

 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Ю.И. Молодова, В.А. Цветков, А.П. Верболоз

**ДЕТАЛИ МАШИН: УКАЗАНИЯ ДЛЯ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**



**Санкт-Петербург
2019**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Ю.И. Молодова, В.А. Цветков, А.П. Верболоз

**ДЕТАЛИ МАШИН: УКАЗАНИЯ ДЛЯ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО

по направлению подготовки (специальности)

**16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения в
качестве учебно-методического пособия для реализации основных
профессиональных образовательных программ высшего образования
бакалавриата**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2019

УДК 621

Ю.И. Молодова, В.А. Цветков, А.П. Верболоз Детали машин: Указания для самостоятельной работы студентов. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 46 с.

Рецензент: доктор технических наук, профессор СПбГАСУ В.Н.Глухих

В учебном пособии рассматриваются основные этапы конструирования привода конвейеров, приводится необходимая литература, информационные источники и указания для расчетной части курсовой работы



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2019

© Ю.И. Молодова, В.А. Цветков, А.П. Верболоз 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Тематика, объем и содержание курсового проекта.....	5
2. Организация работы и защита курсового проекта.....	6
3. Оформление курсового проекта.....	7
3.1 Расчетно-пояснительная записка.....	7
3.2 Чертежи.....	9
3.2.1 Общий вид привода.....	9
3.2.2 Сборочный чертеж редуктора.....	10
3.2.3 Чертежи деталей.....	11
4. Содержание основных разделов проекта.....	13
4.1 Выбор электродвигателя и кинематический расчет привода.....	13
4.2 Расчет зубчатых, червячных, ременных и цепных передач.....	13
4.3 Проектировочный расчет валов.....	14
4.4 Выбор подшипников.....	14
4.5 Эскизная компоновка редуктора и определение размеров основных элементов корпуса.....	15
4.5.1 Определение взаимного расположения элементов.....	15
4.5.2 Уточненная доработка элементов.....	15
4.6 Проверочный расчет подшипников.....	16
4.7 Выбор соединений ступица-вал и проверка их работоспособности....	16
4.8 Проверочный расчет валов.....	16
4.9 Выбор соединительных муфт и проверка их работоспособности.....	17
4.10 Смазка редуктора.....	17
5. Задания на курсовой проект.....	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	33
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	35

ВВЕДЕНИЕ

В процессе освоения дисциплины «Детали машин» студент изучает специфику различных соединений, деталей, основные механические передачи, валы, муфты и т.д. Практическая часть курса состоит в ознакомлении с общими правилами и подходами конструкторской деятельности.

Курсовой проект по курсу «Детали машин» является первой самостоятельной расчетно-конструкторской работой студента, в ходе которой приобретаются и развиваются навыки выполнения расчетов и чертежей, использования справочной литературы и ГОСТов, оформления технической документации.

Настоящие методические указания имеют целью оказание помощи студентам в работе над курсовым проектом, ориентировании в учебной и нормативной литературе, работе с системами автоматизированного проектирования при создании графической части проектов и проведении проверочных расчетов. В пособии приводятся все необходимые ссылки на литературные источники, ГОСТы и электронные ресурсы.

1. ТЕМАТИКА, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В курсовых проектах разрабатывается привод различных конвейеров (ленточных, цепных и др.). При этом основным объектом, подлежащим разработке, является редуктор.

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и четырех листов чертежей формата А1.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

1. Схему привода, исходные данные для расчетов, краткое описание привода и перечень разрабатываемых узлов;
2. Выбор электродвигателя и кинематический расчет привода;
3. Расчет передач;
4. Проектировочный расчет валов;
5. Выбор подшипников и их проверочный расчет на долговечность;
6. Определение размеров основных элементов корпуса редуктора;
7. Выбор соединения ступица-вал и проверка их работоспособности;
8. Проверочный расчет валов;
9. Выбор соединительных муфт и проверка их работоспособности;
10. Выбор смазки и охлаждения редуктора.

Графическая часть проекта должна содержать:

1. Общий вид привода;
2. Сборочный чертеж редуктора;
3. Сборочный чертеж муфты, приводного вала и др.;
4. Рабочие чертежи деталей редуктора (вал, шестерня, червяк, зубчатое или червячное колесо и др.).

Конкретный перечень чертежей представлен в задании.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ И ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

К работе над курсовым проектом следует приступать после получения задания и первоначального ознакомления с необходимой технической литературой и информационными источниками [1 – 25].

После окончания работы над проектом студент получает замечания проверяющего, которые должны быть исправлены до защиты проекта.

Подготовка к защите курсового проекта прежде всего заключается в сознательном выполнении проекта с полным выяснением каждого встретившегося при проектировании вопроса.

Необходимо хорошо знать особенности спроектированного привода и его элементов, методику проектирования и расчетов.

Защита проекта состоит из сообщения студента, его пояснений и ответов на вопросы.

В своем сообщении студент должен дать общую характеристику привода, изложить особенности основных расчетов и полученных результатов, обосновать принципиальные конструктивные решения при разработке привода.

После защиты курсовой проект сдается преподавателю.

3. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В состав курсового проекта входит следующая учебно-конструкторская документация: расчетно-пояснительная записка, спецификация и чертежи. Все они должны быть оформлены в соответствии с требованиями комплекса ЕСКД [1, 2] и настоящих методических указаний.

3.1 РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Расчетно-пояснительная записка должна включать:

- титульный лист;
- оглавление (содержание);
- разделы в соответствии с п.4 настоящих методических указаний;
- список литературы;
- спецификацию.

Расчетно-пояснительная записка должна быть оформлена на листах формата А4. Нумерация листов должна быть сквозной. На первом титульном листе номер не указывается. Рисунки и таблицы, располагаемые на отдельных листах, а также список литературы и приложения включают в общую нумерацию страниц.

Расчетно-пояснительная записка должна начинаться с титульного листа (приложение 1).

Далее должно быть дано оглавление (содержание), в котором указывают все разделы и подразделы текста записки, список литературы, приложения и спецификации.

Слева от каждого наименования оглавления указывают его порядковый номер, обозначаемый цифрами с точкой, а справа, на краю страницы – начальный номер листа.

Основной текст расчетно-пояснительной записки разбивают на разделы и подразделы, наименования и нумерация которых должна соответствовать оглавлению.

Изложение текстов разделов и подразделов должно быть кратким и четким. Материал излагают от имени первого лица в единственном числе (“Определяю...”, “Принимаю...” и т.п.).

Используемые термины и определения должны быть едиными и соответствовать стандартам, а при их отсутствии – общепринятым в научно-технической литературе.

Порядок изложения расчетов определяется характером рассчитываемых величин. В общем случае расчет должен содержать:

1. Заголовок с указанием, какую деталь рассчитывают и на какой вид работоспособности (прочность, износостойкость и т.п.);
2. Расчетную схему с указанием сил, моментов и размеров;
3. Наименование и марку выбранного материала с указанием его термической обработки, механических свойств и допускаемых напряжений;

4. Расчет;
5. Заключение по результатам расчета.

Условные буквенные обозначения всех величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам.

Каждая формула должна быть написана в символическом выражении. Значение каждого символа должно быть приведено непосредственно под формулой, с новой строки, в той же последовательности, в какой они приведены в формуле. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова “где”, например:

$$d = \sqrt{\frac{T}{[\tau]}}$$

где: d – диаметр вала, мм; T – вращающий момент Н×мм; $[\tau]$ – допустимое напряжение на кручение, Н/мм².

Далее формулу повторяют с подставленными в нее цифровыми значениями и для найденной величины обязательно указывают единицу измерения.

Полученные расчетом размеры деталей следует округлять, где это возможно, до стандартных значений [3, с. 510].

Все принимаемые величины должны быть обоснованы со ссылкой на источник с указанием номера страницы, формулы, графика или параграфа.

Иллюстрации внизу должны иметь порядковый номер и наименование. Номер пишут арабскими цифрами, указывая номер раздела и порядковый номер иллюстрации, например: “Рис.1.1 Кинематическая схема привода”.

Все таблицы также должны иметь справа порядковый номер (например, таблица 1.1) и ниже наверху в центре – заголовок.

В конце записки приводят список литературы с порядковыми номерами, в который включают все источники, использованные в процессе работы. В этом списке источники располагают в порядке ссылки в тексте и дают им сплошную нумерацию. В тексте записки для ссылки на источники указывают только его номер по порядку, заключенный в квадратные скобки.

Также в конце расчетно-пояснительной записки помещают спецификацию, которую выполняют по форме, приведенной в приложении 2. Здесь помещены также формы основных надписей первого (заглавного) и последующих спецификаций.

Спецификация состоит из разделов (документация, сборочные единицы, детали, стандартные изделия), названия которых указывают в графе “Название” и подчеркивают.

Графы спецификаций заполняют сверху вниз в следующем порядке:

1. Графы “Формат”, “Зона” и “Обозначение” в учебных проектах не заполняют;
2. В графе “Поз.” указывают порядковые номера составных частей редуктора, которые наносят на сборочном чертеже. Раздел “Документация” номера позиций не несет;
3. В графе “Наименование” записывают:

- В разделе “Документация” – наименования всех документов проекта, например “Расчетно-пояснительная записка”, “Сборочный чертеж” и т.д.;
 - В разделе “Сборочные единицы” – наименования сборочных единиц, например “Колесо червячное” и т.д.;
 - В разделе “Детали” – наименование всех деталей;
 - В разделе “Стандартные изделия” – наименования и обозначения изделий по ГОСТу, например “Манжета 85×110 ГОСТ 14896-84”.
4. В графе “Кол.” указывают количество сборочных единиц и деталей. Графы основных надписей (номера граф указаны в скобках) заполняют следующим образом: 2 – наименование изделия, 7 – порядковый номер листа, 8 – общее число листов, 9 – сокращенное название вуза, факультета, номер группы; 10, 11, 12, 13 – в строке “Разраб.” фамилия студента, его подпись и дата, а в строке “Пров.” – фамилия преподавателя, его подпись и дата. Остальные графы и строки в учебном проекте не заполняют.

3.2 ЧЕРТЕЖИ

Все чертежи выполняют в автоматизированных системах разработки и выполнения конструкторской документации. Одной из наиболее популярной и востребованной САД-системой является продукт компании Autodesk – AutoCAD. С основным функционалом для различных версий программы AutoCAD можно ознакомиться на официальном электронном ресурсе Autodesk [4]. Также основы работы и этапы создания чертежей AutoCAD можно рассмотреть в источниках [5, 6].

Масштаб чертежей по возможности должен быть 1:1. При невозможности использовать этот масштаб допускается меньший масштаб (1:2; 1:2,5; 1:4 и т.д.). Небольшие детали изображают в масштабе увеличения (2:1; 2,5:1; 4:1 и т.д.).

Каждый чертеж должен иметь основную надпись, форма которой приведена в приложении 3. Графы основной надписи чертежа заполняют, как указано в разделе 3.1 для спецификации.

3.2.1 ОБЩИЙ ВИД ПРИВОДА

Чертеж общего вида привода должен содержать изображения привода, дающие представления о его конструкции и взаимодействии составных частей (приложение 4).

На чертеже должны быть приведены:

- изображения привода;
- необходимые размеры;
- номера позиций составных частей;
- технические характеристики привода.

Привод на чертеже обычно изображают в трех проекциях без разрезов и сечений. Составные части привода изображают упрощенно.

На чертеже общего вида привода проставляются габаритные, присоединительные и установочные размеры (размеры опорных поверхностей, диаметры крепежных отверстий и расстояния между ними, расстояния между осями составных частей и т.п.).

Все составные части привода нумеруют в соответствии с номерами позиций спецификации. Номера проставляют на полках линий-выносок, которые не должны пересекаться между собой.

Над основной надписью чертежа в виде колонки шириной не более 185 мм под заголовком “Техническая характеристика” указывают: мощность и частоту вращения электродвигателя, общее передаточное число привода, тяговое усилие и т.д.

3.2.2 СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ РЕДУКТОРА (МУФТЫ)

Сборочный чертеж должен содержать изображение редуктора (муфты), дающее представление о его конструкции, и другие данные, необходимые для его сборки и контроля (приложение 5).

На сборочном чертеже должны быть приведены:

- изображение редуктора (муфты);
- необходимые размеры;
- номера позиций сборочных единиц и деталей;
- технические характеристики редуктора (муфты).

Редуктор на чертеже обычно изображают в двух или трех проекциях. При этом на виде спереди при необходимости выполняют местные разрезы для показа устройства смотрового окна, маслоуказателя, спускной масляной пробки, уровня масла и т.п.

Вид сверху выполняют в разрезе, проходящем по плоскости разъема. На этом виде показывают конструкцию всех элементов:

- валы;
- зубчатые и червячные колеса;
- подшипниковые узлы;
- стаканы;
- распорные втулки;
- маслоудерживающие колеса;
- шпонки.

На сборочном чертеже редуктора проставляют следующие размеры:

- габаритные, которые являются справочными размерами (длина, ширина, высота) и даются без предельных отклонений;
- присоединительные и установочные размеры дают с предельными отклонениями. К ним относят: межосевые расстояния, диаметры и длины выходных концов валов, расстояния осей входного и выходного валов до опорной поверхности редуктора, размеры шпоночных и шлицевых соединений выходных концов валов, диаметры отверстий

под фундаментные болты и расстояния между ними, размеры опорной поверхности корпуса.

- посадочные размеры определяют характер сопряжений и их дают с обозначением посадок. Указания по выбору посадок для основных деталей приведены в рекомендуемой литературе [7, с. 30 – 75].

Посадочные соединения должны быть проставлены в соединениях: зубчатых и червячных колес с валами, подшипников с валами и корпусом редукторов, уплотнений с валами и корпусом, крышек подшипников с отверстиями в корпусе или в стаканах и т.п.

Все сборочные единицы и детали нумеруют в соответствии с номерами позиций спецификации. Номера проставляют на полках линий-выносок, которые располагают вертикально и горизонтально на одной линии вне контура изображения. Линии-выноски не должны пересекаться между собой.

Над основной надписью чертежа в виде колонки шириной не более 185 мм под заголовком “Техническая характеристика” указывают: мощность на выходном валу, частоту вращения выходного вала, общее передаточное число.

3.2.3 ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

Рабочие чертежи деталей должны содержать изображения и другие данные необходимые для изготовления и контроля деталей.

Число проекций должно быть минимальным, но достаточным для полного и ясного представления конструкции детали. В простейших случаях, например, для деталей вращения, достаточно двух проекций, а иногда даже одной.

Деталь рекомендуется изображать в положении, удобном для чтения чертежа при его изготовлении. Например, ось детали тела вращения (вала, зубчатого колеса и др.), обрабатываемой на станке, обычно располагают параллельно основной надписи.

На каждом рабочем чертеже детали указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхностей, допуски формы и расположения и технические требования, которым она должна соответствовать перед сборкой.

Необходимые рекомендации по назначению шероховатостей поверхностей приведены в [3, с. 437], [7, с. 96], а по назначению допусков формы и расположения поверхностей – в [3, с. 434], [7, с.77 – 89].

Необходимые размеры и предельные отклонения проставляют в соответствии со сборочным чертежом редуктора.

На чертеже указывают допуски формы и расположения следующих поверхностей:

- цилиндричность и перпендикулярность отверстий под подшипники и стаканы;
- параллельность осей отверстий под подшипники;
- плоскостность поверхности разъема корпуса.

