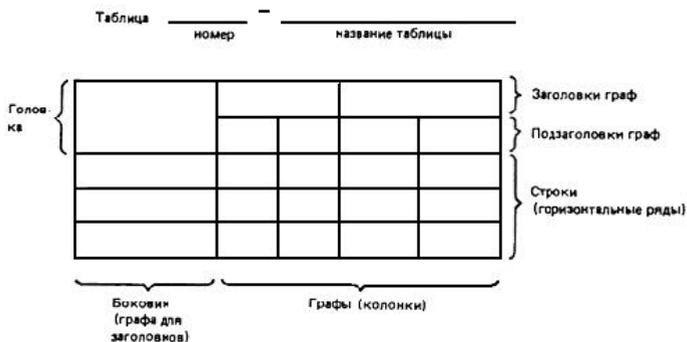


Рисунок 1

1.8.4 Таблицы, за исключением таблиц приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы каждого приложения обозначаются отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения. Если в работе одна таблица, она должна быть обозначена "Таблица 1" или "Таблица А.1" (если она приведена в приложении А).

Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела при большом объеме отчета. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой: Таблица 2.3.

1.8.5 Заголовки граф и строк таблицы следует печатать с прописной буквы, а подзаголовки граф – со строчной буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставятся. Названия заголовков и подзаголовков таблиц указывают в единственном числе.

В таблице допускается применять размер шрифта меньше, чем в тексте работы.

1.9 Формулы и уравнения

1.9.1 Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (-), умножения (x), деления (:) или других

математических знаков. На новой строке знак повторяется. При переносе формулы на знак, символизирующем операцию умножения, применяют знак " × ".

1.9.2 Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они представлены в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента необходимо приводить с новой строки. Первую строку пояснения начинают со слова "где" без двоеточия с абзаца.

1.9.3 Формулы следует располагать посередине строки и обозначать порядковой нумерацией в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Одну формулу обозначают (1).

Пример:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3 \quad (1)$$

где m – масса тела, кг;

V – объем тела, м³.

1.9.4 Ссылки в отчете на порядковые номера формул приводятся в скобках: в формуле (1).

1.9.5 Формулы, помещаемые в приложениях, нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения: (B.1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой: (3.1).

1.10 Список использованных источников

1.10.1 Список должен содержать сведения об источниках, использованных при написании работы. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ 7.80-2000, ГОСТ 7.82-2001.

1.10.2 Список использованных источников должен включать библиографические записи на документы, использованные при написании работы, ссылки на которые оформляют арабскими цифрами в квадратных скобках. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте работы, нумеровать арабскими цифрами с точкой и печатать с абзацного отступа.

2 Руководство курсовой работой и ее организация

Руководство курсовой работой осуществляет преподаватель, ведущий дисциплину. Он же выдает задание на выполнение курсовой работы. Поясняется сущность выданных заданий, выделяются главные вопросы, подлежащие разработке, определяется объем работы, рекомендуется основная техническая, справочная литература, технологическая, конструкторская, нормативная документация.

Контроль хода выполнения курсовой работой осуществляется на основании календарного графика работы. Графиком работы определяются сроки выполнения отдельных этапов и сдачи готовой работы руководителю на проверку.

Студенты заочной формы обучения выбирают вариант задания на курсовую работу по последним двум цифрам личного шифра.

3 Защита курсовой работы

Курсовая работа считается готовой к защите, если она проверена и подписана руководителем.

При защите обучающийся в течение 8-10 минут должен дать пояснения по сути принятых проектных решений.

Преподаватель имеет право задавать вопросы, как по содержанию курсовой работы, так и по содержанию лекционного материала и практических занятий, имеющих отношение к КР.

При оценке курсовой работы принимается во внимание:

- 1) Планомерность и систематичность работы студента над КР.
- 2) Степень самостоятельности и творческий уровень, проявленные студентом.
- 3) Техническая грамотность принятых проектных решений, качество оформления КР.
- 4) Содержание и четкость доклада, уровень ответов на вопросы.

