

 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

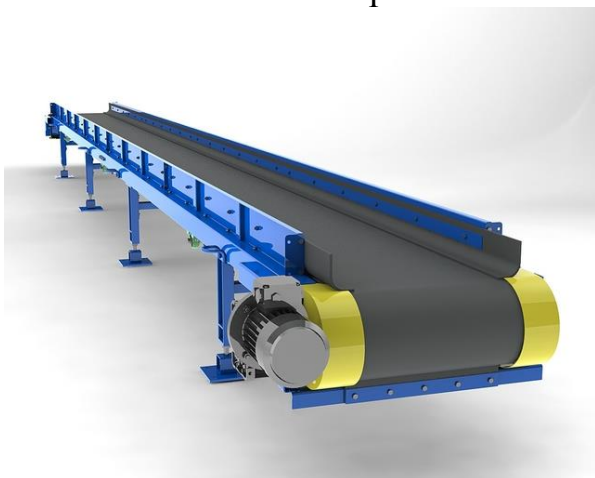
2. Спроектировать привод к цепному конвейеру по указанной схеме с графиком нагрузки, указанном на рисунке. Окружное усилие на тяговых звездочках F , окружная скорость тяговых звездочек v , шаг тяговой цепи t и число зубьев тяговой звездочки z приведены в табл. 2:

Таблица 2. Исходные данные для проектирования привода к цепному конвейеру

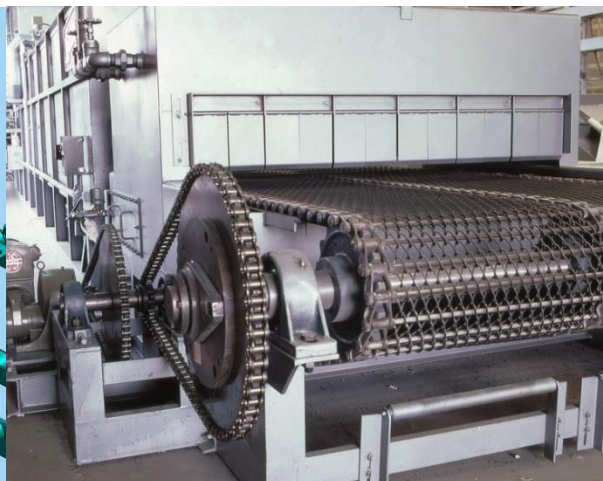
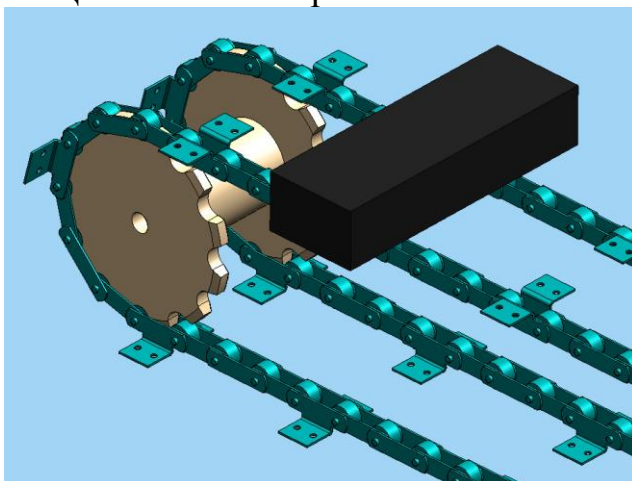
Вариант Показатель	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РИСУНОК 5										
F , кН	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
v , м/с	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
t , мм	80	80	100	100	125	125	100	100	80	80
z	7	8	9	10	7	8	9	10	7	8
РИСУНОК 6										
F , кН	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3	2,8	2,9	2,7	2,6
v , м/с	0,25	0,3	0,35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