Шероховатость должна быть указана для всех обрабатываемых поверхностей (отверстий под подшипники, плоскость разъема корпуса и др.).

На чертеже корпусной детали указывают технические требования, которые располагают над основной надписью в виде колонки шириной не более 185 мм. Заголовок над ним не пишут. Текст требований записывают пунктами со сквозной нумерацией сверху вниз.

Технические требования к корпусной детали содержат:

1. Требования к заготовке. Например, значения линейных уклонов, радиусов закруглений, очистка поверхностей, притупление кромок и т.д.;
2. Требования к размерам, предельным отклонениям и т.п. Например, “Перекос осей отверстий АВ и CD до 0,03/100, мм/мм”;
3. Требования к качеству поверхностей, указания по их отделке, покрытию. Например, “Внутреннюю поверхность очистить и покрыть маслостойкой краской”;
4. Технологические требования. Например, “Детали ... обрабатывать совместно”.

Рабочие чертежи остальных деталей вычерчивают по возможности в масштабе 1:1.

На чертеже каждой детали должны быть приведены все необходимые для ее изготовления виды, сечения, размеры и указания (предельные отклонения размеров, посадки, шероховатость поверхностей, допуски формы и расположения поверхностей, термическая обработка, технические требования).

На чертеже зубчатого или червячного колеса, червяка и звездочки цепной передачи помимо их изображения и приведенных выше указаний в правом верхнем углу на расстоянии 20 мм от верхней внутренней рамки помещают таблицу параметров, состоящую из трех частей:

1. Основные данные для указания для нарезания зубьев (модуль, исходный контур, коэффициент смещения, точность и т.п.);
2. Данные для контроля (в учебных проектах эту часть таблицы не заполняют и 1-2 строки оставляют свободными);
3. Справочные данные (делительный диаметр, межосевое расстояние и т.д.).

Конкретные рекомендации и указания по разработке рабочих чертежей типовых деталей (валов, валов-шестерен, червяков, зубчатых и червячных колес, стаканов, крышек подшипников, шкивов, звездочек) приведены в [3, с. 445 – 485]. Здесь же помещены и образцы рабочих чертежей этих деталей. Некоторые рекомендации по конструированию валов, крышек подшипников, зубчатых и червячных колес и червяков приведены в [8, с. 185-264, 317 – 328, 352 – 361].

4. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

Основные разделы проекта должны содержать расчеты, обоснования и проработку конструкции привода, которые рекомендуется выполнять в приведенной ниже последовательности и объеме.

4.1 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

Электродвигатель выбирают по каталогу по необходимой мощности, которую определяют с учетом КПД привода по исходным данным, указанным в задании. По выбранному электродвигателю указывают: марку, мощность, номинальную частоту вращения, коэффициент перегрузки, диаметр ведущего колеса и габаритные размеры.

Кинематический расчет состоит в определении передаточного числа привода, разбивке его по ступеням, определении частоты вращения и крутящего момента на каждом валу. При этом все валы нумеруют, присваивая №1 ведущему валу редуктора, а расчет крутящих моментов ведут по необходимой (расчетной) мощности электродвигателя.

Результаты расчета сводят в таблицу, в которой приводят номера валов, частоты их вращения, передаточные числа ступеней, крутящие моменты на валах [3, с. 8 – 14].

4.2 РАСЧЕТ ЗУБЧАТЫХ, ЧЕРВЯЧНЫХ, РЕМЕННЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

При расчете зубчатых передач вначале выбирают материал зубчатых колес и определяют допустимые напряжения с учетом режимов нагружения, далее производят проектировочный расчет и вычисляют основные геометрические параметры и размеры зубчатых колес, а затем проверяют зубья колес на выносливость по контактным напряжениям и напряжениям изгиба, на предотвращение пластических деформаций и разрушения зубьев при кратковременных нагрузках [3, с. 15 – 39], [9, с. 12 – 28], [8, с. 27 – 53],

Расчет червячных передач производят аналогичным образом с учетом особенностей [3, с. 39 – 48], [8, с. 241 – 271], [10, с. 47 – 69].

Проектировочный расчет зубчатых передач возможен в автоматизированном комплексе АРМ WinMachine в модуле АРМ Drive, путем задания кинематической схемы, начальных и конечных параметров привода в соответствии с рекомендациями [11].

Расчет ременной передачи начинают с выбора типа ремня, затем определяют диаметры шкивов, межосевое расстояние, длину ремня и т.д. [12, с. 202 – 213].

При расчете цепной передачи сначала выбирают тип цепи, затем определяют число зубьев звездочки и проверяют цепь на прочность [12, с. 191 – 201].

4.3. ПРОЕКТИРОВОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВАЛОВ

На этом этапе по имеющимся значениям крутящего момента, мощности на валу, частоты вращения, нагрузки на детали и их размерам приближенно определяют характерные диаметры валов, которые берут за основу при разработке конструкции. Также необходимо определить материал вала. Критериями расчета будут являться прочность и жесткость.

Для валов с выходными концами, на которые насаживают муфты, шкивы и звездочки, характерными будут диаметры посадочных мест на выходных концах, для валов промежуточных – это посадочные диаметры под подшипники.

Расчитанные диаметры округляют до ближайших больших стандартных значений [3, с. 196 – 204], [10].

4.4. ВЫБОР ПОДШИПНИКОВ

В этом разделе обосновывают и выбирают типы подшипников для всех валов и приводят их характеристики.

При выборе типа подшипников следует учитывать особенности конструкции, направление и характер действующих нагрузок. Расчет основан на двух критериях: по долговечности (усталостному выкрашиванию) [13] и по статической грузоподъемности (остаточной деформации) [14]. Так как число типов и размеров подшипников ограничено ГОСТ, их грузоподъемность и работоспособность установлена для каждого типоразмера. Поэтому в процессе конструирования машин подшипники не проектируют, а производят их подбор. В расчете также приводится оценка предельной быстроходности подшипника – частоты вращения, выше которой не может быть гарантирована долговечность подшипника.

Выбор типоразмера подшипника производят по диаметру вала под подшипник, ориентируясь на легкую серию. Серия, размеры, грузоподъемность и необходимые расчетные параметры представлены в ГОСТ:

- Подшипники шариковые радиальные однорядные [15];
- Подшипники шариковые радиальные с канавкой под упорное пружинное кольцо [16];
- Подшипники шариковые радиальные сферические двухрядные [17];
- Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами [18];
- Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами с одним бортом на наружном кольце [18];
- Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные [19];
- Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности [20];
- Подшипники роликовые конические однорядные с большим углом конусности [20];
- Подшипники роликовые конические однорядные с упорным бортом на наружном кольце [20].

Подобрав таким образом подшипники, следует привести их основные характеристики (обозначение, наружный и внутренний диаметры, ширину, динамическую грузоподъемность) [3, с. 58 – 60].

4.5. ЭСКИЗНАЯ КОМПОНОВКА РЕДУКТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСА

Одним из заключительных этапов проектирования является оптимальная компоновка зубчатых колес с соответствующими валами внутри корпуса редуктора и конструирование самого корпуса. Эскизную компоновку редуктора выполняют в два этапа. На первом этапе определяют взаимное расположение зубчатых (червячных) колес, червяка, подшипников и корпуса. Второй этап эскизной компоновки редуктора выполняют на том же чертеже путем внесения необходимых уточнений и доработок.

4.5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

На данном этапе определяются некоторые размеры (расстояние между зубчатым колесом и подшипниками и др.), необходимые для проверочных расчетов подшипников и валов.

Компоновку выполняют на листе формата А1 в масштабе 1:1. При больших габаритах используют масштабы уменьшения 1:2 или 1:2,5 и др. Компоновку обычно разрабатывают в одной проекции, в которой конструкция является наиболее наглядной и полной. При разработке сложных редукторов (например, червячно-цилиндрических) эскизную компоновку выполняют в двух проекциях.

Подробные указания по выполнению первого этапа эскизной компоновки редуктора приведены в рекомендуемой литературе [3, с. 53 – 65].

4.5.2. УТОЧНЕННАЯ ДОРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ

На этом этапе компоновки разрабатывают конструкции валов, червяков, зубчатых и червячных колес, подшипниковых узлов и корпуса с целью получения данных для проверочного расчета валов и подготовки к оформлению сборочного чертежа редуктора.

Несмотря на то, что конструкции корпусов весьма разнообразны, однако все они имеют однотипные элементы (гнезда под подшипники, ребра и др.), что позволяет выбрать общие рекомендации для определения их размеров [3, с. 321 – 352], [8, с. 411 – 415].

Рекомендации по разработке конструкций деталей и узлов даны в рекомендуемой литературе [3, с. 53 – 56, с. 72 – 184, с. 241 – 266, с. 321 – 352].

4.6. ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ

В составе проекта выполняют проверочный расчет подшипников всех валов, который заключается в определении для ранее выбранных подшипников долговечности в часах, которая должна быть равна или больше заданной [3, с. 119 – 143].

Комплекс проверочных расчетов подшипников качения в процессе курсового проектирования необходимо произвести в модуле АРМ Bear САПР АРМ WinMachine. С основными положениями к работе и руководством можно ознакомиться на официальном электронном ресурсе НТЦ “АПМ” [21]. Модуль прост в использовании, в качестве исходных данных возможен ввод геометрических параметров подшипника вручную. К тому же можно произвести выбор из базы данных включенных в России стандартов.

Расчет производят в соответствии с рекомендациями источника [9, с. 58 – 63]. В курсовом проекте представить итоговые результаты расчета в виде характеристик нагруженного и ненагруженного подшипников по форме приложения 4.

Если долговечность окажется меньше заданной, то вместо легкой серии берут среднюю или тяжелую серии подшипников, расчет повторяют и оценивают пригодность подшипника.

4.7. ВЫБОР СОЕДИНЕНИЙ СТУПИЦА-ВАЛ И ПРОВЕРКА ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

В проекте должен быть обоснован выбор всех соединений валов с насаженными на них деталями и проверена их работоспособность [12, с. 214 – 224].

4.8. ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ВАЛОВ

В составе проекта достаточно выполнить проверочный расчет выходного (тихоходного) вала редуктора. Расчет валов выполняют на выносливость в опасных сечениях, для которых вычисляют коэффициенты запаса прочности и сравнивают их с допустимыми значениями [3, с. 204 – 219], [10].

Модуль АРМ Shaft предназначен для комплексного анализа валов и осей на базе проверочного расчета. С функциональными возможностями модуля можно ознакомиться на официальном электронном ресурсе НТЦ “АПМ” [22]. Геометрия вала и условия работы задаются в специализированном графическом редакторе АРМ Shaft, адаптированном с учетом особенностей конструкции данного элемента. Расчет деформированного состояния определяется методом Мора, раскрытие статической неопределимости ведется методом сил, статическая прочность оценивается по эквивалентным напряжениям.

Расчет производят в соответствии с рекомендациями источника [9, с. 44 – 58]. В курсовом проекте представить итоги расчета в виде результатов по форме приложения 5.

В случае, если при расчете эпюра распределения коэффициента запаса по усталостной прочности показывает значение данного коэффициента в некоторых точках меньше единицы, возможно возникновение усталостных трещин в соответствующих сечениях. Эти трещины могут разрушить вал. Для предотвращения разрушения необходимо увеличить диаметр вала или выбрать другой материал вала (из включенной базы данных) и повторить расчет. Таким образом, при расчете вала на усталостную прочность, последовательно меняя различные параметры и отслеживая изменения в результатах расчета, мы получаем оптимальную прочную конструкцию вала.

4.9. ВЫБОР СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ И ПРОВЕРКА ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Механические муфты служат для соединения концов валов с различными отдельными узлами, имеющими свои входные или выходные валы. В курсовом проекте обосновывают и выбирают муфты, указанные на схеме привода. Муфты стандартизированы, их выбирают с учетом конкретных технических требований, по расчетному крутящему моменту и диаметру вала, а затем производят проверочный расчет наиболее ответственных элементов муфт: например соединительных болтов жесткой фланцевой муфты на срез, резиновых втулок упругой втулочно-пальцевой муфты на смятие и т.п. [3, с. 274 – 414].

Наиболее распространенными конструкциями муфт являются:

- Втулочная муфта [23];
- Фланцевая муфта [24];
- Продольно-свертная муфта [25].

Подбор типоразмеров муфт производят по ГОСТам [23 – 25].

В расчетно-пояснительной записке, кроме расчетов, приводят описание муфты, основные размеры и характеристики.

4.10. СМАЗКА РЕДУКТОРА

С учетом особенностей проектируемого редуктора необходимо обосновать и выбрать способы смазки зубчатых зацеплений и подшипников и необходимые смазочные материалы. Следует также определить объем масляной ванны и необходимый уровень масла [3, с. 219 – 227], [12, с. 283 – 286].

5. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

В методических указаниях приведены два типа заданий на проекты: проектирование привода к ленточному конвейеру и привода к цепному конвейеру.

На графиках нагрузки приводов означают: T – момент, развиваемый электродвигателем при наибольшей рабочей нагрузке привода; t – общее календарное время работы привода; $K_{сут}$ – коэффициент нагрузки привода в течение суток; $K_{год}$ – коэффициент загрузки в течение года.

Исходные данные для выполнения курсовой работы выдаются и согласуются с преподавателем.