Работа оценивается дифференцированной отметкой. Оценка записывается в ведомость и проставляется в зачетную книжку.

4 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

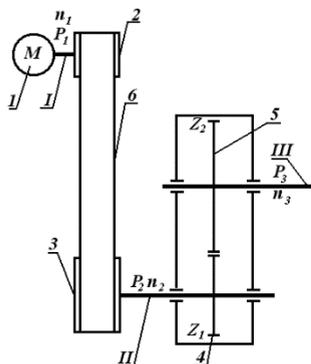


Схема 1

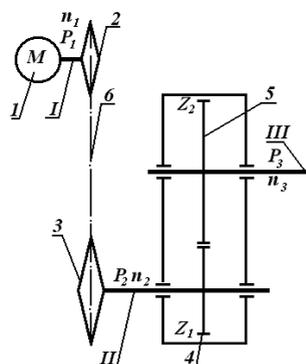


Схема 2

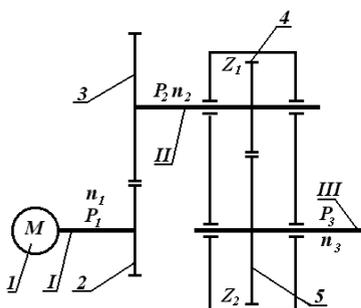


Схема 3

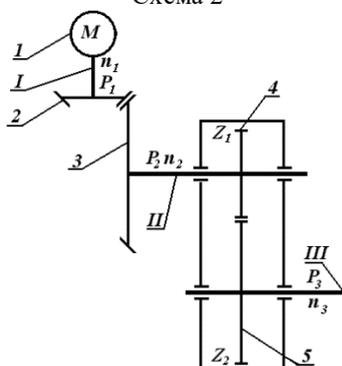


Схема 4

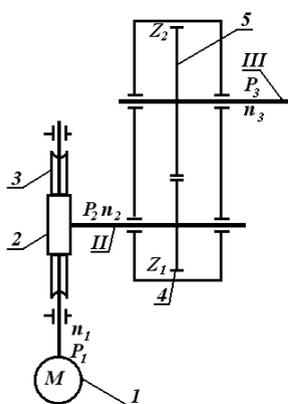


Схема 5

Примечание:

Быстроходная передача расположена со стороны двигателя (где обороты максимальные) на первом и втором валах привода:

вал I – ведущий, вал II – ведомый,
 u_1 – передаточное отношение быстроходной передачи.

Тихоходная передача расположена со стороны выходного вала (где обороты наименьшие), на втором и третьем валах привода:

вал II – ведущий, вал III – ведомый,
 u_2 – передаточное отношение тихоходной передачи.

Таблица 1 – Распределение исходных данных по вариантам

схема 1	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		01	11	21	31	41	51	61	71	81	91
	Р ₃ , кВт	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 2	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		02	12	22	32	42	52	62	72	82	92
	Р ₃ , кВт	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	2
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 3	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		03	13	23	33	43	53	63	73	83	93
	Р ₃ , кВт	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	2	2,5
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 4	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		04	14	24	34	44	54	64	74	84	94
	Р ₃ , кВт	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	2	2,5	3
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 5	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		05	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	Р ₃ , кВт	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
	п ₃ , об/мин	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
схема 1	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		06	16	26	36	46	56	66	76	86	96
	Р ₃ , кВт	4,5	5	5,5	6	6,5	2	2,5	3	3,5	4
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 2	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		07	17	27	37	47	57	67	77	87	97
	Р ₃ , кВт	5	5,5	6	6,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 3	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		08	18	28	38	48	58	68	78	88	98
	Р ₃ , кВт	5,5	6	6,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 4	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		09	19	29	39	49	59	69	79	89	99
	Р ₃ , кВт	6	6,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5
	п ₃ , об/мин	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
схема 5	<i>параметры</i>	<i>варианты</i>									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	00
	Р ₃ , кВт	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
	п ₃ , об/мин	45	50	55	60	65	20	25	30	35	40

5 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО

5.1 Первый этап. Подбор электродвигателя, определение общего передаточного числа привода

5.1.1 Определение потребной мощности электродвигателя:

а) определяем общий КПД привода η_0 через возможные значения КПД его ступеней. Для двухступенчатого привода:

$$\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (1)$$

здесь η_1 и η_2 – КПД быстроходной и тихоходной передач, составляющих привод (определяется по таблице Г.2).

