

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра механики материалов, конструкций и машин

Г.А. Клещарева, С.Ю. Решетов, Ю.А. Чирков

РАСЧЕТ КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ СИЛОВОГО ПРИВОДА

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 20.03.01 Техносферная безопасность, 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, 23.03.01 Технология транспортных процессов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика, 24.03.04 Авиастроение, 27.03.01 Стандартизация и метрология, 27.03.02 Управление качеством

Оренбург
2019

УДК 621.852(076.5)

ББК 34.445я7

К48

Рецензент – профессор, доктор технических наук А.Н. Поляков

Клещарева, Г.А.

К48

Расчет клиноременных передач силового привода: методические указания / Г.А. Клещарева, С.Ю. Решетов, Ю.А. Чирков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 26 с.

Методические указания предназначены для выполнения расчетов ременных передач силового привода с клиновыми ремнями в курсовых проектах, работах и других видах самостоятельной работы по дисциплинам «Механика», «Прикладная механика», «Детали машин», «Детали машин и основы конструирования», для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 20.03.01 Техносферная безопасность, 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, 23.03.01 Технология транспортных процессов, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика, 24.03.04 Авиастроение, 27.03.01 Стандартизация и метрология, 27.03.02 Управление качеством. Данные указания также могут быть полезны при выполнении отдельных разделов выпускных квалификационных работ.

УДК 621.852(076.5)

ББК 34.445я7

© Клещарева Г.А.,
Решетов С.Ю.,
Чирков Ю.А., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение..... | 4 |
| 1 Клиноременные передачи | 7 |
| 1.1 Общие сведения | 7 |
| 1.2 Исходные данные..... | 14 |
| 2 Расчет клиноременных передач | 15 |
| Список использованных источников | 26 |

Введение

В настоящих методических указаниях изложена методика расчета ременных передач с клиновыми ремнями, которые достаточно широко распространены в силовых приводах различных машин и применяются обычно для передачи вращающего момента от приводного двигателя к редуктору. Такие приводы выдаются обучающимся при выполнении ими курсовых проектов, работ, а также при самостоятельной работе при изучении курсов «Детали машин», «Детали машин и основы конструирования», «Механика», «Прикладная механика».

Целью расчета является определение геометрических размеров деталей клиноременной передачи и сил, действующих на валы и опоры. Расчеты открытых клиноременных передач в различных источниках имеют некоторые отличия, так как существуют различные подходы к решению этих вопросов [1 – 6], поэтому в настоящих методических указаниях на основании анализа вышеупомянутых источников предложена наиболее общеизвестная, стандартная и простая методика.

Методические указания содержат рекомендации, справочный материал и пример расчета клиноременной передачи. Следует отметить, что кроме клиноременных существуют и другие типы ременных передач (плоскоременные, поликлиноременные, круглоременные и т.д.), однако ввиду некоторых особенностей конструкции, габаритов, материалов ремней, тяговой способности они пригодны для применения только в отдельных типах приводов машин, а клиноременные в настоящее время являются наиболее распространенной и универсальной разновидностью ременных передач, поэтому в заданиях на проектирование преподавателями рекомендуются к разработке только клиноременные передачи.

В методических указаниях используется международная система единиц (*СИ*) со следующими отклонениями, допущенными в стандартах (*ИСО* и *ГОСТ*) на расчеты деталей машин: размеры деталей передач выражаются в миллиметрах (*мм*), силы – в ньютонах (*Н*), и, соответственно, напряжения – в ньютонах, деленных на миллиметры в квадрате ($H/мм^2$), то есть в мегапаскалях (*МПа*), а моменты – в ньютонах, умноженных на миллиметр (*Н·мм*). У отдельных групп формул даны соответствующие примечания.

Данные методические указания способствуют не только ускорению разработки и оформления расчетов, а также реализации частей некоторых

компетенций из блока «Владеть», которые должны формироваться у обучающихся в процессе изучения соответствующих дисциплин.

Части компетенций, формируемые у обучающихся различных направлений подготовки в процессе работы с данными методическими указаниями, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Части компетенций, формируемые у обучающихся в процессе работы с настоящими методическими указаниями

| № п/п | Направление подготовки | Наименование дисциплины | Обозначение компетенции | Содержание компетенции |
|-------|---|---|-------------------------|---|
| 1 | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника | «Механика» | <i>ОПК-2</i> | способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач |
| 2 | 20.03.01 Техносферная безопасность | «Детали машин и основы конструирования» | <i>ПК-1</i> | способностью принимать участие в инженерных разработках среднего уровня сложности в составе коллектива |
| 3 | 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов | «Детали машин и основы конструирования» | <i>ОПК-3</i> | готовностью применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности |
| 4 | 23.03.01 Технология транспортных процессов | «Прикладная механика» | <i>ОПК-3</i> | способностью применять систему фундаментальных знаний (математических, естественно-научных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем в области технологии, организации, планирования и управления технической и коммерческой эксплуатацией транспортных систем |
| 5 | 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов | «Детали машин и основы конструирования» | <i>ОК-7</i> | способностью к самоорганизации и самообразованию |
| | | | <i>ОПК-3</i> | готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественно-научных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов |

Продолжение таблицы 1

| № п/п | Направление подготовки | Наименование дисциплины | Обозначение компетенции | Содержание компетенции |
|-------|---|---|-------------------------|--|
| 6 | 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика | «Детали машин» | ОПК-1 | способностью применять инженерно-технический подход к решению профессиональных проблем |
| | | | ОПК-2 | способностью использовать в профессиональной деятельности знания и методы, полученные при изучении математических и естественно-научных дисциплин |
| 7 | 24.03.04 Авиастроение | «Детали машин» | ОПК-4 | способность разрабатывать рабочую техническую документацию и обеспечивать оформление законченных конструкторских работ |
| | | | ОПК-5 | способностью владеть навыками обращения с нормативно-технической документацией и владение методами контроля соответствия разрабатываемой технической документации стандартам, техническим условиям и нормативным документам |
| | | | ОПК-13 | способностью к выполнению работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем и оборудования |
| 8 | 27.03.01 Стандартизация и метрология | «Детали машин и основы конструирования» | ОПК-2 | способностью и готовностью участвовать в организации работы по повышению научно-технических знаний, в развитии творческой инициативы, рационализаторской и изобретательской деятельности, во внедрении достижений отечественной и зарубежной науки, техники, в использовании передового опыта, обеспечивающих эффективную работу учреждения, предприятия |
| | | | ПК-7 | способностью осуществлять экспертизу технической документации, надзор и контроль за состоянием и эксплуатацией оборудования, выявлять резервы, определять причины существующих недостатков и неисправностей в его работе, принимать меры по их устранению и повышению эффективности использования |
| 9 | 27.03.02 Управление качеством | «Детали машин и основы конструирования» | ПК-3 | способностью применять знание задач своей профессиональной деятельности, их характеристики (модели), характеристики методов, средств, технологий, алгоритмов решения этих задач |

1 Клиноременные передачи

1.1 Общие сведения

Ременную передачу с параллельными осями, у которой приводной ремень имеет клиновую форму поперечного сечения, называют клиноременной. Клиноременную передачу выполняют только открытой. Клиноременные передачи обычно применяют в качестве понижающих на быстроходных ступенях приводов при мощностях до 50 кВт, скоростях ремня до 25 м/с и передаточных числах до шести. Общий вид клиноременной передачи представлен на рисунке 1.1, которая состоит из ведущего и ведомого шкивов, вращающихся в одну сторону, установленных на валах, и ремней, огибающих эти шкивы. Вращающий момент передаётся силами трения, которые возникают между ремнями и шкивами, вследствие натяжения ремней.