1. Спроектировать привод к ленточному конвейеру с графиком нагрузки, указанном на рисунке. Окружное усилие на барабане F , окружная скорость барабана v и диаметр барабана D приведены в табл. 1:

Таблица 1. Исходные данные для проектирования привода к ленточному конвейеру

Вариант Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РИСУНОК 1										
F, кН	5	5	7	5	6	7	5	6	7	5
v, м/с	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
D, мм	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475
РИСУНОК 2										
F, кН	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
v, м/с	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
D, мм	200	225	250	275	300	200	225	250	275	300
РИСУНОК 3										
F, кН	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
v, м/с	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	1	1	1,1	1,1
D, мм	250	250	250	275	275	275	300	300	300	300
РИСУНОК 4										
F, кН	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
v, м/с	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2
D, мм	350	325	300	275	250	225	200	225	250	300

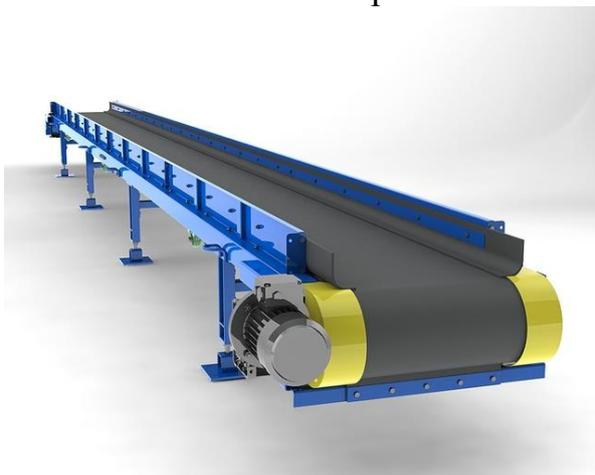
2. Спроектировать привод к цепному конвейеру по указанной схеме с графиком нагрузки, указанном на рисунке. Окружное усилие на тяговых звездочках F , окружная скорость тяговых звездочек v , шаг тяговой цепи t и число зубьев тяговой звездочки z приведены в табл. 2:

Таблица 2. Исходные данные для проектирования привода к цепному конвейеру

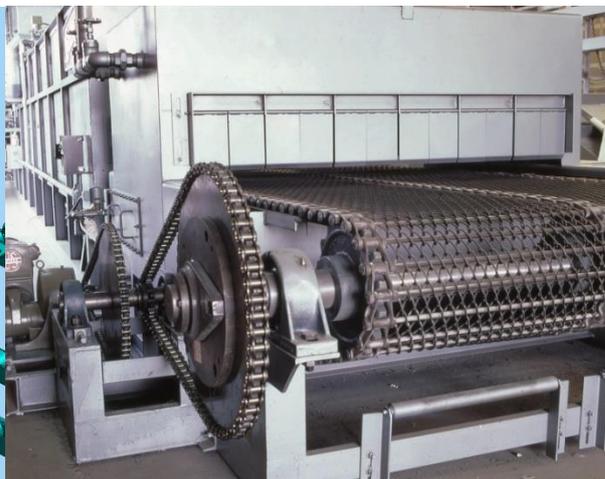
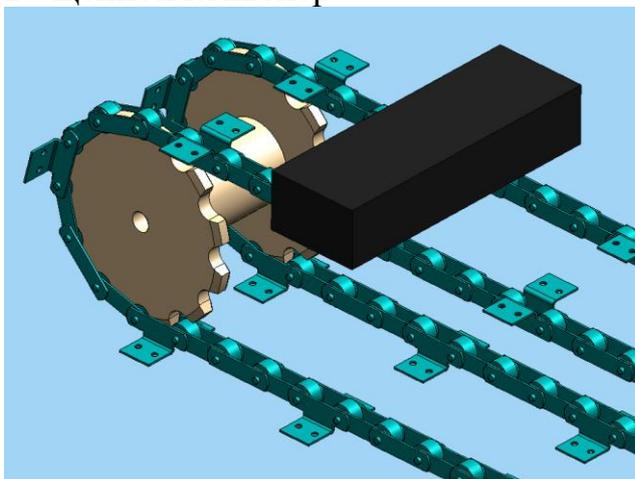
Вариант Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РИСУНОК 5										
F , кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
v , м/с	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
t , мм	80	80	100	100	125	125	100	100	80	80
z	7	8	9	10	7	8	9	10	7	8
РИСУНОК 6										
F , кН	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3	2,8	2,9	2,7	2,6
v , м/с	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7
t , мм	100	100	125	125	160	160	125	125	100	100
z	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
РИСУНОК 7										
F , кН	6	6,5	7	7,5	8	8	7,5	7	6,5	6
v , м/с	0,1	0,12	0,14	0,15	0,16	0,16	0,15	0,14	0,12	0,1
t , мм	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100
z	12	12	10	10	12	12	10	10	12	12
РИСУНОК 8										
F , кН	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
v , м/с	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1
t , мм	160	160	160	125	125	125	125	100	100	100
z	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
РИСУНОК 9										
F , кН	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
v , м/с	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,1	1	0,9	0,8	0,7
t , мм	80	80	80	80	100	100	100	100	100	100
z	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8
РИСУНОК 10										
F , кН	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,6
v , м/с	0,7	0,8	0,9	1	0,7	0,8	0,8	1	0,7	0,8
t , мм	160	160	125	125	125	100	100	100	80	80
z	13	12	10	9	8	13	12	10	9	8

Примечание: внешний вид конвейеров:

1. Ленточный конвейер



2. Цепной конвейер



РИСУНКИ

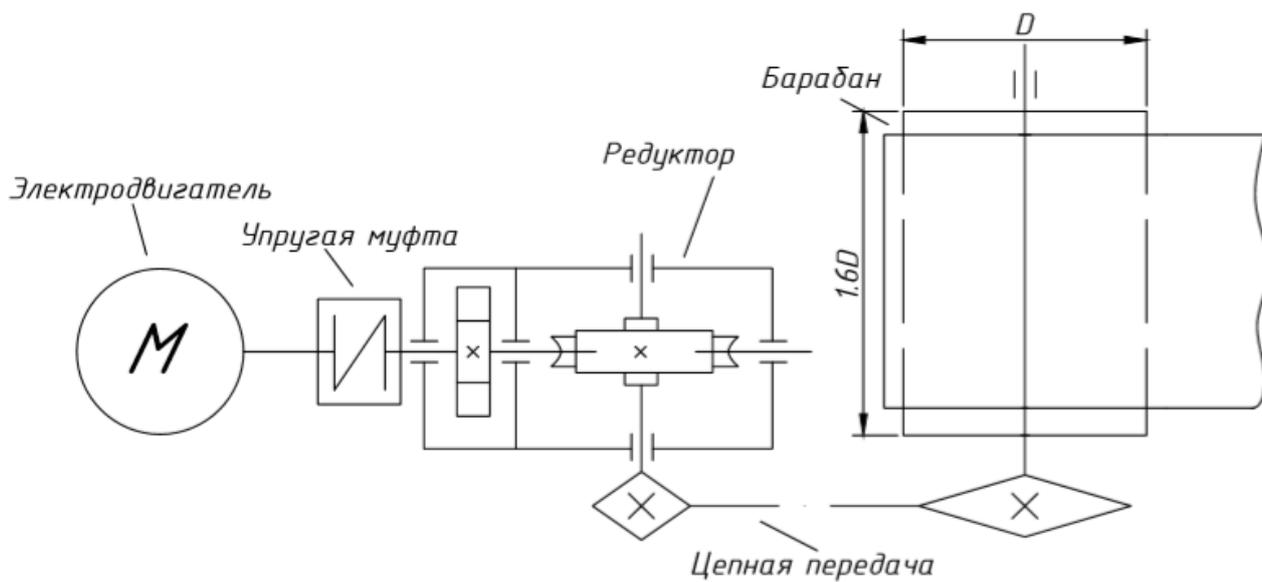


График нагрузки

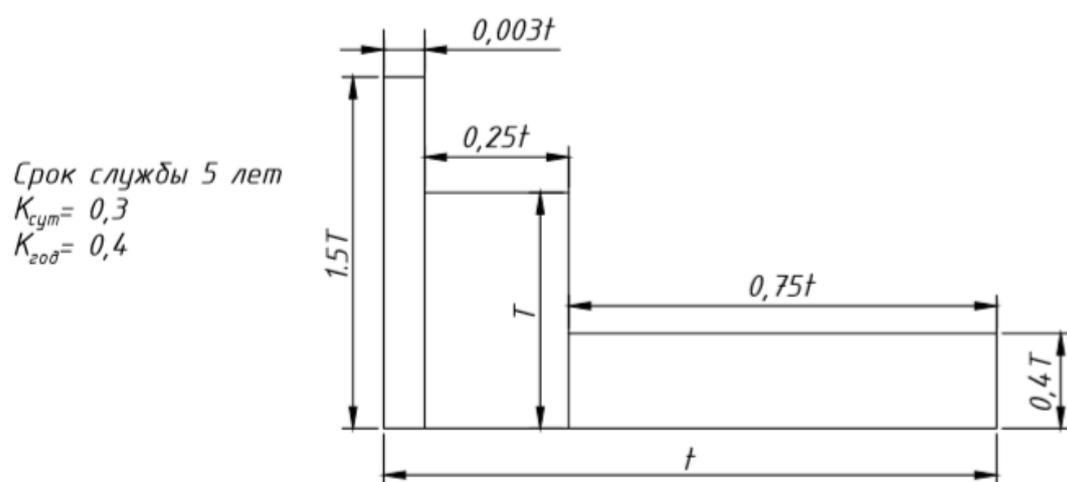


Рис. 1

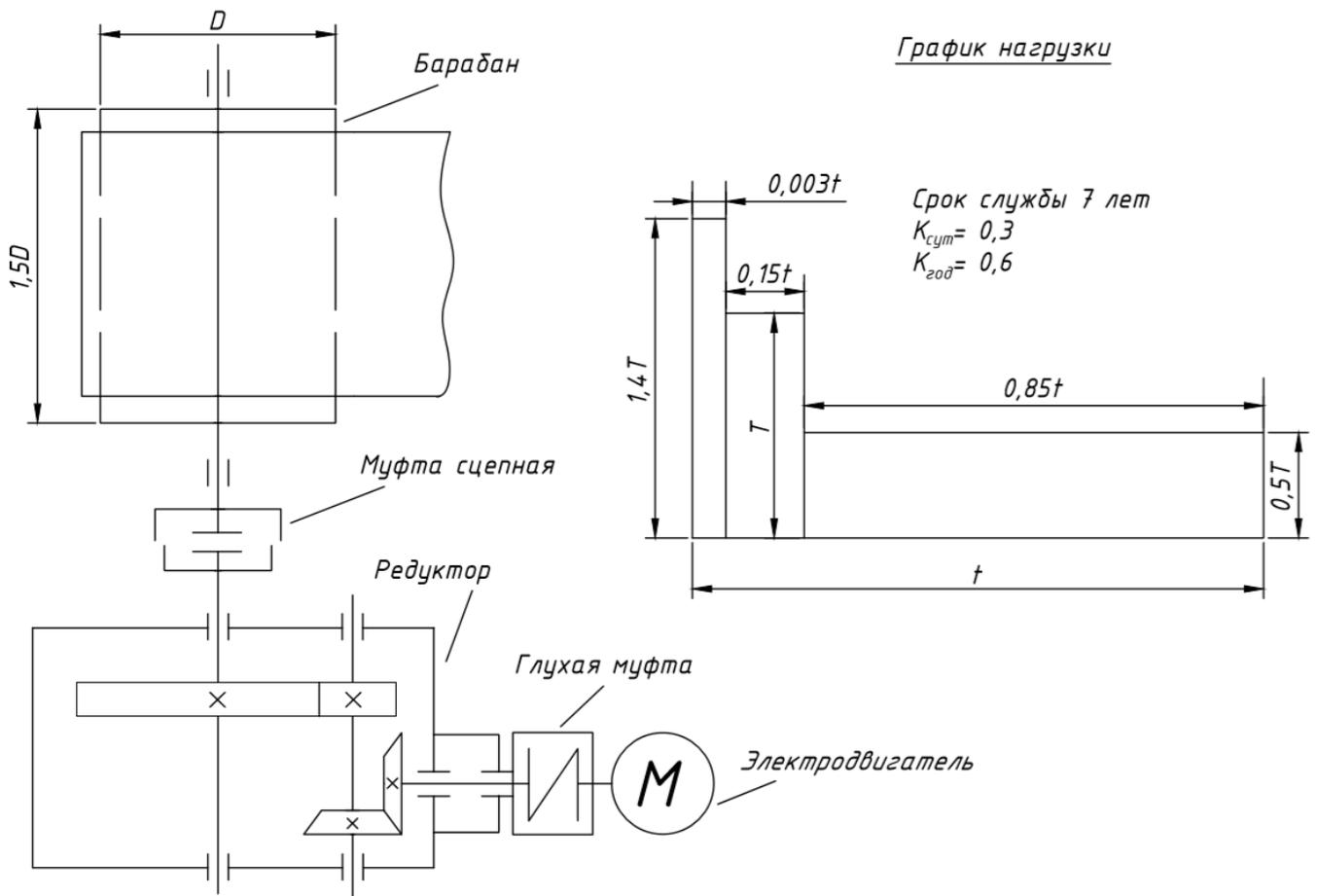


Рис. 2

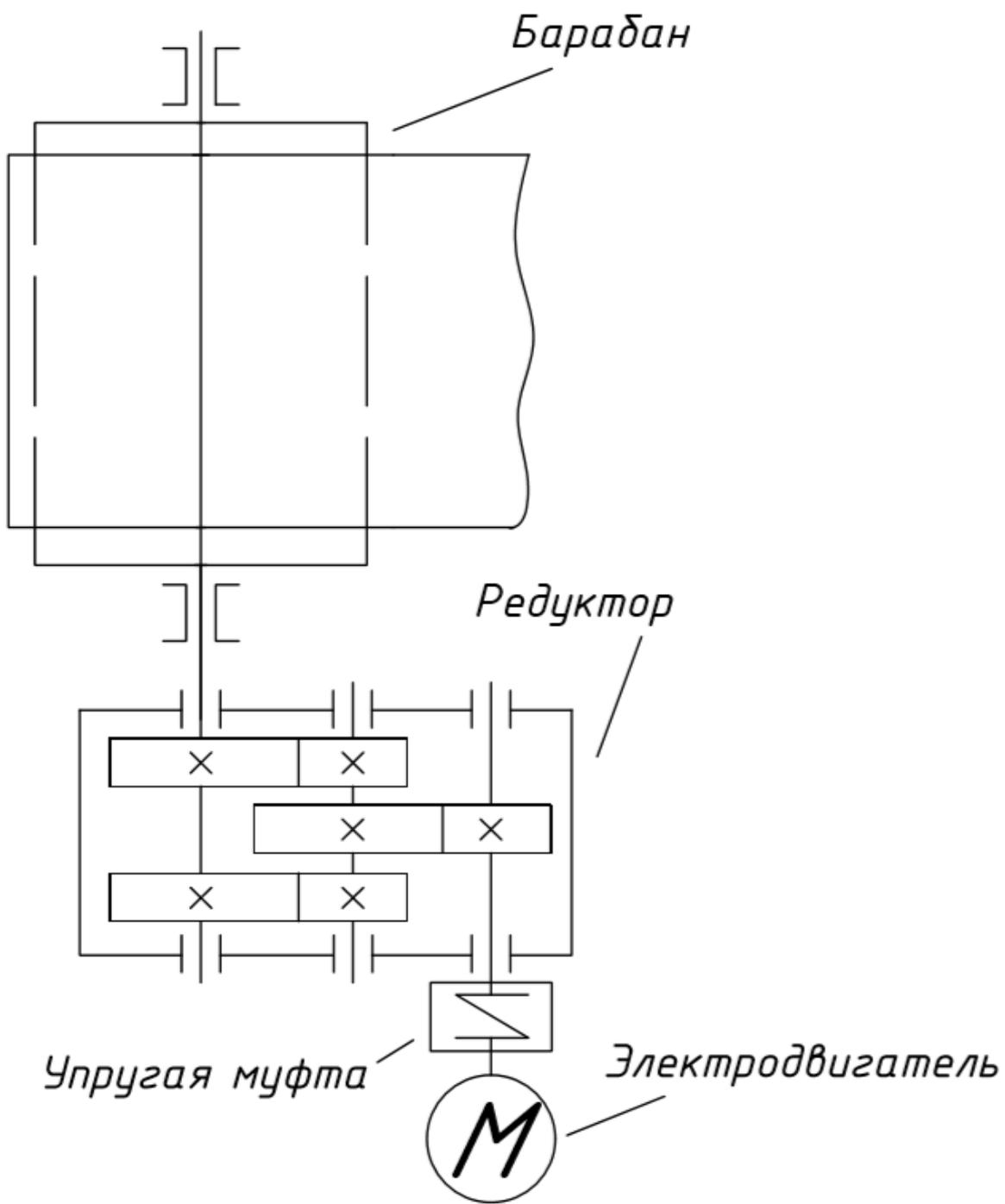


Рис. 3

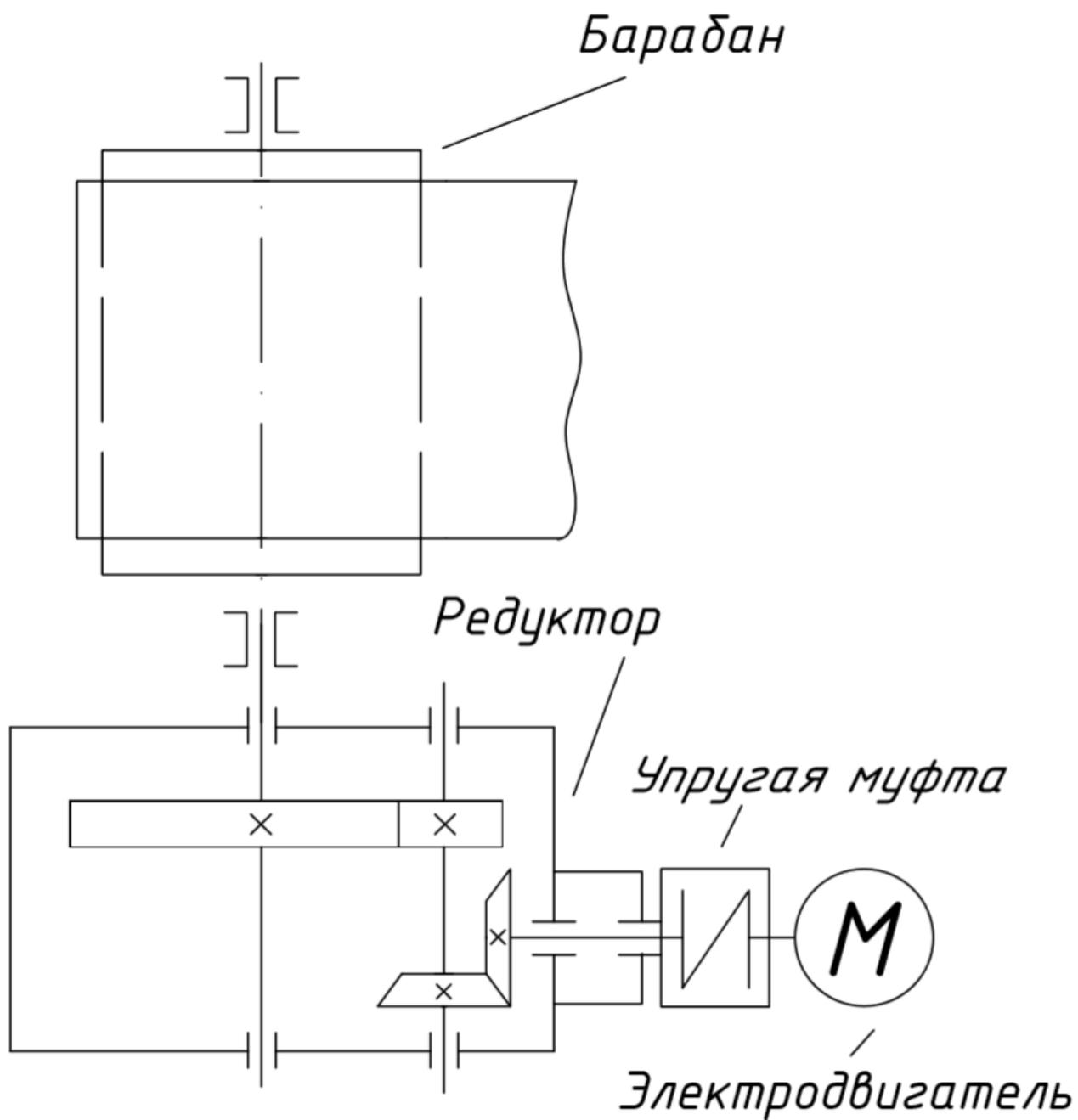


Рис. 4

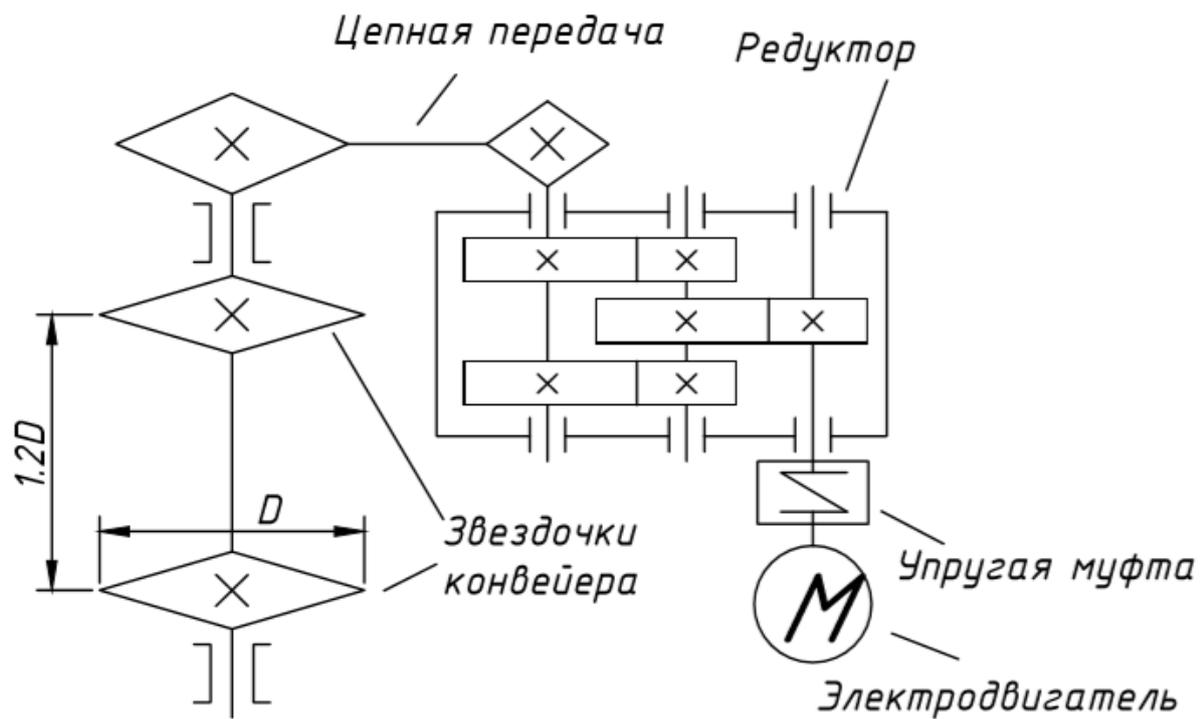


График нагрузки

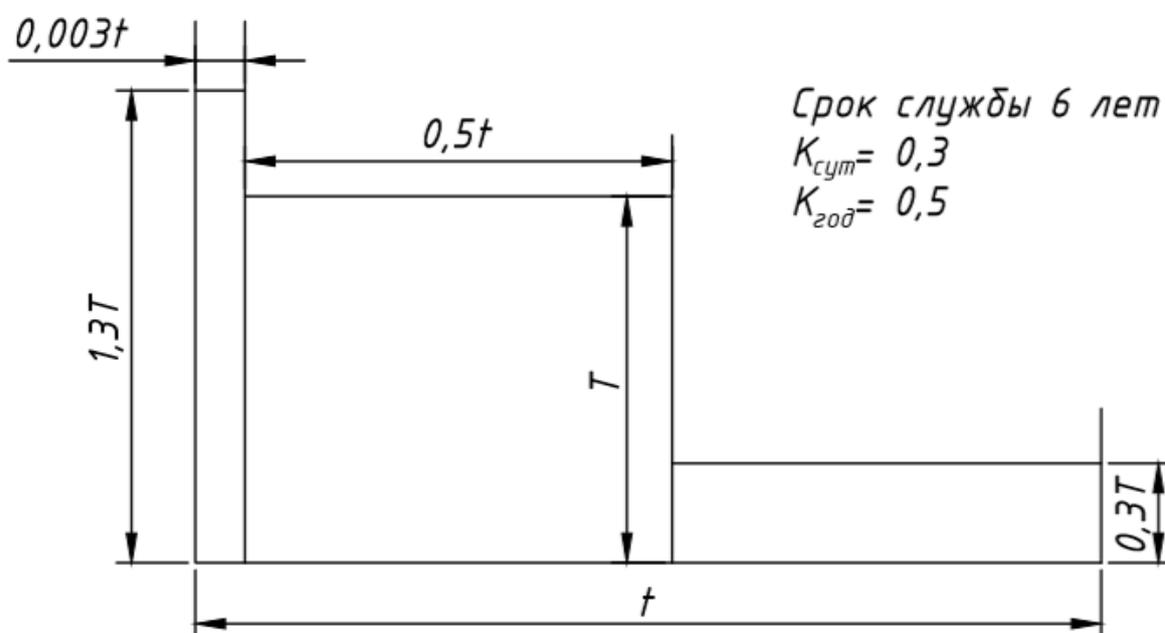


Рис. 5

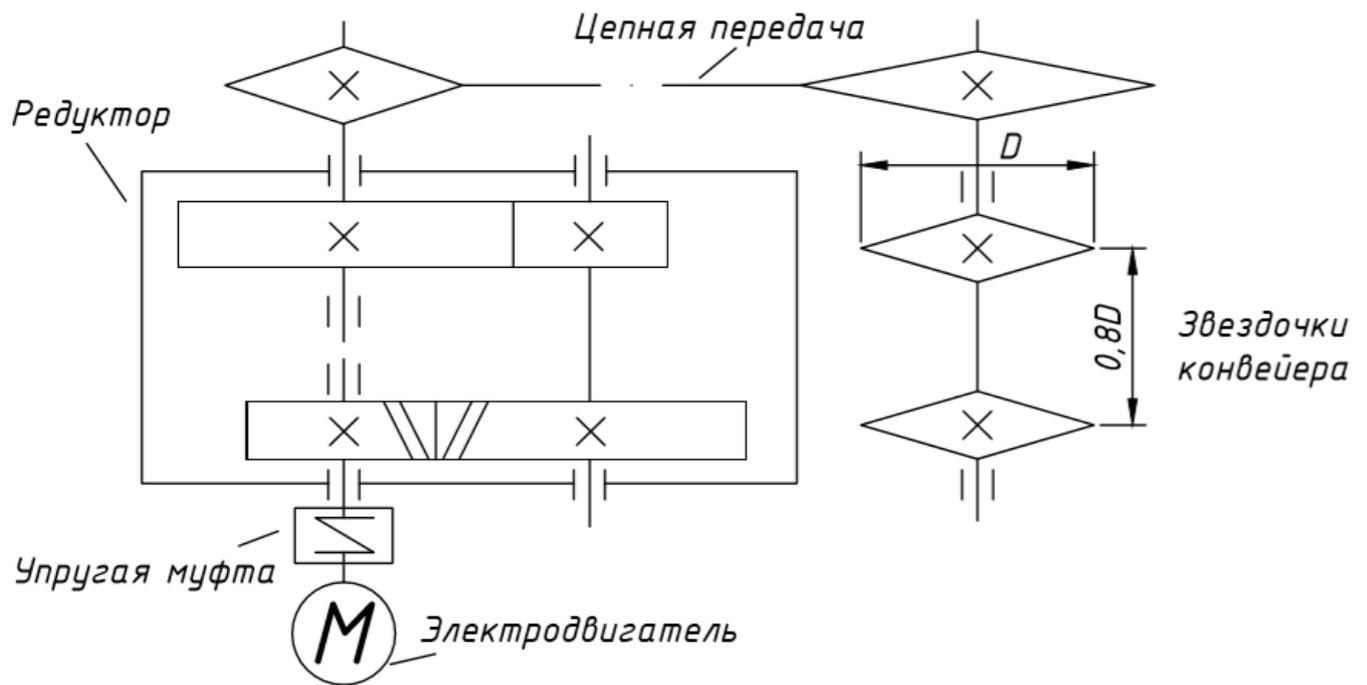


График нагрузки

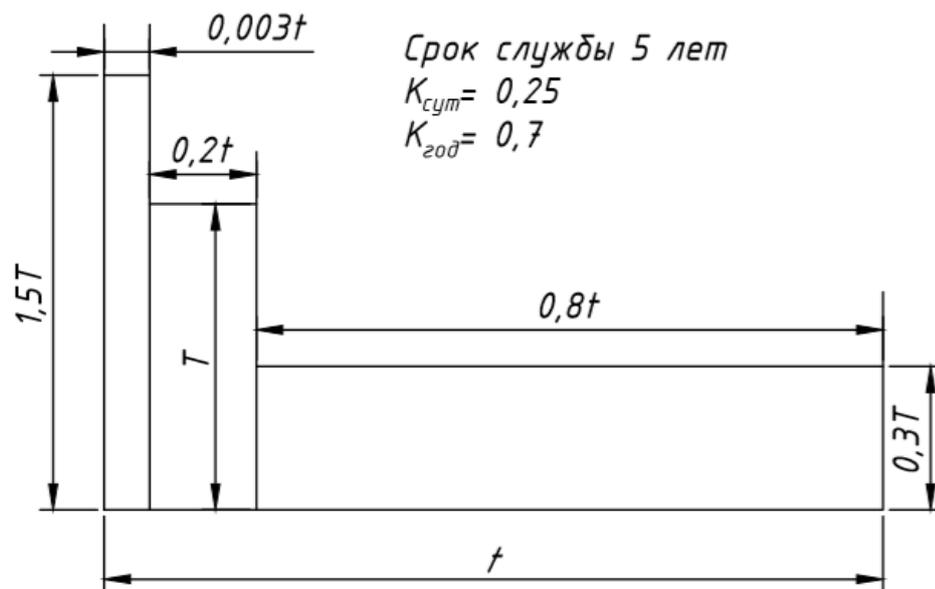


Рис. 6

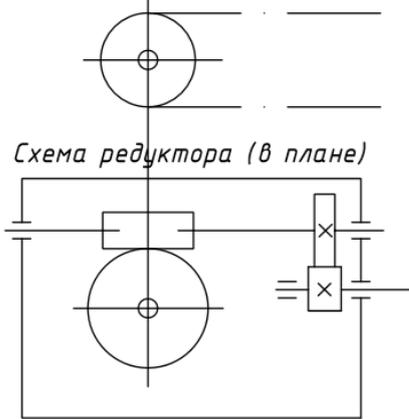
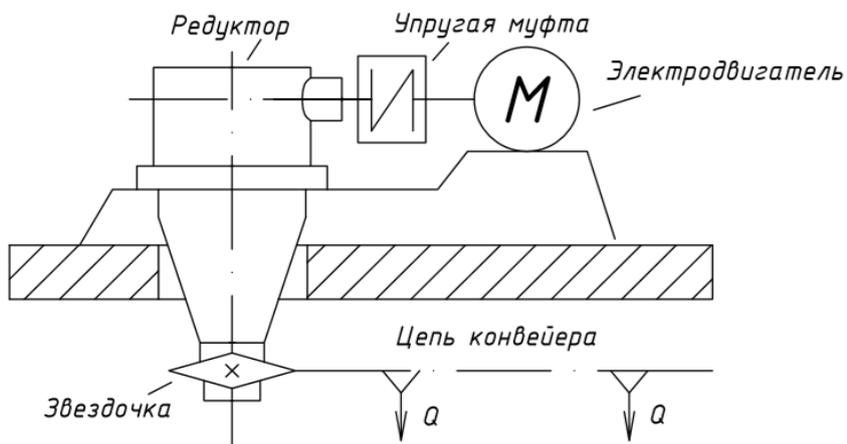