б) определяем потребную мощность электродвигателя P_d^* , которая зависит от требуемой мощности исполнительного органа машины P_3 :

$$P_d^* = \frac{P_3}{\eta_0} \text{ (кВт)} \quad (2)$$

где P_3 – мощность на выходном валу задана.

5.1.2 Предварительное назначение типа электродвигателя.

Двигатель является одним из основных элементов привода. От типа двигателя, его мощности, частоты вращения и пр. зависит конструктивная и эксплуатационная характеристики рабочей машины и ее привода.

Предварительное назначение типа электродвигателя осуществляется по номинальной мощности двигателя, исходя из условия $P_{д\text{ ном}} \geq P_d^*$

Значение $P_{д\text{ ном}}$ указано в таблице Г.1. Каждому значению $P_{д\text{ ном}}$ соответствует не один, а в нашем случае четыре типа двигателей с различными частотами вращений. Занесем их данные в таблицу 2 расчетов привода, графы 2, 3, 4.

Таблица 2

Двигатель	Мощность $P_{д\text{ ном}}$ (кВт)	Тип	n_d , об/мин	$u_{пр}$	$u_0 \text{ min} \dots u_0 \text{ max}$
1	2	3	4	5	6
1	Из таблицы Г.1	Из таблицы Г.1	Из таблицы Г.1	из п. 5.1.3.	из п. 5.1.4.
2					
3					
4					

5.1.3 Определение потребного передаточного отношения привода $u_{пр}$.

Необходимо для проведения сравнительного анализа. Выполняется для всех четырех двигателей.

$$u_{пр} = \frac{n_d}{n_3} \quad (3)$$

Здесь n_d из таблицы 2 графа 4, n_3 – задано. Результаты сводятся в таблицу 2, графа 5.

5.1.4 Определение возможного передаточного числа привода и окончательный выбор электродвигателя.

Требуемая частота вращения двигателя зависит от частоты вращения приводного вала машины (у нас – выходной вал привода n_3) и структурной схемы привода, определяющей возможный диапазон реализуемых передаточных чисел.

Для заданной схемы определяем общее передаточное число привода через рекомендуемые значения передаточных чисел его ступеней.

Для двухступенчатого привода

$$u_o = u_1 \cdot u_2 \quad (4)$$

Здесь u_1 и u_2 – передаточные числа быстроходной и тихоходной ступеней, определяются по рекомендации (см. таблицу Г.3).

Согласно формуле 4 для каждой конкретной передачи имеем:

$$\left. \begin{array}{l} \text{быстроходная } u_1 = u_{1 \min} \dots u_{1 \max} \\ \times \\ \text{тихоходная } u_2 = u_{2 \min} \dots u_{2 \max} \end{array} \right\}$$

общее $u_{o \min} \dots u_{o \max}$

Итог заносим в графу 6 таблицы 2.

Для того, чтобы габариты передач не были чрезмерно большими с одной стороны и реализация двухступенчатой схемы привода была обоснована с другой, для окончательного выбора электродвигателя целесообразно найти некоторое среднее значение рекомендуемого общего передаточного числа $u_{o \text{ ср}}$ и сравнить его с $u_{пр}$ (графа 5, таблица 2).

Здесь $u_{o \text{ ср}} \approx 0,5(u_{o \min} + u_{o \max})$.

Окончательно выбираем двигатель, у которого $u_{o \text{ ср}} \approx u_{пр}$ (ближайшее значение).

