ОПД.Ф.11 ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ
РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

Учебное пособие по курсовому проектированию

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта», включающего учебную программу дисциплины, конспект лекций, методические указания к практическим занятиям, методические указания по лабораторным работам, методические указания по самостоятельной работе, контрольно-измерительные материалы «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта. Банк тестовых заданий», наглядное пособие «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта. Презентационные материалы».

Приведены примеры расчетов скребкового, подвесного конвейеров и ковшового элеватора, а также требования к содержанию, объему и оформлению курсового проекта.

Предназначено для студентов направления подготовки магистров 190100.68 «Наземные транспортно-технологические машины и комплексы» укрупненной группы 190000 «Транспортные средства».

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Общая трудоемкость дисциплины «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта» в соответствии с учебным планом составляет 180 часов (5 з. е.), на выполнение курсового проекта запланировано 40 часов (1,1 з. е.).

Курсовой проект по дисциплине «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта» является одним из первых проектов по программе подготовки магистров 190100.68.09 «Подъемно-транспортные машины». Курсовое проектирование основано на полученных ранее знаниях и умениях по таким дисциплинам, как «Черчение», «Начертательная геометрия», «Теория машин и механизмов», «Детали машин», «Сопротивление материалов», «Теоретическая механика», «Грузоподъемные машины».

Работа над курсовым проектом способствует практическому закреплению ранее приобретенных знаний и навыков выполнения инженерных и конструкторских расчетов, выбора основных элементов, узлов и механизмов транспортирующих установок и проектирования машины в целом.

Курсовой проект должен отвечать следующим техническим требованиям:

обоснование применения механизмов и деталей;

учет требований технологии монтажа и демонтажа;

экономичное расходование материалов (снижение массы механизмов и металлоконструкции);

унификация, широкое использование стандартных узлов и деталей;

надежность смазки всех трущихся поверхностей деталей;

безопасности, экологии и охраны окружающей среды.

Задание на выполнение курсового проекта и список необходимой литературы выдает преподаватель, ведущий практические занятия.

Темой проекта может служить расчетно-конструкторская разработка устройства составных узлов и элементов одного из типов конвейеров, изучаемых в теоретическом курсе. Разработка, выполненная в ходе курсового проекта, может служить базой для последующего выполнения магистерской диссертации. Хорошо подготовленные студенты могут выполнять реальные проекты по заказу предприятий.

Формат курсового проектирования позволяет реализовать задачи научно-исследовательской работы с элементами инновационной деятельности. Студентам, проявившим склонность к научно-исследовательской работе, в рамках курсового проектирования может быть рекомендована выдача заданий по НИРС, включающих разработку новых конструкций с подачей заявок на изобретения, новых оригинальных методик расчета элементов и механизмов машин непрерывного транспорта, теоретические или экспериментальные исследования, отладку прикладных программ проектирования и т. п.

Целесообразно в рамках выполнения расчетной части курсового проекта проведение патентно-информационного исследования по теме, непосредственно касающейся разработки.

Время выполнения курсового проекта – 15 недель.

Объем курсового проекта – 3–4 листа чертежей формата А1, включающих один чертеж общего вида и два сборочных чертежа, выполненных на компьютере с использованием графических редакторов AutoCAD или «КОМПАС», и расчетно-пояснительная записка на 20–30 страницах формата А4, выполненная с использованием текстового редактора Word, которые должны удовлетворять требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и СТО 4.2-7–2008 .

Графические и расчетные работы выполняются на ЭВМ, с использованием одного из графических пакетов САПР (AutoCAD или «КОМПАС») и среды MathCAD.

При выполнении курсового проекта необходимо руководствоваться ГОСТ 2.103 и СТО 4.2-7–2008, которые регламентируют определенные стадии проектирования, изложенные ниже.

Курсовой проект в соответствии с графиком учебного процесса принимает комиссия, состав которой утверждается на заседании кафедры.

Основные компетенции, реализуемые в ходе выполнения курсового проектирования:

1. Универсальные (УК):

УК-5 – готовность к профессиональному росту через умение обучаться самостоятельно и решать сложные вопросы;

УК-6 – способность находить творческие решения социальных и профессиональных задач;

УК-8 – способность к нестандартным решениям;

УК-9 – готовность использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии;

УК-10 – способность понимать основные закономерности развития науки и техники;

УК-13 – способность ориентироваться в изменяющихся условиях социальной и профессиональной среды.

2. Профессиональные (ПК):

а) проектно-конструкторская деятельность:

ПК-1 – готовность осуществлять анализ различных вариантов, искать и вырабатывать компромиссные решения;

ПК-2 – способность использовать методы решения задач на определение оптимальных соотношений параметров различных систем;

ПК-3 – способность демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в машинах и установках, методов расчетного анализа объектов сферы профессиональной деятельности с использованием современных технологий;

ПК-5 – способность использовать средства автоматизации при проектировании;

б) научно-исследовательская деятельность:

ПК-6 – способность демонстрировать знание теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности;

ПК-7 – готовность использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах;

ПК-8 – способность выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований;

ПК-9 – готовность на основе системного подхода строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ;

в) производственно-технологическая деятельность:

ПК-11 – способность понимать современные проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современные технологии по утилизации отходов, научно-техническую политику в области технологии объектов профессиональной деятельности.

1. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ

1.1. Цели и задачи курсового проектирования

Основная цель курсового проектирования – обучение основам конструирования, эксплуатационным и проектным расчетам механизмов и узлов транспортирующих машин.

Задачи курсового проектирования:

закрепление, углубление и обобщение знаний, приобретенных при изучении дисциплины «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта»;

получение навыков конструирования сложной сборочной единицы;

ознакомление с различными конструкциями машин, являющихся средством комплексной механизации погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ;

разработка современной конструкции узлов и элементов машины, отвечающих заданным техническим и эксплуатационным требованиям;

совершенствование умения использовать нормативную, учебно-методическую, научно-техническую и справочную литературу, а также существующую конструкторскую документацию;

подготовка к выполнению дипломного проекта.

1.2. Содержание графической части курсового проекта и требования к ее оформлению

Графическая часть курсового проекта выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД на ЭВМ с использованием графических редакторов AutoCAD или КОМПАС.

Чертеж общего вида конвейера служит базой для последующей стадии рабочего проектирования, т. е. для выполнения сборочных чертежей, спецификаций и чертежей деталей. Чертеж общего вида с дополнительными данными, представленными в пояснительной записке, должен давать всю информацию, необходимую для рабочего проектирования:

перечень основных составных частей изделия с разделением их на заимствованные, покупные, вновь разрабатываемые;

схематичное или другое представление о материале вновь разрабатываемых деталей;

основные размеры с величинами допустимых отклонений всего изделия, его сборочных единиц и деталей;

техническая характеристика.

Сборочные чертежи разрабатываются на базе компоновочных чертежей и уточненных расчетов. Если при этом возникает необходимость внести принципиальные изменения в конструкцию узла или части машины, то лучше сделать это на компоновочном чертеже, а не на основном.

На чертежах разработанные конструкции должны изображаться с такой степенью детализации, которая была бы достаточна для выполнения дальнейших операций (например, выполнение рабочих чертежей, составление технологии сборки, разработка проекта монтажа и перевозки машины и т. п.). Эти же требования относятся к проставлению размеров, допусков и посадок.

Рамки, основные надписи, нумерация чертежей выполняются в соответствии с ЕСКД и общими требованиями к оформлению текстовых и графических студенческих работ СТО СФУ.

Расположение изображений узлов машины, масштабы выбираются так, чтобы они при полном использовании поля чертежа давали четкое представление об их конструкции. Слишком мелкие масштабы затрудняют работу над чертежом, а крупные требуют делать обрывы, искажающие представление об изображаемой конструкции. Поэтому рекомендуется сочетать вычерчивание узлов в относительно мелком масштабе (1:5, 1:10) с крупным изображением вынесенных сечений, поясняющих устройство отдельных частей и элементов узлов. Например, общий вид конвейера можно представить на чертеже в виде только контурных линий в мелком масштабе, а типовые и главные узлы показать в более крупных масштабах в виде разрезов и сечений.

Для сборочных чертежей составляется укрупненная спецификация, прилагаемая к расчетно-пояснительной записке.

Уровень деления узла на элементы, которые вносятся в спецификацию, согласовывается с руководителем.

Чертежи деталей выполняются в полном соответствии со стандартом ЕСКД, определяющим требования к ним. Чертеж детали должен давать полное представление о ней.

На чертеж наносятся все исполнительные и справочные размеры с величинами отклонений, указанными комбинированным способом (символическим в сочетании с числовым), приводятся технические требования по степеням шероховатости поверхности и по материалу детали.

1.3. Содержание расчетно-пояснительной записки и требования к ее оформлению

Расчетно-пояснительная записка является одной из основных частей конструкторской документации. По объему, содержанию и оформлению записка должна быть понятной без чертежа.

Пояснительная записка к курсовому проекту выполняется на ЭВМ на листах формата А4 в соответствии с ЕСКД и общими требованиями к оформлению текстовых и графических студенческих работ СТО СФУ.

Согласно требованиям стандартов, пояснительная записка содержит следующие разделы:

Введение.

1. Назначение и техническая характеристика проектируемой машины.

2. Расчет необходимых размеров рабочих элементов проектируемой машины.

3. Расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции машины или механизма.

3.1. Расчет мощности привода и выбор электродвигателя.

3.2. Кинематический и силовой расчеты привода.

3.3. Выбор элементов привода (редуктор, зубчатые передачи, соединительные муфты, тормоза).

3.4. Расчет открытых передач (при необходимости).

3.5. Расчеты на прочность барабанов, валов и соединений.

3.6. Выбор подшипников и проверка их на долговечность.

Библиографический список.

Приложения.

Кроме перечисленных разделов в состав записки должны входить титульный лист, техническое задание на проектирование машины (прил. 5), подписанное руководителем.

Листы пояснительной записки заполняются с одной стороны, расчетные схемы и графики выполняются в графическом редакторе. Для изображения графиков, диаграмм можно использовать листы большего формата, подшитые и сложенные в соответствии с требованиями стандартов.

Задание на проектирование подписывается руководителем проекта с указанием даты его выдачи и срока окончания.

Расчетно-пояснительная записка подписывается студентом и руководителем проекта после ее оформления.

Во введении дается краткое описание условий применения проектируемой машины в схеме грузопотока, режим ее работы в соответствии с назначением.

При обосновании конструкции машины в технической характеристике приводятся основные параметры: производительность, вид транспортируемого груза, его размеры и масса, геометрические размеры трассы конвейера, его производительность.

В разделе 2 «Расчет необходимых размеров рабочих элементов» определяются размеры тяговых органов (лент, цепей, канатов), размеры барабанов и блоков в соответствии с ГОСТ и Правилами РТН РФ.

В разделе 3 «Расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции машины или механизма» пояснительной записки представляются расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность проектируемой машины.

Для транспортирующих машин: общие расчеты, выбор и расчет тяговых элементов, уточнение погонных нагрузок от подвижных частей конвейеров, тяговой расчет, определение требуемой мощности привода, хода и величины усилия натяжения тягового элемента, кинематические расчеты, выбор комплектующих изделий и др.

Специальные расчеты: силовые и кинематические расчеты механизмов, расчеты на прочность элементов и деталей машины, проверочные расчеты подшипников и их выбор, расчет соединений (шпоночных, шлицевых) и устройств безопасности приводится отдельно.

При проведении расчетов на ЭВМ в данном разделе отражаются только результаты расчетов, а методика расчетов, алгоритмы и программы приводятся в приложении к пояснительной записке.

В приложении к записке также помещаются копии описаний к изобретениям и патентов.

Вопросы охраны труда и техники безопасности, сборки, демонтажа, транспортировки машин должны сопровождаться необходимыми расчетами.

2. ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Темой курсового проекта по дисциплине «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта» ведущим преподавателем может быть выбрано проектирование одной из транспортирующих машин, изучаемых в теоретическом курсе дисциплины.

Тема 1. Проектирование ленточного конвейера с прорезиненной лентой (варианты заданий представлены в табл. 2.1, на рис. 2.1).

Таблица 2.1

Варианты заданий к выполнению курсового проекта по теме 1

Исходные данные	Варианты заданий				
	1	2	3	4	5
Схема к расчету	Рис. 2.1	Рис. 2.2	Рис. 2.3	Рис. 2.4	Рис. 2.1
Назначение конвейера	Перемещение породы			Перемещение строительных смесей	
Условия работы конвейера	На открытом воздухе			Отапливаемое сухое помещение	
Температура окружающей среды, °С	от –20 до 30		от –40 до 40	от 0 до 15	
Производительность Q, т/ч	250	300	180	160	200
Скорость v, м/с	1,6	2,0	2,5	1,25	1,6
Транспортируемый груз	Уголь	Руда	Гравий	Сухой песок	Цемент
Плотность груза ρ, т/м^3	0,9	2,5	1,8	1,5	1,2

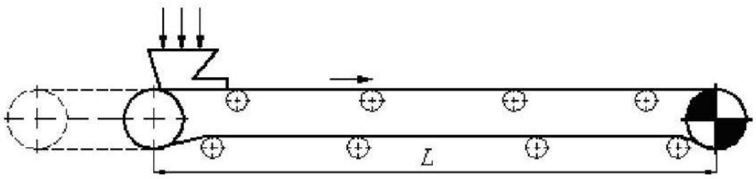


Рис. 2.1. Схема к расчету ленточного конвейера с горизонтальной трассой

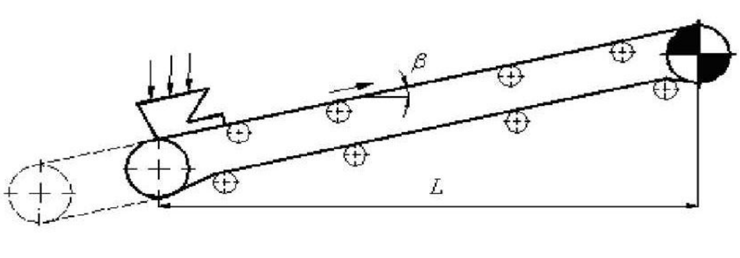


Рис. 2.2. Схема к расчету ленточного конвейера с наклонной трассой

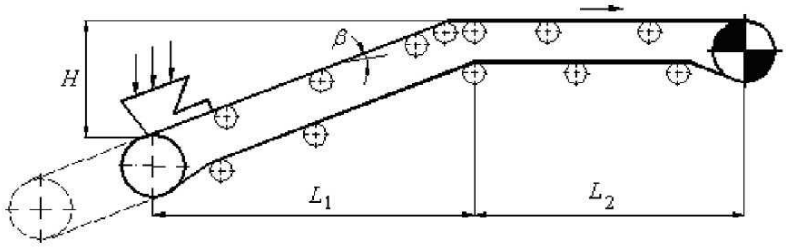


Рис. 2.3. Схема к расчету ленточного конвейера с наклонно-горизонтальной трассой

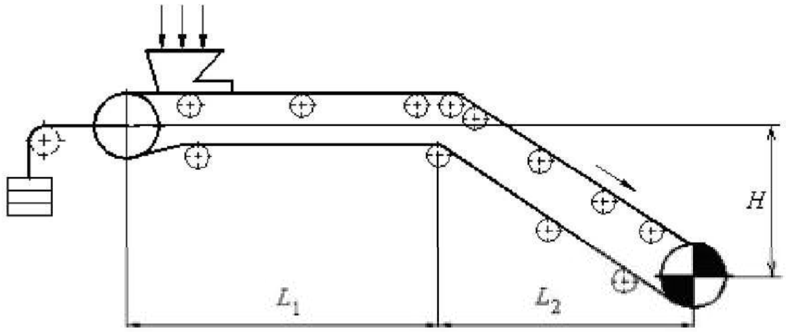


Рис. 2.4. Схема к расчету ленточного конвейера с горизонтально-наклонной трассой

Подробная методика расчета ленточного конвейера и необходимые рекомендации представлены в [12, с. 83–109].

Тема 2. Проектирование пластинчатого конвейера для транспортирования сыпучих и штучных грузов (исходные данные в табл. 2.2).