График нагрузки

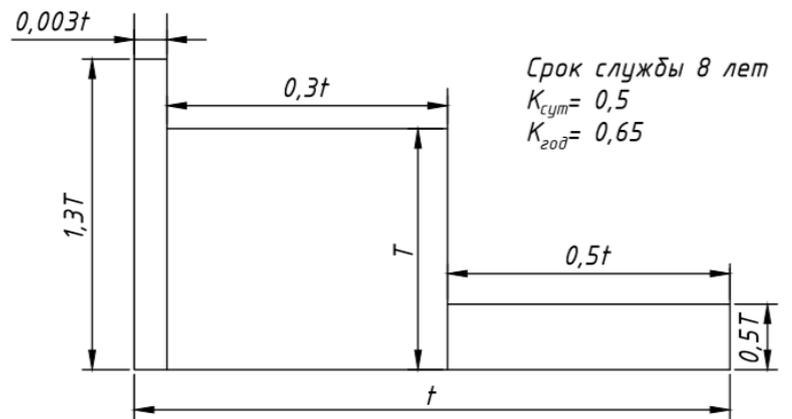


Рис. 7

График нагрузки

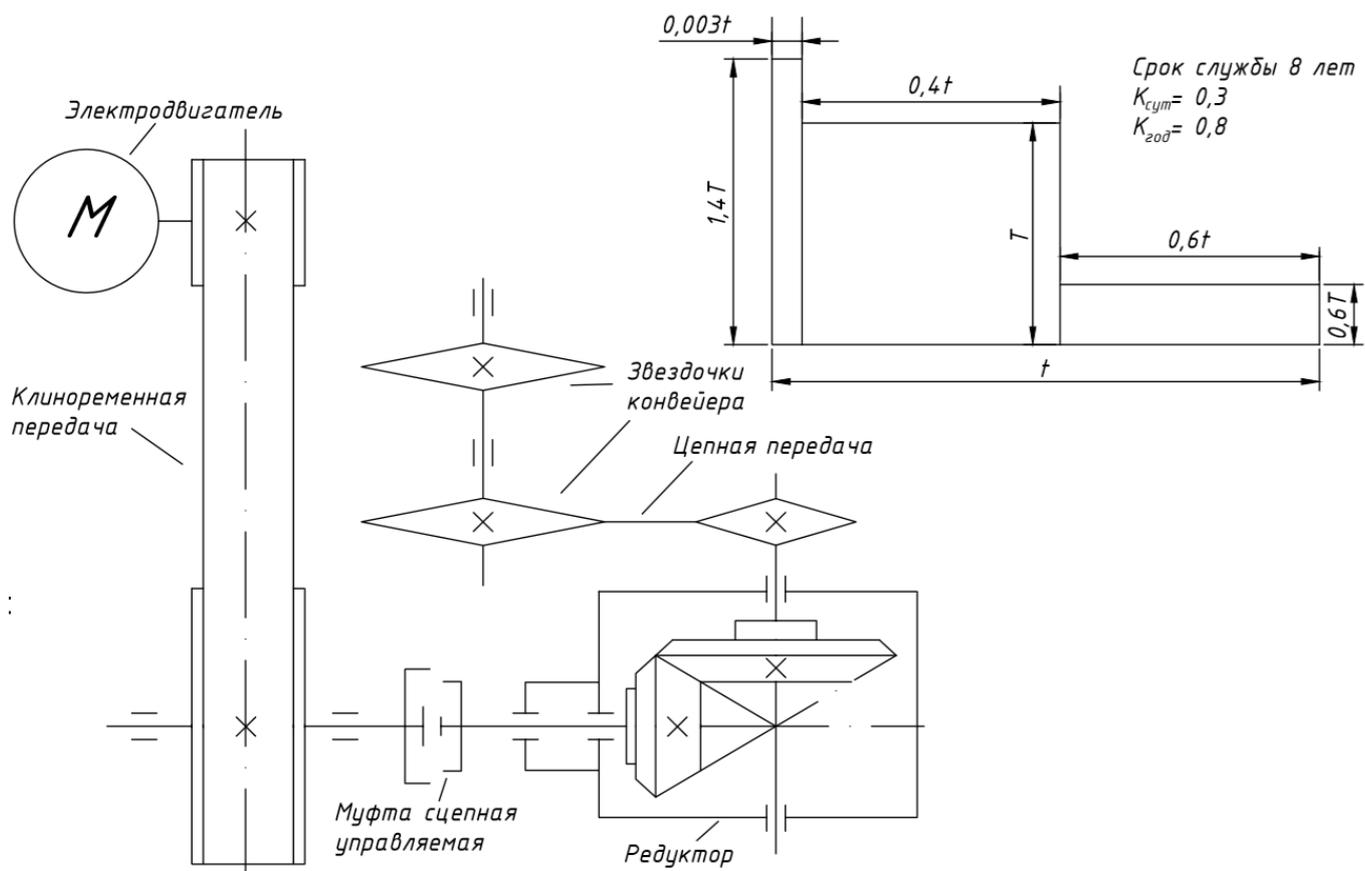


Рис. 8

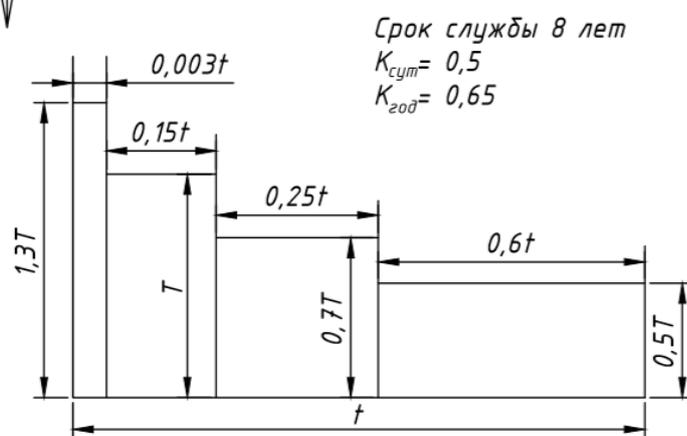
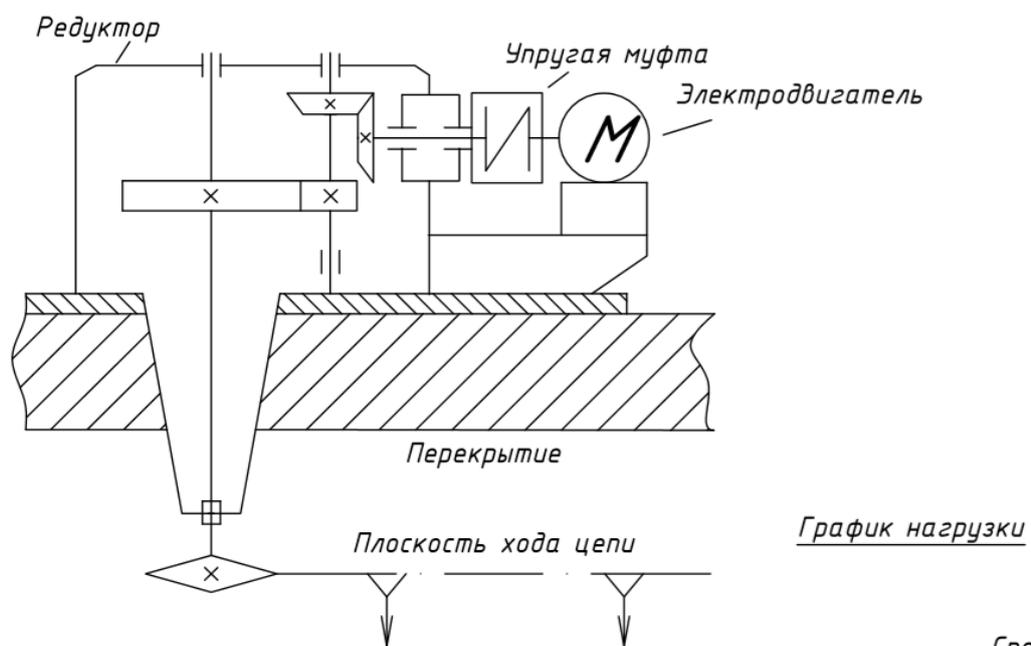


Рис. 9

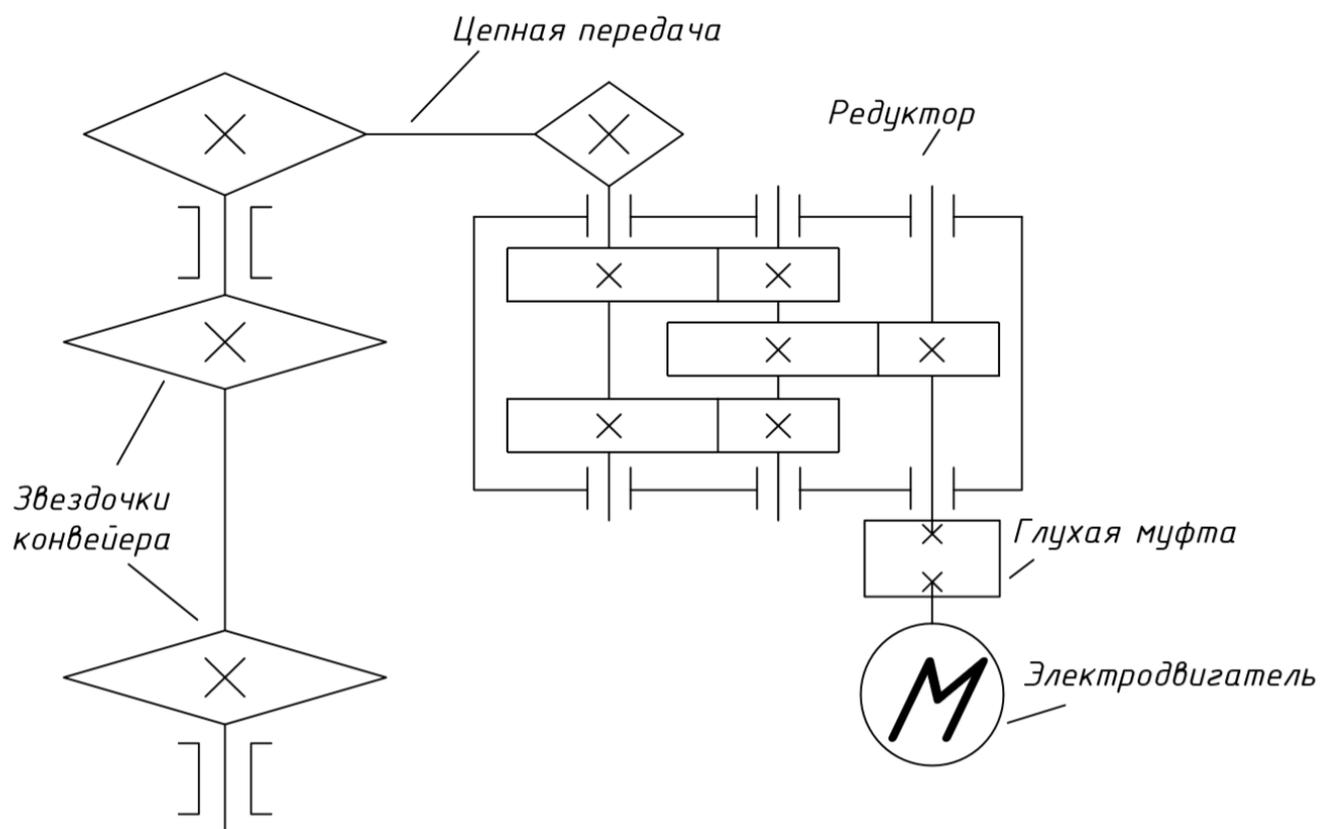


Рис. 10

ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОСТУПЕНЧАТОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Таблица 3. Исходные данные для проектирования
одноступенчатого цилиндрического редуктора

Показатель \ Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РИСУНОК 11										
N_3 , кВт	5,8	4,8	6,4	5,1	14,6	12,0	9,0	10,0	8,2	4,2
n_3 , об/мин	155	135	175	310	215	204	259	322	290	362
$n_{эл}^{снх}$, об/мин	1000					1500				
Срок службы (лет)	12					10				

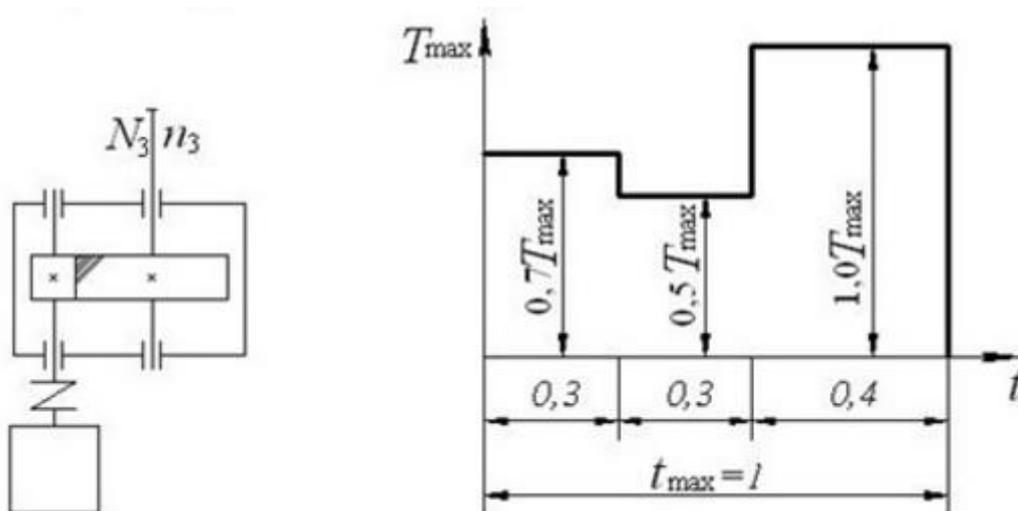


Рис. 11

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей конструктора является создание машин, которые отвечают потребностям общества, обладают высокими технологическими показателями и дают положительный экономический эффект. В последствии конструктор несет ответственность за созданные им машины.

В рамках выполнения учебной конструкторской работы в соответствии с настоящими методическими указаниям будущие конструкторы получают базовые знания об основных этапах проектирования, получают навыки работы с технической литературой, графическими средствами и программными продуктами, построенными по модульному принципу.