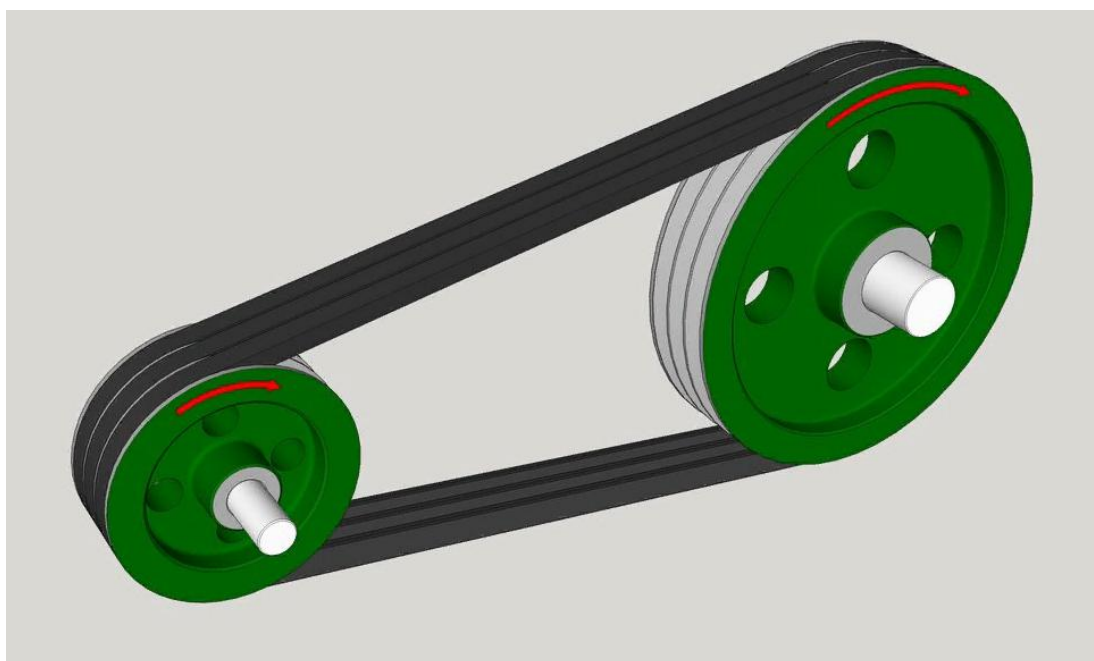


Рисунок 1.1 – Открытая клиноременная передача (общий вид)

Клиновые ремни стандартизованы по сечению и длине, имеют трапециевидное сечение с боковыми рабочими сторонами, соприкасающимися с канавками на шкивах. Благодаря клиновому действию, ремни этого типа обладают

повышенным сцеплением со шкивами. Это позволяет осуществить передачи с малым межосевым расстоянием, большим передаточным числом и с меньшим давлением на опоры. Работа передачи более спокойна, так как отсутствует сшивка ремней (в сравнении с передачей плоским ремнем), что важно при эксплуатации точных механизмов. Пример применения клиноременной передачи в силовом приводе представлен на рисунке 1.2, на котором представлена не только сама клиноременная передача (с использованием защитного кожуха), но и приводной электродвигатель и исполнительный механизм, собранные на сварной раме.



Рисунок 1.2 – Открытая клиноременная передача с защитным кожухом в силовом приводе машины

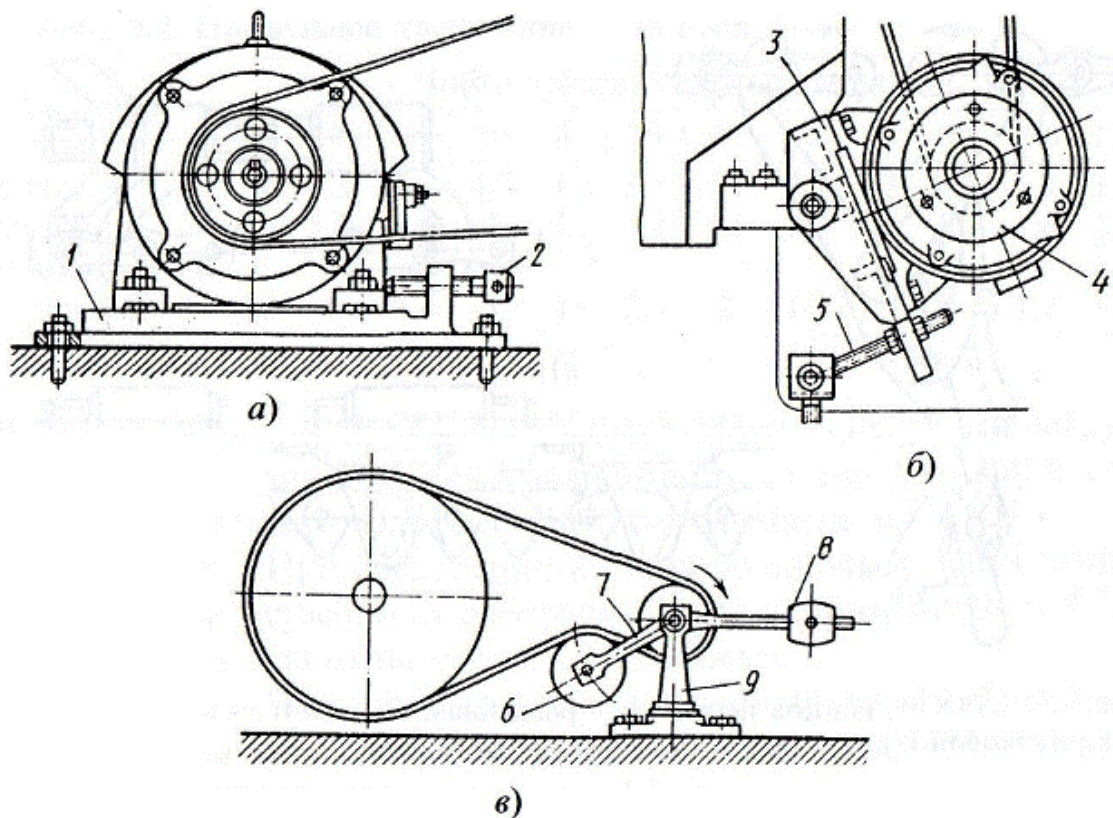
В общем случае, клиновые ремни состоят из следующих частей (рисунок 1.3): *слой растяжения* и *слой сжатия*, которые обычно заполняют наполнителем, как правило, резиной; *корд* (*кординур* или *кордткань*), который представляет собой основной слой, несущий нагрузку, расположенный по центру тяжести сечения ремня и выполненный из химических волокон (вискозы, капрона, лавсана) и

обертку ремня в виде нескольких слоев прорезиненной ткани, намотанной диагонально.



Рисунок 1.3 – Строение приводного ремня

При их вытяжке (растянувшись ремне) межосевое расстояние регулируется тремя основными способами (рисунки 1.4 – 1.6).



- а) перемещение электродвигателя на салазках на специальной плите;
- б) перемещение электродвигателя на качающейся (подпружиненной) плите;
- в) при помощи натяжного ролика.

Рисунок 1.4 – Схемы натяжных устройств

Натяжное устройство должно обеспечивать межосевое расстояние от $0,97 \cdot a$ (где a – номинальное значение межосевого расстояния в клиноременной передаче) до $1,06 \cdot a$. Уменьшение межосевого расстояния (до $0,97 \cdot a$) применяют для облегчения надевания ремней на шкивы. В процессе эксплуатации клиноременной передачи ремень постепенно вытягивается, поэтому для обеспечения хорошего сцепления ремня (ремней) со шкивами производят натяжение ремня.