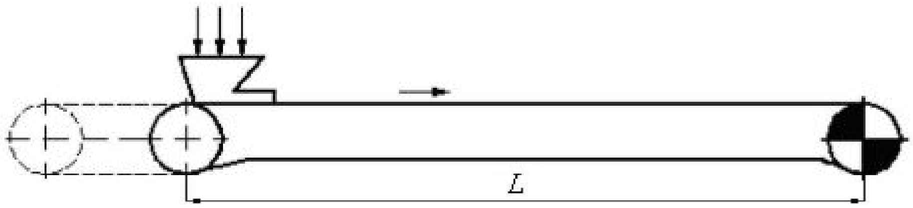


Рис. 2.5. Схема к расчету пластинчатого конвейера с горизонтальной трассой

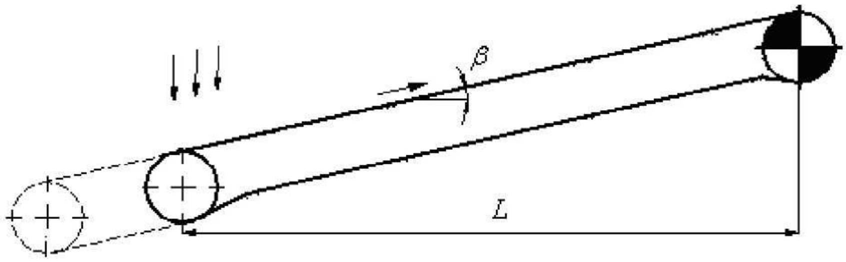


Рис. 2.6. Схема к расчету пластинчатого конвейера с наклонной трассой

Таблица 2.2

Варианты заданий к выполнению курсового проекта по теме 2

Исходные данные	Варианты заданий				
	1	2	3	4	5
Схема к расчету	Рис. 2.5	Рис. 2.6	Рис. 2.7	Рис. 2.8	
Назначение конвейера	Перемещение горячего шлака	Перемещение тяжелых абразивных грузов	Перемещение штучных грузов	Перемещение штучных грузов	Перемещение насыпных грузов
Условия работы конвейера	Сухое неотапливаемое помещение	Металлургический цех	Сборочный цех машиностроительного предприятия	Металлургическое производство	На открытом воздухе
Производительность Q, т/ч (Z, шт./ч)	80	125	100	150	320
Скорость v, м/с	0,125	0,16	0,2	0,2	0,25
Транспортируемый груз	Шлак	Уголь	Сборочные единицы машин	Горячие отливки	Руда
Плотность груза ρ, т/м^3	0,8	1,6	–	–	2,5
Масса груза m, кг	–	–	180	150	–
Размеры груза, мм	–	–	1000×500×1200	400×1200×500	–

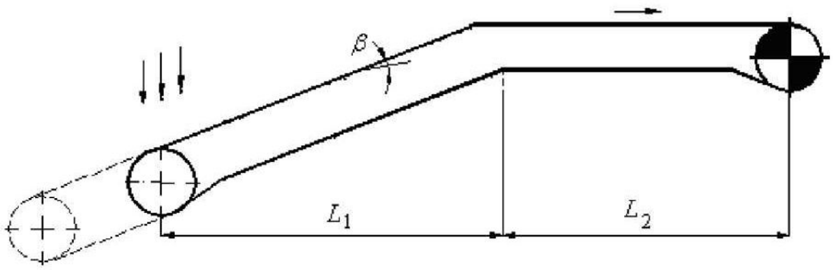


Рис. 2.7. Схема к расчету пластинчатого конвейера с наклонно-горизонтальной трассой

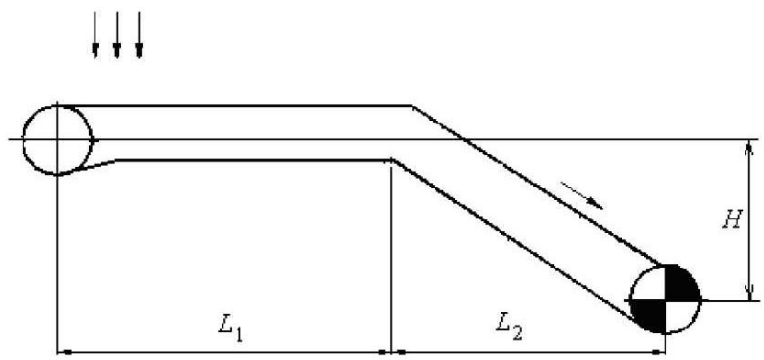


Рис. 2.8. Схема к расчету пластинчатого конвейера с горизонтально-наклонной трассой

Подробная методика расчета пластинчатого конвейера и необходимые рекомендации представлены в [12, с. 123–131].

Тема 3. Проектирование цепного скребкового конвейера с высокими скребками для транспортирования сыпучих грузов (исходные данные в табл. 2.3.)

Таблица 2.3

Варианты заданий к выполнению курсового проекта по теме 3

Исходные данные	Варианты заданий				
	1	2	3	4	5
Длина трассы конвейера L, м	15	20	25	30	50
Угол наклона трассы β, град	0	10	15	20	30
Производительность Q, т/ч	20	30	80	120	150
Скорость v, м/с	0,1	0,125	0,16	0,25	0,5
Транспортируемый груз	Сода кальцинированная	Цемент	Поваренная соль	Каменный уголь	Щебень
Плотность груза ρ, т/м^3	0,40–1,25	1,0–1,3	1,5–1,8	0,65–0,80	1,5–1,8

Тема 4. Проектирование ковшового ленточного элеватора для транспортирования сыпучих грузов (исходные данные в табл. 2.4).

Таблица 2.4

Варианты заданий к выполнению курсового проекта по теме 4

Номер варианта	Высота элеватора H, м	Производительность Q, т/ч	Наименование груза	Плотность груза ρ, т/м^3
1	40	80	Цемент	1,0–1,3
2		100	Влажная земля	1,2–1,6
3	50	120	Зерно	0,6–0,7
4		150	Глина	1,0–1,5
5	60	200	Гравий сортированный	1,5–1,8
6		250	Каменный уголь	0,7–0,9
7	70	220	Торф	0,3–0,5
8		280	Щебень	1,5–1,8
9	80	300	Кокс	0,4–0,5
10		350	Гречиха	0,6

Тема 5. Проектирование подвесного грузонесущего конвейера с горизонтальной трассой для транспортирования штучных грузов (исходные данные в табл. 2.5).

Таблица 2.5

Варианты заданий к выполнению курсового проекта по теме 5

Исходные данные	Варианты заданий				
	1	2	3	4	5
Назначение конвейера	Межоперационное транспортирование в сборочном производстве машин	Транспортирование деталей машин (заготовок между станками)	Транспортирование литейных стержней для процесса сборки	Внутрицеховое и межцеховое транспортирование отливок, поковок	Транспортирование тарных грузов (тюки, пачки) на складах
Длина трассы конвейера L, м	250	300	350	400	500
Производительность Z, шт./ч	225	360	750	500	320
Скорость v, м/с	0,1	0,125	0,16	0,2	0,25
Транспортируемый груз	Узлы, детали машин	Заготовки, детали машин	Металлические стержни	Отливки, поковки	Тюки, кипы, пачки
Масса груза m, кг	50	100	15	100	25
Размеры груза, мм	500×750×500	1000×1000×500	500×300×200	500×300×500	1000×750×500
Способ загрузки	Автоматический	Грузоподъемными средствами	Вручную	Грузоподъемными средствами	Автоматический

3. СЕМЕСТРОВЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

График выполнения курсового проекта по дисциплине «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта» в соответствии с учебным планом представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1

ГРАФИК

учебного процесса и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта» направления 190100.68 на 11 семестр

№ п/п	Наименование дисциплины	Семестр	Число часов аудиторных занятий		Форма контроля	Число часов на самостоятельную работу		Недели учебного процесса семестра																	
			Всего	По видам		Всего	По видам	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта	11	18			43	Другие виды работ – 3																		
				Практические – 18	Зачет		РЗ			ВРЗ2					СРЗ2 ВРЗ4						СРЗ4				
							Курсовой проект – 40		ВКП															СКП	
							КН					1КН						2КН							

Условные обозначения: ТО – изучение теоретического курса; РЗ – расчетное задание; ВРЗ – выдача расчетного задания; СРЗ – сдача расчетного задания; КР – курсовая работа; ВКР – выдача курсовой работы; СКР – сдача курсовой работы; КП – курсовой проект; ВКП – выдача курсового проекта; СКП – сдача курсового проекта; РФ – реферат; ВРФ – выдача темы реферата; СРФ – сдача реферата; ЛР – лабораторные работы; ВЛР – выполнение лабораторной работы; ЗЛР – защита лабораторной работы; КН – контрольная неделя (аттестационная неделя); ВТ – входное тестирование по дисциплине; ПТ – промежуточное тестирование; ИТ – итоговое тестирование.

4. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

4.1. Расчет скребкового конвейера

4.1.1. Основные рекомендации по проектированию скребковых конвейеров

Основное требование при проектировании скребковых конвейеров – их работа в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Долговечность основных деталей и узлов конвейеров с высокими скребками должна составлять не менее 8000 ч при круглосуточной эксплуатации. Все узлы конвейера должны быть транспортабельны (для автомобильного, железнодорожного и водного транспорта), иметь захватные элементы для удобства погрузочно-разгрузочных операций.

В скребковых конвейерах для транспортирования абразивных грузов скребки и желобы должны быть изготовлены из материалов повышенной твердости, для липких (или клейких) грузов необходимо устанавить дополнительные очистные устройства. В линиях для слеживающихся грузов используют конвейеры с повышенной шириной желоба, а промежуточные емкости снабжают сводоразрушающими устройствами.

Привод скребкового конвейера должен быть снабжен предохранительным устройством (муфта предельного момента, срезные пальцы), исключающим возможность поломки конвейера в случае его перегрузки или при заклинивании цепи.

Расчет выполняют в два этапа: обобщенный расчет, при котором производится предварительное определение основных параметров, и поверочный расчет, в котором уточняются ранее выбранные и определенные параметры.

В предварительном расчете определяют ширину желоба, мощность привода и натяжение цепи, производят выбор тягового органа и элементов привода, уточняют скорость рабочего органа.

В поверочном расчете уточняют производительность, выполняют тяговый расчет, проверяют мощность привода, шаг скребков, усилие натяжного устройства.

4.1.2. Обобщенный тяговый расчет конвейера

Исходные данные для расчета:
тип скребков;
производительность Q, т/ч;
скорость v, м/с;
транспортируемый груз;

плотность груза ρ, $т/м^3$;
конфигурация трассы конвейера;
длина конвейера L, м;
угол наклона конвейера β, град.

Определение размеров желоба. Легкосыпучие, зернистые и пылевидные грузы располагаются перед высоким скребком отдельными порциями (рис. 4.1, *а*), называемыми телами волочения. Если порция груза велика, возможно пересыпание его через скребок и ссыпание в стороны. Поэтому высота h тела волочения должна быть меньше высоты скребка $h_с$ и желоба $h_ж$.

Плохосыпучие кусковые грузы меньше подвержены перемешиванию и перемещаются более равномерным слоем (рис. 4.1, *б*), но и его высота h не должна превышать высоты желоба $h_ж$. С увеличением угла наклона β конвейера объем груза перед скребком уменьшается (рис. 4.1, *в*), что приводит к снижению производительности.

Расчетная площадь поперечного сечения желоба (рис. 4.1)

$$F = B_ж h_ж \psi C_з , \tag{4.1}$$

где $B_ж$ – ширина желоба, м; $h_ж$ – высота желоба, м; ψ – обобщенный коэффициент заполнения желоба; для легкосыпучих мелких грузов $\psi = 0{,}5–0{,}6$; для плохосыпучих кусковых грузов $\psi = 0{,}7–0{,}8$; $C_з$ – коэффициент, учитывающий уменьшение производительности конвейера с увеличением угла его наклона, определяемый по табл. 4.1.

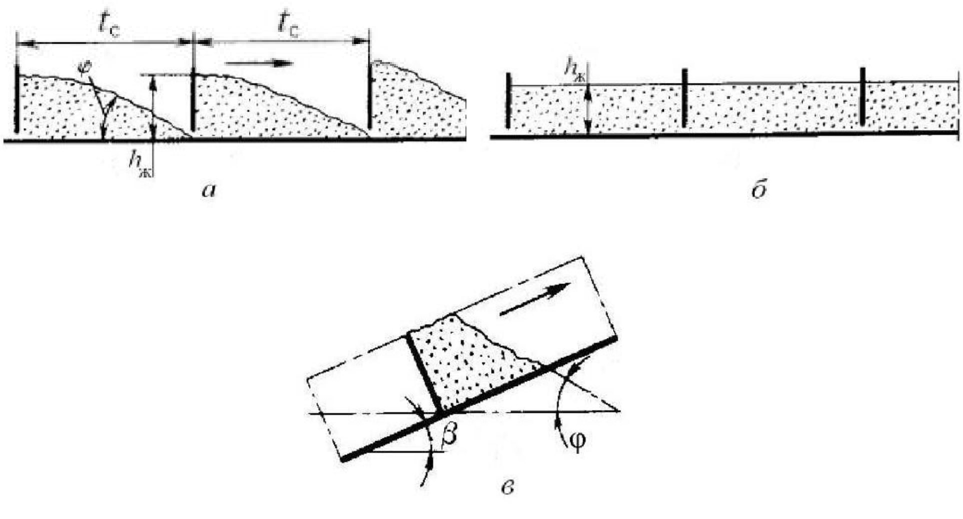


Рис. 4.1. Схема расположения насыпного груза перед высокими скребками: при транспортировании легкосыпучего зернистого и пылевидного груза (*а*); плохосыпучего кускового (*б*); на наклонном конвейере (*в*)

Таблица 4.1

Значение коэффициента $C_з$

Транспортируемый груз	Угол наклона конвейера β, град					
	0	10	20	30	35	40
Легкосыпучий	1	0,85	0,65	0,5	–	–
Плохосыпучий	1	1	1	0,75	0,6	0,5

Рабочая высота желоба

$$h_ж = \sqrt{\frac{Q}{3600 k v \rho C_з \psi}}, \qquad (4.2)$$

где k – коэффициент соотношения ширины и высоты желоба (k = 2,4–4); v – скорость перемещения скребков, м/с.

Ширина желоба с высокими сплошными скребками

$$B_ж = k\, h_ж. \qquad (4.3)$$

Ширина желоба с низкими сплошными скребками

$$B_ж = \frac{Q}{3600 v \rho \psi' c_п h}, \qquad (4.4)$$

где ψ' – коэффициент, учитывающий объем, занимаемый цепью со скребками (ψ' = 0,8–0,85); $c_п$ – поправочный коэффициент для горизонтальных и пологонаклонных конвейеров ($c_п$ = 0,9–0,8); h – высота слоя груза, мм; для горизонтальных и пологонаклонных конвейеров h = (0,3–0,6)$B_с$, где ширина скребка $B_с \approx B_ж$ = (5–15) мм; для конвейеров с крутонаклонными участками $h = h_с$.

Высота скребка $h_с$ для крутонаклонных конвейеров с низкими скребками (β = 35–60°) принимается равной или меньше высоты цепи $h_с \approx$ 50–30 мм. Для горизонтальных и пологонаклонных конвейеров (β < 20–30°) высота скребка $h_с \approx$ 60–130 мм.

Полученную высоту желоба округляют до ближайшего большего по нормальному ряду 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800, 1000 и 1200 мм с учетом зазора между желобом и скребком на каждую сторону по 5–15 мм.

Высоту скребка для конвейеров с высокими скребками конструктивно принимают на 25–50 мм больше рабочей высоты желоба

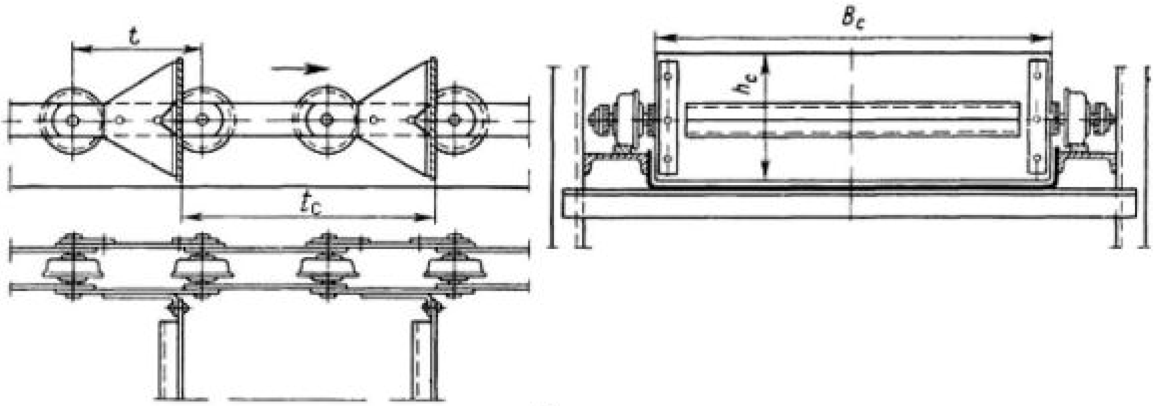
$$h_c = h_ж + (25–50). \qquad (4.5)$$

Шаг скребков, мм, принимают равным двум шагам цепи $t_c = 2\ t_ц$ или $t_c = (2–4)h_c$.

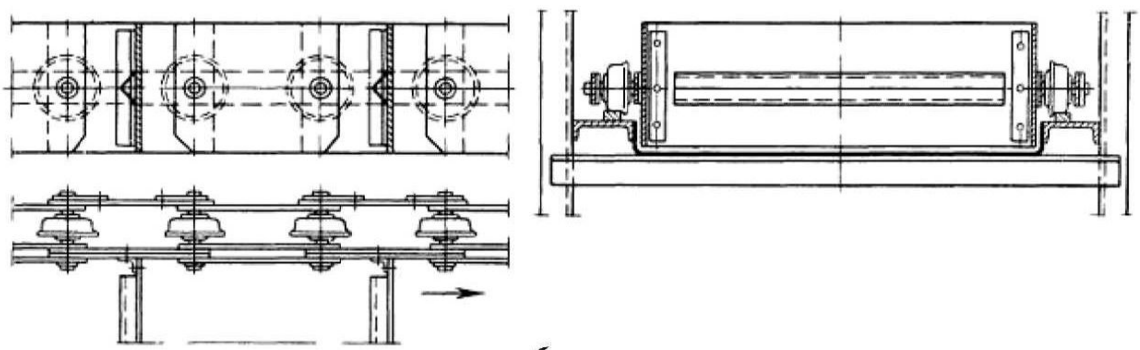
Полученные ширину желоба и шаг скребка необходимо проверить по гранулометрическому составу транспортируемого груза, исходя из наибольшего типичного размера куска груза $B_ж \geq k_c a'$, $t_c \geq 1,5a'$, где a' – средний размер частиц груза, мм; k_c – коэффициент, учитывающий тип груза.

Для двухцепных конвейеров при сортированном грузе k_c = 3–4 и рядовом грузе k_c = 2–2,5; для одноцепных конвейеров соответственно k_c = 5–7 и k_c = 3–3,5, так как проходящая посередине желоба цепь ухудшает условия загрузки и разгрузки конвейера.

Основные параметры скребковых конвейеров с высокими сплошными скребками (рис. 4.2) выбирают по табл. 4.2.