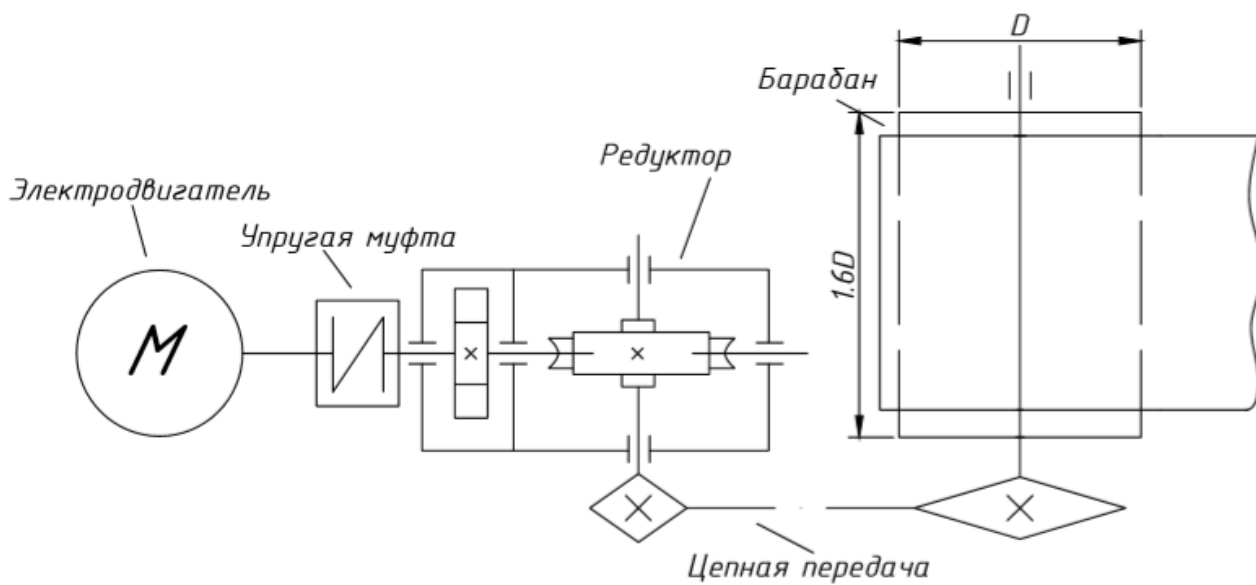


График нагрузки

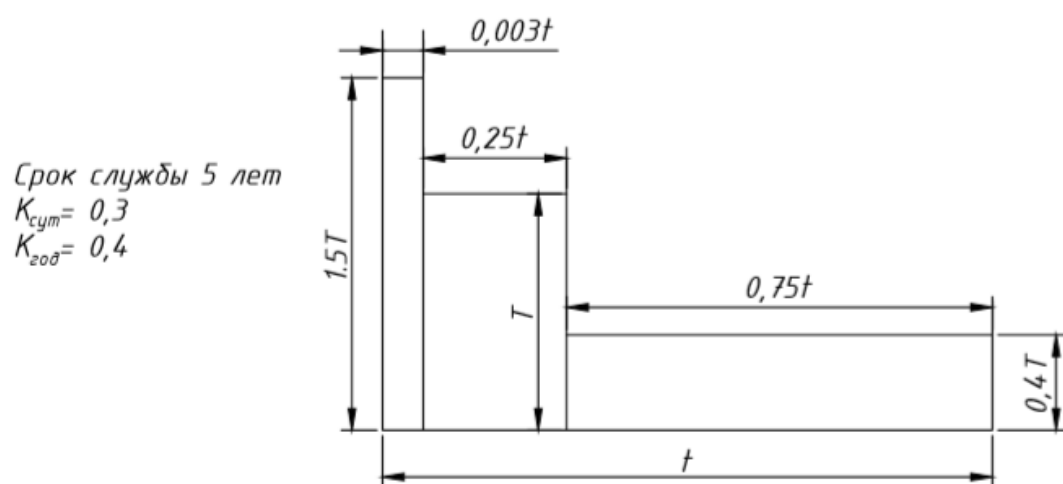


Рис. 1

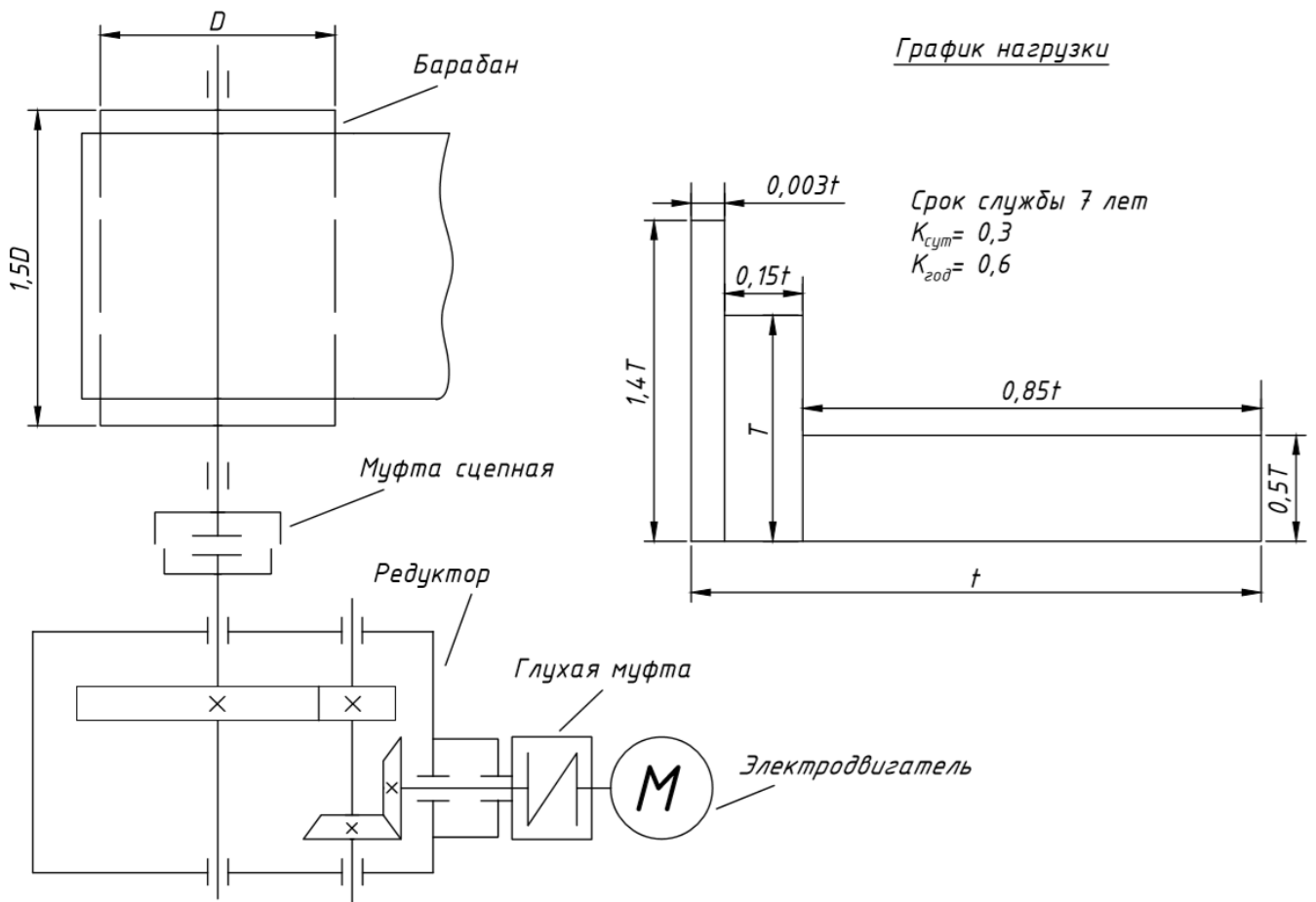


Рис. 2

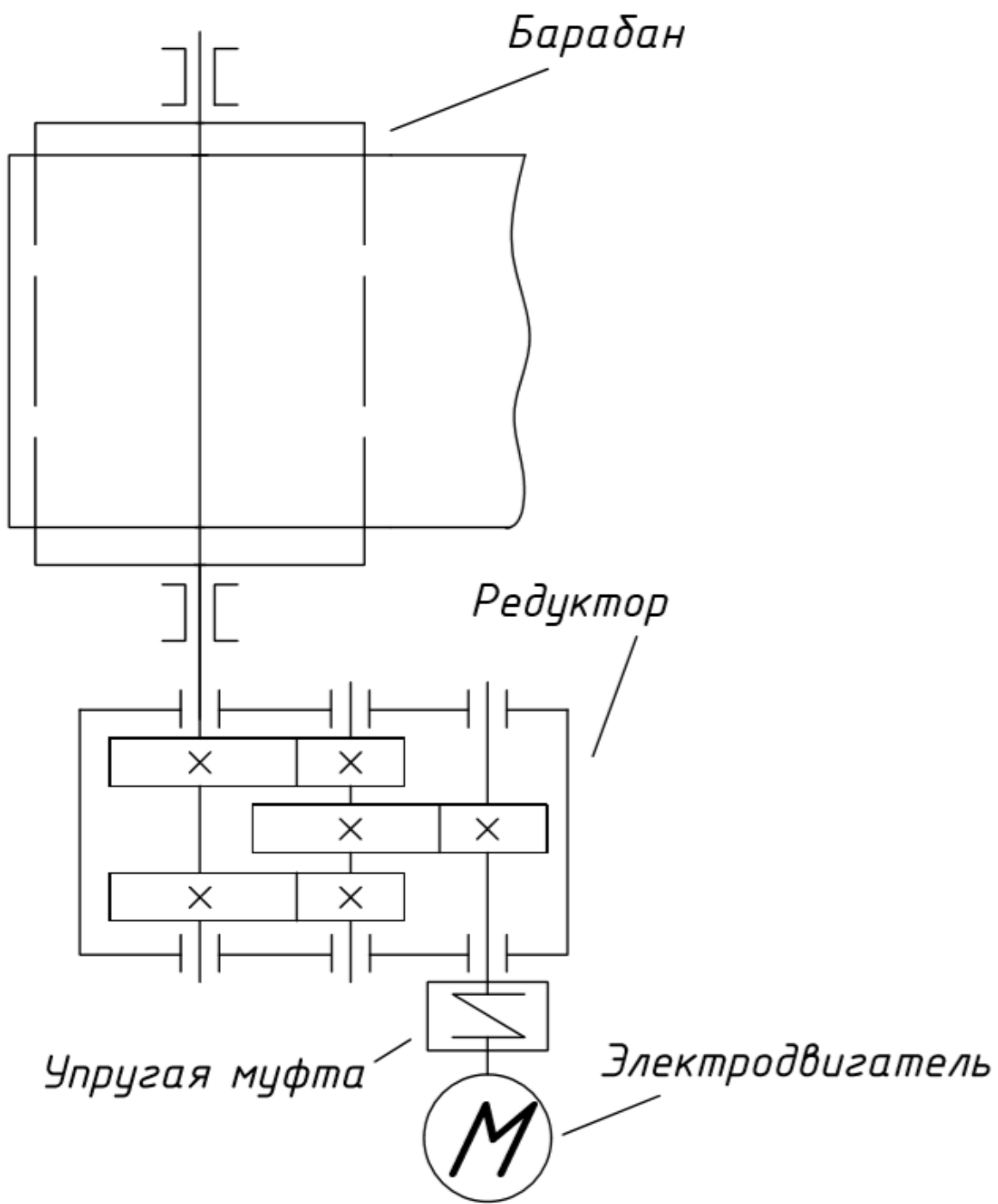


Рис. 3

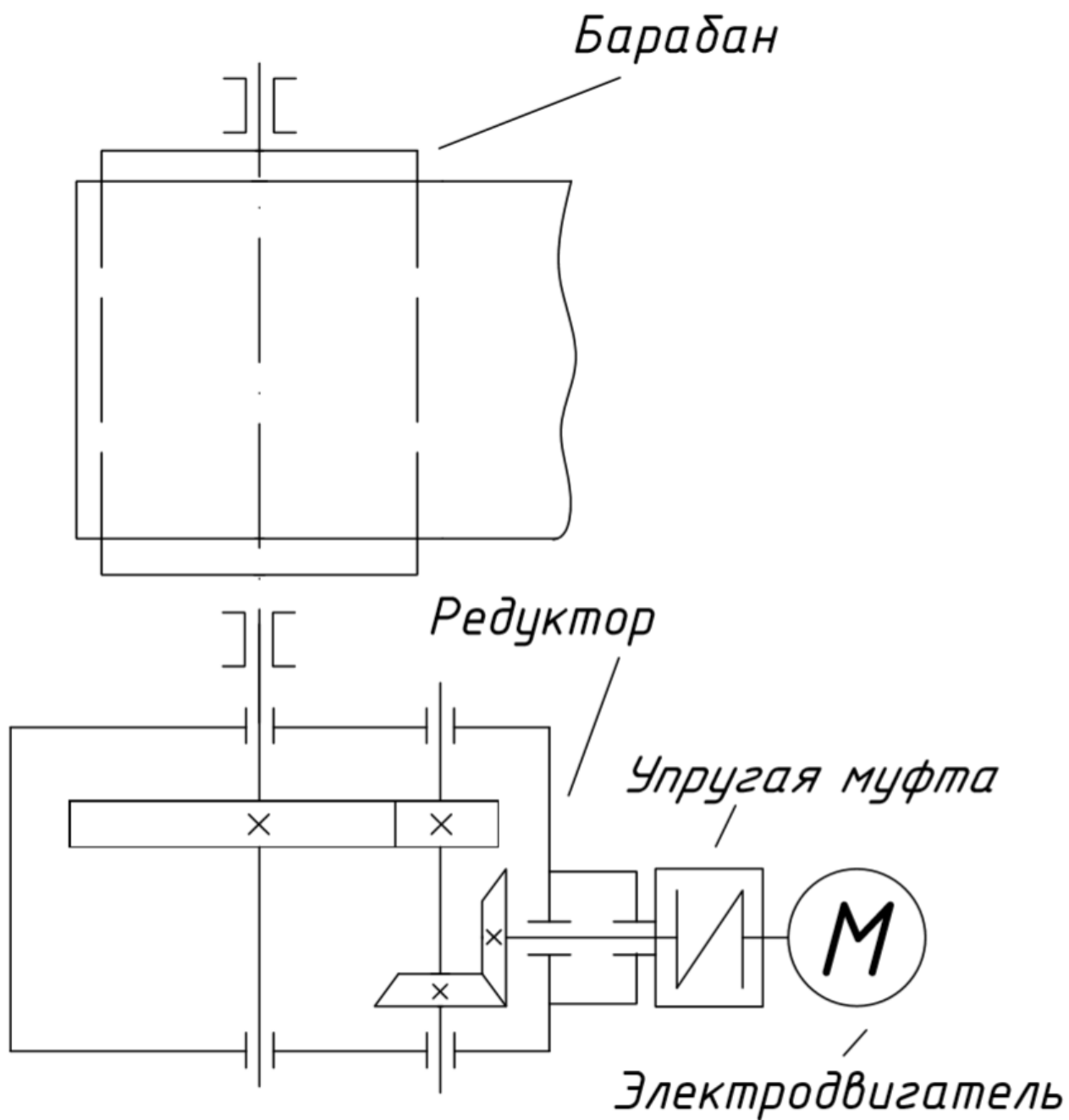


Рис. 4

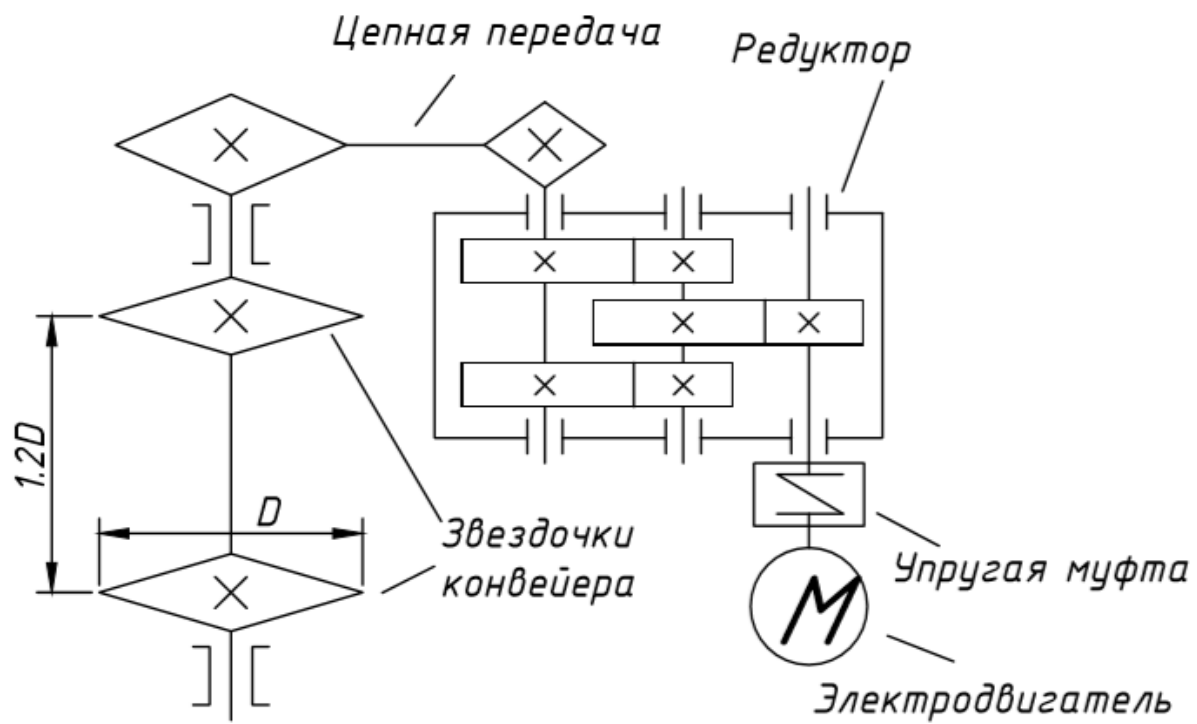