Наиболее часто применяют натяжное устройство, основанное на перемещении двигателя, установленного на специальной плите 1 (рисунок 1.4, а), либо по салазкам при помощи натяжного винта 2 в сторону увеличения межосевого расстояния (но не более чем на $1,06 \cdot a$). Еще одним способом натяжения ремней при эксплуатации является установка электродвигателя 4 (рисунок 1.4, б) на «качающуюся» плиту 3. Здесь необходимое натяжение ветвей ремня обеспечивают поворотом плиты 3 на определенный угол, причем фиксацию плиты в нужном положении обеспечивают при помощи откидного болта 5, который фиксируют при помощи гаек. Для получения наибольшего эффекта при регулировании натяжения ремней в этом случае необходимо, чтобы угол между осью откидного болта и линией, соединяющей центры шкивов, был близок к прямому. Натяжное устройство (рисунок 1,4, в) при помощи натяжного ролика 6 в клиноременных передачах применяется достаточно редко. Так как для клиноременных передач угол обхвата ремнем малого шкива не имеет решающего влияния на эксплуатационные свойства передачи. Но, тем не менее, иногда этот способ натяжения ремней применяется. Для того, чтобы получить хороший эффект от натяжения ведомой ветви ремня, необходимо правильно рассчитать вес груза 8, расстояние от его центра масс до оси вращения ведущего шкива и длину коромысла 7. Следует отметить, что вся перечисленная выше конструкция шарнирно устанавливается на стойке 9, что позволяет осуществлять натяжение холостой ветви ремня автоматически за счет веса груза 8.

Иногда регулировку натяжения ремня осуществляют при помощи прижимного ролика (рисунок 1.5) либо оттяжного ролика (рисунок 1.6), причем для клиноременных передач предпочтителен второй вариант.



Рисунок 1.5 – Схема регулировки наружным (прижимным) роликом

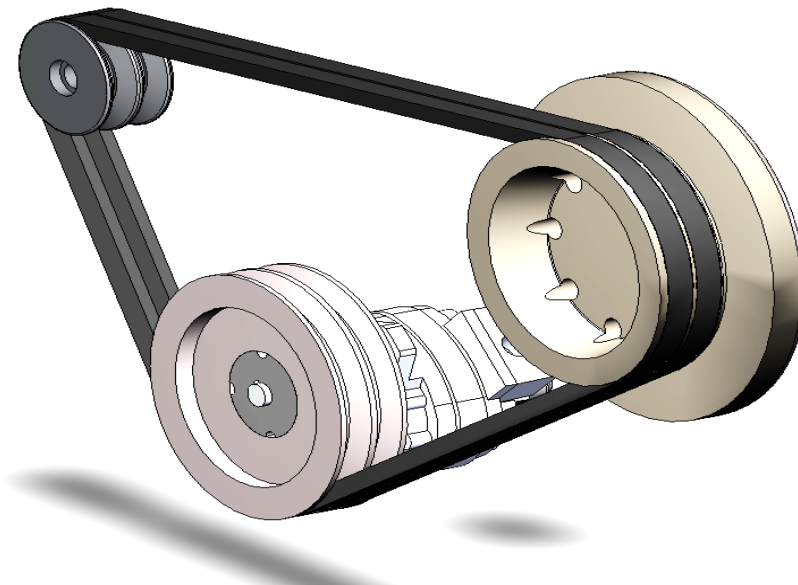


Рисунок 1.6 – Схема регулировки внутренним (оттяжным) роликом

Рекомендуемый минимальный угол обхвата малого шкива клиноременной передачи составляет α , равное 120° , но передача достаточно хорошо работает и при угле α , равном 90° .

Предельно допустимая скорость V_{max} ремня равна 35 м/с .

Клиновые ременные передачи являются важными составляющими компонентами кинематики таких устройств, как фрезерные, токарные, сверлильные,

строгальные и другие металлообрабатывающие станки. Другими сферами применения клиноременных передач являются автомобилестроение и сельскохозяйственное машиностроение. Применяются они и в некоторых разновидностях бытовой техники (например, в стиральных и швейных машинах).

Столь широкое распространение клиноременных передач в целом объясняется, в первую очередь, простотой их конструкции, а также тем, что с их помощью можно достаточно легко и просто создавать передачи, имеющие плавный и бесшумный ход. Используются такие схемы чаще всего там, где нет необходимости в обеспечении точного позиционирования (например, в силовых передачах).

Шкивы изготовляют литыми, сварными или штампованными из следующих материалов в зависимости от скорости движения ремня (V):

- серого чугуна СЧ15 при V до 30 м/с;
- модифицированного чугуна и стали 25Л при V до 45 м/с;
- алюминиевых сплавов при V до 80 м/с.

Быстроходные шкивы требуют балансировки. Шкивы диаметром до 400 мм выполняют преимущественно дисковыми, большего диаметра – со спицами (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Конструктивные разновидности шкивов

Достоинства клиноременных передач:

- простота конструкции и малая стоимость;
- возможность передачи движения и мощности от ведущего шкива к ведомому на большие расстояния (до 6 м);

– плавность хода и бесшумность работы передачи, малая чувствительность к толчкам и ударам, а также к перегрузкам, способность пробуксовывать, обусловленные эластичностью ремня;

– возможность работы с большими угловыми скоростями до 35 м/с; предохранение механизмов от резких колебаний нагрузки вследствие упругости ремня, способность самопредохранения от неучтенных перегрузок, благодаря возможности пробуксовки ремня на шкивах;

– пониженные требования к точности взаиморасположения валов передачи.

Недостатки:

– значительные габаритные размеры передачи, которые растут с повышением передаваемой мощности;

– высокие нагрузки на валы и опоры (подшипники) из-за натяжения ремня;

– невозможность (из-за неизбежного проскальзывания ремня по шкивам) получения точных, неизменных значений передаточных чисел;

– невысокие износостойкость и выносливость ремней;

– постепенное вытягивание ремней, их недолговечность до 5000 часов;

– необходимость применения в передачах специальных устройств, предназначенных для натяжения ремня;

– необходимость защиты ремней от попадания на них минеральных масел, бензина, щелочей;

– возможность электризации ремней, исключающая использование ременных передач во взрывоопасных средах.

Ниже приведена методика расчета клиноременных передач по критерию долговечности ремня.

1.2 Исходные данные

Исходные данные для расчета ременной передачи выбирают из сведенных в таблицу результатов кинематического расчета силового привода.

В качестве исходных данных выбирают значения мощностей, вращающих моментов, частот вращения на валах ведущего и ведомого шкивов, а также значение передаточного числа передачи (I, II, III, IV – номера валов в приводе) (рисунок 1.8).

Для простоты изложения материала в данных методических указаниях индекс «1» относится к параметрам ведущего шкива, индекс «2» – ведомого.

Учитывая вышеизложенное, исходными данными для расчета являются значения, представленные в таблице 1.1.