а



б

Рис. 4.2. Ходовая часть скребковых конвейеров: с прямоугольными высокими скребками без боковых стенок (*а*); с боковыми подвижными стенками (*б*)

Таблица 4.2

Основные параметры скребковых конвейеров
с высокими сплошными скребками

Размер скребка, мм		Шаг скребка $t_с$, мм	Шаг цепи $t_ц$, мм	Число тяговых цепей	Производительность Q, м^3/ч, при горизонтальном транспортировании со скоростью 0,5 м/с	Наибольшие размеры кусков груза, мм	
Ширина $B_с$	Высота $h_с$					рядового	сортированного
200	100	320	160	1	30	50	30
250	125	320	160	1	50	60	40
320	160	500	250	1	60	80	50
400	200	500	250	2	100	180	120
500	200	640	320	2	125	220	150
650	250	640	320	2	200	300	200
800	250	640	320	2	250	350	220
1000	320	800	400	2	400	350	300
1200	400	800	400	2	630	400	350

Определение погонных нагрузок. Погонная нагрузка от массы транспортируемого груза

$$q_г = \frac{gQ}{(3{,}6vk_г)}, \tag{4.6}$$

где Q – производительность, т/м^3; v – скорость конвейера, м/с; $k_г$ – коэффициент, учитывающий гранулометрический состав груза; $k_г$ = 0,9 – для кусковых, зернистых и порошкообразных грузов; $k_г$ = 0,8 – для пылевидных грузов.

Погонная нагрузка от тяговой цепи

$$q_0 = k_q q_г, \tag{4.7}$$

где k_q = 0,5–0,6 – эмпирический коэффициент для одноцепных конвейеров; k_q = 0,6–0,8 – для двухцепных конвейеров.

Погонная нагрузка от массы холостой ветви

$$q_{х.в} = q_0(H - L\omega), \tag{4.8}$$

где q_0 – линейная нагрузка от скребковой цепи, Н/м; ω – коэффициент сопротивления движению опорных элементов тяговых цепей.

Минимальное и максимальное натяжения цепей. Минимальное натяжение тяговой цепи принимают S_{min} = 3000–6000 Н в зависимости от длины и производительности конвейеров. У горизонтальных конвейеров (рис. 4.3, *а*) точка S_{min} расположена в точке сбегания цепи с приводной звездочки. У наклонных и комбинированных конвейеров с наклонной хвостовой частью (рис. 4.3, *б, в*) S_{min} может быть в точках 1 и 2 в зависимости от соотношения L, ω и H, где L – длина конвейера.

Для цепей с ходовыми катками ω = 0,1–0,13; для цепей без катков ω = 0,25.

Если $L\omega > H$, то S_{min} находится в точке 1.

Если $L\omega < H$, то S_{min} – в точке 2.

Если $L\omega = H$, натяжения в точках 1 и 2 равны (без учета потерь на перегиб трассы).

Для комбинированных конвейеров с горизонтальным хвостовым участком трассы (рис. 4.3, *г, д*) точка S_{min} зависит от соотношения величин $L'\omega$ и H, где L' – проекция длины от привода до начала горизонтального участка.

Если $L'\omega > H$, то S_{min} находится в точке 1.

Если $L'\omega < H$, то S_{min} – в точке 2.

Предварительно необходимо выбрать тяговые цепи (рис. 4.4, табл. 4.3.)

Максимальное натяжение цепей определяют по приближенной формуле

$$S_{max} = q_г \left(\omega_ж L + H\right) + S_{min} + q_{х.в}, \tag{4.9}$$

где $q_г$ – погонная нагрузка от массы транспортируемого груза, Н/м; $\omega_ж$ – коэффициент сопротивления при движении груза в желобе; $\omega_ж$ = 0,8–2,0 – для катковых цепей; $\omega_ж$ = 1,0–4,5 – для скользящих цепей; H – высота подъема груза, м; $q_{х.в}$ – погонная нагрузка от массы холостой ветви, Н.

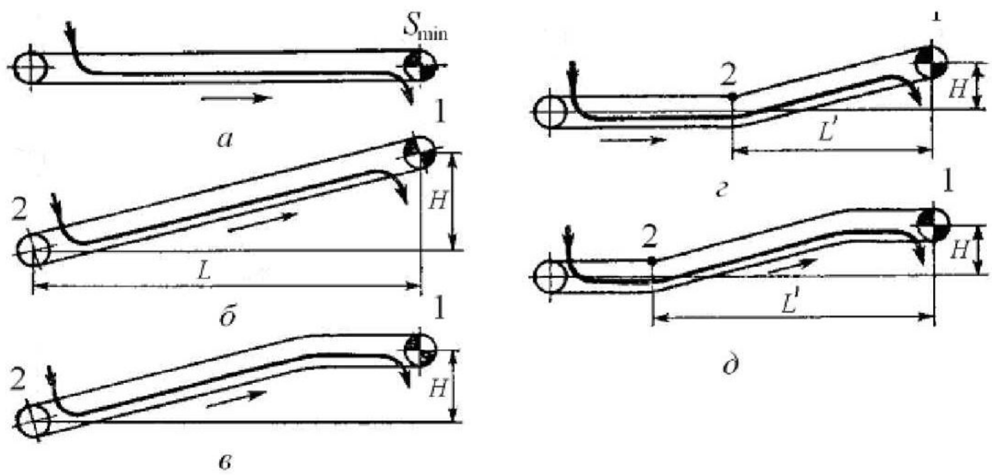


Рис. 4.3. Расчетные схемы скребковых конвейеров

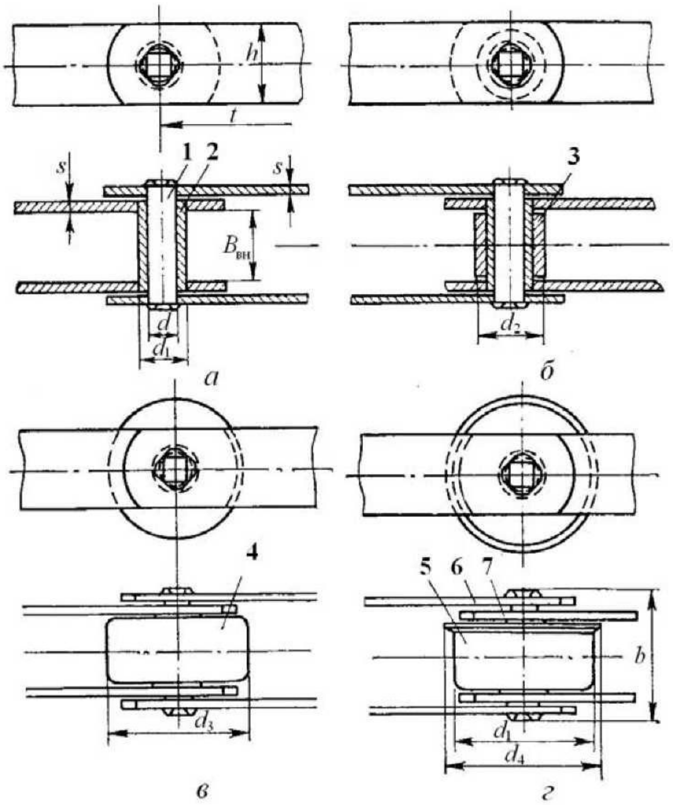


Рис. 4.4. Пластинчатые втулочные и катковые цепи:
1 – валик; 2, 3 – втулки; 4, 5 – катки; 6, 7 – пластины

Высота подъема груза

$$H = L\sin\beta. \tag{4.10}$$

По рассчитанной величине S_{max} с учетом динамических нагрузок проверяется тяговая цепь на прочность.

При двух цепях усилие на одну цепь с учетом неравномерности распределения нагрузок

$$S_{расч} = 1{,}5 S_{max} / 2. \tag{4.11}$$

По величине $S_{расч}$, полученной общим расчетом, проверить цепи по условию

$$S_{разр} \geq S_{расч} k, \tag{4.12}$$

где $S_{разр}$ – разрушающая нагрузка одной цепи, кН; k – коэффициент запаса прочности цепи; k = 8–10 – для наклонных конвейеров; k = 6–7 – для горизонтальных конвейеров.

Исходя из условия, необходимо выбрать цепь по табл. 4.3.

4.1.3. Поверочный расчет

После выбора цепи производят поверочный расчет, в котором выполняют подробные вычисления сопротивлений движению тягового элемента на всех участках трассы на основе предварительного расчета.

Сопротивление на прямолинейных горизонтальных участках:

для загруженной ветви

$$W_{г.н} = (q_г + q_о)\ell_г\omega \,, \qquad (4.13)$$

где $\ell_г$ – длина горизонтального участка конвейера, м;

для незагруженной ветви

$$W_{г.в} = q_о\ell_г\omega. \qquad (4.14)$$

Сопротивление на прямолинейных наклонных участках:

для загруженной ветви

$$W_{н.н} = (q_г + q_о)\ell_2\omega \pm (q_г + q_о)H, \qquad (4.15)$$

для незагруженной ветви

$$W_{н.в} = q_о\ell_2\omega \pm q_оH, \qquad (4.16)$$

где l_2 – длина горизонтальной проекции наклонного участка конвейера, м.

Сопротивление на поворотных звездочках

$$W_{зв} = S_{зв}(\xi - 1), \qquad (4.17)$$

где $S_{зв}$ – натяжение цепи в точке набегания цепи на звездочку, Н; ξ – коэффициент сопротивления на звездочках; ξ = 1,03–1,04 – для звездочек на подшипниках качения; ξ = 1,05–1,07 – на подшипниках скольжения.

Сопротивление очистительных устройств

$$W_{оч} = q_{оч}z_{оч}B_ж\,, \qquad (4.18)$$

где $q_{оч}$ – линейная нагрузка от очистительных устройств ($q_{оч}$ = 300–500 Н/м); $z_{оч}$ – число очистительных устройств, шт.

Таблица 4.3

Основные параметры и размеры пластинчатых цепей

Номер цепи	Разрушающая нагрузка $S_{разр}$, кН, не менее	Шаг цепи $t_ц$, мм	b_1	b_2	b_3	b_4	d, мм	d_1, мм	d_2, мм	d_3, мм	d_4, мм	d_5, мм	h, мм не более	s, мм
			не более, мм											
М20	20	40**–160	35	3,5	15	49	–	6,0	9,0	12,5	25	35	18	2,5
М28	28	50**–200	40	4,0	17	56	–	7,0	10,0	15,0	30	40	20	3,0
М40	40	63–250	45	4,5	19	63	–	8,5	12,5	18,0	36	45	25	3,5
М56	56	63**–250	52	5,0	23	72	–	10,0	15,0	21,0	42	55	30	4,0
М80	80	80–315	62	6,0	27	86	–	12,0	18,0	25,0	50	65	35	5,0
М112	112	80**–400	73	7,0	31	101	–	15,0	21,0	30,0	60	75	40	6,0
М160	160	100**–500	85	8,5	36	117	–	18,0	25,0	36,0	70	90	45	7,0
М224	224	125**–630	98	10,0	42	134	–	21,0	30,0	42,0	85	105	56	8,0
М315	315	160**–630	112	12,0	47	154	–	25,0	36,0	50,0	100	125	60	10,0
М450	450	200–800	135	14,0	55	185	–	30,0	42,0	60,0	120	150	70	12,0
М630	630	250–1000	154	16,0	65	214	–	36,0	50,0	70,0	140	175	85	14,0
М900	900	250**–1000	180	18,0	76	254	–	44,0	60,0	85,0	170	210	105	16,0
М1250	1250	315**–1000	230	22,0	90	310	–	50,0	71,0	100,0	200	250	120	20,0
М1800	1800	400–1000	260	24,0	110	370	–	60,0	85,0	118,0	236	276	150	22,0
МС28	28	63–160	42	4,5	17	–	8,3	13,0	17,5	22,5	36	45	26	3,0
МС56	56	80–250	48	5,0	23	–	10,3	15,5	21,0	27,0	50	65	36	4,0
МС112	112	100–315	67	7,0	31	–	14,3	22,0	29,0	38,0	70	90	51	6,0
МС224	224	160–500	90	10,0	42	–	20,3	31,0	41,0	53,0	100	125	72	8,0

* Шаг цепи выбирается из ряда: 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 мм.

** Применение шагов, отмеченных **, для катковых цепей не допускается.

Сопротивление от перегиба цепи на отклоняющем устройстве

$$W_{\text{из}} = \frac{2{,}1\mu d S'_{\text{нб}}}{D_{\text{о}}}, \tag{4.19}$$

где μ – коэффициент трения в шарнирах цепи без смазки (μ = 0,45); $S'_{\text{нб}}$ – натяжение цепи при набегании на отклоняющее устройство; d – диаметр валика цепи, м; $D_{\text{о}}$ – диаметр делительной окружности звездочки, м (табл. 4.4).

Сопротивление от перегиба цепи на приводной звездочке

$$W_{\text{из.п}} = \frac{\left(S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}\right)\mu d}{D_{\text{о}}}, \tag{4.20}$$

где $S_{\text{нб}}$ и $S_{\text{сб}}$ – натяжение цепи в точке набегания и сбегания с приводной звездочки соответственно.

Сопротивление подшипников приводных звездочек

$$W_{\text{п.п}} = \left(S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}\right)\omega_{\text{п}} \sin\frac{\beta}{2}, \tag{4.21}$$

где $\omega_{\text{п}}$ = 0,10–0,15 коэффициент сопротивления подшипников качения с уплотняющими устройствами; β – угол перегиба цепи.

Сопротивление подшипников отклоняющих звездочек

$$W_{\text{п.о}} = 2{,}1 S_{\text{нб}} \omega_{\text{п}} \sin\frac{\beta}{2}. \tag{4.22}$$

Полное сопротивление движению

$$W = W_{\text{г.в}} + W_{\text{г.н}} + W_{\text{н.в}} + W_{\text{н.н}} + W_{\text{з.в}} + W_{\text{оч}} + W_{\text{из}} + W_{\text{из.п}} + W_{\text{п.п}} + W_{\text{п.о}}. \tag{4.23}$$

Таблица 4.4

Диаметры делительных окружностей звездочек для пластинчатых цепей

Шаг звена цепи $t_{\text{ц}}$, мм	Число зубьев z					
	8	10	12	13	16	20
100	261,31	323,61	386,37	417,86	512,58	639,25
125	326,64	404,50	482,96	522,34	640,73	799,08
160	418,10	517,76	618,19	668,59	820,13	1022,82
200	522,62	647,22	772,74	835,72	1025	1278,52
250	653,28	809,00	965,93	1044,68	1281,45	1598,15
315	823,13	1019,37	1217,07	1316,26	1614,63	2013,64
400	1045,24	1294,44	1545,48	1671,44	2050,32	–
500	1306,56	1618,00	1931,86	2089,36	–	–

Уточнение производительности конвейера. При поверочном расчете производительность конвейера Q, т/ч, определяется по формуле

$$Q = 3600 F \rho v, \qquad (4.24)$$

где F – площадь поперечного сечения, м^2; ρ – плотность груза, т/м^3; v – скорость конвейера, м/с.

Уточненный тяговый расчет. Уточненный тяговый расчет производится методом обхода по контуру начиная с точки минимального натяжения цепи $S_{\min}$ (точка 1), рис. 4.5.

$$S_1 = S_{\min} = (3000\text{–}6000)\text{Н},$$

$$S_2 = S_1 + q_о L\omega - q_о H,$$

$$S_3 = S_2(\xi - 1),$$

$$S_4 = S_3 + (q_г + q_о)L\omega + (q_г + q_о)H.$$

Величины погонных нагрузок определяют по (4.6)–(4.8).

Выбор элементов привода. Окружное усилие на приводных звездочках

$$W_о = S_{нб} - S_{сб} + (S_{нб} + S_{сб})(\xi - 1). \qquad (4.25)$$

Необходимая мощность двигателя

$$P = \frac{v k_з W_о}{1000\eta}, \qquad (4.26)$$

где $k_з$ = 1,1–1,35 – коэффициент запаса; $W_о$ – окружное усилие на приводных звездочках, Н; η = 0,9 – КПД привода конвейера.

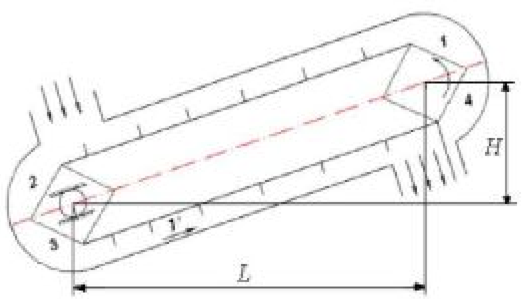


Рис. 4.5. Схема скребкового конвейера для расчета методом обхода по контуру

Выбираем двигатель с мощностью P, кВт, и частотой вращения n, мин$^{-1}$, по табл. П.1.1 прил. 1.

Частота вращения приводного вала, мин$^{-1}$:

$$n_{пр} = \frac{60v}{\pi D_o}, \quad (4.27)$$

где v – скорость тягового органа, м/с.

Требуемое передаточное число привода

$$U = \frac{n}{n_{пр}}. \quad (4.28)$$

По передаточному числу выбираем редуктор (прил. 2, табл. П.2.1) с учетом условия передачи мощности $P_{ред} > P$.

Выбираем муфту по наибольшему крутящему моменту (прил. 3, табл. П.3)

Выбор тормоза. Тормозной момент

$$M_{т.р} = k_т M_{т.с}, \quad (4.29)$$

где $k_т$ – коэффициент запаса торможения; $k_т$ = 1,5–1,75; $M_{т.с}$ – статический тормозной момент, Н.

Статический тормозной момент

$$M_{т.с} = 9550\frac{P}{n}. \quad (4.30)$$

Выбираем тормоз по табл. П.4.1, прил. 4.