График нагрузки

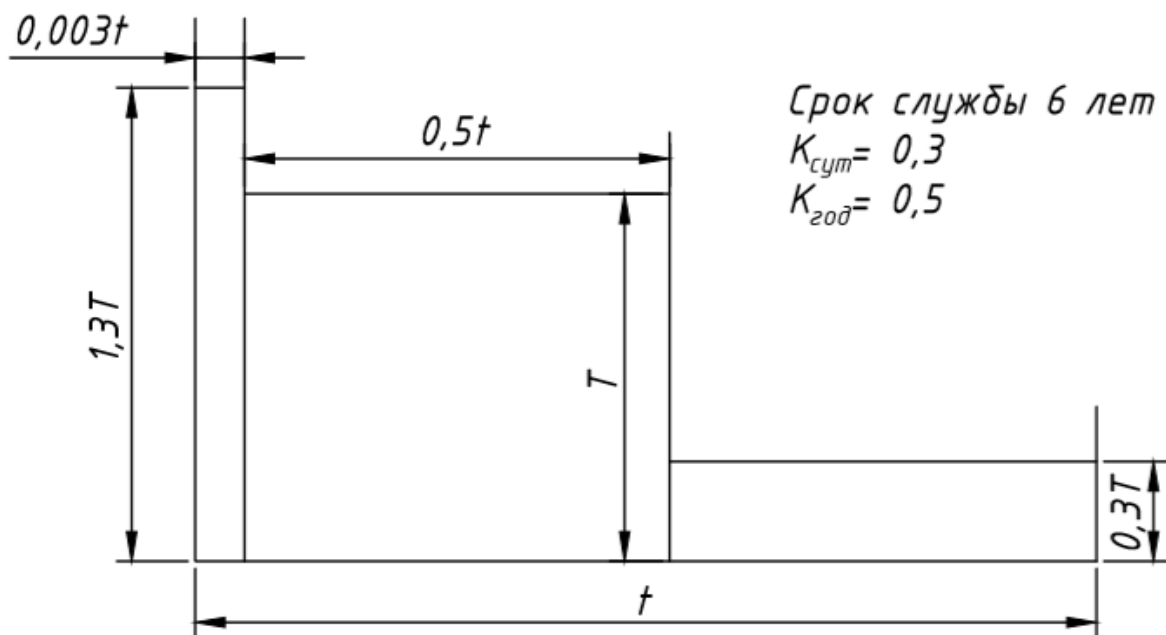


Рис. 5

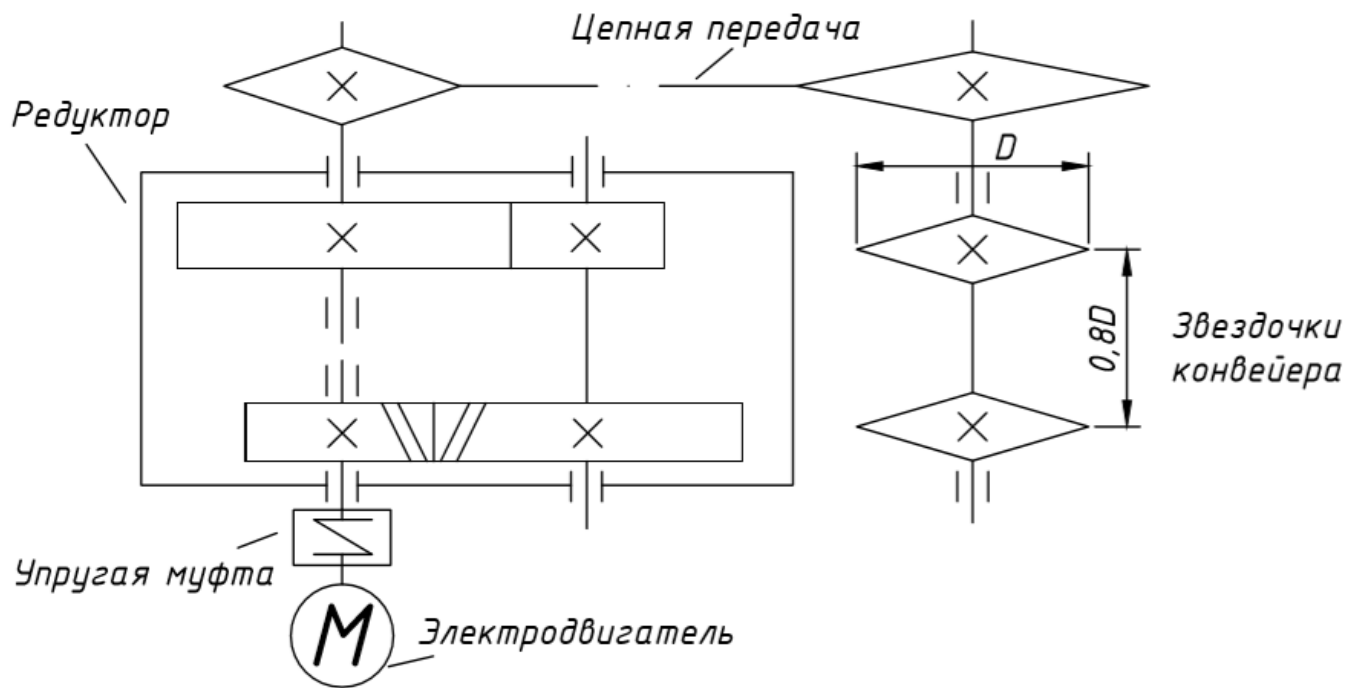


График нагрузки

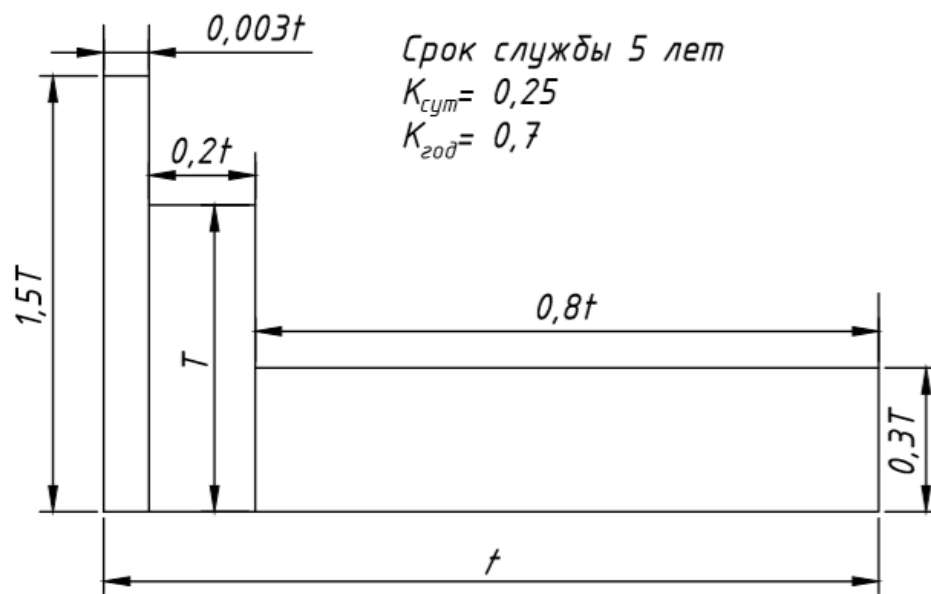


Рис. 6

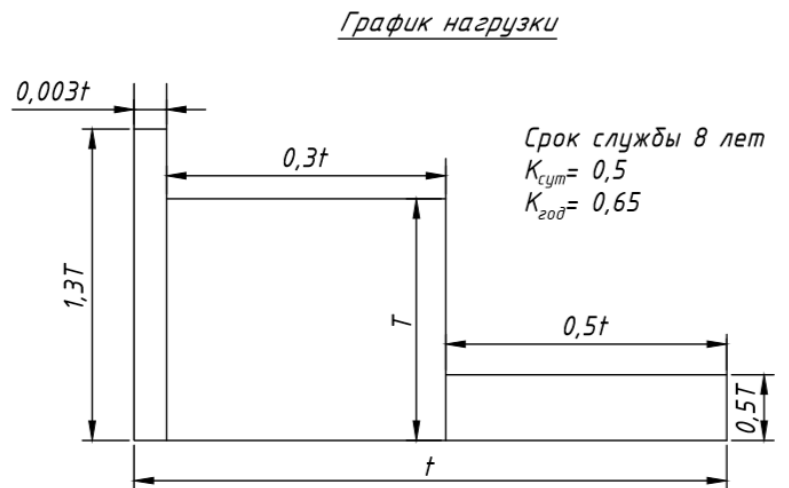
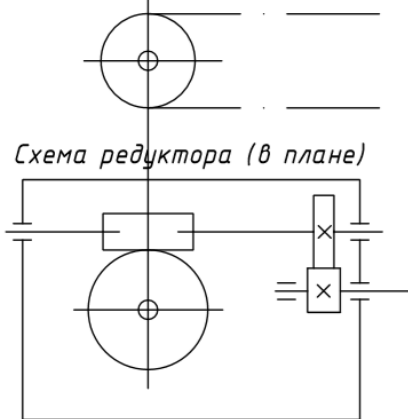
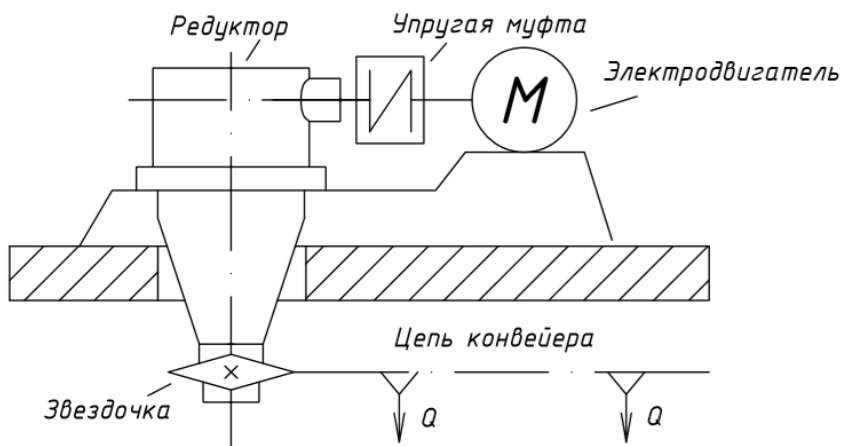