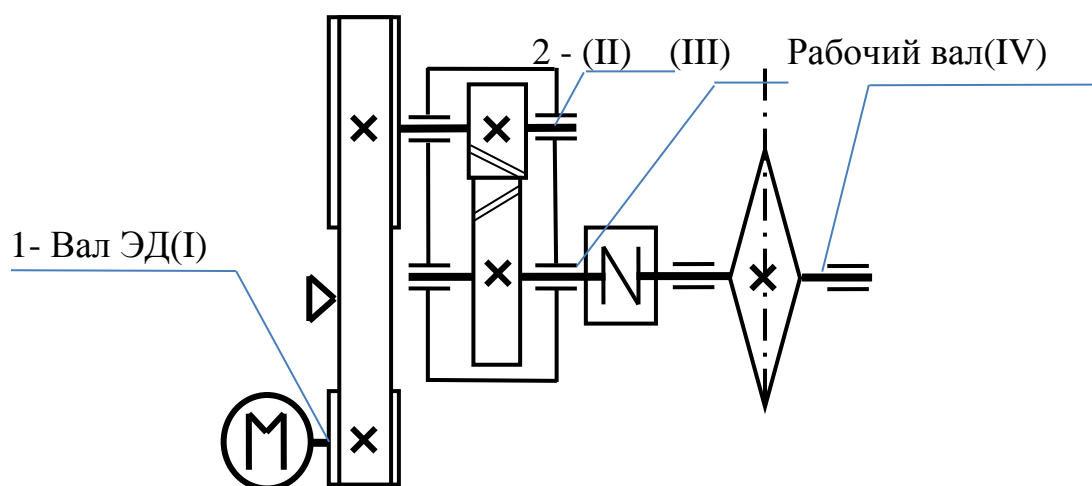


Рисунок 1.8 – Образец схемы задания привода с клиноременной передачей

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчета клиноременной передачи

| Наименование параметра, единица измерения | Обозначение | Исходные данные примера |
|---|------------------|-------------------------|
| Вращающий момент на ведущем шкиве, $H \cdot мм$ | T_1 | 65340 |
| Вращающий момент на ведомом шкиве, $H \cdot мм$ | T_2 | 184960 |
| Частота вращения ведущего шкива, $мин^{-1}$ | n_1 | 960 |
| Частота вращения ведомого шкива, $мин^{-1}$ | n_2 | 322,15 |
| Передаточное число передачи | u | 2,98 |
| Срок службы передачи, час | L_h | 2000 |
| Наличие реверса | <i>есть; нет</i> | есть |
| Мощность на валу ведущего шкива, Вт | P_1 | 6500 |

2 Расчет клиноременных передач

Назначение сечения ремня, определение диаметров шкивов и передаточного числа клиноременной передачи сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Определение основных параметров передачи

| Формула | Расчет | Результат | Принято |
|--|---|---|---------|
| Выбрать сечение ремня для передаваемых мощностей: | | | |
| до 2 кВт | | О (Z) | В(Б) |
| от 2 до 200 кВт по номограмме (рисунок 2.1), (для нашего примера, $P=6,5$ кВт и $n_1=960$ мин ⁻¹ (об/мин)) сечение ремней принимают В(Б)) | | В(Б) | |
| Выбрать диаметр ведущего шкива d_1 , мм | | | |
| для выбранного сечения ремня по таблице 2.2, с. 16 рекомендуемый диаметр ведущего шкива d_1 , мм (в технически обоснованных случаях допускается применение других стандартных значений, но не меньше минимального диаметра для данного типоразмера ремня) | | от 125 до 160 | 160 |
| Определить диаметр ведомого шкива d_2 , мм | | | |
| принимают коэффициент упругого скольжения ремня относительно шкивов ξ | от 0,01 до 0,02 | 0,015 | |
| $d_2 = d_1 \cdot u \cdot 1 - \xi$ | $d_2 = 160 \cdot 2,98 \cdot 1 - 0,015$ | 469,65 | 475* |
| Полученное значение d_2 , мм округлить до ближайшего стандартного значения по ГОСТ 20889-88 [7] из ряда чисел: 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400; 450; 475; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600; 1800; 2000; 2240; 2500 | | | |
| Уточнить передаточное число u' | | | |
| $u' = \frac{d_2}{d_1 \cdot 1 - \xi}$ | $u' = \frac{475}{160 \cdot 1 - 0,015}$ | 3,01 | |
| Найти расхождение с исходным значением передаточного числа | | | |
| $\Delta u = \frac{u' - u}{u} \cdot 100 \leq 4 \%$ | $\Delta u = \frac{3,01 - 2,98}{2,98} \cdot 100$ | 1,007 % ≤ 4 %* значение допустимо | |
| *Если погрешность Δu больше 4 %, то изменяют диаметры шкивов | | | |

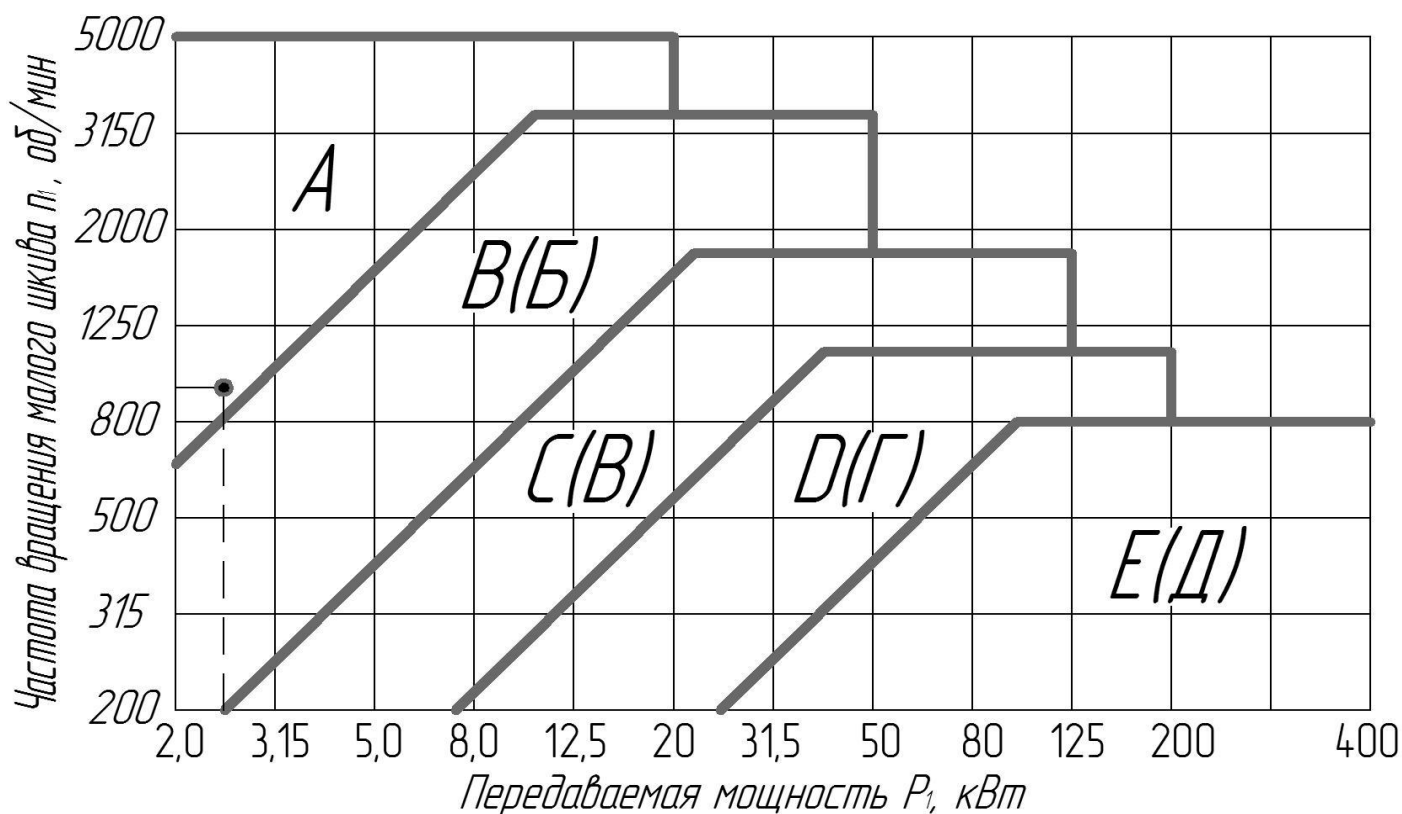


Рисунок 2.1 – Номограмма для определения сечения клинового ремня в зависимости от частоты вращения и мощности на валу малого шкива