Выбор натяжного устройства. Устанавливаем винтовое или пружинно-винтовое натяжное устройство.

Ход натяжного устройства

$$\ell = (1{,}6 - 2{,}0)t_ц, \quad (4.31)$$

где $t_ц$ – шаг цепи, мм.

4.2. Расчет скребкового конвейера

Задание: спроектировать горизонтально-наклонный скребковый конвейер с высокими скребками для перемещения цемента.

Исходные данные для расчета:

производительность $Q = 250$ т/ч;

скорость $v = 0{,}5$ м/с;

тип скребков – высокие сплошные скребки;

трасса конвейера – горизонтально-наклонная;

длина участков конвейера $l_1 = 10$ м, $l_2 = 20$ м;

угол наклона конвейера $\beta = 10°$;

транспортируемый груз – цемент;

плотность груза $\rho = 1{,}6$ т/м^3.

4.2.1. Обобщенный расчет скребкового конвейера с высокими сплошными скребками

Определение размеров желоба. Определяем рабочую высоту желоба по формуле (4.2):

$$h_ж = \sqrt{\frac{Q}{3600 k v \rho C_з \psi}} = \sqrt{\frac{250}{3600 \cdot 4 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}65 \cdot 0{,}6}} = 0{,}235 \text{ м},$$

где k – коэффициент соотношения ширины и высоты желоба ($k = 4$); $C_з$ – коэффициент, учитывающий уменьшение производительности конвейера с увеличением угла его наклона, принимаем $C_з = 0{,}65$ (табл. 4.1); ψ – обобщенный коэффициент заполнения желоба для легкосыпучих мелких грузов ($\psi = 0{,}5$).

Определяем ширину желоба с высокими сплошными скребками (4.4):

$$B_ж = kh_ж = 4 \cdot 0{,}235 = 940 \text{ мм}.$$

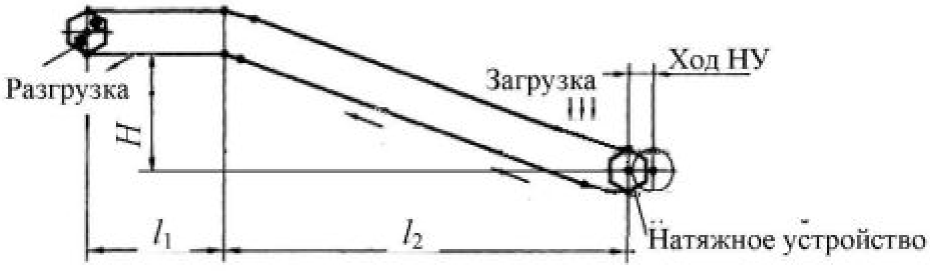


Рис. 4.6. Схема к расчету скребкового конвейера

Зазор между скребком и желобом должен быть 5–15 мм с каждой стороны. Принимаем его 10 мм, получаем ширину желоба

$$B_ж = 940 + 2 \cdot 10 = 960 \text{ мм}.$$

Полученную ширину желоба округляем до ближайшего большего по нормальному ряду, $B_ж = 1000$ мм. Принимаем две тяговые цепи.

Высоту скребка конструктивно принимаем на 25−50 мм больше рабочей высоты желоба:

$$h_с = h_ж + 50 = 235 + 50 = 285 \text{ мм}.$$

Принимаем высоту скребка $h_с = 320$ мм (табл. 4.2).

Шаг скребков принимаем $t_с = (2−4)h_с = 2{,}5 \cdot 320 = 800$ мм.

Таким образом, по данным табл. 4.2, принимаем:

высоту скребка $h_с = 320$ мм;

ширину желоба $B_ж = 1000$ мм;

шаг скребков $t_с = 800$ мм;

шаг цепи $t_ц = 400$ мм.

Площадь поперечного сечения желоба по формуле (4.1)

$$F = B_ж h_ж \psi C_з = 1 \cdot 0{,}235 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}65 = 0{,}091 \text{ м}^3.$$

Определение погонных нагрузок. Прогонная нагрузка от массы транспортируемого груза (4.6):

$$q_{ã} = \frac{gQ}{(3{,}6 v k_{ã})} = \frac{9{,}8 \cdot 250}{(3{,}6 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8)} = 1703 \text{ Н},$$

где $k_г = 0{,}8$ – для пылевидных грузов.

Погонная нагрузка от тяговой цепи (4.7):

$$q_0 = k_q q_г = 0{,}7 \cdot 1703 = 1192 \text{ Н},$$

где $k_q = 0{,}7$ – для двухцепных конвейеров.

Погонная нагрузка от массы холостой ветви (4.8):

$$q_{õ.â} = q_{\mathrm{i}}(H - L\omega) = 1192(6{,}8 - 30 \cdot 0{,}12) = 3814 \text{ Н},$$

где ω = 0,12 – коэффициент сопротивления опорных элементов тяговых цепей с ходовыми катками; H – высота подъема груза; $H = 20 \cdot \sin 20 = 6{,}8$ м.

Минимальное и максимальное натяжение цепей. Минимальное натяжение тяговой цепи принимаем $S_{\min} = 6000$ Н.

Так как трасса конвейера горизонтально-наклонная и выполняется условие $L\omega < H$, то $S_{\min}$ находится в точке 1.

Предварительно принимаем две катковые цепи с ребордами на катках по ГОСТ 588–81 (М224) с шагом цепи $t_ц = 400$ мм.

Максимальное натяжение цепей (4.9):

$$S_{\max} = q_{ã}\left(\omega_{æ}\, L + Í\ \right) + S_{\min} + q_{õ.â} = 1703\cdot\left(1\cdot 30 + 6{,}8\right) + 6000 + 3814 = 72484\,\text{Н},$$

где $\omega_ж = 1$ – коэффициент сопротивления движению груза в желобе для катковых цепей.

По $S_{\max}$ с учетом динамических нагрузок проверяем тяговую цепь на прочность.

При двух цепях усилие на одну цепь с учетом неравномерности распределения нагрузок (4.11):

$$S_{ðàñ÷} = 1{,}5 S_{\max} / 2 = 1{,}5 \cdot 72484/2 = 54363 \text{ Н}.$$

По величине $S_{расч}$, полученной общим расчетом, проверим цепи по условию

$$S_{ðàçð} \geq S_{ðàñ÷}\, k\ ,$$

$$S_{ðàçð} \geq 54363 \cdot 8\ ,\ S_{ðàçð} \geq 434906\,\text{Н},$$

где $S_{разр}$ – разрушающая нагрузка одной цепи, кН; k – коэффициент запаса прочности цепи для наклонных конвейеров принимаем $k = 8$.

Исходя из условия прочности выбираем цепь М450 (табл. 4.3) с разрушающей нагрузкой $S_{ðàçð} = 450$ кН.

4.2.2. Поверочный расчет

Выполняем подробные вычисления сопротивлений движению тягового элемента на всех участках трассы (рис. 4.6).

Сопротивление на прямолинейных горизонтальных участках:

для загруженной ветви (4.13)

$$W_{г.н} = (q_г\, \omega_ж + q_о \omega)\ell_1 = (1703 \cdot 1 + 1192 \cdot 0{,}12)\cdot 10 = 18460 \text{ Н},$$

где ℓ_1 – длина горизонтального участка конвейера, м;

для незагруженной ветви (4.14)

$$W_{г.в} = q_о \ell_1 \omega = 1192 \cdot 10 \cdot 0{,}12 = 1430 \text{ Н}.$$

Сопротивление на прямолинейных наклонных участках:

для загруженной ветви (4.15)

$$W_{\text{н.н}} = (q_{\text{г}}\,\omega_{\text{ж}} + q_{\text{о}}\omega)\ell_2 \pm (q_{\text{г}} + q_{\text{о}})H = (1703\cdot1 + 1192\cdot0{,}12)\cdot20 +$$

$$+ (1703 + 1192)\cdot 6{,}8 = 59606 \text{ Н},$$

где l_2 – длина горизонтальной проекции наклонного участка конвейера, м.

для незагруженной ветви (4.16)

$$W_{\text{н.в}} = q_{\text{о}}\ell_2\omega \pm q_{\text{о}}H = 1192\cdot20\cdot0{,}12 - 1192\cdot6{,}8 = -5245 \text{ Н}.$$

Сопротивление на поворотных звездочках (4.17)

$$W_{\text{зв}} = S_{\text{зв}}(\xi - 1) = 23340\cdot(1{,}06 - 1) = 1400 \text{ Н},$$

где $S_{\text{зв}}$ – натяжение цепи в точке набегания цепи на звездочку, Н; ξ – коэффициент сопротивления на звездочках (для звездочек на подшипниках качения принимаем $\xi = 1{,}06$).

Сопротивление очистительных устройств (4.18)

$$W_{\text{і÷}} = q_{\text{і÷}} z_{\text{і÷}} \hat{A}_{\text{æ}} = 400\cdot1\cdot1 = 400 \text{ Н},$$

где $q_{\text{оч}} = 400$ – линейная нагрузка от очистительных устройств, Н/м; $z_{\text{оч}}$ – число очистительных устройств, шт.

Сопротивление от перегиба цепи на отклоняющем устройстве (4.19)

$$W_{\text{èç}} = \frac{2{,}1\mu d S^{/}_{\text{íá}}}{D_{\text{î}}} = \frac{2{,}1\cdot0{,}45\cdot0{,}03\cdot23340}{1{,}2944} = 511 \text{ Н},$$

где μ – коэффициент трения в шарнирах цепи без смазки ($\mu = 0{,}45$); d – диаметр валика цепи, м (табл. 4.3); $S^{/}_{\text{нб}}$ – натяжение цепи при набегании на отклоняющее устройство; $D_{\text{о}}$ – диаметр делительной окружности звездочки, м (табл. 4.4).

Сопротивление от перегиба цепи на приводной звездочке (4.20)

$$W_{\text{èç.ï}} = \frac{(S_{\text{íá}} + S_{\text{ñá}})\mu d}{D_{\text{î}}} = \frac{(23340 + 6000)\cdot0{,}45\cdot0{,}03}{1{,}2944} = 307 \text{ Н},$$

где $S_{\text{нб}}$ и $S_{\text{сб}}$ – натяжение цепи в точке набегания и сбегания с приводной звездочки соответственно.

Сопротивление подшипников приводных звездочек (4.21)

$$W_{\text{п.п}} = \left(S_{\text{нб}} + S_{\text{сб}}\right)\omega_{\text{п}} \sin\frac{\beta}{2} = (23340 + 6000)0{,}1 \cdot \sin 10 = 509\ \text{Н},$$

где $\omega_{\text{п}} = 0{,}1$ – коэффициент сопротивления подшипников качения с уплотняющими устройствами; β – угол перегиба цепи.

Сопротивление подшипников отклоняющих звездочек (4.22)

$$W_{\text{ï.î}} = 2{,}1 S_{\text{ïá}} \omega_{\text{ï}} \sin\frac{\beta}{2} = 2{,}1 \cdot 23340 \cdot 0{,}1 \sin 10 = 851\ \text{Н}.$$

Полное сопротивление движению рассчитываем по формуле (4.23):

$$W = 18460 + 1430 + 59606 - 5245 + 1400 + 400 + 511 + 307 + 509 + 851 =$$
$$= 78229\ \text{Н}.$$

Уточнение производительности конвейера. При поверочном расчете производительность конвейера, т/ч, определяем по формуле (4.24):

$$Q = 3600 \cdot 0{,}091 \cdot 1{,}6 \cdot 0{,}5 = 262\ \text{т/ч}.$$

Уточненный тяговый расчет. Уточненный тяговый расчет производим методом обхода по контуру, начиная с точки минимального натяжения цепи $S_{\min}$ (точка 1), рис. 4.7.

$$S_1 = S_{\min} = 6000\text{Н};$$

$$S_2 = S_1 + q_{\text{о}}\, l_1 \omega = 6000 + 1192 \cdot 10 \cdot 0{,}12 = 7430\ \text{Н};$$

$$S_3 = S_2 (\xi - 1) = 7430 \cdot 0{,}06 = 445\ \text{Н};$$

$$S_4 = S_3 + q_{\text{о}}\, l_2 \omega - q_{\text{о}} H = 445 + 1192 \cdot 20 \cdot 0{,}12 - 1192 \cdot 6{,}8 = -4799\ \text{Н};$$

$$S_5 = S_4(\xi - 1) = -4799 \cdot 0{,}06 = -288\ \text{Н};$$

$$S_6 = S_5 + (q_{\text{г}}\, \omega_{\text{ж}} + q_{\text{о}}\omega)\, l_2 + (q_{\text{г}} + q_{\text{о}})H = -288 + (1703 \cdot 1 + 1192 \cdot 0{,}12)\ 20 +$$
$$+ (1703 + 1192) \cdot 6{,}8 = 59318\ \text{Н};$$

$$S_7 = S_6(\xi - 1) = 59318 \cdot 0{,}06 = 3559\ \text{Н};$$

$$S_8 = S_7 + (q_{\text{г}}\, \omega_{\text{ж}} + q_{\text{о}}\omega)\, l_1 = 3559 + (1703 \cdot 1 + 1192 \cdot 0{,}12) \cdot 10 = 22019\ \text{Н};$$

$$S_{\text{нб}} = S_8 + S_8(\xi - 1) = 22019 + 22019 \cdot 0{,}06 = 23340\ \text{Н}.$$

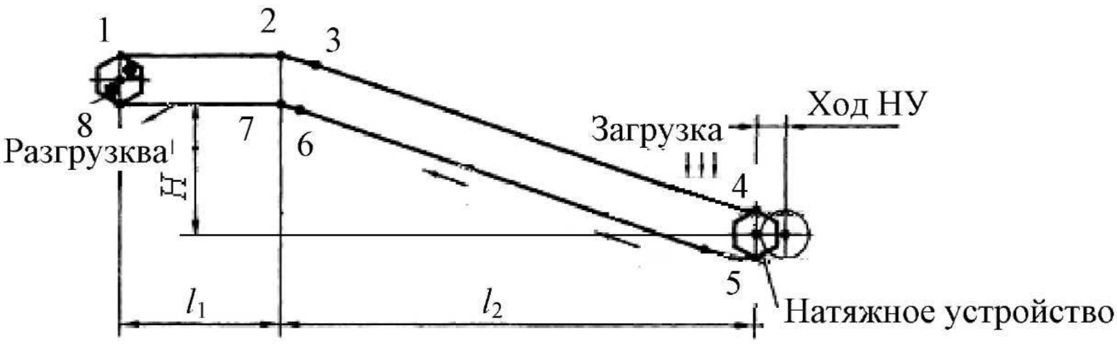


Рис. 4.7. Схема скребкового конвейера для подробного тягового расчета

Величины погонных нагрузок определены в п. 4.2.1.
Разница натяжений S_{max} и S_6 составляет 13466 или 18,5 %.
Разница натяжений S_{max} и S_3 – 15518 Н или 22 %.

Выбор элементов привода. Определяем окружное усилие на приводных звездочках (4.25):

$$W_о = S_{нб} - S_{сб} + (S_{нб} + S_{сб})(\xi - 1) = 23340 - 6000 +$$
$$+(23340 + 6000)(1,06 - 1) = 19100 \text{ Н}.$$

Необходимая мощность двигателя

$$P = \frac{vk_зW_о}{1000\eta} = \frac{0,5 \cdot 1,1 \cdot 19100}{10^3 \cdot 0,9} = 11,6 \text{ кВт},$$

где $k_з = 1,1$ – коэффициент запаса; $W_о$ – окружное усилие на приводных звездочках, Н; $\eta = 0,9$ – КПД привода конвейера.

Выбираем электродвигатель АИРМ200М8/6/4 с мощностью $P = 12$ кВт и частотой вращения $n = 985$ мин$^{-1}$ по табл. П.1.1 прил. 1.

Частота вращения приводного вала (4.27):

$$n_{вв} = \frac{60v}{\pi D_з} = \frac{60 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 1,2944} = 7,38 \text{ мин}^{-1},$$

где v – скорость тягового органа, м/с.

Требуемое передаточное число привода (4.28):

$$U = \frac{n}{n_{вв}} = \frac{985}{7,38} = 133,5 .$$

По передаточному числу выбираем редуктор цилиндрический трехступенчатый горизонтальный 5Ц3-125 с номинальным передаточным отношением U = 160, номинальный крутящий момент T = 2000 Н·м (прил. 2, табл. П.2.1).

Выбираем муфту втулочно-пальцевую ГОСТ 21424–75 по табл. П.3.1, прил. 3.

Выбор тормоза. Статический тормозной момент (4.30):

$$\grave{I}_{\grave{o}\tilde{n}} = 9550\frac{P}{n} = 9550\frac{12}{958} = 119{,}6\ \text{Н}.$$

Тормозной момент (4.29)

$$M_{\grave{o}.\grave{o}} = k_{\grave{o}}\grave{I}_{\grave{o}.\tilde{n}} = 1{,}75 \cdot 119{,}6 = 209\ \text{Н},$$

где $k_т$ = 1,75 – коэффициент запаса торможения.

Принимаем тормоз ТКП-200 (прил. 4, табл. П.4.1).

Выбор натяжного устройства. Устанавливаем винтовое натяжное устройство.

Ход натяжного устройства (4.31):

$$\text{X} = (1{,}6 - 2{,}0)t_ц = 2 \cdot 0{,}4 = 0{,}8\ \text{м},$$

где $t_ц$ – шаг цепи, мм.

4.3. Расчет подвесного конвейера

4.3.1. Основные рекомендации по проектированию подвесных конвейеров

Подвесной конвейер в зависимости от назначения может быть технологическим или транспортным агрегатом, является составной частью общей технологической линии или служит только для перемещения грузов. Однако очень часто на производстве используется сочетание тех и других функций в одной машине.