Указываем тип двигателя, n_d в об/мин и $u_{пр}$ для выбранного двигателя. Такой двигатель гарантирует приводу оптимальные передаточные отношения при минимальных габаритах.

Итог первого этапа: подобран электродвигатель (мощность, тип, частота вращения), определено общее передаточное число привода.

5.2 Второй этап. Распределение передаточного числа привода по ступеням

Правильное распределение должно обеспечивать компактность каждой ступени привода и соразмерность ее элементов.

Находим u_1 и u_2 . Поскольку передачи независимые (не в одном корпусе), то передаточные числа назначаем согласно рекомендуемого диапазона (таблица Г.3), задавая u_2 стандартные значения. Значение u_1 определяем из $u_1 = \frac{u_{\text{нр}}}{u_2}$, которое должно также соответствовать рекомендуемому диапазону (таблица Г.3).

Дополнительные условия:

1) При u_2 – цилиндрической, а u_1 – ременной, цепной или конической, предпочтительно $u_2 > u_1$.

2) Для двухступенчатого цилиндрического привода предпочтительно $u_1 > u_2$.

3) Для u_1 червячной, $u_1 = 16 \dots 35,5$.

В упрощенном варианте для ориентировочной оценки u_2 в двухступенчатых приводах с близкими рекомендуемыми значениями u в ступенях (это ременно-, цепно-, цилиндро- или конически-цилиндрических) можно принять $u'_2 = \sqrt{u_{\text{нр}}}$, которое округляется до стандартного значения согласно таблицы Г.3 с учетом вышеуказанных дополнительных условий 1 и 2. При этом $u_1 = \frac{u_{\text{нр}}}{u_{2\text{ст}}}$.

Полученные значения u_1 и u_2 фиксируем как окончательный результат.

Итог второго этапа: получены значения передаточных чисел для быстроходной u_1 и тихоходной u_2 ступеней.

5.3 Третий этап. Определение расчетных параметров на валах

5.3.1 Мощности на валах (кВт):

$$P_1 = P_d;$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1;$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_2 = P_{3\text{зад}} \text{ (заданное)}.$$

5.3.2 Частота вращения валов (об/мин):

$$n_1 = n_d;$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_1};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_2} = u_{3 \text{ зад}} \text{ (заданное)}.$$

5.3.3 Крутящие моменты на валах (Н·м):

$$M_1 = 9550 \frac{P_1}{n_1};$$

$$M_2 = M_1 \cdot u_1 \cdot \eta_1;$$

$$M_3 = M_2 \cdot u_2 \cdot \eta_2.$$

Результаты расчетов свести в таблицу 3.

Таблица 3

Номер вала	P (кВт)	n (об/мин)	M (Н·м)
I	P_1	n_1	M_1
II	P_2	n_2	M_2
III	P_3	n_3	M_3

Быстроходная передача (u_1) { Тихоходная передача (u_2)

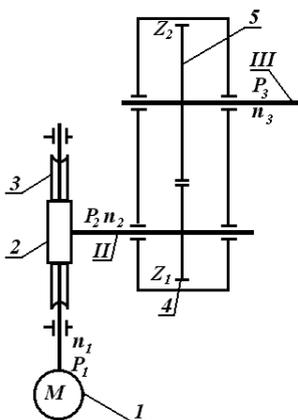
Итог третьего этапа: все основные параметры механизма двухступенчатого привода рассчитаны и сведены в итоговую таблицу основных параметров.

Заключение. Правильное и вдумчивое исполнение всех пунктов расчета способствует достижению основной цели работы – освоению методики, развитию и закреплению навыков расчета основных параметров механизмов. Кроме того, полученная итоговая таблица расчетных параметров является банком исходных данных для последующих расчетов передач, валов, подбора подшипников, муфт, корпусных деталей.

6 ПРИМЕР РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА

Задание. Произвести расчет основных параметров механизма :

- 1) подобрать электродвигатель, определить общее передаточное число привода;
- 2) распределить передаточное число привода по ступеням;
- 3) определить расчетные параметры на валах



Исходные данные:

$$P_3 = 6 \text{ кВт};$$

$$n_3 = 60 \text{ об/мин.}$$

Решение.