Таблица 2.2 – Основные параметры клиноременной передачи по ГОСТ 1284.1-89 [8]

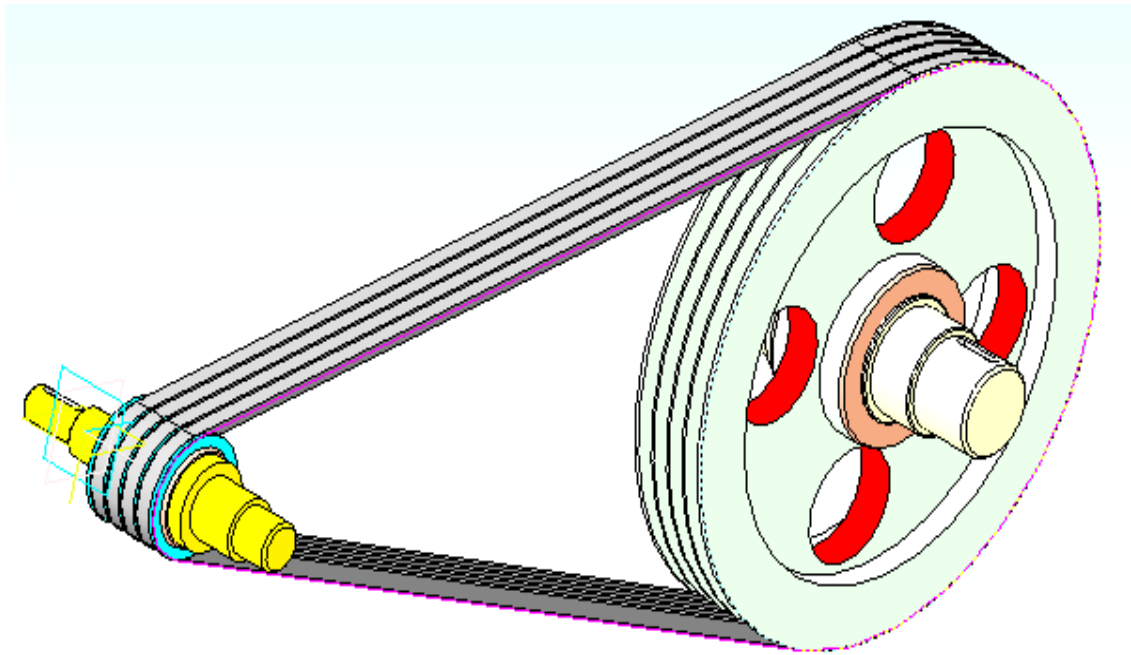
| Обозначение сечения ремня | Расчетная ширина ремня $W_p, мм$ | Ширина большего основания ремня $W, мм$ | Высота ремня $T_0, мм$ | Площадь сечения ремня, $мм^2$ | Масса одного метра ремня, $кг$ | Диаметр ведущего шкива $d_1, мм$ | | Расчетная длина ремня $L_p, мм$ |
|---------------------------|----------------------------------|---|------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------|---------------------------------|
| | | | | | | минимальный | рекомендуемый | |
| Z (0) | 8,5 | 10 | 6 | 47 | 0,06 | 63 | 80 | от 400 до 3150 |
| A | 11,0 | 13 | 8 | 81 | 0,1 | 90 | 112 | от 560 до 4500 |
| B(Б) | 14,0 | 17 | 11 | 138 | 0,18 | 125 | 160 | от 630 до 6300 |
| C(В) | 19,0 | 22 | 14 | 230 | 0,30 | 200 | 250 | от 1800 до 10000 |
| D(Г) | 27,0 | 32 | 19 | 476 | 0,60 | 315 | 400 | от 2240 до 14000 |
| E(Д) | 32,0 | 38 | 23,5 | 692 | 0,90 | 500 | 630 | от 4000 до 18000 |

Расчет габаритных размеров клиноременной передачи представлен в таблице 2.3.

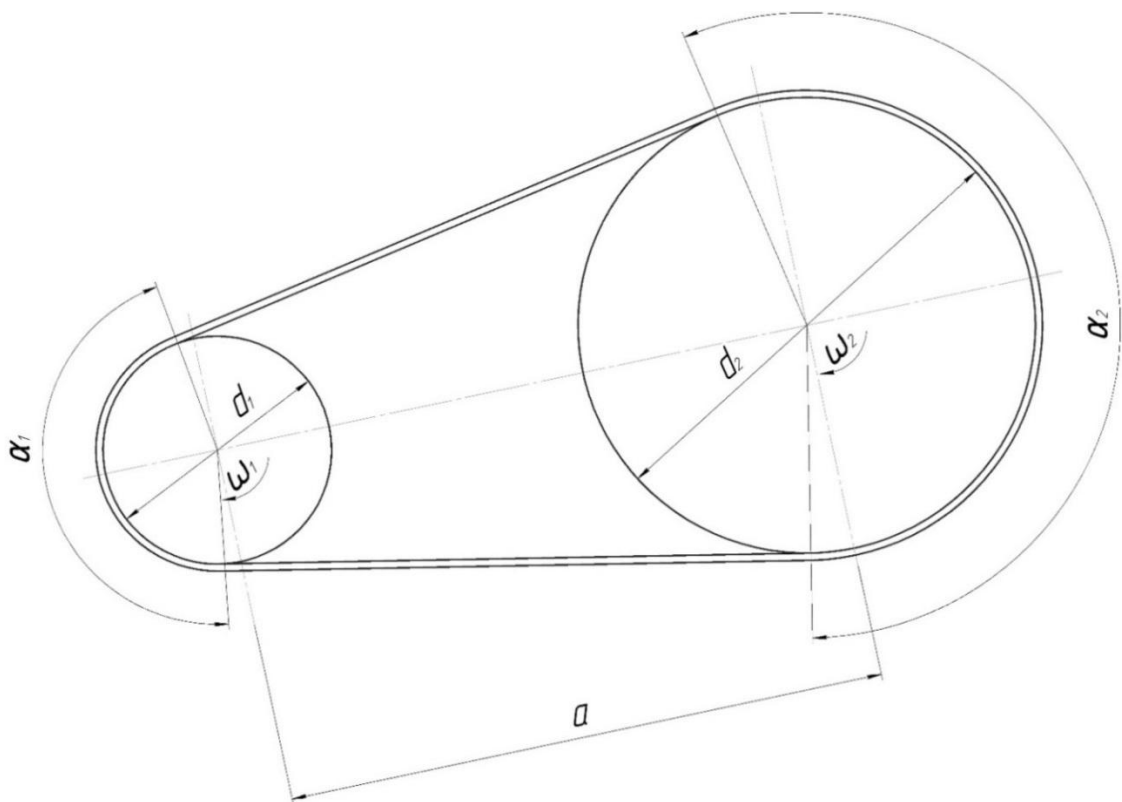
Таблица 2.3 – Габаритные параметры передачи (рисунок 2.2)