Для технологических конвейеров скорость определяется ритмом и продолжительностью производственных операций, для транспортных подвесных конвейеров скорость выбирает конструктор в зависимости от веса грузов, заданной производительности и способов загрузки и разгрузки. Обычно скорость принимают 2–26 м/мин и округляют по нормальному ряду.

Выбирая величину шага цепи, следует учитывать, что при увеличении шага уменьшаются количество шарниров, вес и стоимость цепи, однако при этом увеличиваются радиусы вертикальных перегибов, поворотных устройств и приводных звездочек, а следовательно, габаритные размеры конвейера, расчетный крутящий момент и размеры приводного механизма.

При выборе цепи наиболее рациональным решением является установка разборных цепей, так как они имеют лучшие показатели по весу, износостойкости, удобству монтажа и эксплуатации.

Величина допускаемого тягового усилия цепей подвесных конвейеров обычно составляет 35000 Н, в редких случаях достигает 70000 Н. При увеличении тягового усилия цепи (кроме увеличения ее собственного веса) значительно возрастают размеры и вес кареток (дополнительная нагрузка на каретку, возникающая при вертикальном перегибе, прямо пропорциональна тяговому усилию цепи), размер и вес ходового пути, поворотных устройств и поддерживающих конструкций.

Имеющийся опыт проектирования подвесных конвейеров показывает, что применение цепей с тяговым усилием более 35000 Н нецелесообразно, так как ходовая часть, поворотные устройства и поддерживающие металлоконструкции получаются очень тяжелыми. Поэтому при натяжении более 35000 Н рекомендуется устанавливать многодвигательный привод со стандартной тяговой цепью.

Большая длина подвесных конвейеров и извилистость их трассы создают возможности для внезапных аварийных перегрузок ходовой части и привода конвейера из-за случайного задевания подвесок за неподвижные конструкции, попадания посторонних предметов в тяговый элемент или звездочки конвейера и др. Для обеспечения безопасной работы механизма привода и ходовой части конвейера на приводной звездочке устанавливают предохраняющие устройства (муфта предельного момента, срезные пальцы).

Натяжное устройство обычно устанавливают на повороте трассы конвейера на 180° на участке минимального натяжения тягового элемента (после наибольшего загруженного спуска трассы за приводом), при горизонтальной трассе – непосредственно после привода.

Расчет выполняют в два этапа: обобщенный расчет, при котором производят предварительное определение основных параметров и подробный тяговый расчет, в котором уточняют ранее выбранные и определенные параметры.

4.3.2 Обобщенный расчет конвейера

Исходные данные для расчета:
длина трассы конвейера L, м;
плановая производительность конвейера $Z_п$, шт./час;
скорость цепи конвейера v, м/с;
загрузка подвесок – ручная;
разгрузка подвесок – ручная;
масса подвески $m_п$, кг;
число грузов на подвеске i, шт;
масса груза $m_г$, кг;
размеры груза (высота $h_г$, ширина $b_г$, длина $l_г$), м;
режим работы конвейера – средний;
условия работы – средние.

Определение шага подвесок и кареток. В качестве тягового элемента конвейера может быть выбрана любая цепь или канат. Для конвейеров с пространственной трассой применяют специальные разборные цепи, которые имеют возможность поворачиваться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Наибольшее распространение имеют разборные цепи с шагом звена 80–160 мм (рис. 4.9). Предварительно необходимо выбрать разборную цепь по табл. 4.5.

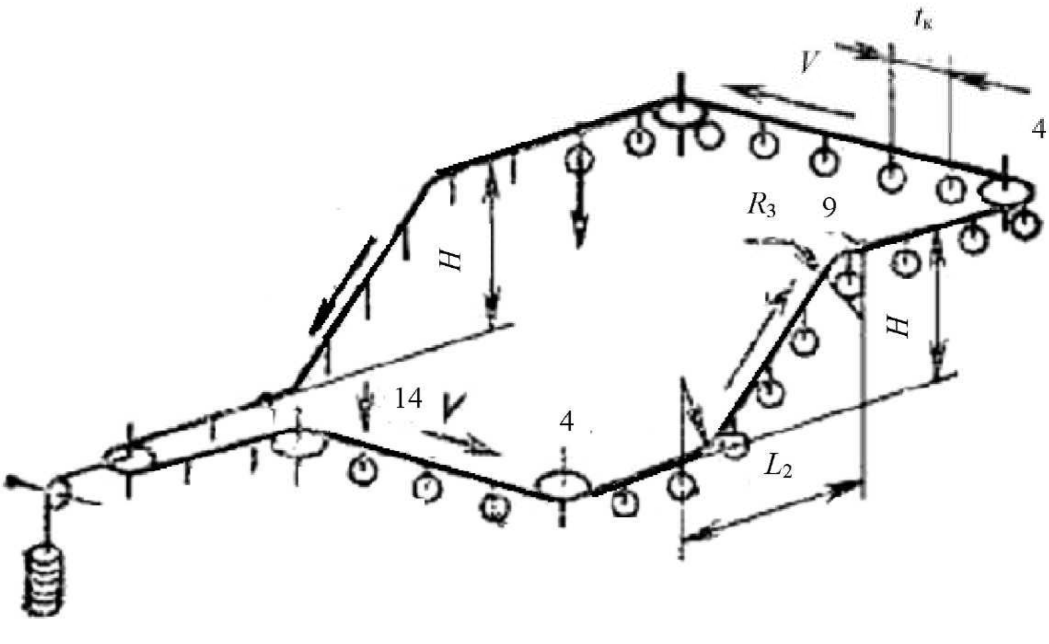


Рис. 4.8 Схема к расчету подвесного конвейера

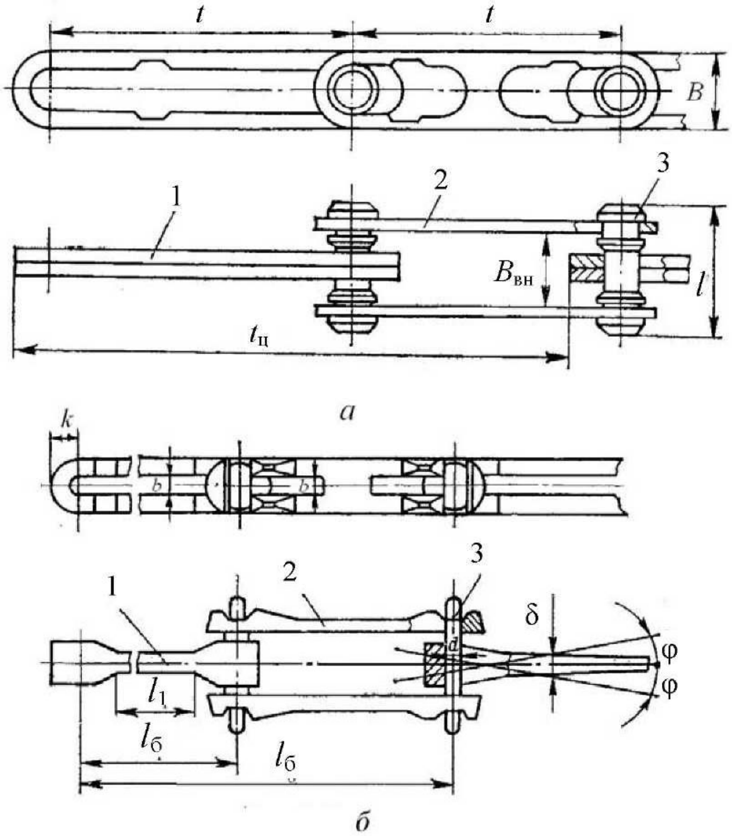


Рис. 4.9. Разборные холодноштампованные цепи:
а – с фиксированными валиками; *б* – с искривленными пластинами;
1 и 2 – пластины; 3 – валик

Таблица 4.5

Техническая характеристика разборных цепей (ГОСТ 589–74)

Тип цепи	Шаг звена $t_ц$, мм	Диаметр валика d, мм	Ширина звена B, мм	Шаг зацепления t, мм	Длина валика l, мм	Расстояние между наружными звеньями, мм	Разрушающая нагрузка $S_{разр}$, кН	Масса 1 м цепи, кг
Р2 – 80–106	80	12	30	160	48	21	106	3,2
Р2 – 100–220	100	16	37	200	60	27	220	5,2
Р2 – 160–400	160	24	59	320	92	42	400	9,1

Расчетный шаг подвесок (4.10)

$$t = \frac{3600vi}{Z_п}, \tag{4.32}$$

где v – скорость цепи конвейера, м/с; i – число грузов на подвеске, шт; $Z_п$ – плановая производительность конвейера, шт./ч.

Шаг подвесок t проверяют на проходимость груза при огибании звездочек по условию

$$t \geq t_{\min}, \tag{4.33}$$

где $t_{\min}$ – минимальный шаг, при котором подвески не задевают друг друга при обходе звездочек, м (рис. 4.10, *а*);

$$t_{\min} = 2R_{о}\alpha_{т}, \tag{4.34}$$

где $R_{о}$ – радиус делительной окружности звездочки, м; $\alpha_{т}$ – половина угла между подвесками;

$$\mathrm{tg}\alpha_{ò} \approx \frac{b_{ë} + 1{,}5\Delta}{2\left(R_0 - k_1\right)}, \tag{4.35}$$

где $b_{л}$ – ширина подвески с грузом вдоль оси цепи, м; Δ – минимальный зазор между грузами, исключающий возможность их столкновения, м; для грузонесущих конвейеров $\Delta \geq 0{,}15$–$0{,}2$ м; для толкающих конвейеров $\Delta \geq 0{,}2$–$0{,}3$ м; k_1 – расстояние от края подвески до оси цепи, м;

Наименьший шаг между осями подвесок $t_{\min}$ определяется проходимостью груза наибольших габаритных размеров:

на наклонных участках трассы конвейера (рис. 4.10, *б*)

$$t_{\min} \geq (b_{\max} + \Delta) / \cos \beta_{\max} \tag{4.36}$$

где $b_{\max}$ – наибольшая габаритная длина груза и подвески в плоскости движения конвейера, м; $\beta_{\max}$ – наибольший угол наклона конвейера, град;

на вертикальных участках (рис. 4.10, *в*)

$$t_{\min} \geq h_{\max} + \Delta \tag{4.37}$$

где $h_{\max}$ – наибольшая габаритная высота груза с подвеской, м.

Выбранный расчетный шаг подвесок должен быть кратным двум шагам звеньев разборной цепи, т. е. удовлетворять условию

$$t = 2\,n\,t_{ц} \geq t_{\min}, \tag{4.38}$$

где n – коэффициент, в зависимости от длины груза (n = 1–10); $t_{ц}$ – шаг звена цепи, м.

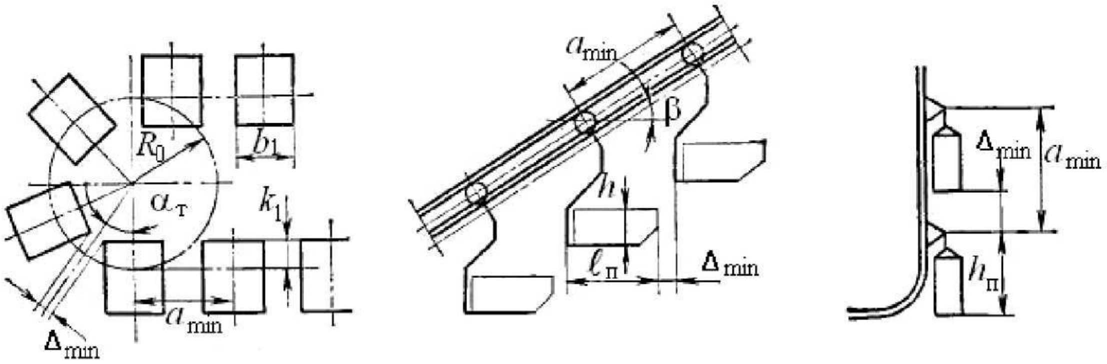


Рис. 4.10. Схемы для расчета шага подвесок на участке:
а – горизонтальном; *б* – наклонном; *в* – вертикальном

Для двухшарнирной и стержневой цепи вышеуказанное условие необязательно.

Шаг кареток принимается $t_к = t$, если $t \leq 900$ мм. При этом шаг подвесок t должен быть кратным удвоенному шагу $t_ц$ разборной цепи.

При наличии вертикальных перегибов подвесного пути шаг кареток или подвесок не должен превышать 10 $t_ц$.

Если $t > 900$ мм, то устанавливаются промежуточные каретки с шагом $t_к$, кратным удвоенному шагу $t_ц$ цепи, но не более 900 мм.

Предварительно необходимо выбрать параметры каретки по табл. 4.6.

Таблица 4.6

Основные параметры кареток конвейеров с разборной цепью (ГОСТ5946–79)
и ходовым путем из двутавровой балки (ГОСТ 8239–72)

Шаг звена цепи $t_ц$, мм	Предельная грузоподъемность каретки $Q_к$, кН	Номер катка подшипника	Масса каретки $m_к$, кг	Номер профиля пути	Диаметр катка $D_к$, мм	Высота катка H, мм	Ширина катка B, мм
80	2,5	260703	3,0	10	62	75	125
100	5,0	260805	5,5	14	83	105	155
160	8,0	260905	13,0	16	125	125	200

Шаг кареток выбирается по нормальному ряду ГОСТ 5946–70 для цепи с шагом звена:

$t_ц = 80$; $t_к = 160^*$; 320; 480; 640; 800;

$t_ц = 100$; $t_к = 200^*$; 400; 600; 800; 1000;

$t_ц = 160$; $t_к = 320^*$; 640; 960; 1000; 1280.

Значения, отмеченные звездочкой, применяются только для траверсных кареток.

Таблица 4.7

Рекомендации для выбора типа поворотного устройства

Тип поворотного устройства	Тип тяговой цепи	Диапазон радиусов поворота, м	Область применения
Звездочка	Пластинчатая, разборная, секционная	0,20–0,85	Повороты на угол до 180° с повышенным натяжением цепи (до 60 % от допускаемого натяжения)
Блоки с гладким ободом и с выемкой	Пластинчатая, разборная, круглозвенная; канат	0,18–0,80	Повороты на угол до 180° с пониженным натяжением цепи (до 60 % от допускаемого при отсутствии выемки и до 80 % – при наличии выемки в ободе блока для среднего звена разборной цепи)
Роликовые батареи	Пластинчатая, разборная, круглозвенная, секционная	0,63–2,50	Повороты на 15, 30, 45, 90 и 180° с большим радиусом при пониженном натяжении (до 50 % от допускаемого)
Направляющие пути	Двухшарнирная, звеньевая	0,5–2,0	Повороты на угол до 180° в пределах допускаемой нагрузки на катки цепи

Таблица 4.8

Основные параметры поворотных устройств на звездочках и блоках подвесных конвейеров с разборной цепью

Шаг звена цепи $t_ц$, мм	Число зубьев звездочки z, шт.	Диаметр делительной окружности звездочки $D_{зв}$, мм	Диаметр блока $D_{бл}$, мм	Радиус горизонтального поворота $R_п$, мм
80	8	413,5	377	203
	10	514,9	479	254
	13	667,7	633	331
	16	820,6	787	408
	20	1022,0	989	509
100	6	390,7	–	189
	8	516,9	–	253
	10	643,6	600	318
	13	834,6	792	414
	16	1025,7	984	510
	20	1277,5	1238	637
160	6	625,7	–	302
	8	827,1	–	406
	10	1029,8	965	509
	13	1335,4	1273	663
	16	1641,2	1581	817

Для измерения направления движения тягового элемента на горизонтальных поворотах служат поворотные устройства, выбор типа которых зависит от конструкции тягового элемента, его натяжения, радиуса и угла поворота (табл. 4.7).

Основные размеры поворотных устройств со звездочкой и блокам даны в табл. 4.8. Наиболее простым и долговечным является устройство с поворотным блоком, оно рекомендуется для широкого применения.

Определение погонных нагрузок. Погонная нагрузка от массы холостой (обратной) ветви без учета пропуска неразгруженных подвесок, Н/м,

$$q_{х} = \left(\frac{m_{п}}{t} + \frac{m_{к}}{t_{к}} + m_{ц} \right) g, \tag{4.39}$$

где $m_{п}$ – масса подвески, кг; $m_{к}$ – масса каретки, кг (табл. 4.6); $m_{ц}$ – масса 1 м цепи, кг;

Погонная нагрузка от массы холостой ветви с учетом пропуска на обратную ветвь неразгруженных подвесок, Н/м:

$$q_{х}^{/} = q_{х} + k_{пр} q_{г}, \tag{4.40}$$

где $k_{пр}$ = 0,08–0,12 – коэффициент пропуска неразгруженных подвесок на обратную ветвь; $q_{г}$ – погонная нагрузка от массы транспортируемого груза, Н/м,

$$q_{г} = \frac{m_{г} g}{t}, \tag{4.41}$$

$m_{г}$ – масса груза, кг.

Погонная нагрузка от массы груженой ветви, Н/м,

$$q = q_{х} + q_{г}. \tag{4.42}$$

Максимальное и минимальное натяжение цепей. На всем контуре трассы конвейера тяговая цепь должна быть натянута (т. е. нагружена усилием растяжения, так как цепь на сжатие не может работать) и минимальное натяжение S_{min} не должно быть ниже заданных пределов: для грузонесущего конвейера $S_{min} \geq$ 500–1000 Н; для толкающих и грузоведущих конвейеров $S_{т\,min} \geq$ 1500–3000 Н.