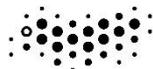
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы
2. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам
3. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов: под ред. О.А. Ряховского – 13-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 564, [4] с.: ил.
4. AutoCAD – Autodesk Knowledge Network (Техническая поддержка и обучение Autodesk). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/autocad?sort=score>
5. Буткарев А.Г., Земсков Б.Б. Инженерная и компьютерная графика. Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 109 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1665.pdf>
6. Перепелица Ф.А. Компьютерное конструирование в AutoCAD 2016. Начальный курс: Учебно–методическое пособие. — СПб.: НИУ ИТМО, 2015. – 192 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1761.pdf>
7. Анухин В.И. Допуски и посадки: Учебное пособие. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2012. – с.: ил.
8. Детали машин и основы конструирования: учеб. / С.М. Горбатюк. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2014.
9. Редукторы и мультипликаторы. Расчет и конструирование / Н.М. Иванов, Ю.И. Молодова, В.А. Пронин, А.Е. Слицкий: Учеб. пособие. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 89 с.
10. Расчет и проектирование элементов приводов технологических машин: учеб. пособие / В.Н. Глухих, А.А. Прилуцкий. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 101 с.
11. Ю.И. Молодова, В.А. Цветков, Проектровочный расчет двухступенчатого цилиндрического редуктора в модуле АРМ Drive. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 26 с
12. Детали машин. Курсовое проектирование: учебник / В.В. Гурин, В.М. Замятин, А.М. Попов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 378 с.
13. ГОСТ 18855-2013 (ISO 281:2007). Подшипники качения. Динамическая грузоподъемность и номинальный ресурс (с Поправкой)
14. ГОСТ 18854-2013 (ISO 76:2006) Подшипники качения. Статическая грузоподъемность
15. ГОСТ 8338-75 (СТ СЭВ 3795-82) Подшипники шариковые радиальные однорядные. Основные размеры (с Изменением N 1)
16. ГОСТ 2893-82 (СТ СЭВ 2796-80) Подшипники качения. Канавки под упорные пружинные кольца. Кольца упорные пружинные. Размеры (с Изменением N 1)
17. ГОСТ 28428-90. Подшипники радиальные шариковые сферические двухрядные. Технические условия

- 18.ГОСТ 8328-75 (СТ СЭВ 4949-84) Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами. Типы и основные размеры (с Изменениями N 1, 2)
- 19.ГОСТ 831-75 Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные. Типы и основные размеры (с Изменением N 1)
- 20.ГОСТ 27365-87. Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности. Основные размеры
21. АРМ Bear. Система расчета подшипников качения. Руководство пользователя. Версия 16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apm.ru/downloads/188/APM-Bear.pdf>
- 22.АРМ Shaft. Система проектирования валов и осей. Руководство пользователя. Версия 16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apm.ru/downloads/188/APM-Shaft.pdf>
- 23.ГОСТ 24246-96 Муфты втулочные. Параметры, конструкция и размеры
- 24.ГОСТ 20761-96 Муфты фланцевые. Параметры, конструкция и размеры
- 25.ГОСТ 23106-78 Муфты продольно-свертные. Основные параметры. Конструкция и размеры (с Изменениями N 1, 2)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
“САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,
МЕХАНИКИ И ОПТИКИ”

Направление подготовки: _____

Дисциплина: _____

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Проектирование привода к ленточному конвейеру

Выполнил:

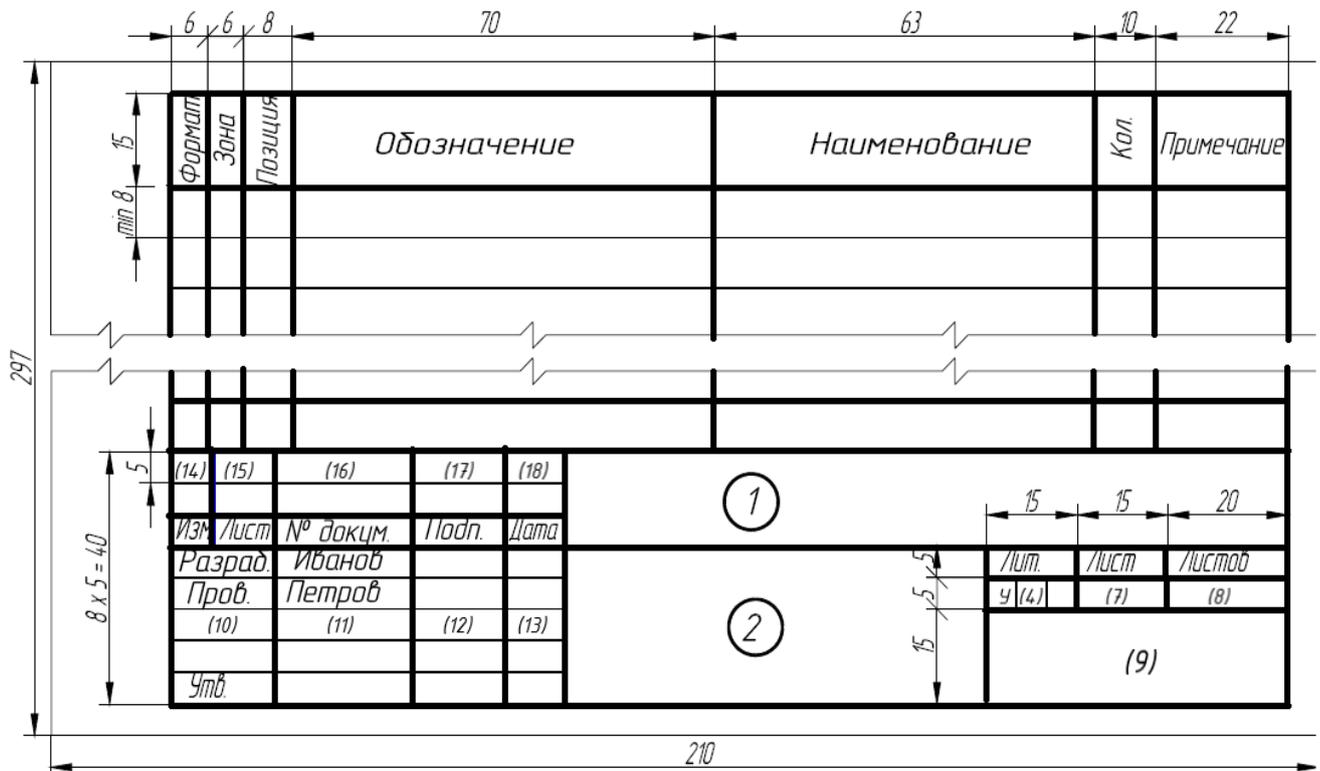
Иванов И. И.,
студент гр. W_____

Проверил:

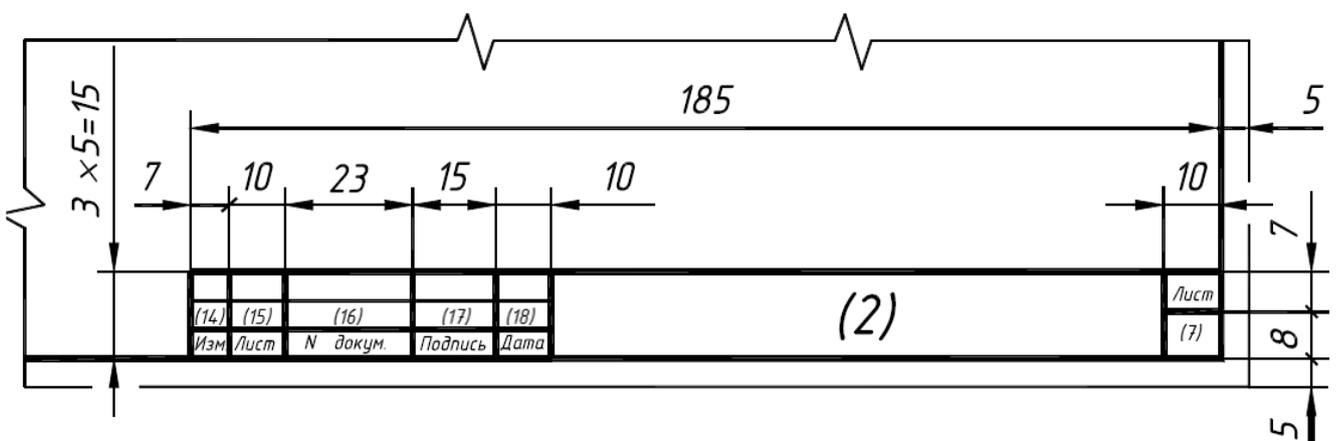
Петров П. П.,
к.т.н., ст. преподаватель

Санкт-Петербург
20__

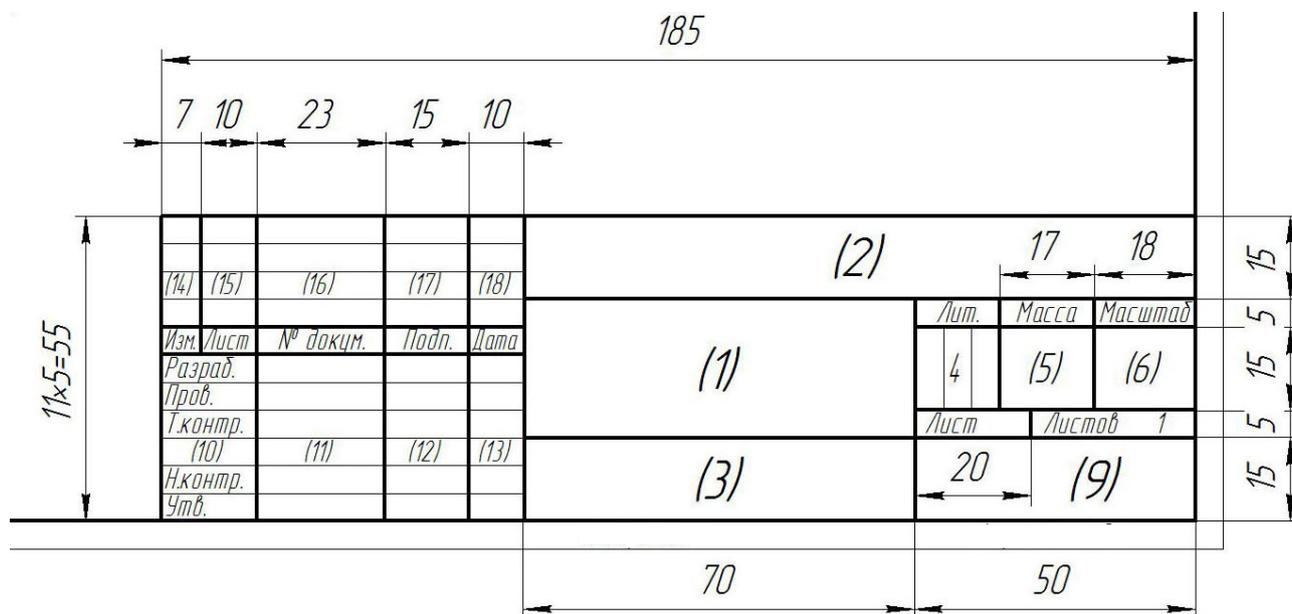
Форма спецификаций и основная надпись на первом (заглавном) листе спецификации



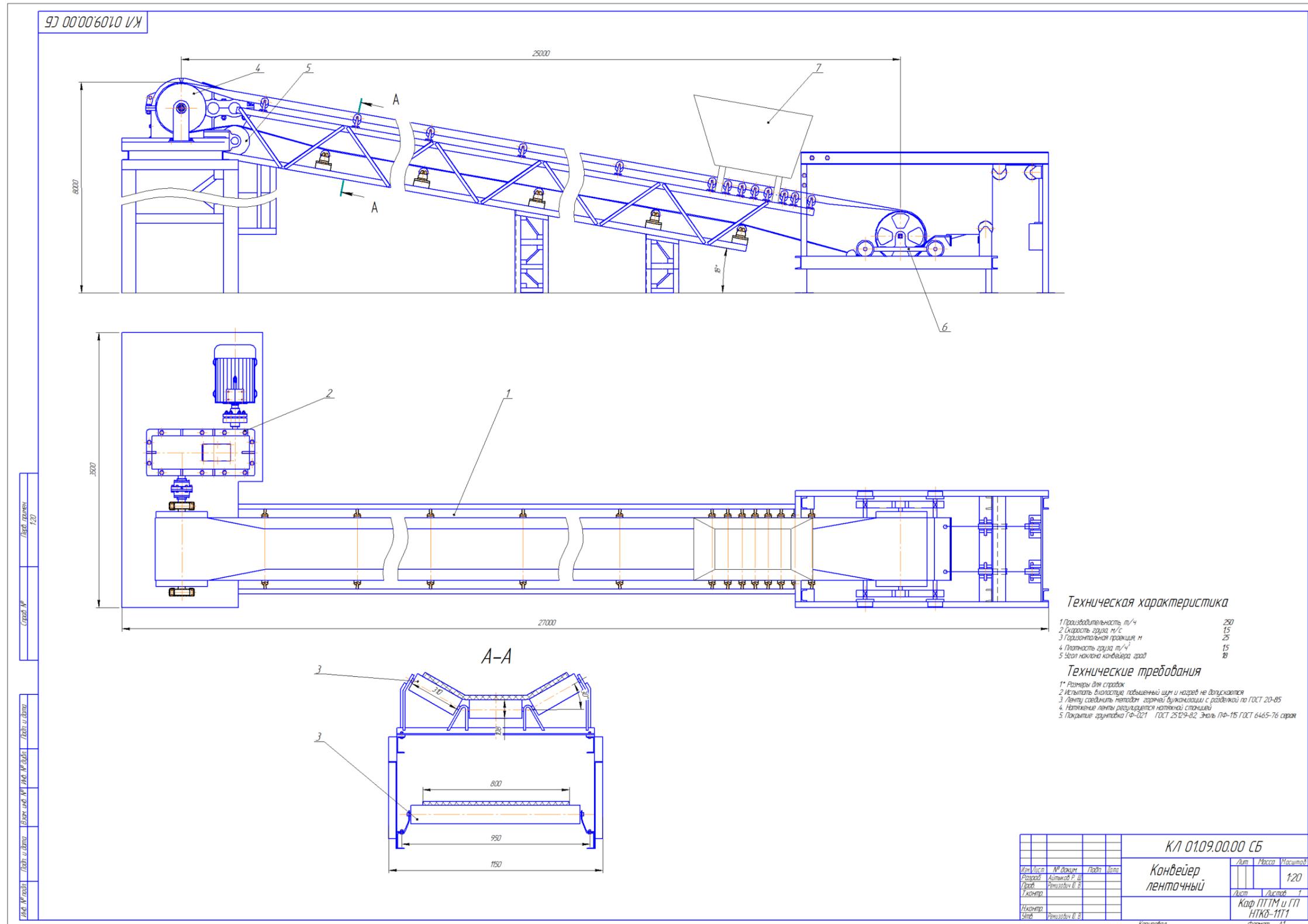
Основная надпись на последующих листах спецификации