1 – электродвигатель; червячная передача (быстроходная): 2 - червяк; 3 – червячное колесо; цилиндрическая передача (тихоходная): 4 – шестерня цилиндрическая; 5 – колесо цилиндрическое (Z_1 и Z_2 – числа зубьев на колесах); I, II, III – входной, промежуточный и выходной валы приводного механизма.

1 Первый этап. Подбор электродвигателя, определение общего передаточного числа привода.

1.1 Определение потребной мощности электродвигателя.

а) Определяем общий КПД привода η_0 по формуле (1). Для двухступенчатого привода $\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2$.

Согласно схеме задания η_1 – КПД червячной передачи (быстроходная), η_2 – КПД цилиндрической передачи (тихоходная).

Из таблицы Г.2 назначаем возможный КПД для червячной и цилиндрической передач:

$$\eta_1 = 0,8,$$

$$\eta_2 = 0,97,$$

$$\text{тогда } \eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,8 \cdot 0,97 = 0,776.$$

б) Определяем потребную мощность электродвигателя P_d^* .
По формуле (2)

$$P_d^* = \frac{P_3}{\eta_o} = \frac{6}{0,78} = 7,73 \text{ (кВт)}$$

1.2 Предварительное назначение типа электродвигателя.

Условию $P_{d \text{ ном}} > P_d^* = 7,73 \text{ (кВт)}$ отвечают два двигателя. (таблица Г.1):

первый с $P_{d \text{ ном}} = 7,5 \text{ (кВт)} \approx P_d^* = 7,73 \text{ (кВт)}$,

второй с $P_{d \text{ ном}} = 11 \text{ (кВт)} > P_d^* = 7,73 \text{ (кВт)}$.

В случае применения первого двигателя он будет работать с перегрузкой $\approx 3,1\%$ ($< 5\%$), что допустимо, в то время как второй двигатель обладает 42,3% запаса мощности, и соответственно, имеет большие габариты и вес. Поэтому в нашем случае предпочтительно применить первый двигатель $P_{d \text{ ном}} = 7,5 \text{ (кВт)}$. В этом случае размеры привода будут меньшими, а перегрузка допустимой.

Таблица 4

Двигатель	Мощность $P_{d \text{ ном}}$, кВт	Тип	n_d , об/мин	$u_{\text{пр}}$	$u_o \text{ min} \dots u_o \text{ max}$
1	2	3	4	5	6
1	7,5	4AM112M2	2900	48,3	32...198,8
2	7,5	4AM132S4	1455	24,25	$u_o \text{ ср} = 115,4$
3	7,5	4AM132M6	970	16,17	
4	7,5	4AM160S8	730	12,17	

1.3 Определение потребного передаточного отношения привода $u_{\text{пр}}$.

По формуле (3) $u_{\text{пр}} = \frac{n_d}{n_3}$ определяем передаточное число привода для каждого двигателя:

$$u_{\text{пр1}} = \frac{2900}{60} = 48,3;$$

$$u_{\text{пр2}} = \frac{1455}{60} = 24,25;$$

$$u_{\text{пр3}} = \frac{970}{60} = 16,17;$$

$$u_{\text{пр4}} = \frac{730}{60} = 12,17.$$

Результат заносим в графу 5 таблицы 4.

1.4. Определение возможного передаточного числа привода и окончательный выбор электродвигателя.

По формуле (4) $u_0 = u_1 \cdot u_2$.

Из рекомендаций Приложения Г (таблица Г.3) определяем диапазон передаточных чисел для ступеней:

Быстроходная (червячная)	$u_1 = 16 \dots 35,5$
Тихоходная (цилиндрическая)	$u_2 = 2 \dots 5,6$
Общее	$u_0 = 32 \dots 198,8$

$$u_{0\text{ ср}} = 0,5 (32 + 198,8) = 115,4$$

Ближайшее к $u_{0\text{ ср}}$ значение передаточного числа привода $u_{\text{пр}1} = 48,3$. Кроме того, $u_{\text{пр}}$ с электродвигателями 2, 3 и 4 перекрываются возможностями одной червячной передачи (вторая ступень не нужна). Поэтому для данной схемы привода их применение нецелесообразно.