Таблица 4.9

Коэффициенты сопротивления движению кареток на катках с шарикоподшипниками на прямолинейных участках трассы подвесных конвейеров с разборными цепями и ходовым путем из двутавра

Условия работы конвейера	Значения расчетного коэффициента c при массе груза, подвешенного на каретке, кг			
	До 50	51–70	71–100	Более 100
Работа в отапливаемых помещениях при температуре выше 0				
Хорошие	0,020	0,018	0,014	0,012
Средние	0,026	0,024	0,020	0,016
Тяжелые	0,032	0,028	0,025	0,020
Работа в неотапливаемых помещениях зимой при температуре до –20 °С;				
Средние	0,038			
Тяжелые	0,045			

Максимальное натяжение тяговой цепи, Н,

$$S_{\max} \approx S_0 k_{\text{м}} + c\left(qL_{\text{г}} + q_{\text{х}} L_{\text{х}}\right)\left(1 + k_{\text{к}} k_{\text{м}}\right) + q_{\text{г}} H , \qquad (4.43)$$

где S_0 – первоначальное натяжение цепи, $S_0 = S_{\min} = 500–1000$ Н; $k_{\text{м}}$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений; c – коэффициент сопротивления движению кареток на прямолинейном участке на трассе конвейера (табл. 4.9); $L_{\text{г}}$ и $L_{\text{х}}$ – горизонтальные проекции длины загруженной и холостой ветви соответственно, м; $k_{\text{к}} = 0{,}3 - 0{,}5$ – коэффициент концентрации местных сопротивлений, меньшее значение принимается для конвейеров, имеющих более пяти поворотов; H – общая высота подъема груза на трассе конвейера, м.

$$k_{\text{м}} = \varphi^{x} \xi^{y} \lambda^{\theta} , \qquad (4.44)$$

где φ, ξ, λ – соответственно коэффициенты сопротивления движению каретки на вертикальном повороте, горизонтальном повороте на звездочке или блоке и на роликовой батарее (табл. 4.10); x, y, θ – количество вертикальных поворотов, горизонтальных поворотов на звездочке или блоке и на роликовой батарее соответственно.

Типоразмер цепи выбирается по максимальному расчетному натяжению из условий прочности, выносливости и износа. Выбор типоразмера цепи должен удовлетворять условию

$$S_{\text{разр}} \geq S_{\max}\, n_{\text{п}}, \qquad (4.45)$$

где $S_{\text{разр}}$ – разрушающая нагрузка цепи, кН; $S_{\max}$ – максимальное расчетное натяжение, кН; $n_{\text{п}}$ – коэффициент запаса прочности на растяжение цепи:

$$n_{\text{п}} = \frac{n'_{\text{п.ном}}}{k_{\text{р}} k_{\text{т}} k_{\text{о}} k_{\text{дин}}}, \tag{4.46}$$

где $n'_{\text{п.ном}}$ – номинальный коэффициент запаса прочности для цепи с термообработанными деталями (при расчете по нагрузкам установившегося движения $n'_{\text{п.ном}} = 5$, при поверочных расчетах по пусковым нагрузкам $n'_{\text{п.ном}} = 3$); $k_{\text{р}}$ – коэффициент режима работы конвейера (при ВЛ $k_{\text{р}} = 1{,}2$; при Л $k_{\text{р}} = 1{,}1$; при С $k_{\text{р}} = 1{,}0$; при Т $k_{\text{р}} = 0{,}9$; при ВТ $k_{\text{р}} = 1{,}2$); $k_{\text{т}}$ – коэффициент конфигурации трассы конвейера (для горизонтальной $k_{\text{т}} = 1$; для наклонной прямолинейной $k_{\text{т}} = 0{,}9$; для наклонно-горизонтальной $k_{\text{т}} = 0{,}85$); $k_{\text{о}}$ – коэффициент ослабления расчетного сечения деталей цепи (при предельно допускаемом износе $k_{\text{о}} = 0{,}8$–$0{,}9$); $k_{\text{дин}}$ – коэффициент динамических нагрузок, принимается в зависимости от скорости (при $v \le 0{,}1$ $k_{\text{дин}} = 1$; при $v = 0{,}1$–$0{,}3$ $k_{\text{дин}} = 0{,}9$; при $v > 0{,}3$ $k_{\text{дин}} = 0{,}8$).

Таблица 4.10

Коэффициенты сопротивления движению на поворотных устройствах и вертикальных поворотах трассы подвесных конвейеров

Условия работы конвейера	Поворотных звездочек и блоков на подшипниках качения ξ		Роликовых батарей λ					Вертикальных поворотов φ		
	при углах поворота, град									
	90	180	до 30	45	60	90	180	до 20	35	45
Работа в отапливаемых помещениях при температуре выше 0										
Хорошие	1,020	1,030	1,020	1,025	1,030	1,040	1,07	1,010	1,015	1,025
Средние	1,025	1,035	1,025	1,030	1,040	1,050	1,09	1,012	1,020	1,030
Тяжелые	1,035	1,050	1,030	1,040	1,045	1,060	1,10	1,015	1,025	1,035
Работа в неотапливаемых помещениях зимой при температуре до –20°С;										
Средние	1,040	1,050	1,035	1,040	1,045	1,065	1,10	1,025	1,035	1,045
Тяжелые	1,055	1,065	1,040	1,050	1,055	1,070	1,15	1,030	1,040	1,050

Допускаемое натяжение горячештампованных разборных цепей по долговечности на основе рекомендованных значений давлений в шарнире цепи дано в табл. 4.11 для среднего режима работы конвейера. Для других режимов работы величины, указанные в табл. 4.11, необходимо умножить на коэффициент режима работы. Для цепей без термообработки допускаемые натяжения по долговечности примерно в два раза ниже значений, указанных в табл. 4.11.

Таблица 4.11

Допускаемые натяжения по долговечности термически обработанных горячештампованных разборных цепей для среднего режима работы конвейера

Условия работы конвейера	Скорость цепи v, м/с	Допускаемое натяжение $S_{д.п}$, кН, цепи с шагом звена $t_ц$, мм					
		80		100		160	
		Конфигурация трассы					
		простая	сложная	простая	сложная	простая	сложная
Хорошие	$\le 0{,}15$	10	9	15	13	35	32
	0,16–0,3	9	8	13	12	32	30
	$> 0{,}3$	8	7	12	11	28	26
Средние	$\le 0{,}15$	9	8	13	12	32	30
	0,16–0,3	8	7	12	11	28	26
	$> 0{,}3$	7	6	10	9	23	21
Тяжелые	$\le 0{,}15$	8	7	12	11	27	25
	0,16–0,3	7	6	10	9	23	21
	$> 0{,}3$	6	5	9	8	20	18

Примечание. Конфигурация трассы: простая – с общим количеством поворотов в горизонтальной и вертикальной плоскостях не более 20; сложная – с более чем 20 поворотами.

Допускаемое натяжение цепи по условию прочности

$$S_{д.п} = S_{разр} / n_п \ge S_{max}. \tag{4.47}$$

Исходя из условий необходимо выбрать цепь по табл. 4.3, 4.5.

При проектировании конвейеров используют типовые или стандартные каретки с заданной статической расчетной нагрузкой P, равной предельной грузоподъемности (табл. 4.6).

Расчетная статическая нагрузка на каретку, Н,

$$P_р = t_к\left(\frac{S_{max}}{R_0} + q_ц g\right) + m_к g. \tag{4.48}$$

Выбор типоразмера каретки должен удовлетворять условию

$$P_{разр} \le [P]. \tag{4.49}$$

4.3.3. Поверочный расчет

После выбора цепи производится поверочный расчет, в котором выполняют подробные вычисления сопротивлений движению на всех участках трассы на основе предварительного расчета.

Сопротивление ходовых катков, Н,

$$W_{к} = qLc\,, \tag{4.50}$$

где q – погонная нагрузка от массы груженной ветви, Н/м.

Сопротивление подшипников отклоняющих звездочек, Н,

$$W_{о} = 2{,}15 S_{max}\,\omega_{б} \sin\frac{\alpha_{п}}{2}, \tag{4.51}$$

где $\omega_{б}$ – коэффициент сопротивления подшипников звездочек, при подшипниках качения, $\omega_{б}$ = 0,002–0,008; при подшипниках скольжения $\omega_{б}$ = 0,015–0,025; $\alpha_{п}$ – угол перегиба цепи, град;.

Сопротивление подшипников приводной звездочки, Н,

$$W_{пр} = \left(S_{max} - S_{0}\right)\omega_{б} \sin\frac{\alpha_{п}}{2}. \tag{4.52}$$

Сопротивление отклоняющих звездочек, Н,

$$W_{о.зв} = \omega_{0} S_{max}\,, \tag{4.53}$$

где ω_{0} – условный коэффициент сопротивления в зависимости от угла поворота тягового элемента, $\omega_{о}$ = 0,03–0,1.

Сопротивление приводной звездочки, Н,

$$W_{пр.зв} = \omega_{0}\left(S_{max} + S_{0}\right). \tag{4.54}$$

Сопротивление от перегиба цепи на отклоняющей звездочке, Н,

$$W_{о.зв} = \frac{2{,}1 f_{2} d_{2} S_{max}}{D_{0}}, \tag{4.55}$$

где f_{2} – коэффициент трения в шарнирах (табл. 4.12); d_{2} – диаметр валика цепи, м. $D_{о}$ – диаметр начальной окружности звездочек или номинальный диаметр блоков, м.

Тяговое усилие на звездочке, Н

$$P_{0} = \sum W_{i}\,, \tag{4.56}$$

где $\sum W_{i}$ – сумма сопротивлений конвейера, Н;

$$\sum W_{i} = W_{к} + 3W_{о} + W_{пр} + 3W_{о.зв} + W_{пр.зв} + 3W_{о.из}\,. \tag{4.57}$$

Таблица 4.12

Коэффициент трения f_2 в шарнирах цепи

Условия работы конвейера	Смазка		
	жидкая	консистентная	без смазки
Хорошие	0,1–0,15	0,15–0,2	0,25
Средние	0,15–0,2	0,2–0,25	0,35
Тяжелые	0,2–0,25	0,25–0,3	0,45

Уточнение производительности конвейера. Производительность может быть штучной или массовой. Штучная расчетная производительность определяется

$$Z_р = П k_{рз} / (k_в k_г) = 3600iv/t, \tag{4.58}$$

где П – плановая программа выпуска грузов-изделий, шт./ч; $k_{рз}$ – коэффициент резерва и неравномерности загрузки конвейера ($k_{рз}$ = 1,1–1,2); $k_в$ – коэффициент использования конвейера по времени ($k_в$ = 0,85–0,9); $k_г$ – коэффициент готовности конвейера ($k_г$ = 0,96).

По вычисленной расчетной производительности окончательно устанавливаем шаг подвесок и скорость их движения:

$$t = 3600\ iv / Z_р, \tag{4.60}$$

$$v = Z_р t / (3600i). \tag{4.61}$$

В табл. 4.13 даны рекомендуемые шаги подвесок и штучная производительность при скорости v = 0,1 м/с и количестве груза на подвеске i = 1.

Таблица 4.13

Производительность конвейера при различных шагах подвесок

Шаг подвески t, мм	Значения коэффициента n при t, мм			Производительность Z, шт.	Шаг подвески t, мм	Значения коэффициента n при t, мм			Производительность Z, шт.
	80	100	160			80	100	160	
0,32	4	–	–	1125	1,6	20	16	10	225
0,48	6	–	–	750	1,76	22	–	–	204,5
0,6	–	6	–	600	1,8	–	18	–	200
0,64	8	–	4	562,5	1,92	24	–	12	187,5
0,8	10	8	–	450	2,0	–	20	–	180
0,96	12	–	6	375	2,4	30	24	–	150
1,0	–	10	–	360	2,56	32	–	16	140,6
1,12	14	–	–	321,4	3,2	40	32	20	112,5
1,2	–	12	–	300,0	3,36	42	–	–	107,1
1,28	16	–	8	281,2	3,4	–	34	–	105,9
1,4	–	14	–	257,1	3,52	44	–	22	102,3
1,44	18	–	–	250,0					

Массовая расчетная производительность

$$Z_{мр} = Z_р m_г \ / \ 1000 = 3{,}6 m_г v/t, \tag{4.62}$$

где $m_г$ – масса одного груза, кг.

Уточненный тяговый расчет конвейера. Подробный тяговый расчет выполняют путем последовательного суммирования линейных и местных сопротивлений на отдельных участках трассы конвейера, начиная с точки наименьшего натяжения (рис. 4.11). Первоначальное натяжение цепи грузонесущего конвейера обычно принимают $S_0 = S_{min}$ = 500–1000 Н.

Для горизонтального прямолинейного участка

$$S_n = S_{n-1} + \omega q' \ell, \tag{4.63}$$

для поворотной звездочки или блока

$$S_n = \zeta S_{n-1}, \tag{4.64}$$

для роликовой батареи

$$S_n = \lambda S_{n-1}, \tag{4.65}$$

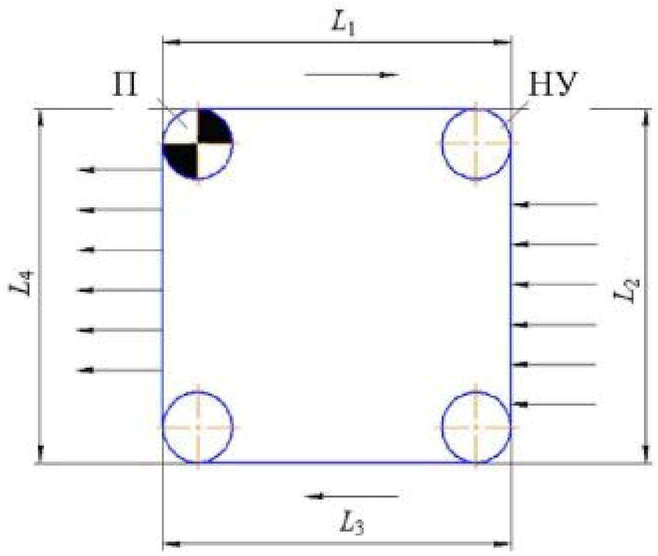


Рис. 4.11. Схема трассы подвесного конвейера

для вертикального перегиба

$$S_n = \varphi\left(\varphi S_{n-1} + \omega q'\ell \pm q'h\right), \qquad (4.66)$$

где S_n и S_{n-1} – натяжение в конце и начале рассматриваемого участка, Н; q' – линейная нагрузка, Н/м (для загруженной ветви $q' = q$, для обратной ветви $q' = q_0$); ℓ – длина горизонтальной проекции участка трассы, м; h – разность высотных отметок в конце и начале участка, м.

Знак «+» в формуле используется на участках подъема, знак «–» – на участках спуска груза. Коэффициенты сопротивления для формул (4.64 – 4.66) выбираем по табл. 4.10.

Выбор элементов привода. Окружное усилие на приводных звездочках

$$W_о = S_{нб} - S_{сб} + (S_{нб} + S_{сб})(\xi - 1). \qquad (4.67)$$

Необходимая мощность двигателя

$$P = \frac{vk_з W_о}{1000\eta}, \qquad (4.68)$$

где $k_з = 1{,}1–1{,}35$ – коэффициент запаса; $W_о$ – окружное усилие на приводных звездочках, Н; $\eta = 0{,}9$ – КПД привода конвейера.

Выбираем двигатель с мощностью P, кВт, и частотой вращения n, мин$^{-1}$ (прил. 1, табл. П.1.1).

Частота вращения приводного вала, мин$^{-1}$:

$$n_{пр} = \frac{60v}{\pi D_о}, \qquad (4.69)$$

где v – скорость тягового органа, м/с.

Требуемое передаточное число привода

$$U = \frac{n}{n_{пр}}. \qquad (4.70)$$

По передаточному числу выбираем редуктор (прил. 2, табл. П.2.1) с учетом передачи мощности $P_{ред} > P$.

Выбираем муфту по наибольшему крутящему моменту (прил. 3, табл. П.3.1).

Выбор тормоза. Тормозной момент, Н·м,

$$M_{т.р} = k_т M_{т.с}, \qquad (4.71)$$

где $k_т$ – коэффициент запаса торможения; $k_т$ = 1,5–1,75; $M_{т.с}$ – статический тормозной момент, Н.

Статический тормозной момент

$$M_{т.с} = 9550\frac{P}{n}. \tag{4.72}$$

Выбираем тормоз по табл. П.4.1 прил. 4.

Выбор натяжного устройства. Усилие натяжного устройства конвейера

$$W_н = 2{,}1 S_{нб}, \tag{4.73}$$

где $S_{нб}$ – усилие в точке набегания цепи на натяжную звездочку.

Масса натяжного груза

$$m_н = k_{зв}^{n_{зв}} \frac{W_н}{g}, \tag{4.74}$$

где $k_{зв}$ – коэффициент потерь на отклоняющих звездочках, $k_{зв}$ =1,05; $n_{зв}$– число отклоняющих звездочек.

Ход натяжного устройства конвейера, м (4.31)

$$X = (1{,}6 - 2)t_ц.$$

Устанавливаем винтовое, пружинно-винтовое, пневматическое, гидравлическое или грузовое натяжное устройство.

4.4. Пример расчета подвесного конвейера

4.4.1. Обобщенный тяговый расчет конвейера

Задание: спроектировать подвесной грузонесущий конвейер с горизонтальной трассой для перемещения коробок на складе.