Рис. 7

График нагрузки

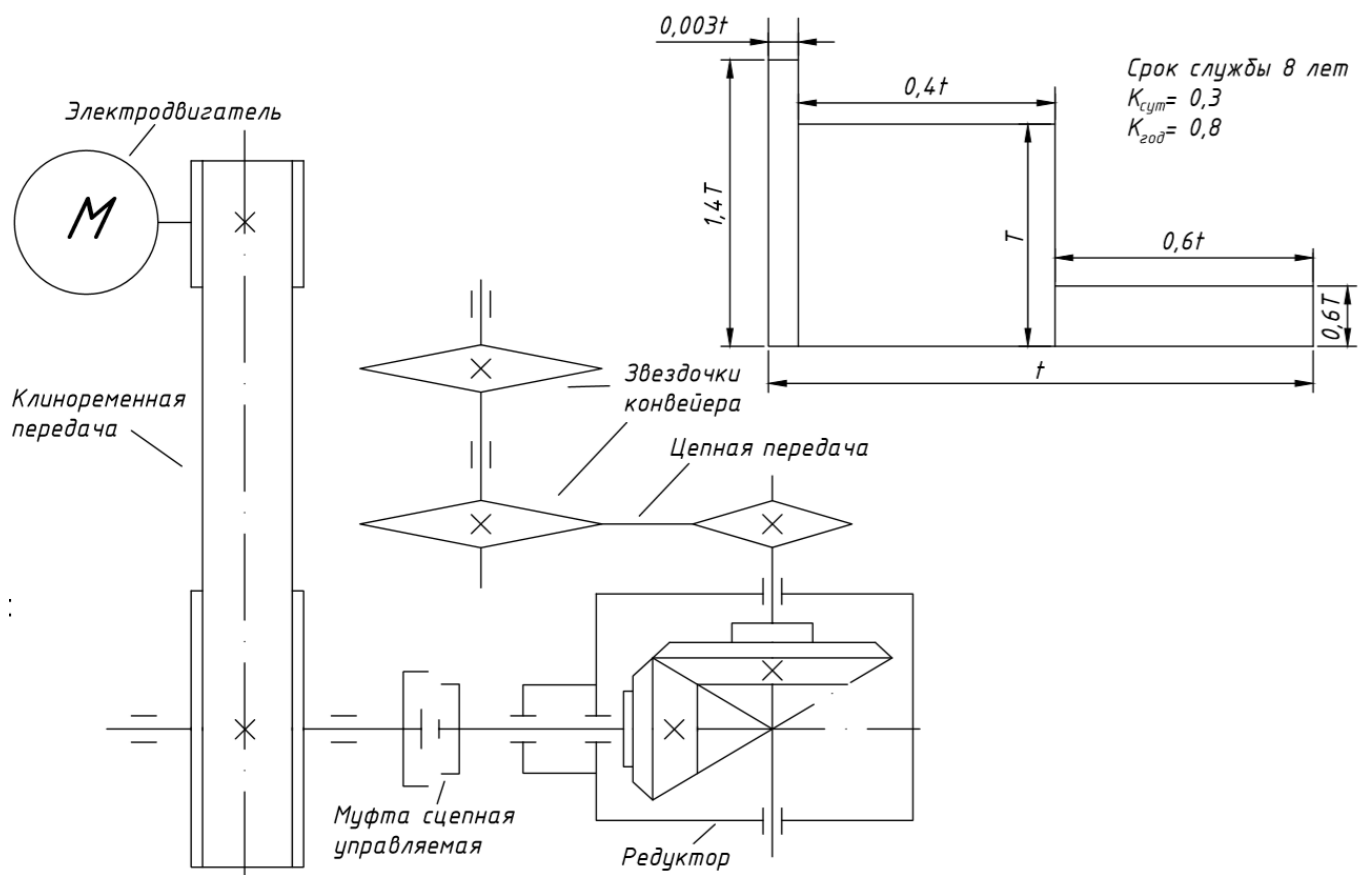


Рис. 8

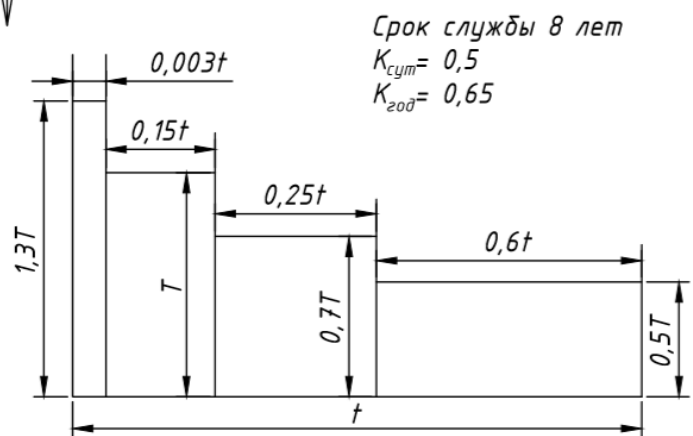
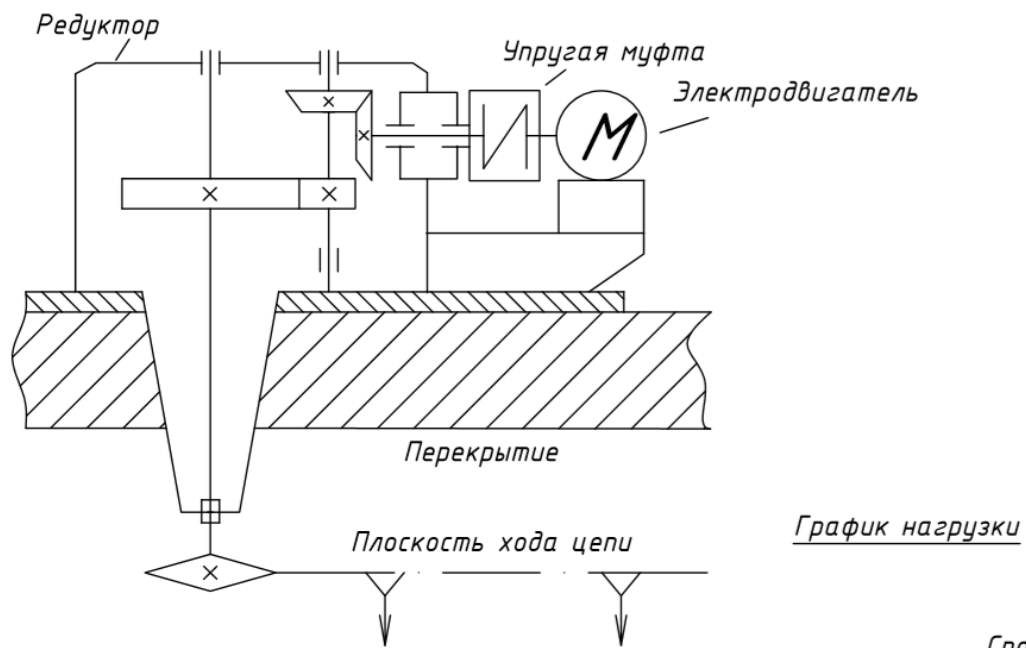


Рис. 9

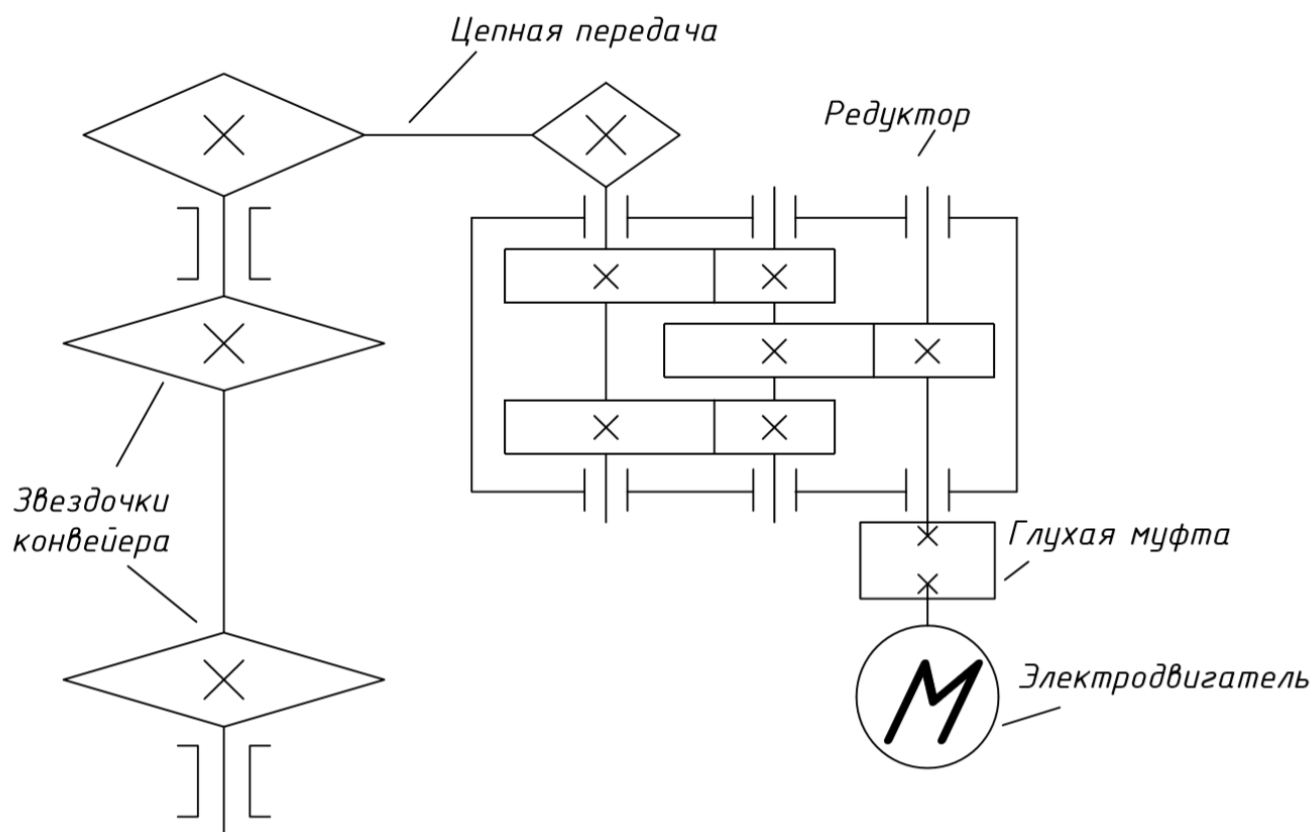


Рис. 10

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
$n_{эл}^{с\text{инх}}$, об/мин	1000					1500				
Срок службы (лет)	12					10				

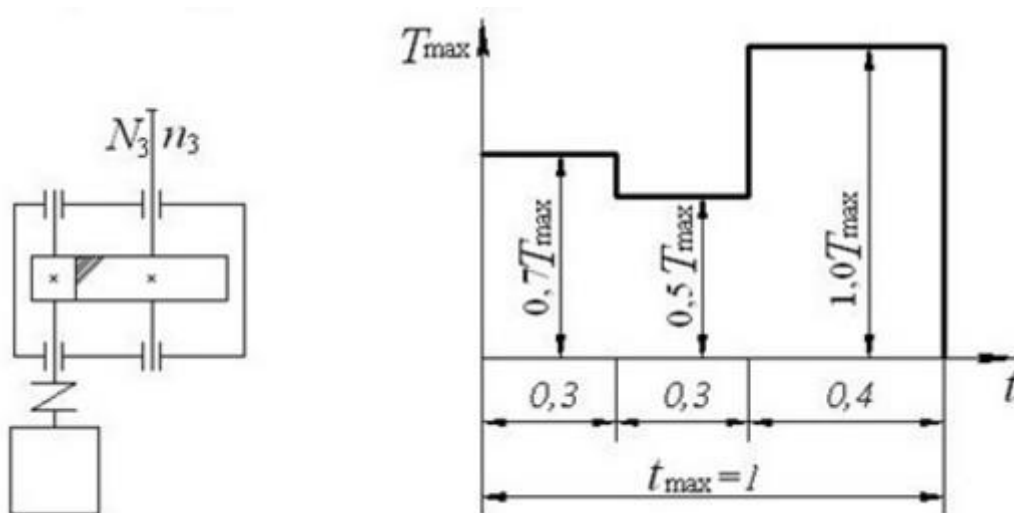


Рис. 11

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:

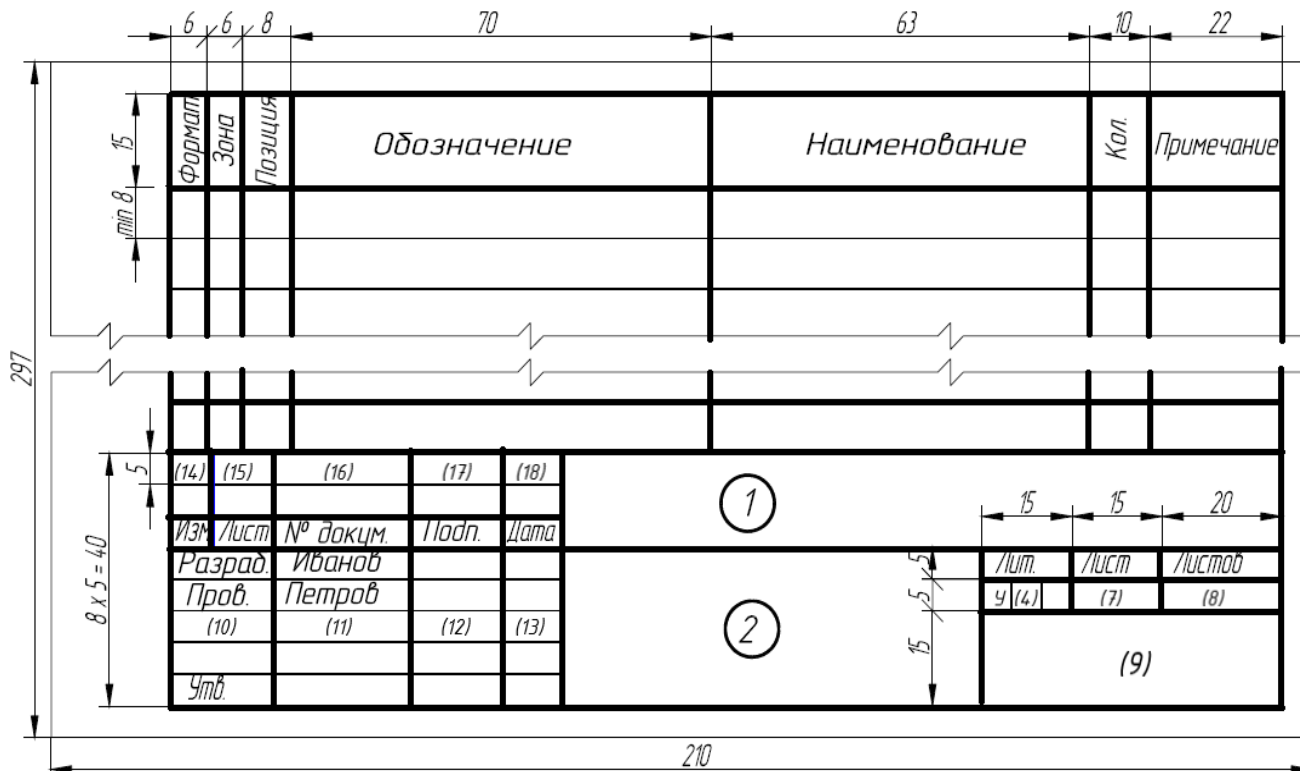
Иванов И. И.,
студент гр. W_____

Проверил:

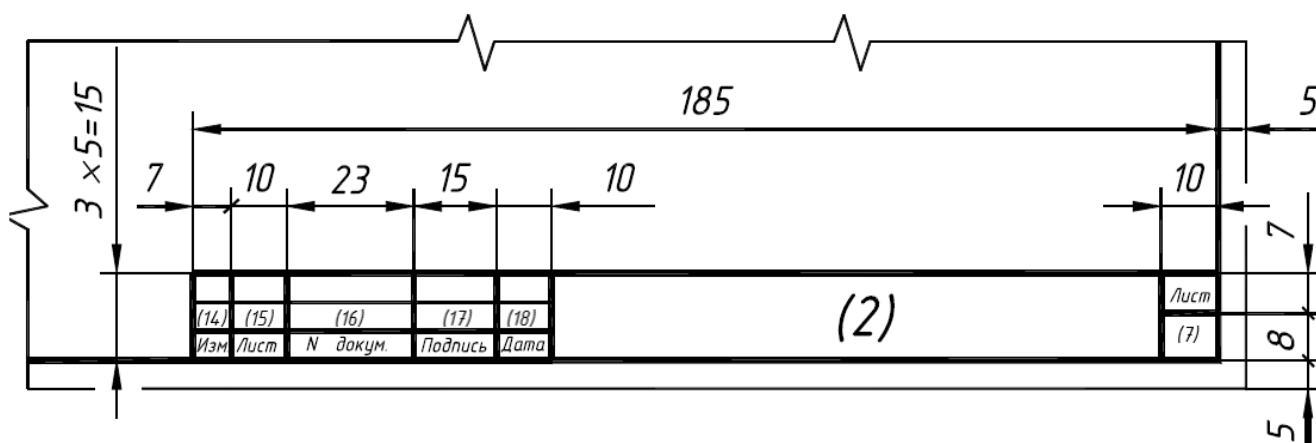
Петров П. П.,
к.т.н., ст. преподаватель

Санкт-Петербург
20__

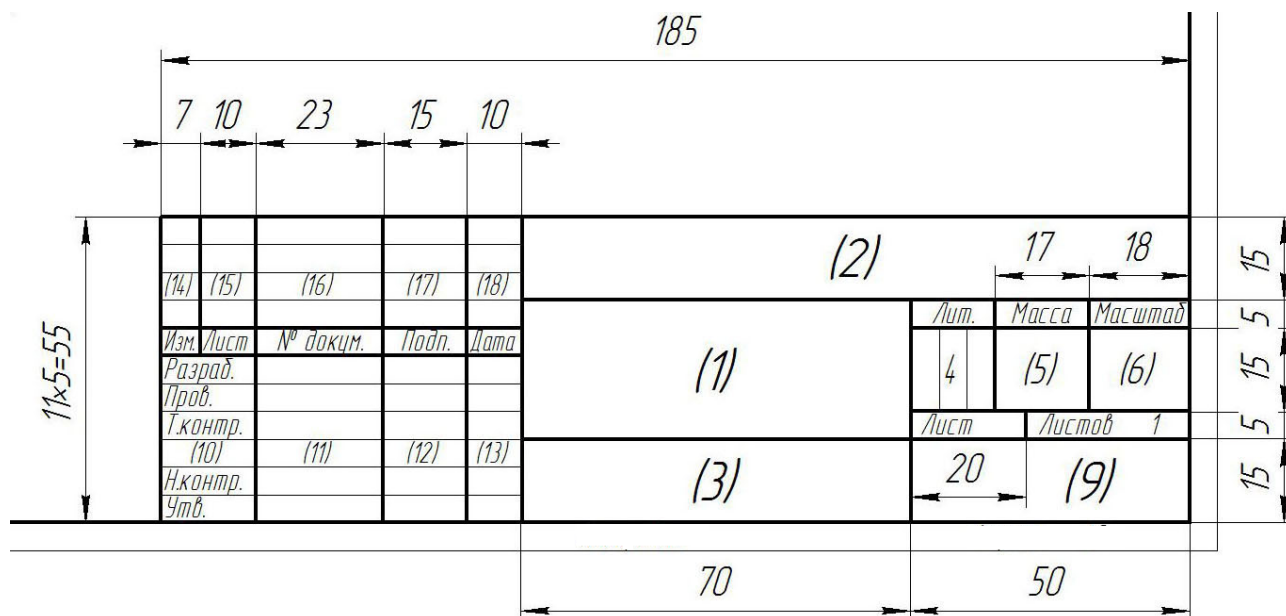
Форма спецификаций и основная надпись на первом (заглавном) листе спецификации



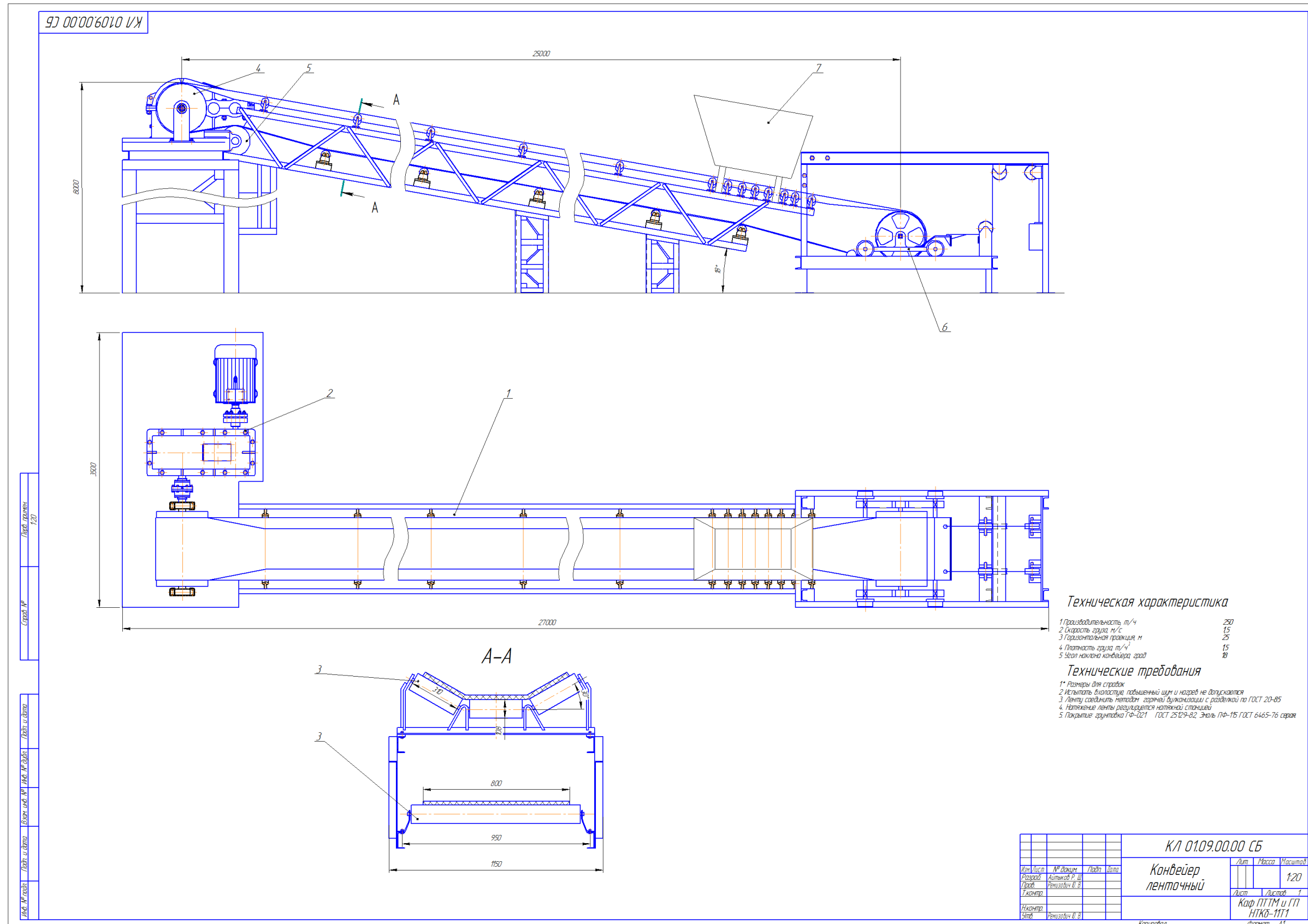
Основная надпись на последующих листах спецификации