Итог первого этапа: окончательно выбираем двигатель №1 $P_d^* = 7,5$ кВт, тип 4А112М2, $n_d = 2900$ (об/мин), $u_{\text{пр}} = 48,3 = u_0$.

2 Второй этап. Распределение передаточного числа привода по ступеням.

Исходя из $u_1 = \frac{u_{\text{пр}}}{u_2}$, задаем рекомендуемые значения u_2 . Согласно приложения 3 они будут иметь следующие значения (таблица 5):

Таблица 5

	Стандартное значение u_2	$u_1 = \frac{u_{\text{пр}}}{u_2}$
1	$u_{2\text{ max}} = 5$	$u_{1\text{ min}} = 9,66$
2	4	12,1
3	3,55	13,6
4	3,15	15,3
5	2,5	19,32
6	$u_{2\text{ min}} = 2$	$u_{1\text{ max}} = 24,15$

С учетом дополнительных условий и при отклонении u_1 от стандартного не более 4%, предпочтителен вариант 5, для которого $u_1 = 19,32$ (стандартное значение – 20), $u_2 = 2,5$.

Итог второго этапа: принимаем в качестве окончательных значений передаточных чисел для ступеней:

Быстроходная (червячная)	$u_1 = 19,32$
Тихоходная (цилиндрическая)	$u_2 = 2,5$

Общее

$$u_0 = 48,3$$

3 Третий этап. Определение расчетных параметров на валах.

3.1. Мощности на валах (кВт):

$$P_1 = P_d = 7,73 \text{ (кВт)};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 = 7,73 \cdot 0,8 = 6,18 \text{ (кВт)};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_2 = 6,18 \cdot 0,97 = 6 \text{ (кВт)} - \text{соответствует заданному}$$

значению $P_{3 \text{ зад}}$

3.2. Частота вращения валов (об/мин):

$$n_1 = n_d = 2900 \text{ (об/мин)};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_1} = \frac{2900}{19,32} = 150 \text{ (об/мин)};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_2} = \frac{150}{2,5} = 60 \text{ (об/мин)}.$$

– соответствует заданному значению $u_{3 \text{ зад}}$.

3.3. Крутящие моменты на валах (Н·м):

$$M_1 = 9550 \frac{P_1}{n_1} = 9550 \frac{7,73}{2900} = 25,5 \text{ (Н·м)};$$

$$M_2 = M_1 \cdot u_1 \cdot \eta_1 = 25,5 \cdot 19,32 \cdot 0,8 = 393 \text{ (Н·м)};$$

$$M_3 = M_2 \cdot u_2 \cdot \eta_2 = 393 \cdot 2,5 \cdot 0,97 = 954 \text{ (Н·м)}.$$

Результаты расчетов сводим в итоговую таблицу 6:

Таблица 6

Номер вала	P, кВт	n, об/мин	M, Н·м
I	7,73	2900	25,5
II	6,18	150	393
III	6,0	60	954

Быстроходная передача $u_1=19,32$ }
 Тихоходная передача $u_2 = 2,5$

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Нормативные документы:

1. ГОСТ Р 7.1-2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления
2. ГОСТ 7.32-2017 СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
3. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам
4. ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи
5. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы

Основные источники:

1. Сафонова Г.Г. Техническая механика : учебник / Г.Г. Сафонова, Т.Ю. Артюховская, Д.А. Ермаков. - Москва: ИНФРА-М, 2019. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - Текст: электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/987196>

Дополнительные источники:

1. Аркуша А.И. Руководство к решению задач по теоретической механике. – М.: Высшая школа, 2002.
2. Аркуша А.И. Техническая механика. Теоретическая механика и сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 2002.
3. Ицкович Г.М., Минин М.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. – М.: Высшая школа, 2001.
4. Олофинская В. П. Детали машин. Краткий курс, практические занятия и тестовые задания: учеб. пособие / В.П. Олофинская. - 4-е изд., испр. и доп. - Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. - 232 с. - (Среднее профессиональное образование). - Текст: электронный. - URL: <http://znanium.com/catalog/product/1033938>
5. Олофинская В.П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания: учебное пособие – М: ФОРУМ, 2011.
6. Олофинская В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учебное пособие. – М.: ФОРУМ, 2011.
7. Олофинская В.П. Техническая механика: Сборник тестовых заданий. – М.: Форум-Инфра-М, 2010.
8. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Техническая механика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А.А. Эрдеди, Н.А. Эрдеди. – М.: «Академия», 2014. – 528 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Пример оформления титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет среднего профессионального образования

Специальность 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта

КУРСОВАЯ РАБОТА
по учебной дисциплине
Техническая механика
на тему «Кинематический расчет привода»

Студента 1 курса группы 3162
заочной формы обучения
Иванова Ивана Ивановича
Шифр _____
Руководитель: _____

Допускается к защите
Зам. декана по УВР
_____ Сошнина О.Л.
подпись
«__» _____ 201__ г.

Дата сдачи: _____
Дата защиты: _____
Оценка: _____

Новосибирск 2019

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Образец оформления листа «Содержание»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1 Расчет прочностной надежности бруса при растяжении (сжатии).....	3
1.1 Построение эпюры продольных сил.....	3
1.2 Определение вида нагружения участков бруса.....	4
1.3 Построение эпюры нормальных напряжений.....	4
1.4 Определение деформаций бруса.....	4
2 Расчет прочностной надежности вала при кручении.....	8
2.1 Определение вращающих моментов.....	8
2.2 Построение эпюры крутящих моментов.....	9
2.3 Определение диаметра вала круглого сечения из расчетов на прочность и жесткость.....	9
2.4 Определение диаметра вала кольцевого сечения.....	11
2.5 Целесообразность выполнения вала круглого или кольцевого сечения.....	11
3 Расчет прочностной надежности балки на двух опорах при изгибе.....	14
3.1 Определение реакций в опорах балки.....	14
3.2 Построение эпюры поперечных сил.....	15
3.3 Построение эпюры изгибающих моментов.....	15
3.4 Определение поперечных сечений.....	16
3.5 Целесообразность применения сечения.....	17
Заключение.....	19
Список используемых источников.....	20

					СПО.КР.000100.ПЗ		
Изм.	Лист	На докум.	Подпись	Дата	<i>Оснады расчетов прочностной надежности элементов конструкций</i>		
Разраб.		Иванов, И.					
Провер.		Селюнин А.А.					
Реценз.							
Н. Конт.р.							
Утв.верб.					Лит.	Лист	Листов
						2	22
					НГАУ ар.3162		

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Основная надпись. Форма 2а

					<i>СПО.КР.000100.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3

Рисунок В.1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное)

Справочные данные для выполнения задания курсовой работы

Таблица Г. 1 – Двигатели асинхронные короткозамкнутые трехфазные серии 4А общепромышленного применения; закрытые, обдуваемые. Технические данные