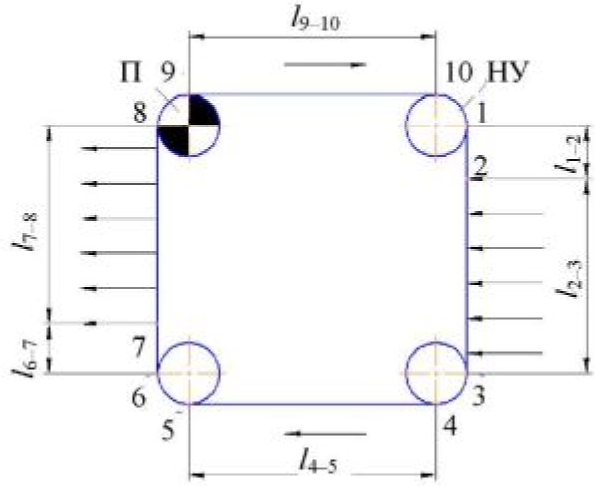


Рис. 4.12. Схема к расчету подвесного конвейера

Исходные данные для расчета:
общая длина трассы конвейера $L = 200$ м;
трасса состоит из 4-х участков, каждый длиной 50 м (рис. 4.12);
плановая производительность конвейера $Z_п = 1200$ шт;
скорость цепи конвейера $v = 0{,}4$ м/с;
загрузка подвесок – ручная;
разгрузка подвесок – ручная;
масса подвески $m_п = 10$ кг;
число грузов на подвеске $i = 1$ шт;
масса груза $m_г = 25$ кг;
размеры груза (высота $h_г = 0{,}3$ м; ширина $b_г = 0{,}55$ м; длина $\ell_г = 0{,}55$м);
режим работы конвейера – средний;
условия работы – средние.

Определение шага подвесок и кареток. В качестве тягового элемента конвейера принимаем предварительно пластинчатую втулочную безроликовую цепь типа М20–100 ГОСТ 588–81 (табл. 4.3), имеющую параметры: шаг звена $t_ц = 100$ мм ; масса 1 м цепи $m_ц = 0{,}93$ кг ; разрушающая нагрузка $S_{разр} = 20$ кН .

Расчетный шаг подвесок определяем по (4.32):

$$t = \frac{3600vi}{Z_п} = \frac{3600 \cdot 0{,}4 \cdot 1}{1200} = 1{,}2 \text{ м.}$$

Шаг подвесок t проверяем на проходимость груза при огибании звездочек по условиям (4.33), (4.34) и (4.35):

$$t \geq t_{\min};$$
$$t_{\min} = 2R_о\alpha_т = 2 \cdot 0{,}513 \cdot 1{,}08 = 1{,}1 \text{ м};$$

$$\mathrm{tg}\alpha_{т} \approx \frac{b_{п}+1,5\Delta}{2(R_0-k_1)} = \frac{0,55+1,5\cdot 0,1}{2(0,513-0,325)} = 1,86,$$

$$\alpha_{т} = 1,08 \text{ рад},$$

где $b_{п}$ – ширина подвески с грузом вдоль оси цепи, $b_{л} = 0,55$м; Δ – минимальный зазор между грузами, исключающий возможность их столкновения, $\Delta = 0,1$м; k_1 – расстояние от края подвески до оси цепи, $k_1 = 0,325$м.

Условие проходимости подвесок выполняется. Принимаем $t_{min} = 1,2$ м.

Принимаем предварительно каретку (табл. 4.6), имеющую параметры: предельная грузоподъемность $[N] = 5$ кН ; масса каретки $m_{к} = 5,5$ кг ; каток-подшипник № 260805. Для выбранной каретки ходовой путь изготовлен из балки двутаврового сечения № 14 ГОСТ 8239–72.

Принимаем шаг кареток $t_{к} = 600$ мм по нормальному ряду в соответствии с ГОСТ 5946–79.

В качестве поворотного и приводного устройств принимаем звездочку (табл. 4.4), имеющую параметры: число зубьев $z = 16$; диаметр делительной окружности $D_{о} = 1025,7$ мм.

Определение погонных нагрузок. Определяем погонную нагрузку от массы холостой (обратной) ветви без учета пропуска неразгруженных подвесок по (4.39):

$$q_{х} = \left(\frac{m_{п}}{t} + \frac{m_{к}}{t_{к}} + m_{ц}\right) g = \left(\frac{10}{1,2} + \frac{5,5}{0,6} + 0,93\right) 9,81 = 180,8 \text{ Н/м},$$

где $m_{п}$ – масса подвески, кг; $m_{к}$ – масса каретки, кг; $m_{ц}$ – масса цепи, кг.

Определяем погонную нагрузку от массы холостой ветви с учетом пропуска на обратную ветвь неразгруженных подвесок по (4.40):

$$q'_{х} = q_{х} + k_{пр} q_{г} = 180,8 + 0,12 \cdot 204,34 = 205,32 \text{ Н/м}$$

где $k_{пр} = 0,12$ – коэффициент пропуска неразгруженных подвесок на обратную ветвь; $q_{г}$ – погонная нагрузка от массы транспортируемого груза;

$$q_{г} = \frac{m_{г} g}{t} = \frac{25 \cdot 9,81}{1,2} = 204,34 \text{ Н/м},$$

где $m_{г}$ – масса груза, кг.

Определяем погонную нагрузка от массы груженой ветви по (4.42):

$$q = q_х + q_г = 180{,}8 + 204{,}32 = 385{,}12 \text{ Н / м}.$$

Максимальное и минимальное натяжение цепей. Определяем максимальное натяжение тяговой цепи (4.43)

$$S_{max} \approx S_0 k_м + c(qL_г + q_х L_х)(1 + k_к k_м) + q_г H = 1000 \cdot 1{,}104 +$$

$$+0{,}026(385{,}12 \cdot 100 + 180{,}8 \cdot 100)(1 + 0{,}3 \cdot 1{,}104) = 3062{,}72 \text{ Н},$$

где S_0 – первоначальное натяжение цепи, S_0 = 1000 Н; $k_м$ – суммарный коэффициент местных сопротивлений; c = 0,026 – коэффициент сопротивления движению кареток на прямолинейном участке трассы конвейера; $L_г$ и $L_х$ – горизонтальные проекции длины загруженной и холостой ветви соответственно, м; $k_к = 0{,}3$ – коэффициент концентрации местных сопротивлений, меньшее значение принимается для конвейеров, имеющих более пяти поворотов;

$$k_м = \varphi^x \xi^y \lambda^\theta = 1 \cdot 1{,}025^4 \cdot 1 = 1{,}104,$$

где $\varphi = 1, \xi = 1{,}025, \lambda = 1$ – соответственно коэффициенты сопротивления движению каретки на вертикальном повороте, горизонтальном повороте на звездочке или блоке и на роликовой батарее; x, y, θ – количество вертикальных поворотов, горизонтальных поворотов на звездочке или блоке и на роликовой батарее соответственно; H – общая высота подъема груза на трассе конвейера, м.

Проведем проверку правильности выбора типоразмера ходовой части.

Полученная величина $S_{max} = 3062{,}72$ Н показывает, что цепь выбрана правильно, так как для принятой цепи допускаемое натяжение по долговечности (табл. 4.11) при скорости $v = 0{,}4$ м/с, средних условиях и среднем режиме работы составляет $[S] = 10000$ Н; $S_{max} = 3062{,}72 < [S] = 10000$ Н.

Выбор типоразмера цепи должен удовлетворять условию (4.45)

$$S_{разр} \geq S_{max} n_п = 3062{,}72 \cdot 4{,}69 = 14364 \text{ Н},$$

где $S_{разр}$ – разрушающая нагрузка цепи, Н; S_{max} – максимальное расчетное натяжение, Н; $n_п$ – коэффициент запаса прочности на растяжение цепи:

$$n_п = \frac{n'_{п.пом}}{k_р k_т k_о k_{дин}} = \frac{3}{1 \cdot 1 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8} = 4{,}69,$$

где $n'_{\text{п.ном}} = 5$ – номинальный коэффициент запаса прочности для цепи с термообработанными деталями: $k_{\text{р}} = 1$ – коэффициент режима работы конвейера; $k_{\text{т}} = 1$ – коэффициент конфигурации трассы конвейера; $k_{\text{о}} = 0{,}8$ – коэффициент ослабления расчетного сечения деталей цепи; $k_{\text{дин}} = 0{,}8$ – коэффициент динамических нагрузок.

Принятая предварительно цепь М20-100 ГОСТ 588–81 удовлетворяет условиям долговечности.

Определяем расчетную статическую нагрузку на каретку по (4.48):

$$P_{\text{рз}} = t_{\text{к}}\left(\frac{S_{\max}}{R_0} + q_{\text{ц}}g\right) + m_{\text{к}}g = 0{,}6\left(\frac{3062{,}72}{0{,}51285} + 0{,}93\cdot 9{,}81\right) + 5{,}5\cdot 9{,}81 = 3642{,}6 \text{ Н.}$$

Каретка выбрана правильно, так как $P_{\text{рз}} = 3642{,}6 < [P] = 5000$ Н.

4.4.2. Поверочный расчет

Выполняем подробные вычисления сопротивлений движению на всех участках трассы на основе предварительного расчета.

Сопротивление ходовых катков по (4.50):

$$W_{\text{к}} = qLc = 385{,}12\cdot 200\cdot 0{,}026 = 2002{,}62 \text{ Н.}$$

Сопротивление подшипников отклоняющих звездочек по (4.51):

$$W_{\text{п.оз}} = 2{,}15 S_{\max}\omega_{\text{б}}\sin\frac{\alpha_{\text{п}}}{2} = 2{,}15\cdot 3062{,}72\cdot 0{,}002\cdot\sin\frac{90}{2} = 9{,}31 \text{ Н,}$$

где $\omega_{\text{б}} = 0{,}002$ – коэффициент сопротивления подшипников звездочек, при подшипниках качения; $\alpha_{\text{п}} = 90°$– угол перегиба цепи.

Сопротивление подшипников приводной звездочки по (4.52):

$$W_{\text{пр}} = \left(S_{\max} - S_0\right)\omega_{\text{б}}\sin\frac{\alpha_{\text{п}}}{2} = \left(3062{,}72 - 1000\right)0{,}002\cdot\sin\frac{90}{2} = 2{,}92 \text{ Н.}$$

Сопротивление отклоняющих звездочек по (4.53):

$$W_{\text{о.зв}} = \omega_0 S_{\max} = 0{,}03\cdot 3062{,}72 = 61{,}88 \text{ Н,}$$

где $\omega_о = 0{,}003$ – условный коэффициент сопротивления.

Сопротивление приводной звездочки по (4.54):

$$W_{\text{пр.зв}} = \omega_0 \left(S_{\max} + S_0 \right) = 0{,}03 \left(3062{,}72 + 1000 \right) = 121{,}88 \text{ Н}$$

Сопротивление от перегиба цепи на отклоняющей звездочке по (4.55):

$$W_{\text{о.из}} = \frac{2{,}1 f_2 d_2 S_{\max}}{D_0} = \frac{2{,}1 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}006 \cdot 3062{,}72}{1{,}0257} = 7{,}52 \text{ Н},$$

где $f_2 = 0{,}2$ – коэффициент трения в шарнирах; $d_2 = 0{,}006$ м – диаметр валика цепи; $D_о$ – диаметр начальной окружности звездочек или номинальный диаметр блоков, м.

Определяем окружное усилие на приводной звездочке по (4.56):

$$P_0 = \sum W_i \, ,$$

где $\sum W_i$ – сумма сопротивлений конвейера по (4.57);

$$\sum W_i = W_{\text{к}} + 3W_{\text{о}} + W_{\text{пр}} + 3W_{\text{о.зв}} + W_{\text{пр.зв}} + 3W_{\text{о.из}} + W_{\text{пр.из}} \, ,$$

$$\sum W_i = 2002{,}62 + 3 \cdot 9{,}31 + 2{,}92 + 3 \cdot 61{,}88 + 121{,}88 + 3 \cdot 7{,}52 + 4{,}75 = 2368{,}3 \text{ Н}$$

$$P_0 = 2368{,}3 \text{ Н}.$$

Уточнение производительности конвейера. Штучную расчетную производительность определяем по формуле (4.58):

$$Z_{\text{р}} = \Pi k_{\text{рз}} / (k_{\text{в}} k_{\text{г}}) = 1200 \cdot 1{,}1 / 0{,}9 \cdot 0{,}96 = 1527 \text{ шт./ч},$$

где П – плановая программа выпуска грузов-изделий, шт./ч; $k_{\text{рз}} = 1{,}1$ – коэффициент резерва и неравномерности загрузки конвейера; $k_{\text{в}} = 0{,}9$ – коэффициент использования конвейера по времени; $k_{\text{г}} = 0{,}96$ – коэффициент готовности конвейера.

По вычисленной расчетной производительности окончательно устанавливаем шаг подвесок и скорость их движения (4.60), (4.61):

$$t = 3600\, iv / Z_{\text{р}} = 3600 \cdot 1 \cdot 0{,}4 / 1527 = 0{,}9 \text{ м};$$

$$v = Z_p t / (3600i) = 1527 \cdot 1{,}2/3600 = 0{,}5 \text{ м/с}.$$

Уточненный тяговый расчет. Уточненный тяговый расчет выполняют методом последовательного суммирования сил сопротивлений на трассе конвейера.

Разбиваем трассу на отдельные расчетные участки и нумеруем их по направлению движения (рис. 4.13), начиная с точки минимального натяжения $S_{\min}$. Минимальное натяжение цепи $S_{\min}$ находится в точке сбегания цепи с натяжного устройства и принимается $S_{\min} = S_0 = 1000$ Н.

Определяем натяжения тяговой цепи по всему контуру трассы путем последовательного суммирования сил сопротивлений движению на отдельных участках трассы конвейера начиная с точки минимального натяжения $S_{\min}$ до привода.

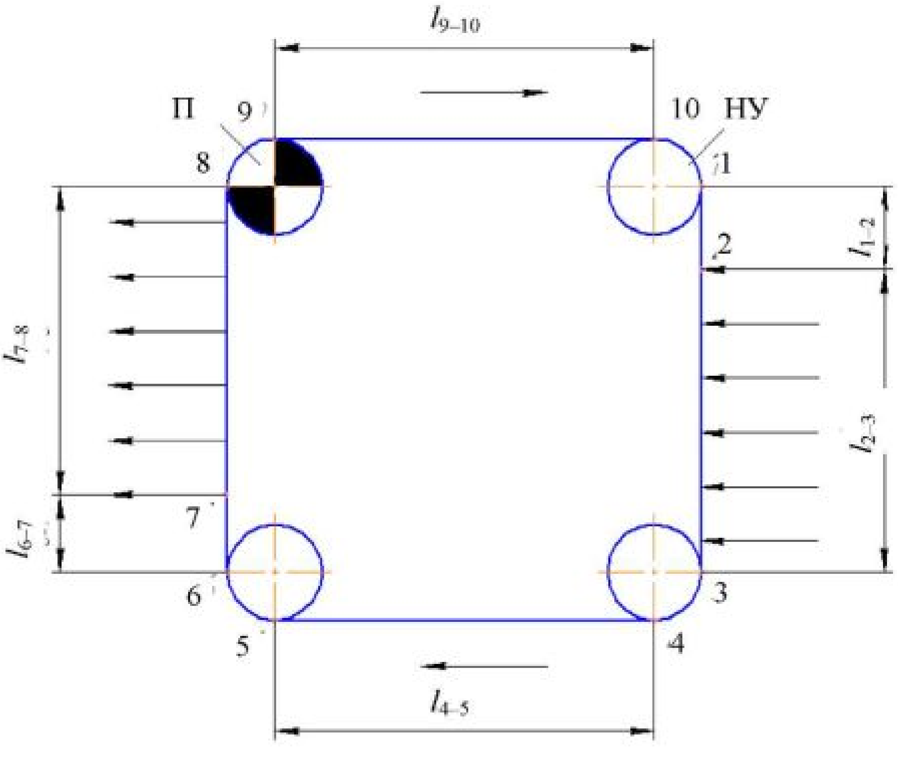


Рис. 4.13. Схема трассы подвесного конвейера для уточненного тягового расчета

По направлению движения

$$S_1 = S_{\min} = 1000 \text{ Н};$$

$$S_2 = S_1 + cq_x \ell_{1-2} = 1000 + 0{,}026 \cdot 180{,}8 \cdot 3 = 1014{,}1 \text{ Н};$$

$$S_3 = S_2 + cq \ell_{2-3} = 1014{,}1 + 0{,}026 \cdot 385{,}12 \cdot 46 = 1474{,}7 \text{ Н};$$

$$S_4 = \xi S_3 = 1{,}025 \cdot 1474{,}7 = 1511{,}57 \text{ Н};$$

$$S_5 = S_4 + cq\ell_{4-5} = 1511{,}57 + 0{,}026 \cdot 385{,}12 \cdot 49 = 2002{,}21 \text{ Н};$$

$$S_6 = \xi S_5 = 1{,}025 \cdot 2002{,}21 = 2052{,}26 \text{ Н};$$

$$S_7 = S_6 + cq\ell_{6-7} = 2052{,}26 + 0{,}026 \cdot 385{,}12 \cdot 3 = 2082{,}3 \text{ Н};$$

$$S_8 = S_7 + cq_{\text{х}}^{/}\ell_{7-8} = 2082{,}3 + 0{,}026 \cdot 205{,}302 \cdot 46 = 2327{,}86 \text{ Н};$$

Против направления движения

$$S_{10} = S_1 / \xi = 1000 / 1{,}025 = 975{,}61 \text{ Н};$$

$$S_9 = S_{10} - cq_{\text{х}}\ell_{9-10} = 975{,}61 - 0{,}026 \cdot 180{,}8 \cdot 49 = 745{,}27 \text{ Н}.$$

Расхождение от предварительного значения $S_{\max} = 3062{,}72$ Н составляет 24 %.

Таким образом, подробный тяговый расчет подтверждает правильность выбора типоразмера тяговой цепи.

Выбор элементов привода. Определяем окружное усилие на приводной звездочке по (4.56):

$$P_0 = (2327{,}86 - 745{,}27) + (2327{,}86 + 745{,}27)(1{,}025 - 1) = 1659{,}42 \text{ Н}.$$

Расхождение от предварительного окружного усилия $P_0' = 2368{,}3$ Н составило 30 %.