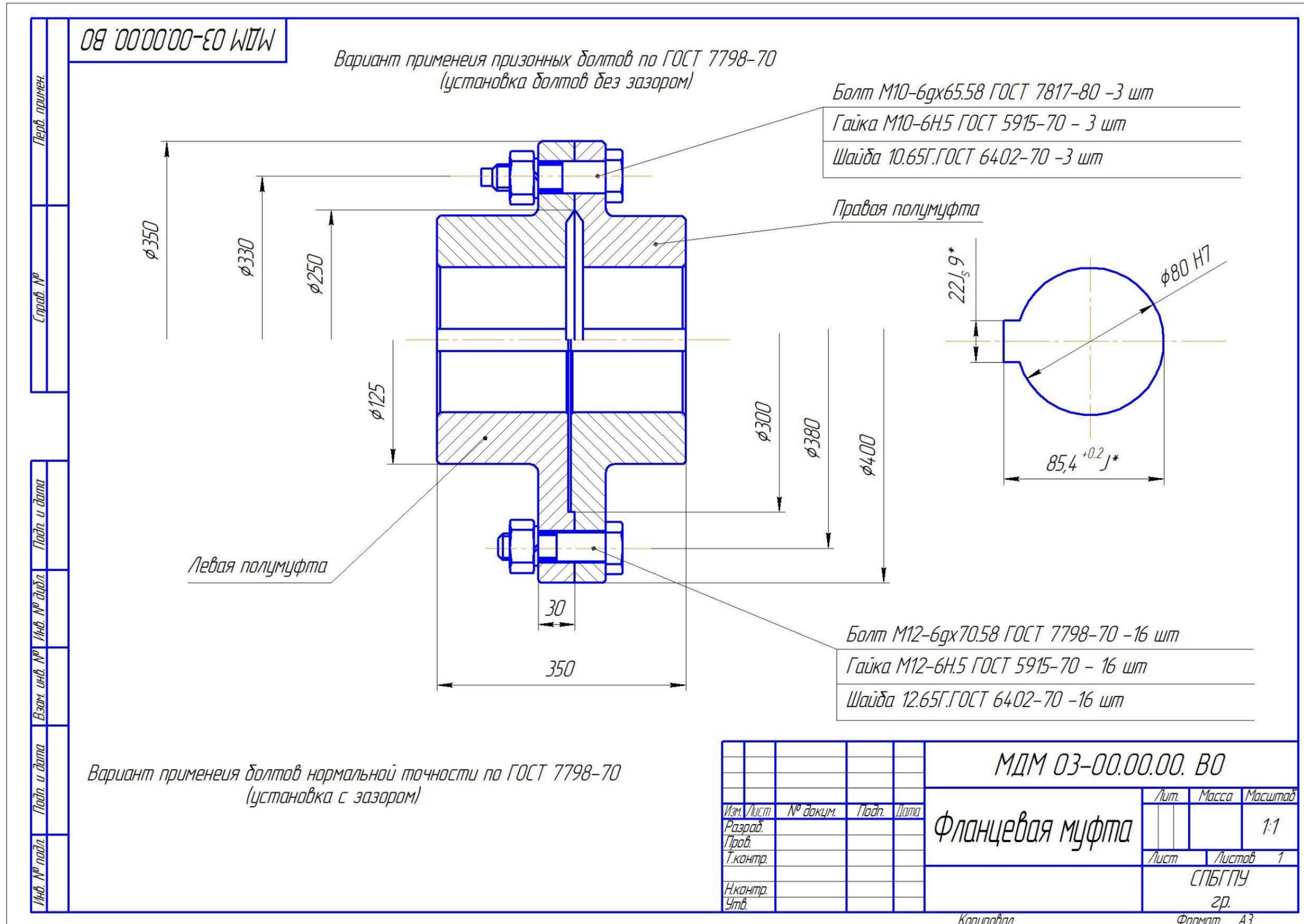
Основная надпись на чертежах



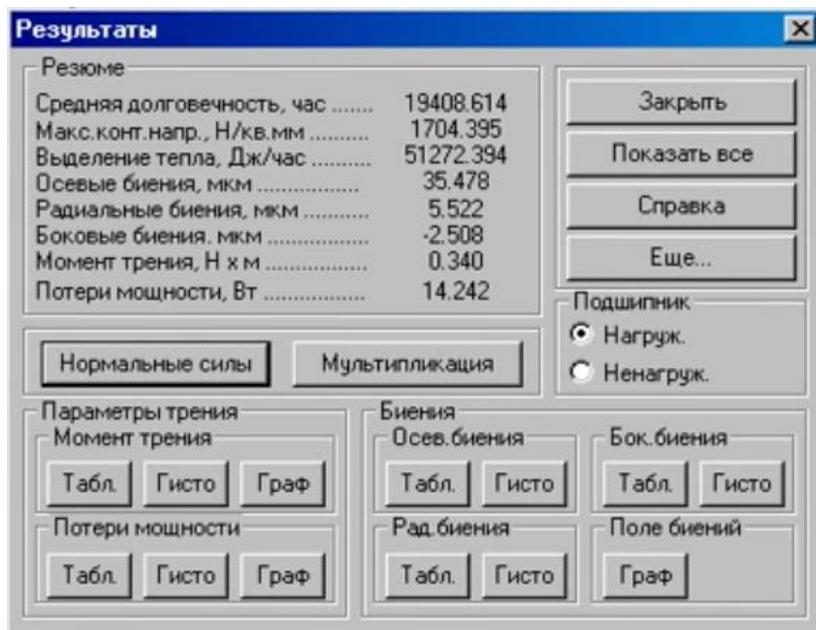
Общий вид привода ленточного конвейера



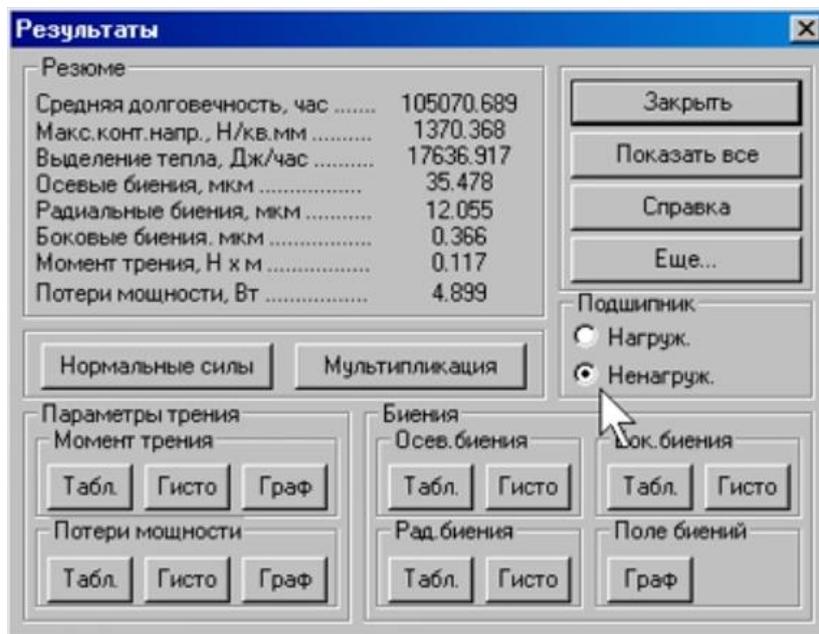
Сборочный чертеж муфты



Выходные данные нагруженного подшипника



Выходные данные ненагруженного подшипника

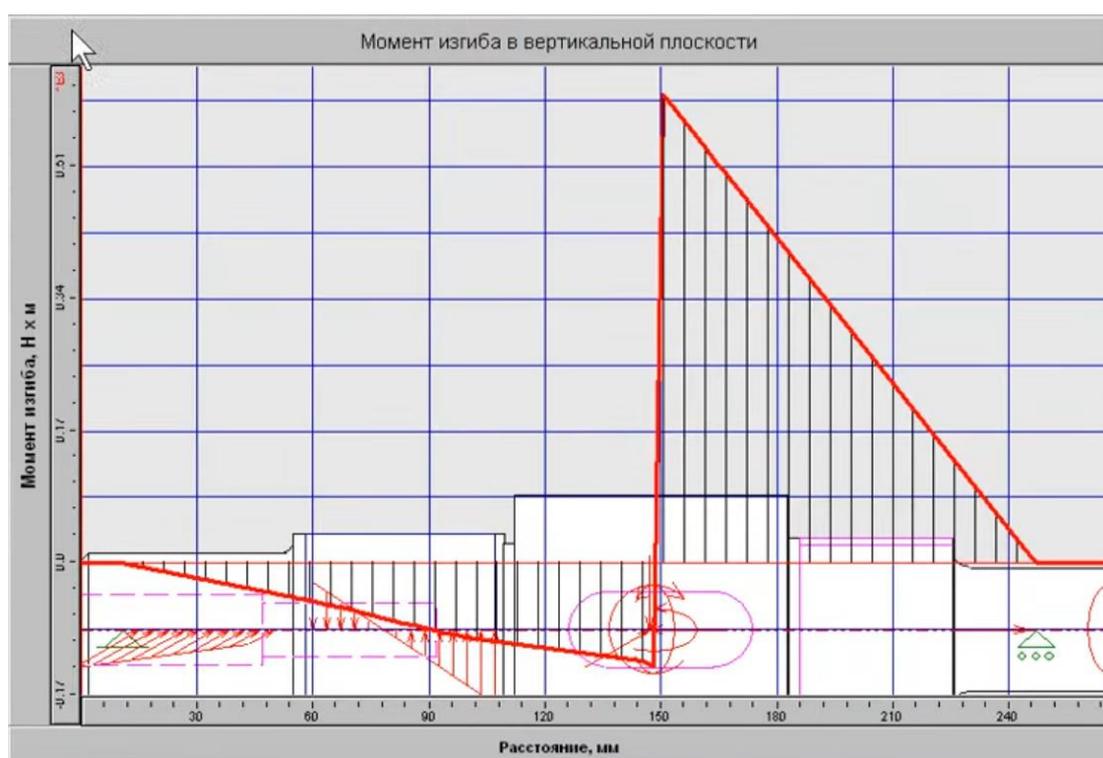


Реакции в опорах

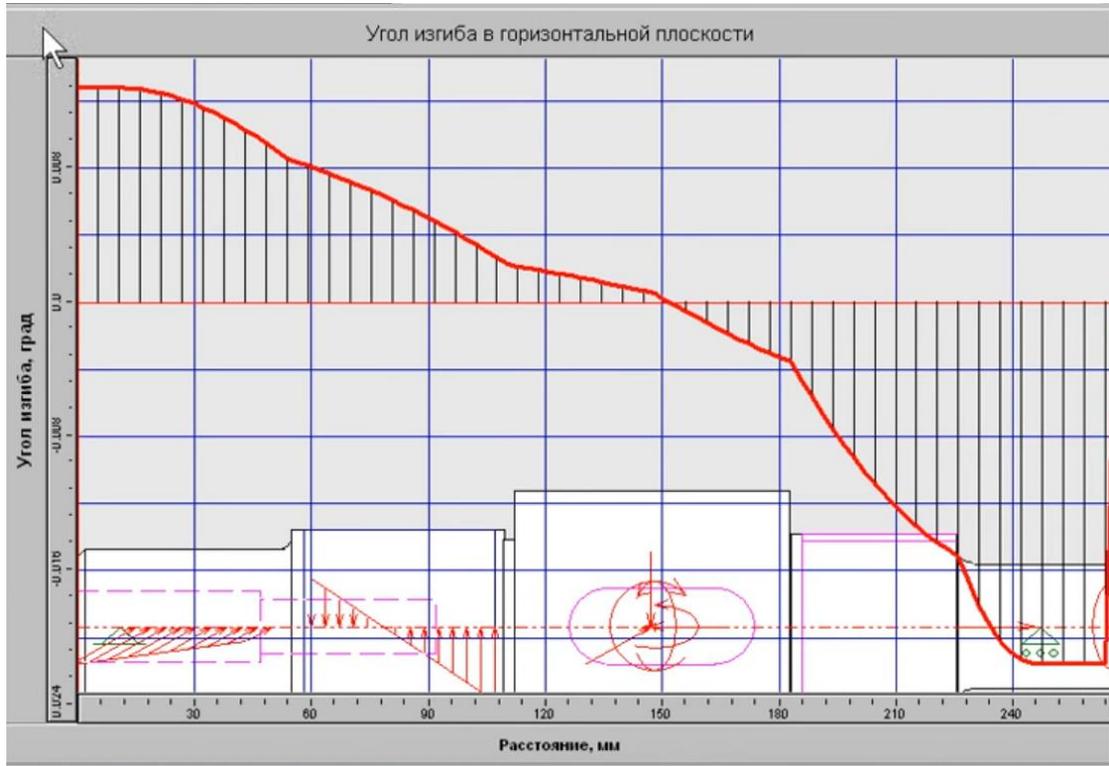
№	Координата опор...	Верт. реакция, Н	Гориз. реакция, Н	Осевая реакция, Н
1	11.000	-996.471	-2154.665	-0.000
2	247.000	6240.687	-6240.450	0.000