Номинальная мощность Р _{ном.} , кВт	Синхронная частота вращения, об/мин							
	3000		1500		1000		750	
	Тип двигателя	Номинальная частота П _{ном.} , об/мин	Тип двигателя	Номинальная частота П _{ном.} , об/мин	Тип двигателя	Номинальная частота П _{ном.} , об/мин	Тип двигателя	Номинальная частота П _{ном.} , об/мин
0,25	4ААМ56В2У3	2760	4ААМ63А4У3	1370	4ААМ63В6У3	890	4АМ71В8У3	680
0,37	4ААМ63А2У3	2740	4ААМ63В4У3	1365	4АМ71А6У3	910	4АМ80А8У3	675
0,55	4ААМ63В2У3	2710	4АМ71А4У3	1390	4АМ71В6У3	900	4АМ80В8У3	700
0,75	4АМ71А2У3	2840	4АМ71В4У3	1390	4АМ80А6У3	915	4АМ90ЛА8У3	700
1,1	4АМ71В2У3	2810	4АМ80А4У3	1420	4АМ80В6У3	920	4АМ90ЛВ8У3	700
1,5	4АМ80А2У3	2850	4АМ80В4У3	1415	4АМ90Л6У3	935	4АМ100Л8У3	700
2,2	4АМ80В2У3	2850	4АМ90Л4У3	1425	4АМ100Л6У3	950	4АМ112МА8У3	700
3,0	4АМ90Л2У3	2840	4АМ100S4У3	1435	4АМ112МА6У3	955	4АМ112МВ8У3	700
4,0	4АМ10082У3	2880	4АМ100Л4У3	1430	4АМ112МВ6У3	950	4АМ132S8У3	720
5,5	4АМ100Л2У3	2880	4АМ112М4У3	1445	4АМ132S6У3	965	4АМ132М8У3	720
7,5	4АМ112М2У3	2900	4АМ132S4У3	1455	4АМ132М6У3	970	4АМ160S8У3	730
11	4АМ132	2900	4АМ132М4У3	1460	4АМ160S6У3	975	4АМ168М8У3	730
15	4АМ160S2У3	2940	4АМ160S4У3	1465	4АМ160М6У3	975	4АМ180М8У3	730

Примечания: Структура обозначения типоразмера двигателя 4—порядковый номер серии; А—вид двигателя—асинхронный; А—станина и щиты двигателя алюминиевые (отсутствие знака означает, что станина и щиты чугунные или стальные); М—модернизированный; двух- или трехзначное число—высота оси вращения ротора; А, В—длина сердечника статора; L, S, М—установочный размер по длине станины, 2, 4, 6, 8—число полюсов, У3—климатическое исполнение и категория размещения (для работы в зонах с умеренным климатом) по ГОСТ 15150—69.

Таблица Г. 2 – Значения КПД механических передач (без учета потерь в подшипниках)

Зубчатая:	Закрытая	Открытая
-цилиндрическая	0,96...0,97	0,93...0,95
- коническая	0,95...0,97	0,92...0,94
Червячная при передаточном числе и:		
-свыше 30	0,70...0,75	0,70...0,75
-свыше 14 до 30	0,80...0,85	0,80...0,85
-свыше 8 до 14	0,85...0,95	0,85...0,95
Цепная:	0,95...0,97	0,90...0,93
Ременная:		
-плоским ремнем		0,96...0,98
-клиновыми ремнями		0,95...0,97

Примечания:

1. Ориентировочные значения КПД закрытых передач в масляной ванне приведены для колес, выполненных по 8-й степени точности, а для открытых — по 9-й; при более точном выполнении колес КПД может быть повышен на 1...1,5%; при меньшей точности — соответственно понижен.

2. Для червячной передачи предварительное значение КПД принимают =0,75...0,85. После установления основных параметров передачи значение КПД следует уточнить.

3. Потери в подшипниках на трение оцениваются следующими коэффициентами: для одной пары подшипников качения = 0,99...0,995; 4. КПД муфты - 0,98.

Таблица Г. 3 – Рекомендуемые значения передаточных чисел

Закрытые зубчатые передачи (редукторы) одноступенчатые цилиндрические и конические (СТ СЭВ 221-75):
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. Значения 1 - го ряда следует предпочитать значениям 2-го
Открытые зубчатые передачи: 3...7
Закрытые червячные передачи (редукторы) одноступенчатые для червяка с числом заходов $Z = 1; 2; 4$ (ГОСТ 2144-75): 1-й ряд - 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 2-й ряд - 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5. Значения 1 - го ряда следует предпочитать значениям 2-го. Рекомендуется применять 16...35,5.
Цепные передачи: 2...5
Ременные передачи (все типы): 2...4