| Формула | Расчет | Результат | Принято |
|--|---|------------------------------|----------------------------|
| <p>Определить межосевое расстояние a, мм. Для передач с гибкой связью межосевое расстояние определяется удобством расположения элементов привода. Для клиноременных передач межосевое расстояние выбрать в интервале:</p> | | | |
| $d_1 + d_2 \geq a \geq 0,55(d_1 + d_2) + T_0$ | | 635 $\geq a \geq$ 360 | 498 среднее значение |
| $160 + 475 \geq a \geq 0,55 \cdot (160 + 475) + 11$ | | | |
| <p>Для удобства дальнейших расчетов вводят обозначения X и Y</p> | | | |
| $X = \pi \cdot \frac{d_1 + d_2}{2}$ | $X = 3,14 \cdot \frac{160 + 475}{2}$ | 997,46 | 997,46 |
| $Y = \frac{d_2 - d_1}{2}$ | $Y = \frac{475 - 160}{2}$ | 157,5 | 157,5 |
| <p>Определяют длину ремня L_p, мм</p> | | | |
| $L_p = 2 \cdot a + X + \frac{Y^2}{a}$ | $L_p = 2 \cdot 498 + 997,46 + \frac{157,5^2}{498}$ | 2043,27 | 2000* |
| <p>Полученное значение L_p, мм округляют до ближайшего значения по ГОСТ 1284.1-89 [8] из ряда чисел: 400; 450; 500; 560; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600; 1800; 2000; 2240; 2500; 2800; 3150; 3550; 4000; 4500; 5000; 6300; 7100; 8000; 9000; 10000; 11200; 14000; 16000; 18000</p> | | | |
| <p>Уточняют межосевого расстояния a, мм (из-за округления значения длины ремня)</p> | | | |
| $a = 0,25 \cdot L_p - X + \sqrt{(L_p - X)^2 - 8 \cdot Y^2}$ | | 475,2 | |
| $a = 0,25 \cdot 2000 - 997,46 + \sqrt{(2000 - 997,46)^2 - 8 \cdot 157,5^2}$ | | | |
| <p>Определяют угол обхвата ремнем меньшего шкива α_1 в градусах</p> | | | |
| $\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a}$ | $\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \frac{475 - 160}{475,2}$ | $\alpha_1 = 142,2 \geq 90$ * | условие выполнено. |
| | | | |
| <p>*значение угла должно быть не менее 90° градусов (во избежание соскальзывания ремня)</p> | | | |

На рисунке 2.2 представлены внешний вид клиноременной передачи и ее основные геометрические параметры.



а) внешний вид клиноременной передачи



б) геометрические параметры клиноременной передачи

Рисунок 2.2 – Клиноременная передача

Рассчитываем скорость ремня (окружную скорость на ведущем шкиве) с целью определения количества ремней для надежной эксплуатации клиноременной передачи с учетом передаваемой мощности (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Определение окружной скорости ремня v , м/с (рисунок 2.3)

| Формула | Расчет | Результат | Принято |
|---|--|-----------|---------|
| $v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000}$ | $v = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 950}{60000}$ | 7,95 | |

Зная сечение ремня, диаметр ведущего шкива d_1 (мм), окружную скорость ремня v (м/с) по таблице 2.5 определяют номинальную мощность P_0 , кВт, которую может передавать один ремень идеальной (типовой) передачи.

Таблица 2.5 – Номинальная мощность P_0 , кВт, передаваемая одним клиновым ремнем ГОСТ 1284.3-96 [9]

| Сечение ремня | Расчетный диаметр меньшего шкива d_1 , мм | P_0 , кВт, при окружной скорости ремня V , м/с | | | | | | | | | | | |
|---------------|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | | 2 | 5 | 7 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 |
| Z(O) | 63 | 0,15 | 0,36 | 0,49 | 0,69 | 0,82 | 0,96 | 1,09 | 1,18 | 1,26 | 1,26 | 1,20 | - |
| | 71 | 0,17 | 0,39 | 0,55 | 0,78 | 0,93 | 1,07 | 1,22 | 1,30 | 1,38 | 1,39 | 1,32 | - |
| | 80 | 0,20 | 0,45 | 0,61 | 0,85 | 1,00 | 1,15 | 1,27 | 1,39 | 1,51 | 1,55 | 1,51 | - |
| | 90 и более | 0,21 | 0,49 | 0,67 | 0,93 | 1,11 | 1,27 | 1,40 | 1,55 | 1,67 | 1,78 | 1,65 | - |
| A | 90 | 0,37 | 0,74 | 1,03 | 1,33 | 1,47 | 1,62 | 1,77 | 1,84 | 1,84 | 1,84 | 1,75 | - |
| | 100 | 0,37 | 0,81 | 1,10 | 1,40 | 1,62 | 1,84 | 1,91 | 1,99 | 1,99 | 1,99 | 1,91 | - |
| | 112 | 0,37 | 0,81 | 1,10 | 1,47 | 1,69 | 1,99 | 2,12 | 2,29 | 2,41 | 2,41 | 2,33 | - |
| | 125 и более | 0,44 | 0,96 | 1,25 | 1,69 | 1,99 | 2,20 | 2,33 | 2,50 | 2,65 | 2,65 | 2,65 | - |
| B(B) | 125 | 0,59 | 1,10 | 1,47 | 2,06 | 2,42 | 2,70 | 2,94 | 2,94 | 2,94 | 2,80 | 2,65 | - |
| | 140 | 0,66 | 1,25 | 1,62 | 2,23 | 2,65 | 3,02 | 3,32 | 3,54 | 3,60 | 3,54 | 3,40 | - |
| | 160 | 0,74 | 1,40 | 1,84 | 2,50 | 2,94 | 3,40 | 3,76 | 4,05 | 4,35 | 4,35 | 4,35 | - |
| | 180 и более | 0,81 | 1,55 | 1,99 | 2,72 | 3,16 | 3,60 | 4,05 | 4,42 | 4,71 | 4,94 | 4,94 | - |

Продолжение таблицы 2.5

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| С(В) | 200 | 1,03 | 2,14 | 2,80 | 3,68 | 4,35 | 4,94 | 5,52 | 6,00 | 6,25 | 6,19 | 6,05 | - |
| | 224 | 1,10 | 2,42 | 3,16 | 4,27 | 5,00 | 5,67 | 6,25 | 6,78 | 7,15 | 7,15 | 6,85 | - |
| | 250 | 1,25 | 2,65 | 3,54 | 4,64 | 5,45 | 6,12 | 6,63 | 7,15 | 7,50 | 7,73 | 7,73 | - |
| | 280 и более | 1,33 | 2,88 | 3,76 | 5,00 | 5,90 | 6,70 | 7,29 | 7,58 | 7,80 | 8,02 | 8,10 | - |
| D(Г) | 315 | - | 4,71 | 6,25 | 8,45 | 9,70 | 10,70 | 11,40 | 11,78 | 11,90 | 11,62 | 11,10 | - |
| | 355 | - | 5,15 | 6,85 | 9,20 | 10,44 | 11,54 | 12,50 | 13,30 | 13,72 | 13,82 | 13,60 | 12,92 |
| | 400 | - | 5,59 | 7,38 | 10,08 | 11,54 | 12,88 | 14,11 | 15,00 | 15,72 | 16,19 | 16,03 | 15,38 |
| | 450 и более | - | 6,10 | 7,93 | 10,98 | 12,50 | 13,90 | 15,14 | 16,19 | 17,00 | 17,25 | 17,45 | 17,20 |
| E(Д) | 500 | - | 7,35 | 10,02 | 14,00 | 15,98 | 17,65 | 19,00 | 19,85 | 20,46 | 20,46 | 20,46 | 20,46 |
| | 560 | - | 8,45 | 11,25 | 15,25 | 17,45 | 19,20 | 20,80 | 22,40 | 23,60 | 24,20 | 24,30 | 24,30 |
| | 630 | - | 9,43 | 12,08 | 16,08 | 18,70 | 21,20 | 23,20 | 24,80 | 26,50 | 27,30 | 27,50 | 27,60 |
| | 710 и более | - | 9,80 | 13,19 | 18,00 | 21,00 | 22,90 | 25,20 | 27,20 | 29,00 | 30,20 | 30,80 | 31,40 |

Для определения количества ремней, необходимого для надежной работы передачи, в расчет необходимо ввести поправочные коэффициенты, учитывающие реальные условия работы передачи, а именно: коэффициент угла обхвата C_α (таблица 2.6), учитывающий реальный угол обхвата ремнем малого шкива, коэффициент, учитывающий число ремней в передаче C_z (таблица 2.7), коэффициент, учитывающий реальный режим работы передачи C_p (таблица 2.8) и коэффициент, учитывающий длину ремня C_L (таблица 2.9).