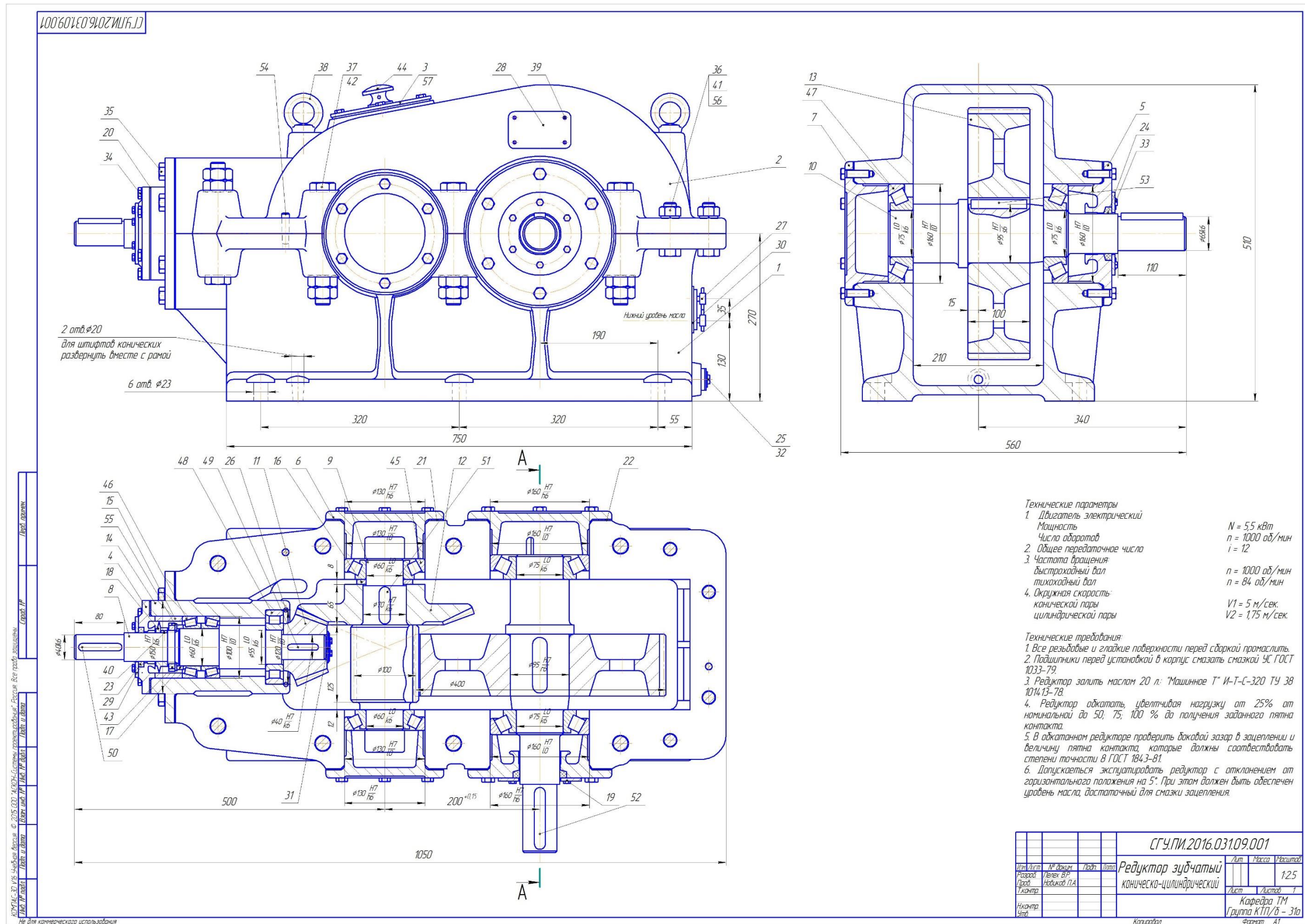
Основная надпись на чертежах



Общий вид привода ленточного конвейера



Общий вид привода ленточного конвейера

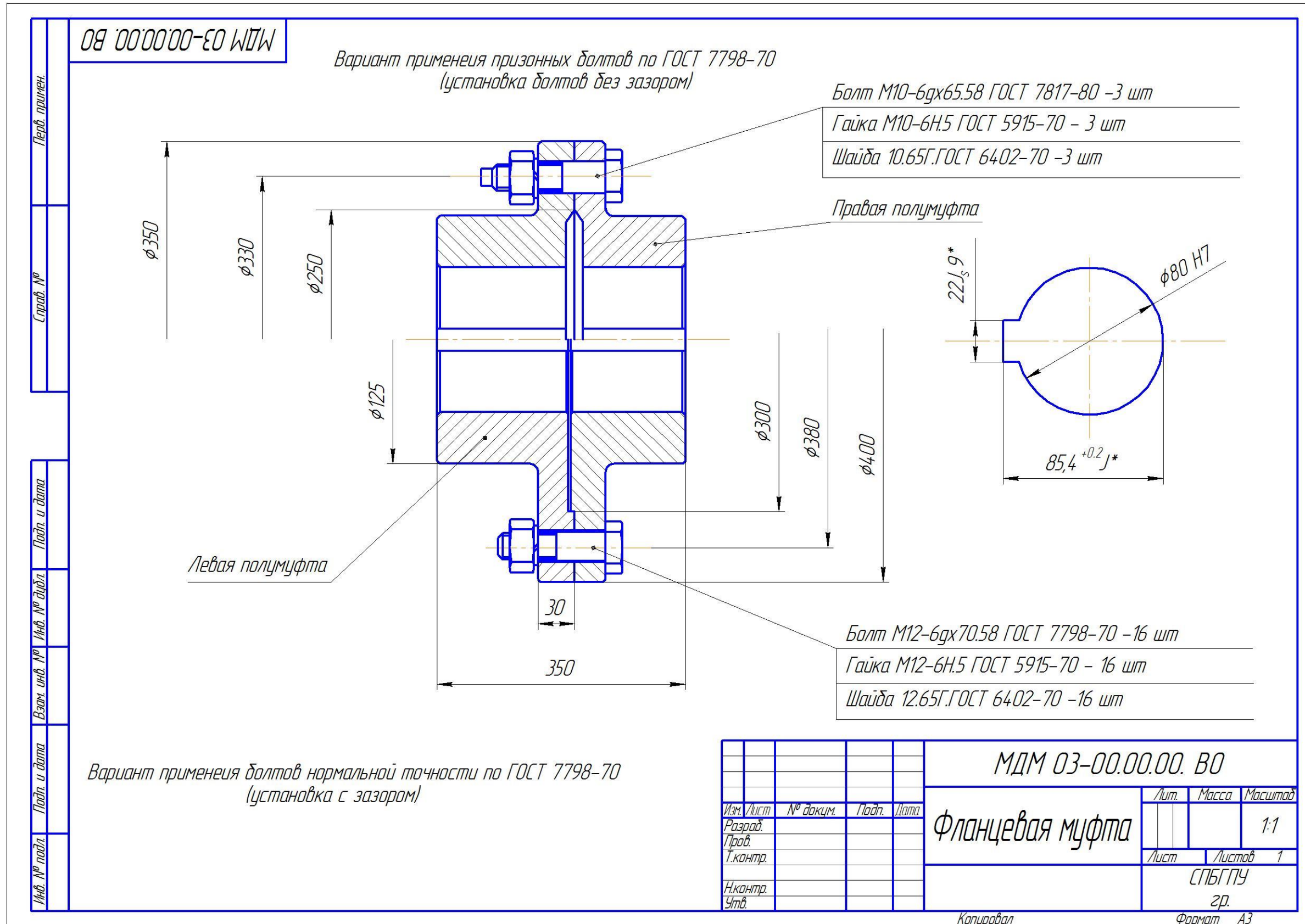


- Технические параметры**
- 1. Двигатель электрический
 - Мощность $N = 5,5 \text{ кВт}$
 - Число оборотов $n = 1000 \text{ об/мин}$
 - $i = 12$
 - 2. Общее передаточное число $n = 1000 \text{ об/мин}$
 - 3. Частота вращения:
 - высокооборотный вал $n = 84 \text{ об/мин}$
 - тихооборотный вал $n = 84 \text{ об/мин}$
 - 4. Окружная скорость:
 - конической пары $V1 = 5 \text{ м/сек.}$
 - цилиндрической пары $V2 = 1,75 \text{ м/сек.}$

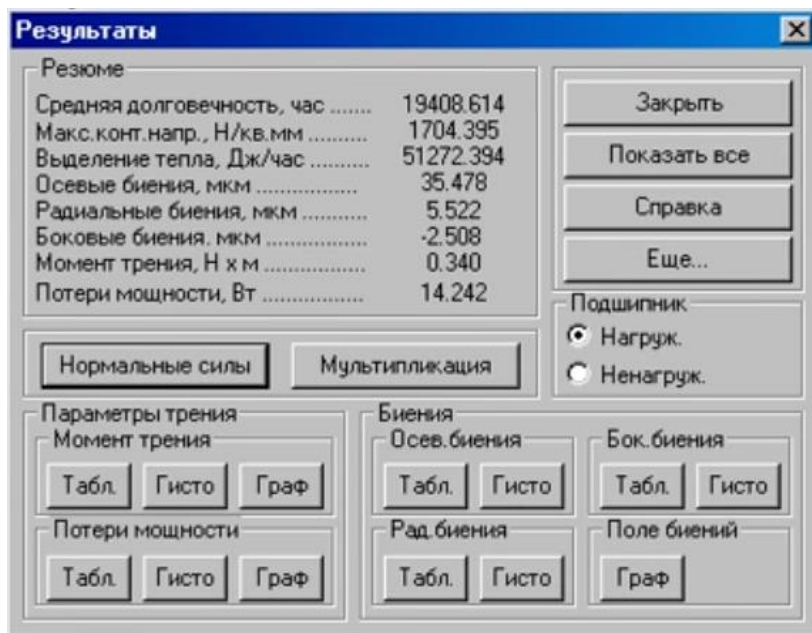
- Технические требования**
1. Все резьбовые и гладкие поверхности перед сборкой промазать.
 2. Подшипники перед установкой в корпус смазать смазкой УС ГОСТ 1033-79.
 3. Редуктор залить маслом 20 л: "Машинное Т" И-Т-С-320 ТУ 38 101413-78.
 4. Редуктор обкатать, учитывая нагрузку от 25% от номинальной до 50, 75, 100 % до получения заданного пятна контакта.
 5. В обкатанном редукторе проверить доковой зазор в зацеплении и величину пятна контакта, которые должны соответствовать степени точности в ГОСТ 1843-81.
 6. Допускается эксплуатировать редуктор с отклонением от горизонтального положения на 5°. При этом должен быть обеспечен уровень масла, достаточный для смазки зацепления.

СГЧ.ПИ.2016.03109.001			
Изм.	Лист	№ докум.	Лист
Редуктор	Листок ВР	Редуктор	Листок ВР
Экспл.	Листок ВР	Экспл.	Листок ВР
Исполн.	Листок ВР	Исполн.	Листок ВР
Редуктор зубчатый коническо-цилиндрический		Лит.	Масса
		Лист	125
		Лист	1
		Кафедра ТМ	
		Группа КТТ/б - 31а	
		Формат А1	