Закреть Справка

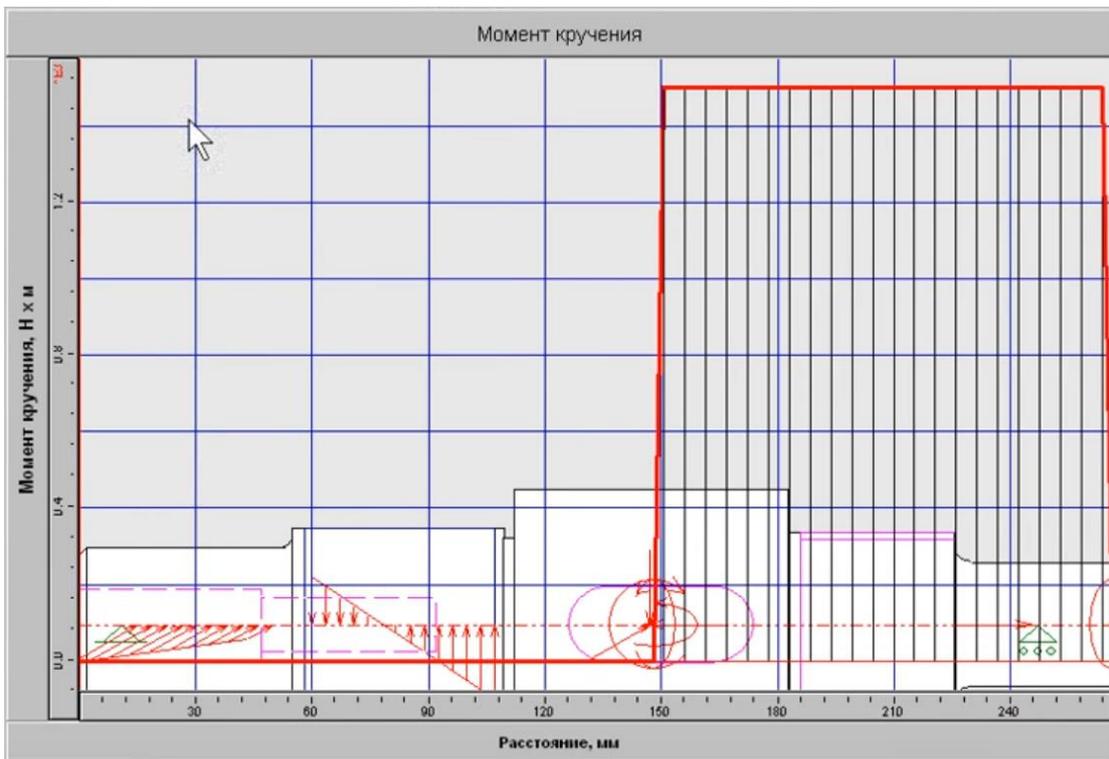
Эпюры моментов изгиба в плоскостях



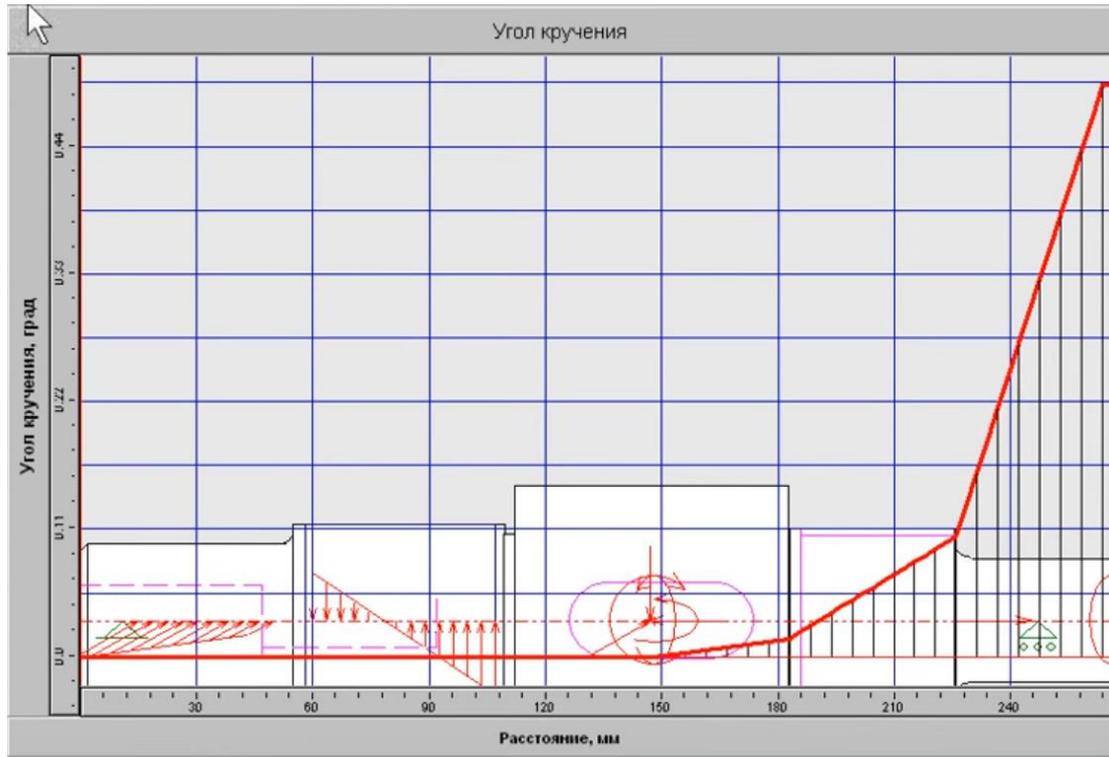
Эпюры углов изгиба в плоскостях



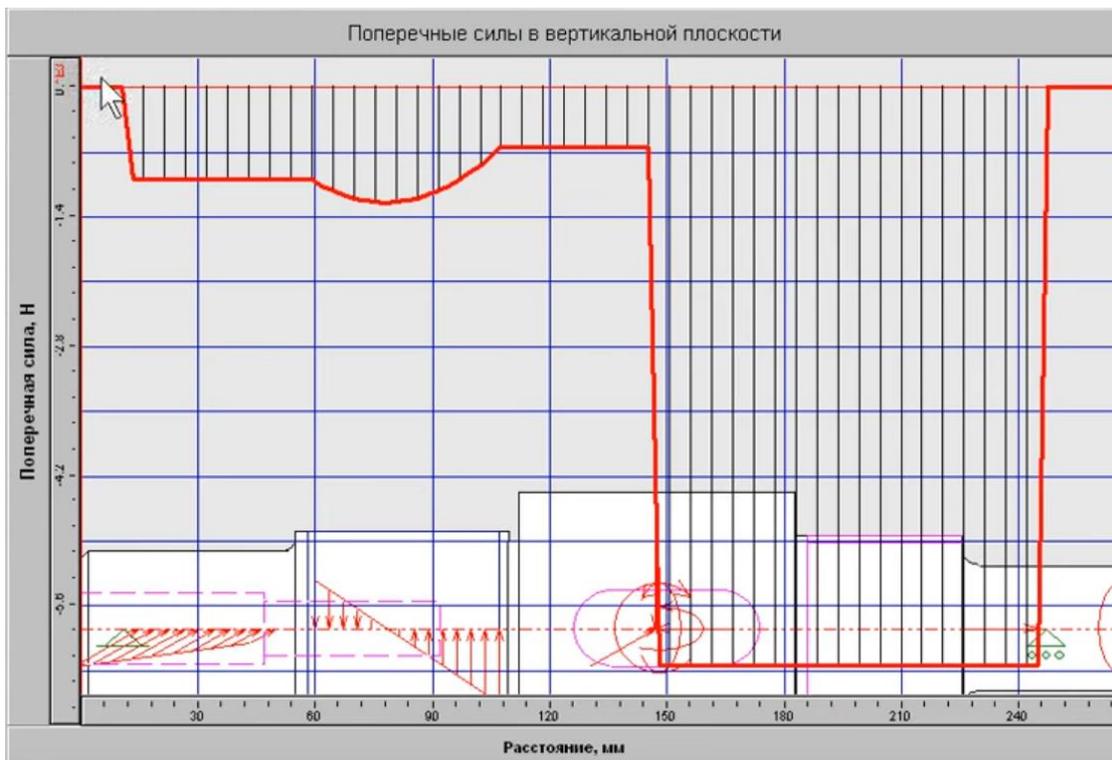
Эпюры моментов кручения



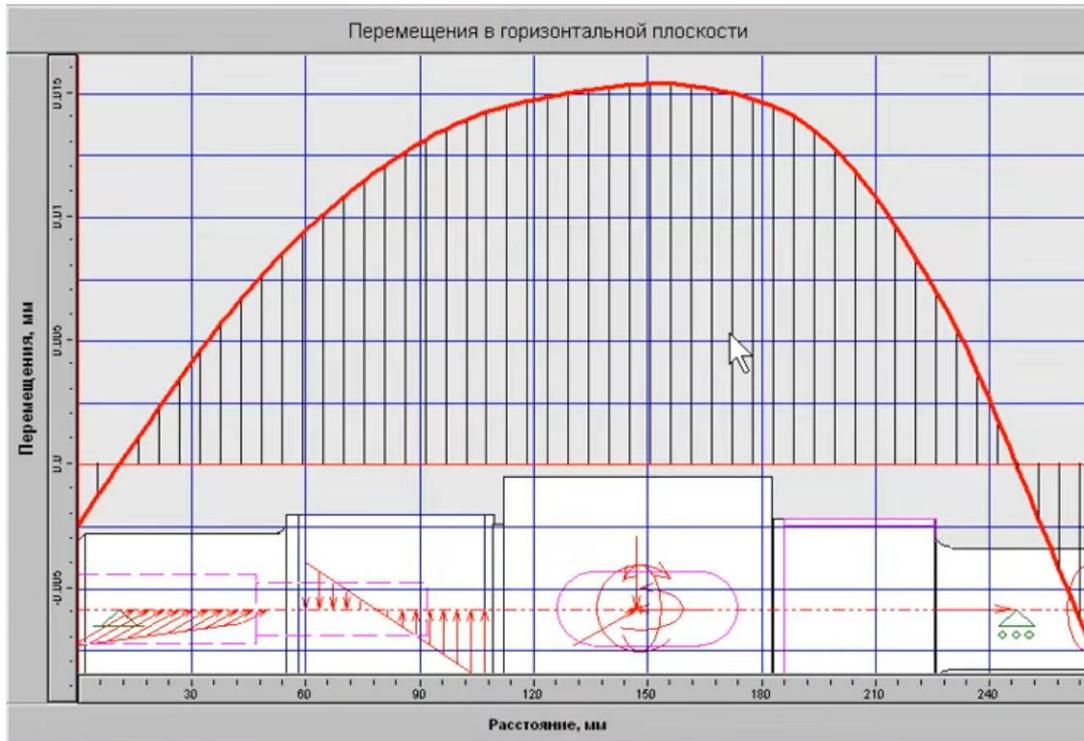
Эпюры углов закручивания



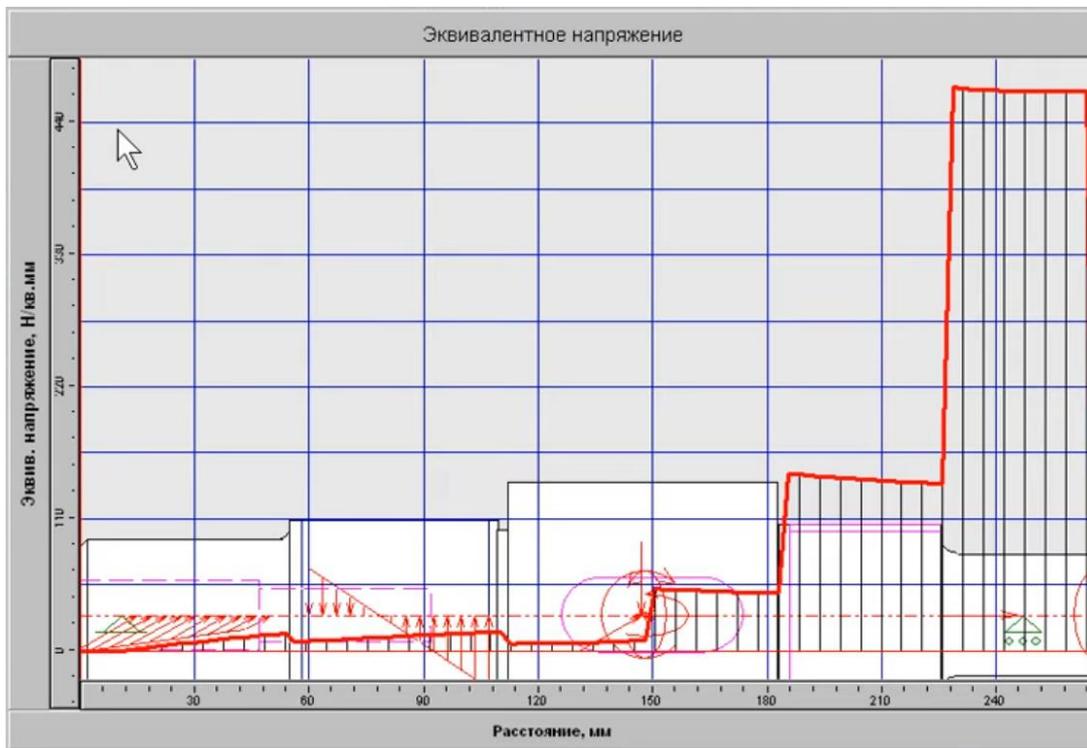
Эпюры распределения поперечных сил в плоскостях



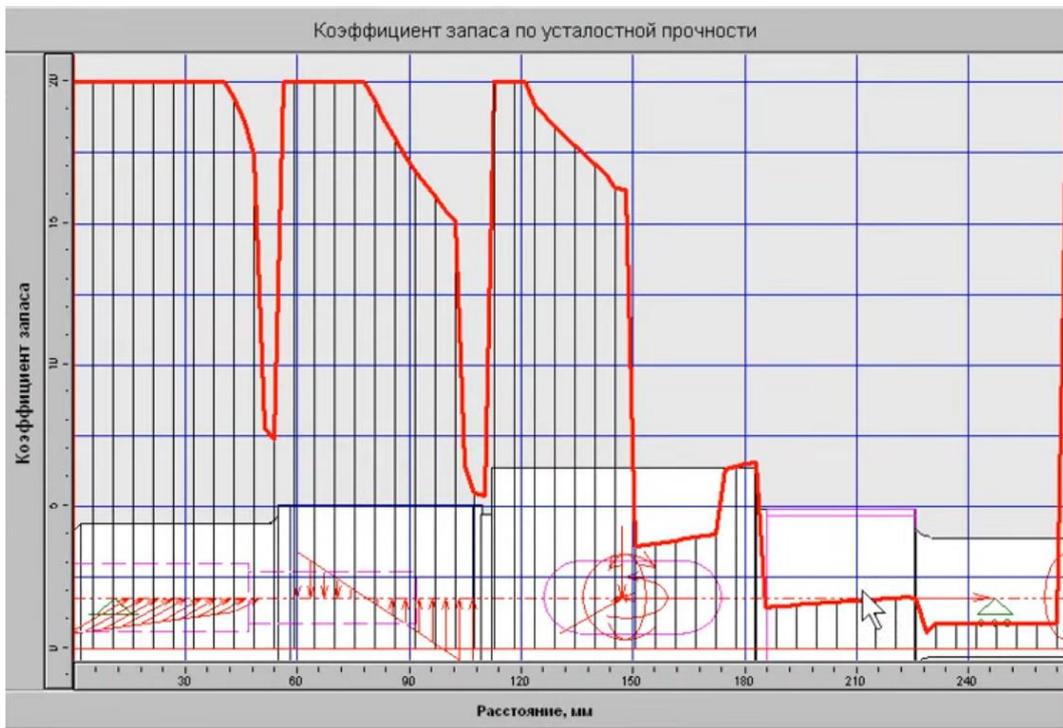
Перемещение оси вала в плоскостях



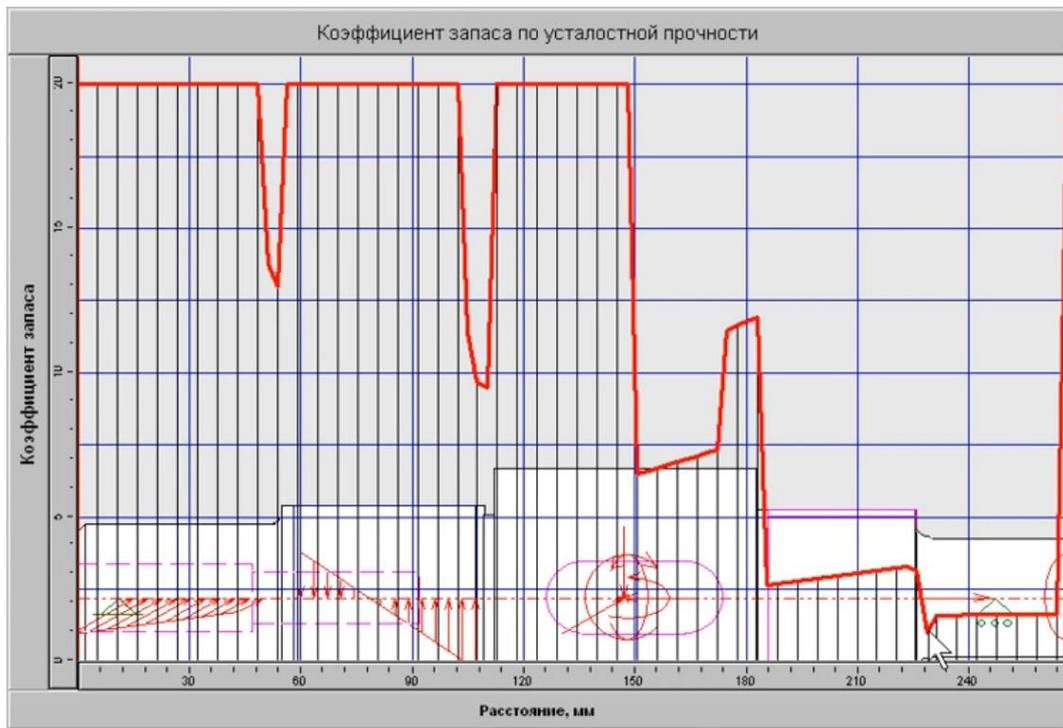
Эпюра распределения эквивалентных напряжений



Эпюра распределения коэффициента запаса по усталостной прочности
(со значениями меньше нуля в некоторых точках)



Эпюра распределения коэффициента запаса по усталостной прочности
(оптимизированная)



Молодова Юлия Игоревна
Цветков Вадим Александрович
Верболоз Александр Павлович

ДЕТАЛИ МАШИН: УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО**

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49