Таблица 2.6 – Значение коэффициента угла обхвата C_α

| Угол обхвата α , градус | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| C_α | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,92 | 0,89 | 0,86 | 0,82 | 0,78 | 0,73 | 0,68 | 0,62 | 0,56 |

Таблица 2.7 – Значение коэффициента C_z

| Число ремней в комплекте | C_z |
|--------------------------|-------|
| 2 – 3 | 0,95 |
| 4 – 6 | 0,90 |
| Более 6 | 0,85 |

Таблица 2.8 – Значение коэффициента режима работы C_p

| Режим работы: кратковременная нагрузка, % от номинальной | Типы машин | C_p при числе смен | | |
|---|---|----------------------|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Легкий; 120 | Конвейеры ленточные; насосы и компрессоры центробежные; токарные и шлифовальные станки | 1,0 | 1,1 | 1,4 |
| Средний; 150 | Конвейеры цепные; элеваторы; компрессоры и насосы поршневые; станки фрезерные; пилы дисковые | 1,1 | 1,2 | 1,5 |
| Тяжелый; 200 | Конвейеры скребковые; шнеки; станки строгальные и долбежные; прессы; машины для брикетирования кормов; деревообрабатывающие | 1,2 | 1,3 | 1,6 |
| Очень тяжелый; 300 | Подъемники, экскаваторы, молоты, дробилки, лесопильные рамы | 1,3 | 1,5 | 1,7 |

Таблица 2.9 – Значения коэффициента C_L для клиновых ремней (ГОСТ 1284.1-89 [8])

| Длина ремня L_p , мм | Сечение ремня | | | | | |
|---------------------------|---------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | Z (0) | A | B (Б) | C (В) | D (Г) | E (Д) |
| 400 | 0,49 | – | – | – | – | – |
| 450 | 0,53 | | | | | |
| 500 | 0,58 | – | – | – | – | – |
| 560 | 0,63 | 0,71 | – | – | – | – |
| 630 | 0,68 | 0,74 | – | – | – | – |
| 710 | 0,73 | 0,77 | – | – | – | – |
| 800 | 0,78 | 0,80 | – | – | – | – |
| 900 | 0,84 | 0,83 | 0,80 | – | – | – |
| 1000 | 0,88 | 0,86 | 0,82 | – | – | – |
| 1120 | 0,93 | 0,89 | 0,85 | – | – | – |
| 1250 | 0,98 | 0,92 | 0,87 | – | – | – |

Продолжение таблицы 2.9

| | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| 1400 | 1,03 | 0,95 | 0,90 | – | – | – |
| 1600 | 1,08 | 0,98 | 0,93 | – | – | – |
| 1800 | 1,13 | 1,02 | 0,95 | 0,85 | – | – |
| 2000 | 1,18 | 1,04 | 0,98 | 0,87 | – | – |
| 2240 | 1,23 | 1,07 | 1,00 | 0,90 | – | – |
| 2500 | 1,27 | 1,10 | 1,02 | 0,92 | – | – |
| 2800 | – | 1,13 | 1,05 | 0,94 | – | – |
| 3150 | – | 1,16 | 1,07 | 0,97 | 0,89 | – |
| 3550 | – | 1,20 | 1,10 | 0,99 | 0,91 | – |
| 4000 | – | 1,23 | 1,13 | 1,01 | 0,93 | – |
| 4500 | – | – | 1,15 | 1,04 | 0,95 | – |
| 5000 | – | – | 1,17 | 1,06 | 0,97 | 0,95 |
| 6300 | – | – | 1,22 | 1,10 | 1,01 | 0,98 |
| 7100 | – | – | – | 1,13 | 1,03 | 1,00 |
| 8000 | – | – | – | 1,15 | 1,05 | 1,02 |
| 9000 | – | – | – | 1,17 | 1,07 | 1,04 |
| 10000 | – | – | – | 1,20 | 1,09 | 1,05 |

С целью определения силы натяжения от центробежных сил в расчетах необходимо значение линейной плотности, которое представлено в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Значения линейной плотности ремня q , кг/м

| Сечение ремня | Z (0) | A | B (Б) | C (В) | D (Г) | E (Д) |
|---------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| q , кг/м | 0,06 | 0,10 | 0,18 | 0,30 | 0,60 | 0,90 |

В таблице 2.11 представлены табличные значения коэффициентов и параметров, необходимых для определения необходимого числа ремней в передаче, а также сил, действующих на элементы передачи.

Таблица 2.11 – Коэффициенты и параметры, необходимые для расчетов

| Найти коэффициенты и параметры, необходимые для расчетов | | | |
|--|--|------|------|
| P_0 – номинальная мощность передачи с одним ремнем, кВт | таблица 2.5, с. 19 (получено интерполированием) | 2,08 | |
| C_α – коэффициент угла обхвата | таблица 2.6, с. 20 | 0,90 | |
| C_p – коэффициент динамичности и режима работы | таблица 2.8, с. 21 | 1,10 | |
| C_L – коэффициент, учитывающий длину ремня | таблица 2.9, с. 22 | 0,98 | |
| P_1 – мощность на ведущем валу, кВт | таблица 1.1, с. 14 | 6,50 | |
| C_z – коэффициент, учитывающий число ремней в передаче | таблица 2.7, с.20 | 0,90 | |
| K_1 – коэффициент режима работы. Для... режима работы: | легкого | 2,50 | |
| | среднего | 1,00 | 1,00 |
| | тяжелого | 0,50 | |
| | очень тяжелого | 0,25 | |
| K_2 – районный коэффициент | для районов с холодным и очень холодным климатом | 0,75 | |
| | для других районов | 1,00 | 1,00 |
| q – коэффициент, учитывающий влияние центробежных сил, кг/м, | таблица 2.10, с.22 | 0,18 | |

В таблице 2.12 дан порядок определения количества ремней в комплекте для одной передачи, а также расчет сил, действующих в ветвях ремней клиноременной передачи, а также сил, действующих на валы.