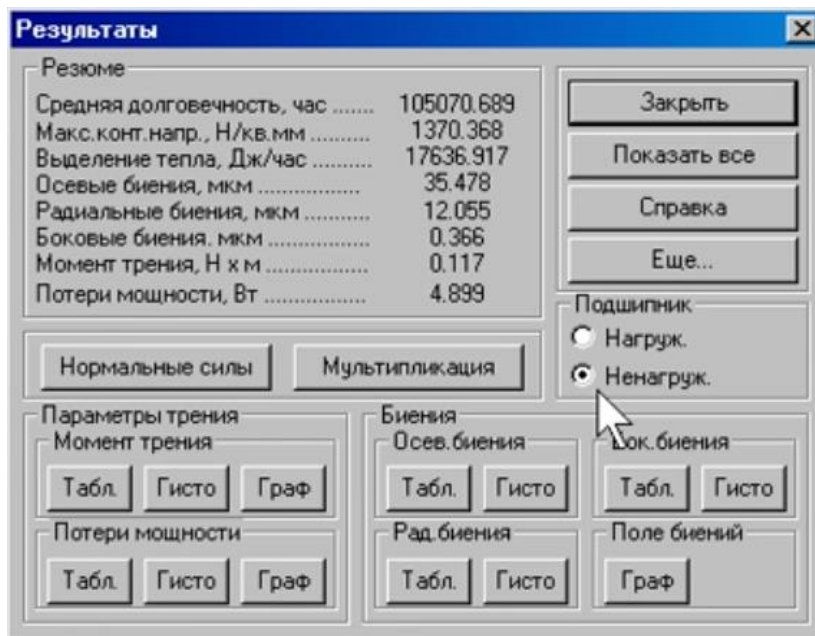
Сборочный чертеж муфты



Выходные данные нагруженного подшипника



Выходные данные ненагруженного подшипника

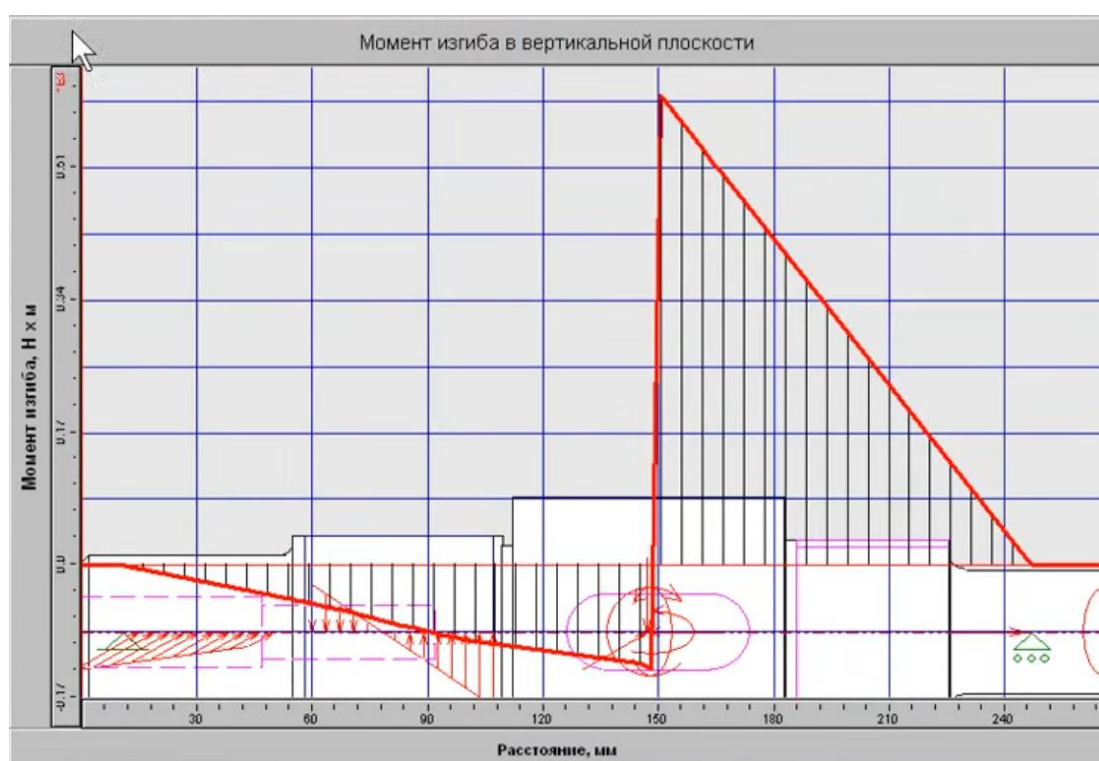


Реакции в опорах

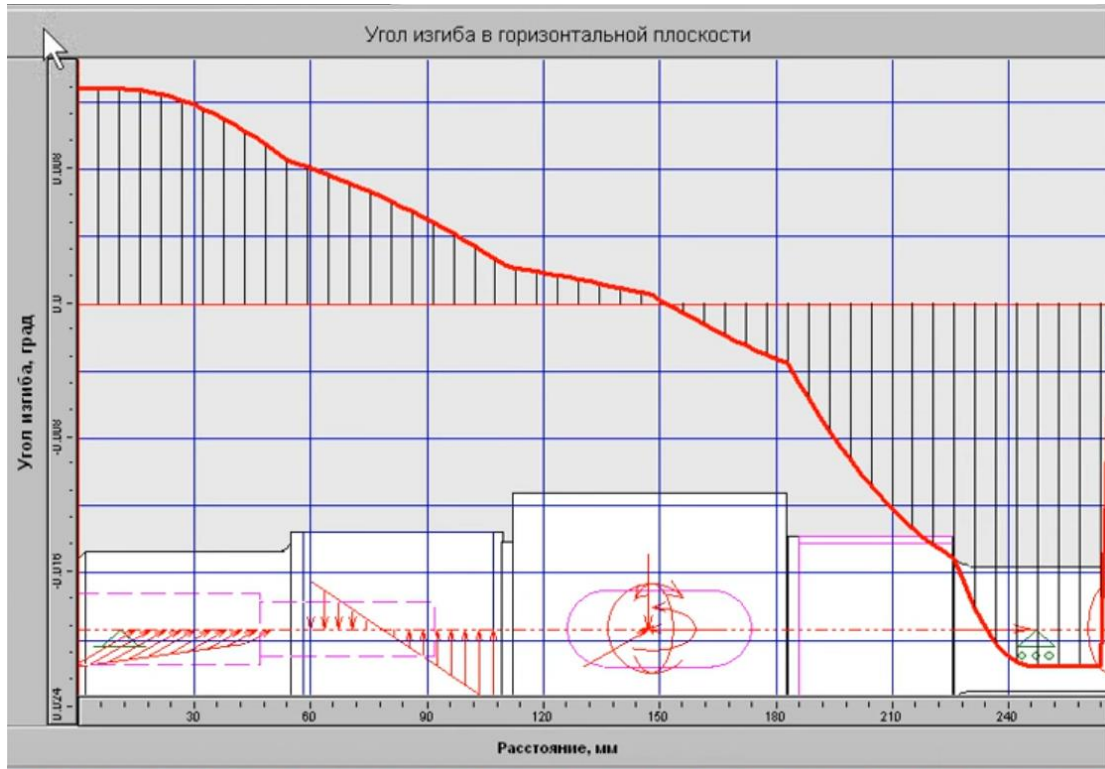
№	Координата опор...	Верт. реакция, Н	Гориз. реакция, Н	Осевая реакция, Н
1	11.000	-996.471	-2154.665	-0.000
2	247.000	6240.687	-6240.450	0.000