Таблица 2.12 – Расчет силовых параметров передачи и ресурса работы ремня

| Формула | Расчет | Результат | Принято |
|---|--|-----------|---------|
| Вычислить мощность передачи с одним ремнем P_p , кВт | | | |
| $P_p = P_0 \cdot C_\alpha \cdot \frac{C_L}{C_p}$ | $P_p = 2,08 \cdot 0,9 \cdot \frac{0,98}{1,1}$ | 1,67 | |
| Определить число ремней в передаче z для обеспечения среднего ресурса | | | |
| $z = \frac{P_1}{P_p \cdot C_z}$ | $z = \frac{6,5}{1,67 \cdot 0,9}$ | 4,32 | 5 |
| Определить средний ресурс ремней при эксплуатации $T_{ср.р.}$, час. | | | |
| $T_{ср.р.} = T_{ср} \cdot K_1 \cdot K_2$ | $T_{ср.р.} = 2000 \cdot 1,0 \cdot 1,0$ | 2000 | 2000 |
| Определить силу полезного натяжения ремней F_t , Н | | | |
| $F_t = \frac{1000 \cdot P_1}{v}$ | $F_t = \frac{1000 \cdot 6,5}{7,95}$ | 817,6 | |
| Определить силу натяжения ремней от действия центробежных сил F_v , Н | | | |
| $F_v = q \cdot v^2$ | $F_v = 0,18 \cdot 7,95^2$ | 11,4 | |
| Найти рабочий коэффициент тяги φ | | | |
| φ_0 – исходный коэффициент тяги | для нормальных и узких ремней | 0,67 | |
| $\varphi = \varphi_0 \cdot C_\alpha \cdot C_p$ | $\varphi = 0,67 \cdot 0,9 \cdot 1,1$ | 0,663 | |
| Отношение натяжений ведущей F_1 и ведомой F_2 ветвей ремня, H | | | |
| $m = \frac{1 + \varphi}{1 - \varphi}$ | $m = \frac{1 + 0,663}{1 - 0,663}$ | 4,94 | |
| Определить силу натяжения ведущей ветви F_1 , Н | | | |
| $F_1 = \frac{m}{m - 1} \cdot F_t + F_v$ | $F_1 = \frac{4,94}{4,94 - 1} \cdot 817,6 + 11,4$ | 1036,5 | |
| Определить силу натяжения ведомой ветви F_2 , Н | | | |
| $F_2 = \frac{1}{m - 1} \cdot F_t + F_v$ | $F_2 = \frac{1}{4,94 - 1} \cdot 817,6 + 11,4$ | 218,9 | |

Продолжение таблицы 2.12

| | | |
|--|--|--------|
| Определить силу предварительного натяжения ветвей ремня F_0 , Н | | |
| $F_0 = 0,5 \cdot (F_1 + F_2)$ | $F_0 = 0,5 \cdot (1036,5 + 218,9)$ | 627,7 |
| Определить величину силы, действующей на вал F_B , Н. Направление силы можно принять совпадающим с линией, соединяющей оси валов | | |
| $F_B = 2 \cdot F_0 \cdot \sin \frac{\alpha_1^\circ}{2}$ | $F_B = 2 \cdot 627,7 \cdot \sin \frac{142,2^\circ}{2}$ | 1187,7 |

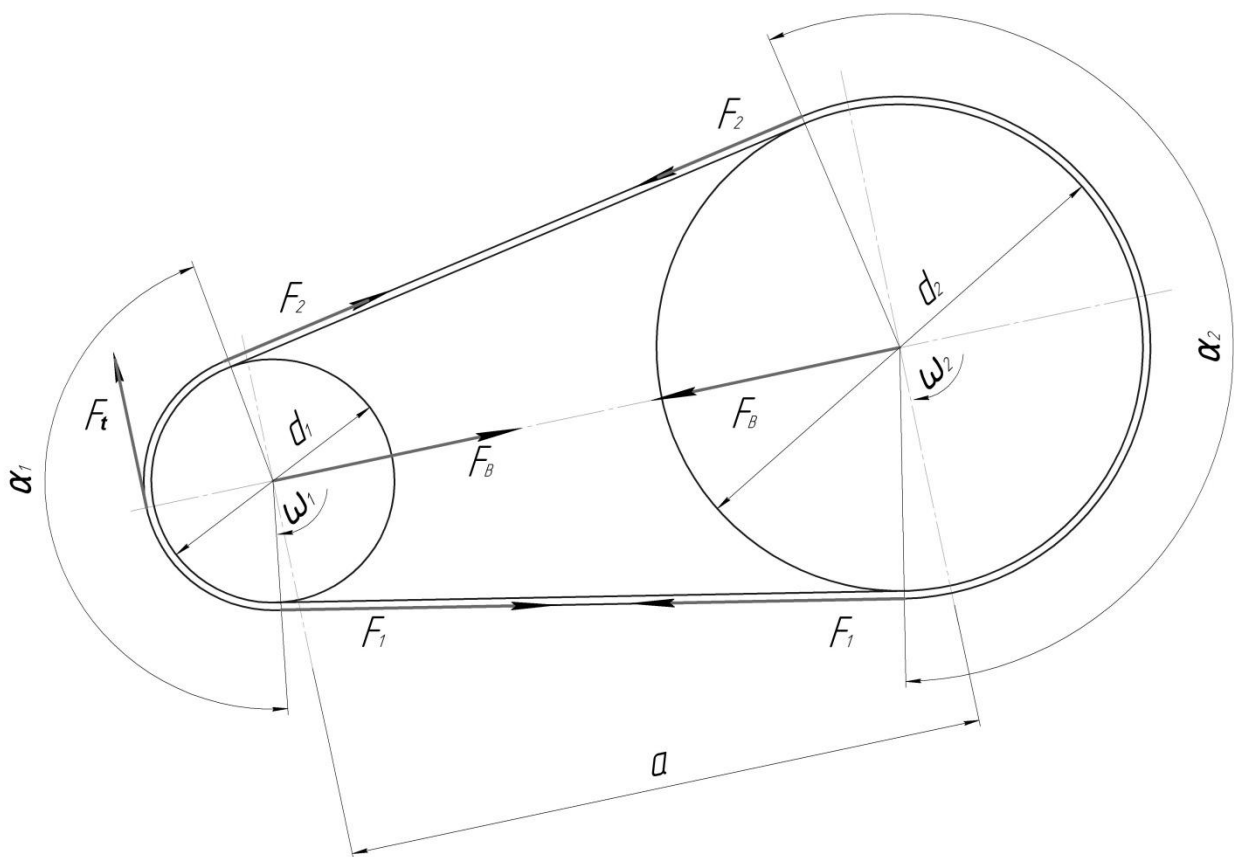


Рисунок 2.3 – Силы, возникающие в клиноременной передаче

Список использованных источников

1. Шейнблит, А. Е. Курсовое проектирование деталей машин : учебное пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд., перераб. и доп. – Калининград : Янтарный сказ, 2002. – 454 с.: ил., черт. – Б. ц. – ISBN 5-7406-0257-2.
2. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 11-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия». – 2008. – 496 с. : ил. – (Высшее профессиональное образование). – Библиогр. : с. 493. – ISBN 978-5-7695-4929-8.
3. Чернилевский, Д. В. Детали машин. Проектирование приводов технологического оборудования: учебное пособие / Д. В. Чернилевский. – 3-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2003. – 560 с. : ил. – ISBN 5-217-03190-2.
4. Чернавский, С. А. Проектирование механических передач : учебное пособие / С. А. Чернавский, Г. А. Снесарев, Б. С. Козинцов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : НИЦ Инфра-М, 2013. – 536 с. : 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-004470-5. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=368442>.
5. Кушнарченко, В. М. Основы проектирования передаточных механизмов: учебное пособие для высших учебных заведений / В. М. Кушнарченко, В. П. Ковалевский, Ю. А. Чирков. – Оренбург : РИК ГОУ ОГУ, 2003. – 251 с. : ил.
6. Кушнарченко, В. М. Прикладная механика : механизмы приборов : учебное пособие / В. М. Кушнарченко, Р. Н. Узяков, Г. А. Клещарева. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2005. – 441 с. : ил.
7. ГОСТ 20889-88. Шкивы для приводных клиновых ремней нормальных сечений. Общие технические условия. – Введен 1989-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 16 с.
8. ГОСТ 1284.1-89. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры и методы контроля. – Введен 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 20 с.
9. ГОСТ 1284.3-96. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Передаваемые мощности. – Введен 1998-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 68 с.