Закреть Справка

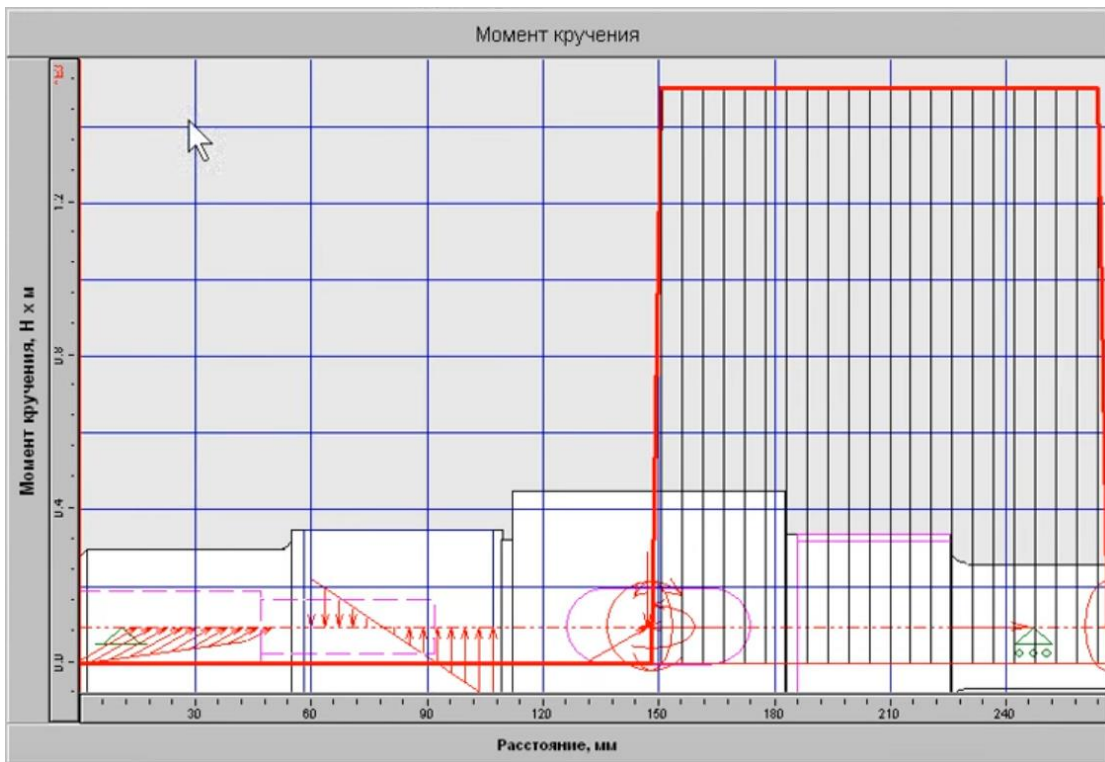
Эпюры моментов изгиба в плоскостях



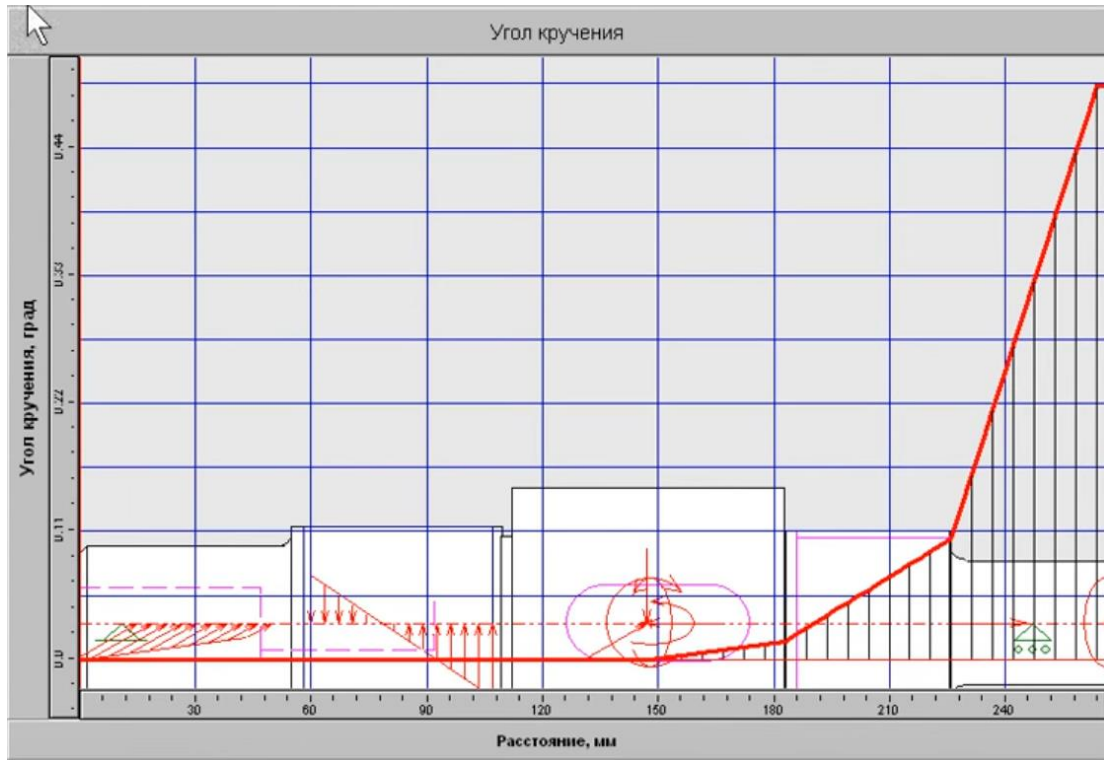
Эпюры углов изгиба в плоскостях



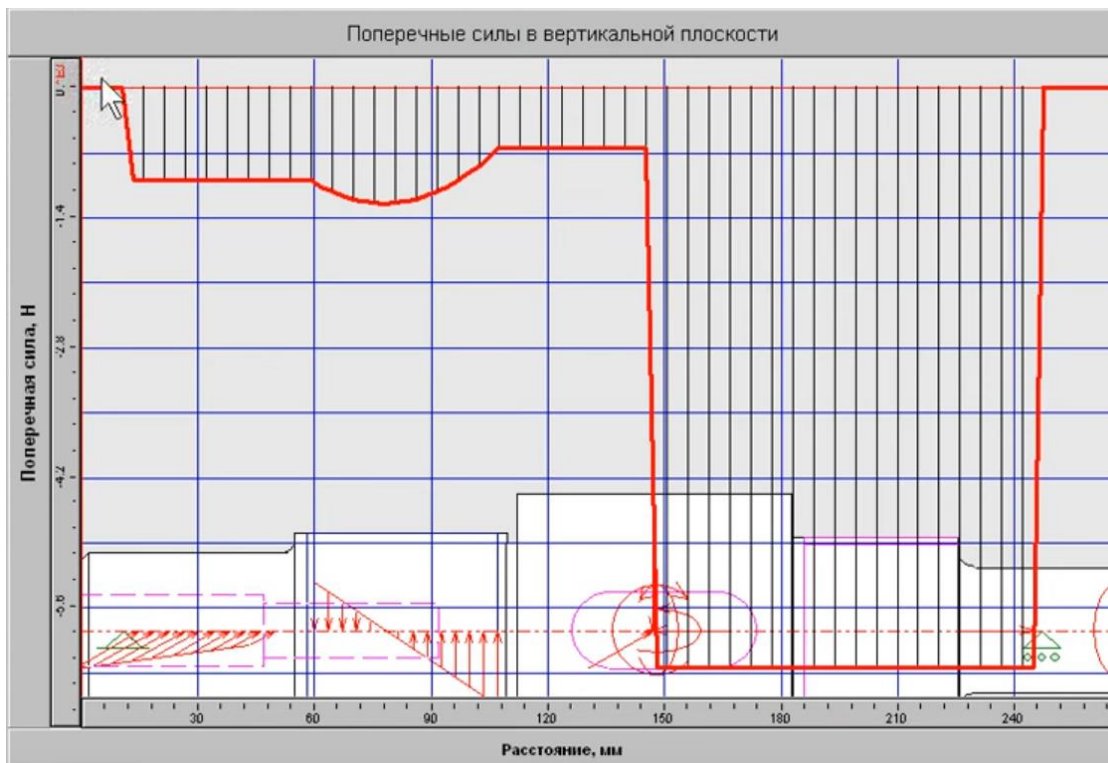
Эпюры моментов кручения



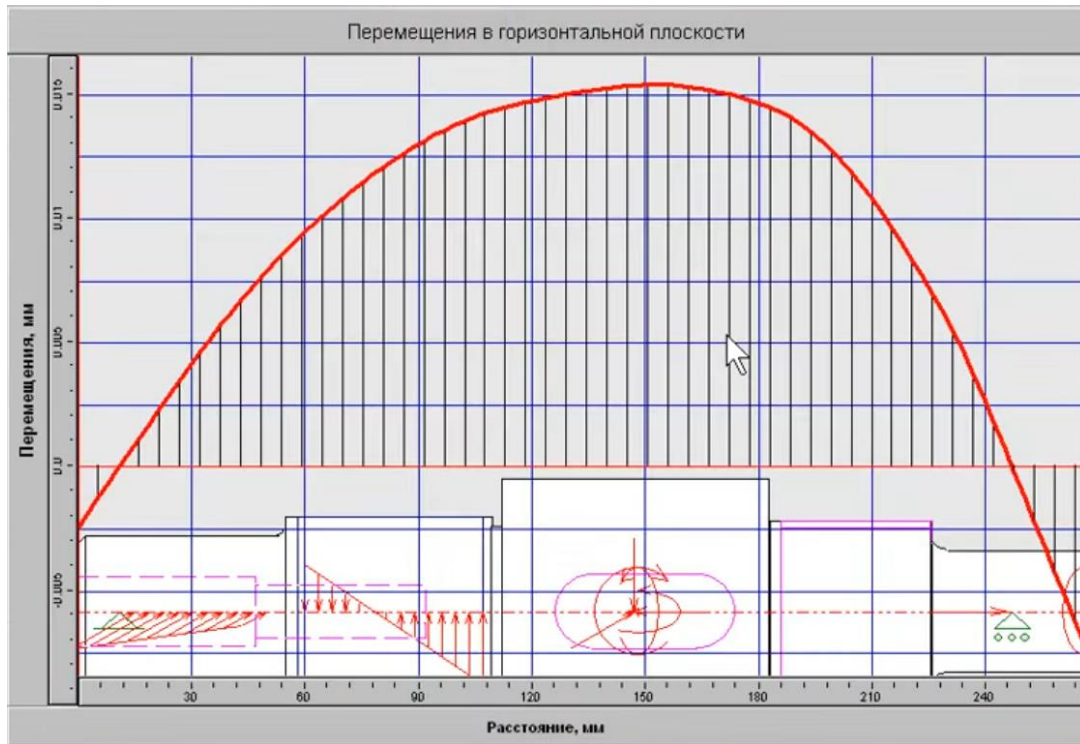
Эпюры углов закручивания



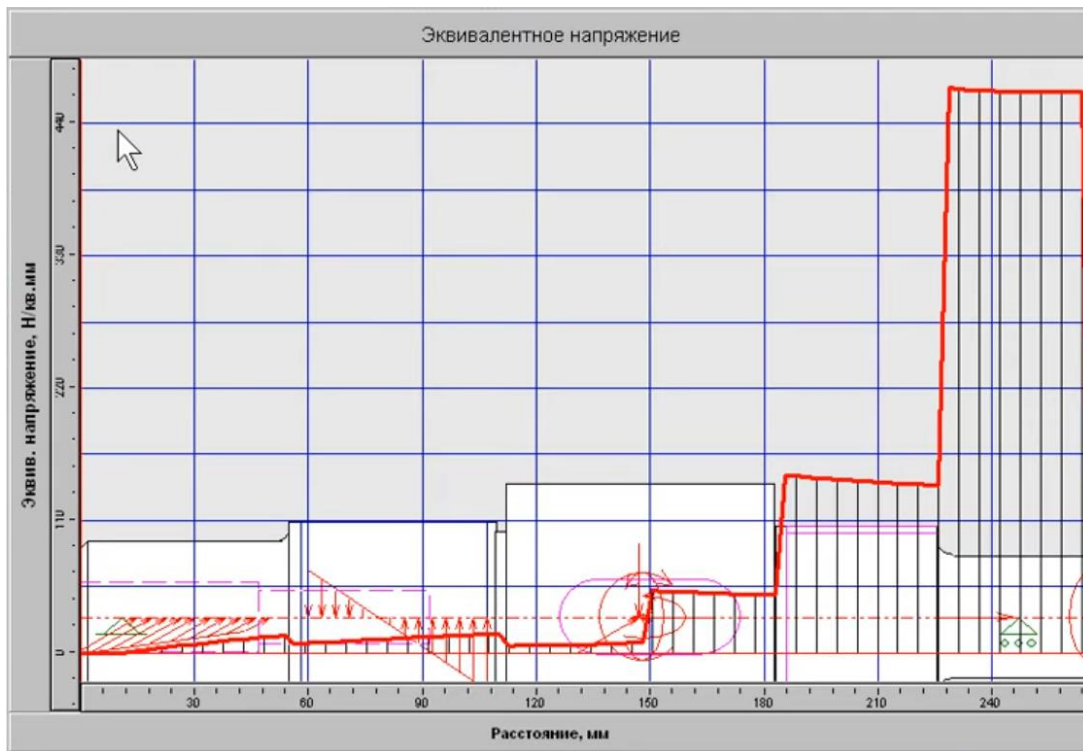
Эпюры распределения поперечных сил в плоскостях



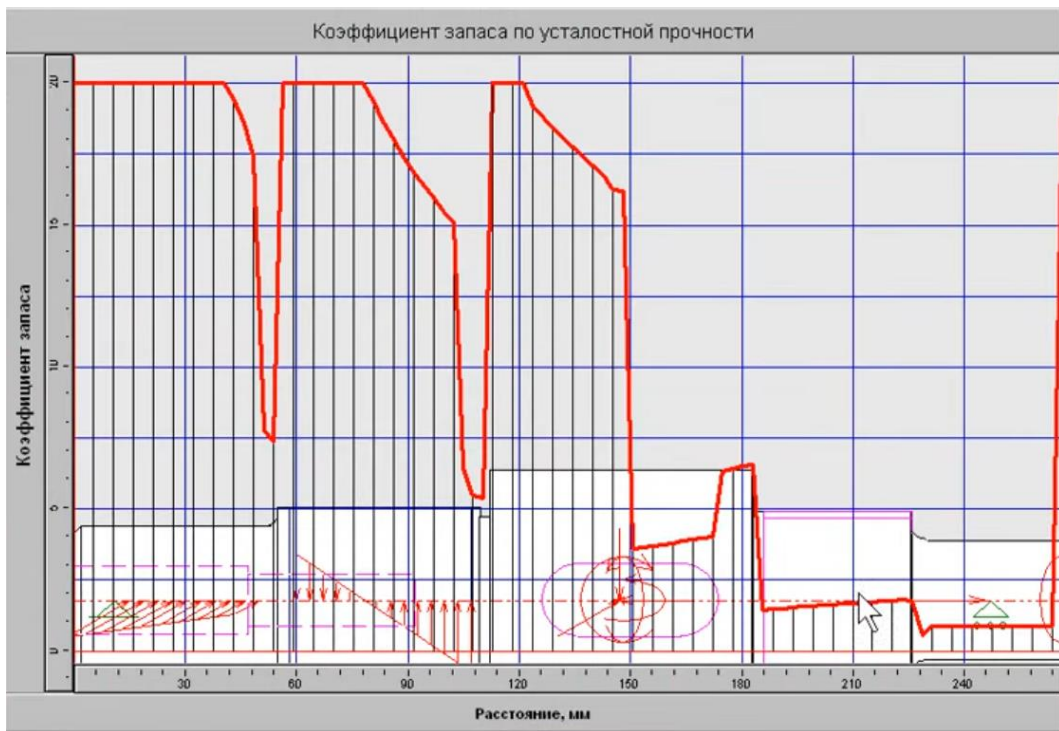
Перемещение оси вала в плоскостях



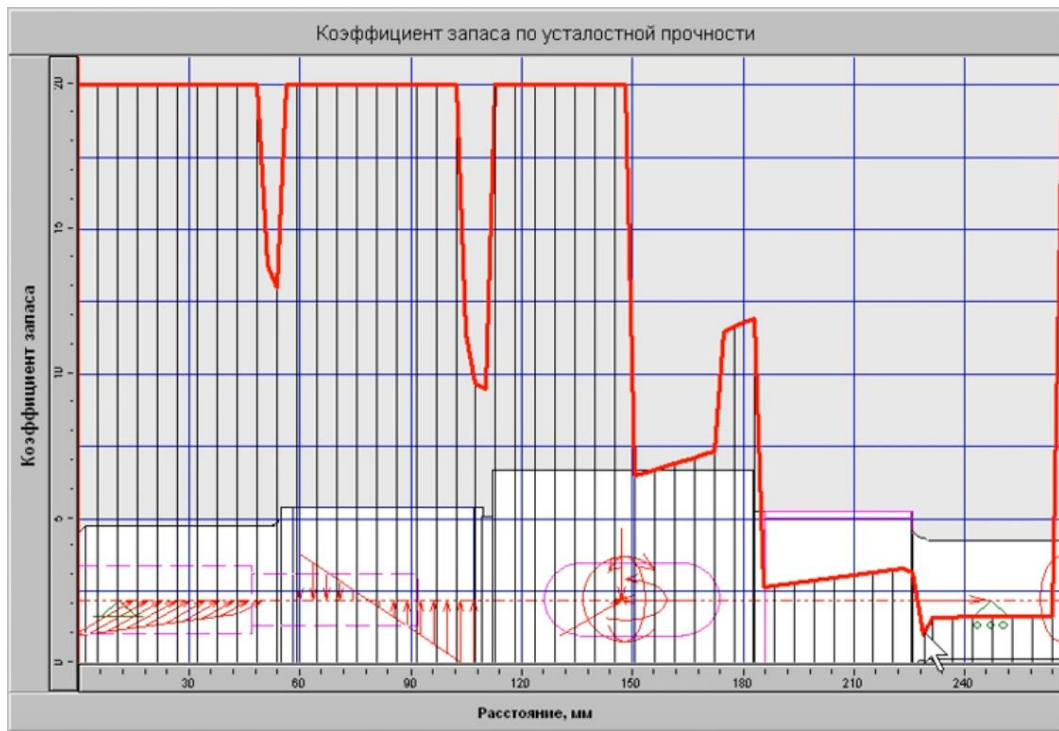
Эпюра распределения эквивалентных напряжений



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