Определяем мощность приводного электродвигателя по (4.68):

$$P = \frac{vk_{\text{з}}W_0}{1000\eta} = \frac{1{,}1 \cdot 2327{,}86 \cdot 0{,}4}{1000 \cdot 0{,}95} = 1{,}07 \text{ кВт},$$

где $k_{\text{з}} = 1{,}1$ – коэффициент запаса; $\eta = 0{,}95$ – КПД передаточного механизма от двигателя к приводному органу с учетом КПД приводной звездочки.

Выбираем мотор-редуктор 3МВ-160-204 ГОСТ 26218–94, имеющий параметры: номинальная мощность двигателя $P_{\text{дв}} = 1{,}1$ кВт; передаточное число $u_{\text{р}} = 204$; частота вращения выходного вала $n_{\text{вых}} = 7{,}1$ об/мин; масса $m_{\text{м-р}} = 60$ кг; диаметр выходного вала $d_{\text{вых}} = 55$мм.

Выбираем муфту по наибольшему крутящему моменту (прил. 3, табл. П.3.1).

Выбор натяжного устройства. Определяем усилие натяжного устройства конвейера по (4.73):

$$W_{н} = 2{,}1 S_{нб} = 2{,}1 \cdot 975{,}61 = 2048{,}78 \text{ Н},$$

где $S_{нб}$ = 975,61 Н – усилие в точке набегания цепи на натяжную звездочку.

Устанавливаем грузовое натяжное устройство. Определяем массу натяжного груза по (4.74):

$$m_{н} = k_{зв}^{n_{зв}} \frac{W_{н}}{g} = 1{,}05^4 \cdot \frac{2048{,}78}{9{,}81} = 253{,}85 \text{ кг},$$

где $k_{зв}$ = 1,05 – коэффициент потерь на отклоняющих звездочках; $n_{зв}$ – число отклоняющих звездочек;

Принимаем $m_{н}$ = 255 кг.

Определяем ход натяжного устройства конвейера по (4.31):

$$X = (1{,}6 - 2)X = (1{,}6 - 2)0{,}1 = 0{,}16 - 0{,}2 \text{ м}.$$

Принимаем $X = 0{,}2$ м.

4.5. Расчет ковшового элеватора

4.5.1. Основные рекомендации по выбору типа элеватора

Надежная работа элеватора обеспечивается правильным выбором его типа, который зависит от физико-механических свойств и гранулометрического состава груза.

При выборе типа элеватора необходимо решить следующие вопросы: цепной или ленточный элеватор с центробежной или гравитационной (самотечной) разгрузкой, сомкнутыми или расставленными ковшами, тип (форма) ковшей.

Имеющийся опыт эксплуатации элеваторов позволяет сделать некоторые рекомендации по выбору типа элеватора, представленные в табл. 4.14. Однако необходимо учитывать, что каждый тип элеватора имеет свои особенности, преимущества и недостатки.

Наиболее рациональным типом элеватора считается ленточный быстроходный элеватор с центробежной разгрузкой. Такие элеваторы используются при транспортировании хорошо сыпучих пылевидных, порошкообразных и мелкозернистых материалов. Влажные, липкие, слеживающиеся грузы при большой скорости не успевают высыпаться из ковша, большие куски могут создавать большие сопротивления прохождению ковшей через груз в нижней части (башмаке) элеватора. Удары и толчки, которые при этом будут испытывать ковши, могут привести к их преждевременному износу или поломке.

Конвейерная лента имеет преимущества перед другими тяговыми органами: большая гибкость и плавность хода при огибании барабана позволяет получить более быстроходный элеватор с меньшими габаритными размерами. Ленты применяются при транспортировании некоторых абразивных материалов: песка, коксовой мелочи, шихты для стекла и др., которые быстрее изнашивают шарниры цепи, чем резиновое покрытие ленты.

Ленточные элеваторы широко используются для перемещения зерна, злаков, хлопковых семян и др. Неблагоприятным условием для ленточного элеватора является транспортирование горячих, липких, агрессивных и других подобных грузов.

Цепные быстроходные элеваторы с центробежной разгрузкой целесообразно применять при транспортировании мелкокусковых сухих и несколько влажных насыпных грузов. В этом случае повышенное сопротивление прохождению ковшей через материал в нижней части элеватора исключает применение ленты. При транспортировании абразивных грузов для таких элеваторов рекомендуется применять сварные круглозвенные цепи.

Тихоходные элеваторы являются более тяжелыми и более дорогими в изготовлении, однако они более надежны и долговечны в работе и могут использоваться для перемещения широкого ассортимента грузов. Тихоходными элеваторами с расставленными ковшами целесообразно транспортировать порошкообразные и мелкокусковые материалы, а также грузы повышенной влажности, склонные к слеживанию, липкие и др.

Элеваторы с сомкнутыми ковшами предназначены для транспортирования средне- и крупнокусковых тяжелых грузов, на них рекомендуется устанавливать тяговые пластинчатые цепи.

Глубокие ковши со скругленным днищем применяются для сухих хорошо сыпучих грузов; для влажных, липких, склонных к слеживанию грузов целесообразно применять мелкие ковши, имеющие большой радиус днища, более пологую и низкую переднюю стенку, что способствует лучшей разгрузке. Остроугольные ковши устанавливаются для транспортирования сухих кусковых материалов, ковши со скругленным днищем и бортовыми направляющими – для сухих сыпучих материалов различных фракций.

Далее представлен расчет ленточного ковшового элеватора.

При проектировании расчет элеватора производится в два этапа: предварительный расчет основных параметров элеватора в соответствии с техническим заданием на проектирование и поверочный расчет, определяющий прочность узлов и деталей и соответствие техническому заданию (в процессе поверочного расчета уточняются значения параметров элеватора, определенные в предварительном расчете).

4.5.2. Обобщенный тяговый расчет элеватора

Исходные данные для расчета:
производительность Q, т/ч;
тип и свойства транспортируемого груза;
высота подъема H, м;

Выбор типа элеватора и формы ковшей. Тип элеватора и форму ковшей выбирают в зависимости от характеристики транспортируемого груза и заданной производительности Q. Рекомендации по выбору типа ковшовых элеваторов представлены в табл. 4.14.

Выбор типа ковша определяется параметром $i_к/a_к$ (табл. 4.15).

Ширина и шаг ковшей рассчитывается по формуле

$$\frac{i_к}{a_к} = \frac{Q}{3{,}6 v \rho \psi}, \tag{4.75}$$

где $i_к$ – геометрический полезный объем ковша, л; $a_к$ – шаг ковшей, м; Q – производительность элеватора, т/ч; v – скорость тягового элемента, м/с; ρ – плотность груза, т/м^3; ψ – коэффициент заполнения ковшей.

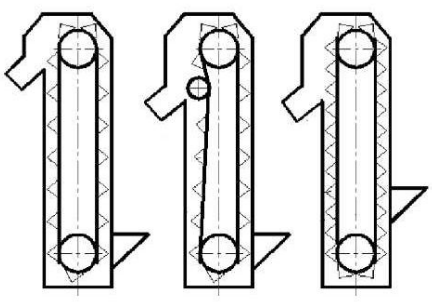
Значение скорости движения ленты, выбранное из табл. 4.14, окончательно уточняем в соответствии со значениями нормального ряда скоростей согласно ГОСТ 22644–77: 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3 м/с.

Таблица 4.14

Рекомендации по выбору типа ковшового элеватора

Насыпные грузы	Примеры характерных грузов	Тип элеватора	Тип ковшей	Средний коэффициент заполнения ковшей Ψ	Скорость ленты v, м/с
Пылевидные сухие	Цемент, мука фосфоритная	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,8	1,25–2,0
	Пищевые продукты помола зерна (мука, комбикорм)	Быстроходный с центробежно-самотечной разгрузкой	М	0,85	1–1,6
Пылевидные и зернистые, влажные плохо сыпучие	Земля, песок, мел в порошке, химикаты	Быстроходный с центробежной разгрузкой	М	0,6	1–2
Зернистые и мелкокусковые, малоабразивные	Пищевое зерно	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,75	2,0–3,2
	Древесные опилки, щепа, сухая глина в комках; торф фрезерный, мелкий уголь	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,8	1,25–2,0
Зернистые и мелкокусковые, Сильно абразивные	Гравий, руда, шлаки	Тихоходный с самотечной направленной разгрузкой	О С	0,8	0,4–0,8
	Песок, зола, земля, порода	Быстроходный с центробежной разгрузкой	Г	0,8	1–2
Кусковые, хрупкие, не допускающие крошения	Древесный уголь	Тихоходный с самотечной направленной разгрузкой	О С	0,6	0,4–0,63

Примечание. Типы ковшей: Г – глубокий; М – мелкий; О – остроугольный с бортовыми направляющими; С – с полукруглым днищем и бортовыми направляющими.



а *б* *в*

Рис. 4.14. Схемы вертикальных (*а, б, в*) ковшовых элеваторов:
а – центробежный; *б* – центробежно-гравитационный; *в* –

По табл. 4.15 и рассчитанному параметру $i_к/a_к$ выбираем тип, ширину $B_к$ и шаг ковшей $a_к$.

Таблица 4.15

Параметры ковшей

Ширина ковша $B_к$, мм	Ковш					
	Глубокий			Мелкий		
	ГОСТ 2136–77					
	$a_к$, м	$i_к/a_к$, л/м	$A_к$, м	$a_к$, м	$i_к/a_к$, л/м	$A_к$, м
125	0,32	1,3	90	0,32	0,66	65
160	0,32	2	105	0,32	1,17	75
200	0,4	3,24	125	0,4	1,87	95
250	0,4	5	140	0,4	3,5	120
320	0,5	8	175	0,5	5,4	145
400	0,5	12,6	195	0,5	8,4	170
500	0,63	19	235	0,63	10,8	195
650	0,63	26,6	250	0,63	18,2	225
800	–	–	–	–	–	–
Ширина ковша $B_к$, мм	**Ковш с бортовыми направляющими**					
	Остроугольный			С полукруглым днищем		
	$a_к$, м	$i_к/a_к$, л/м	$A_к$, м	$a_к$, м	$i_к/a_к$, л/м	$A_к$, м
125	–	–	–	–	–	–
160	0,16	4,06	105	–	–	–
200	0,2	6,5	125	–	–	–
250	0,2	10	140	–	–	–
300	0,25	16	165	–	–	–
400	0,32	24,4	225	–	–	–
500	–	–	–	0,4	70	270
650	–	–	–	0,5	120	340
800		–	–	0,63	187	435

Принятые ковши проверяем по размеру максимальных кусков груза по условию

$$a_{max} \le \frac{A_к}{k_к''}, \tag{4.76}$$

где $A_к$ – вылет ковша; $k_к''$ – коэффициент, зависящий от гранулометрического состава насыпного груза (табл. 4.3).

Для ковшей с бортовыми направляющими значения $a_к$ и $A_к$ принимаем, как и для глубоких ковшей, а $i_к/a_к$ на 30–40 % больше.

Если содержание максимальных кусков груза неизвестно, то для рядовых грузов принимают $k_к''$ = 2–2,5, а для сортированных $k_к''$ = 4–5 (табл. 4.16).

Таблица 4.16

Значения коэффициента $k_к''$

Содержание группы наибольших кусков (размером 0,8 a_{max} – a_{max}), %	10	25	50	100
$k_к''$	2	2,5	4,25	4,75

Минимальное и максимальное натяжения тяговых органов. Минимальное натяжение ленты в предварительных расчетах принимаем S_{min} =1000 Н в зависимости от длины и производительности элеватора.

Отношение максимального натяжения ленты к минимальному определяется зависимостью Эйлера $e^{\mu\alpha}$, которую называют тяговым фактором.

$$\frac{S_{max}}{S_{min}} = e^{\mu\alpha}, \tag{4.77}$$

где e – основание натурального логарифма; μ – коэффициент трения между барабаном и лентой; α – угол обхвата, рад.

Тогда расчетное максимальное тяговое усилие $S_{max} = S_{min}\, e^{\mu\alpha}$.

Число прокладок ленты

$$i_п = \frac{S_{max} n_к k_a}{\sigma_р B}. \tag{4.78}$$

где $n_к$ – коэффициент запаса прочности ленты, $n_к$ = 11–12; $k_а$ – коэффициент, учитывающий ослабление ленты в местах крепления ковшей, k_a = 0,9; $\sigma_р$ – прочность тягового каркаса резинотканевых конвейерных лент.

Ширина ленты принимаем на 35–40 мм больше ширины ковша. Применяют ленты с резиновыми обкладками толщиной 1–1,5 мм, причем более толстые обкладки используют при транспортировании абразивных и влажных материалов. Ширина ленты должна соответствовать нормальному ряду в соответствии с ГОСТ 20–85: 300, 400, 500, 650, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2500, 3000 мм.

Расчет размеров барабана. Диаметр барабана

$$D_б = k' i_п, \tag{4.79}$$

где k' – коэффициент, учитывающий тип прокладок ленты (табл. 4.17).

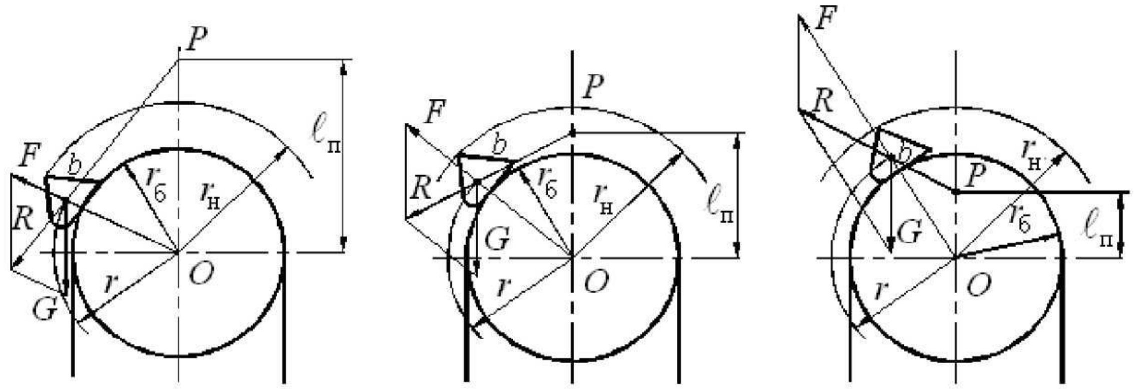


Рис. 4.15. Схема сил, действующих при самотечной (*а*), смешанной (*б*), центробежной (*в*) разгрузке: G – сила тяжести груза; F – центробежная сила; R – равнодействующая сил F и G; точка P – полюс; $r_б$ – радиус барабана; $r_н$ – радиус окружности, проходящей через кромки ковшей; r – радиус окружности, проходящей через центры тяжести ковшей; $\ell_п$ – полюсное расстояние

Таблица 4.17

Значения коэффициента k'

Прочность прокладки $i_п$, Н/мм	550	1000	1500	2000	3000	4000
k'	125–140	150–160	160–170	170–180	180–190	190–200

В быстроходных элеваторах, в которых разгрузка ковшей происходит под действием центробежной силы, скорость v и диаметр барабана $D_б$ связаны между собой следующим образом: увеличение скорости приводит к необходимости увеличения диаметра барабана.

Характер разгрузки ковшей определяем соотношением между полюсным расстоянием $\ell_п$ и радиусом барабана $r_б$, $Б = \dfrac{\ell_п}{r_б}$ (рис. 4.15).

Для элеватора с центробежной разгрузкой $Б \leq 0{,}1$, диаметр барабана

$$D_б \leq 0{,}204 v^2. \qquad (4.80)$$

Для элеватора при смешанной разгрузке ковшей $Б = 1{,}0 - 1{,}4$, диаметр барабана

$$D_б = (0{,}205 - 0{,}286) v^2. \qquad (4.81)$$

Для среднескоростного элеватора с центробежной и самотечной (смешанной) разгрузкой ковшей $Б = 1{,}5 - 3{,}0$, диаметр барабана

$$D_б = (0{,}306 - 0{,}612) v^2. \qquad (4.82)$$

Для тихоходного элеватора с самотечной разгрузкой $Б > 3$, диаметр барабана

$$D_б \geq 0,6 v^2. \tag{4.83}$$

Полученный диаметр барабана округляем до ближайшего размера из стандартного ряда в соответствии с ГОСТ 22644–77: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 6300, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500 мм.

Длина барабана принимается на 50–100 мм больше ширины ленты.

Определение погонных нагрузок. Погонная нагрузкаот массы ленты

$$q_0 = q_л + \frac{k_к' m_к g}{a}, \tag{4.84}$$

где $q_л$ – распределенная нагрузка ленты, Н; $k_к'$ – коэффициент, учитывающий массу крепежных деталей ковша, $k_к' = 1,14$; $m_к$ – масса порожнего ковша, кг (табл. 4.18); g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Распределенная нагрузка ленты

$$q_л = m_л B g\ H, \tag{4.85}$$

где $m_к$ – масса 1 м^2 ленты, кг (табл. 4.19); B – ширина ленты, м.

Таблица 4.18

Масса ковшей элеваторов

Ширина ковша $B_к$, мм	Масса одного ковша $m_к$, кг			
	глубокого	мелкого	с бортовыми направляющими	
			остроугольного	с полукруглым днищем
125	–	–	–	–
160	0,9	0,7	1,2	–
200	–	–	–	–
250	3	2	3	–
320	5	5	5	–
400	11	11	12	–
500	–	–	–	36
650	–	–	–	63
800	–	–	–	116

Таблица 4.19

Масса 1 м^2 конвейерных лент

Тип ткани тягового каркаса	Толщина наружных обкладок, мм	Число тканевых прокладок i, шт.					
		3	4	5	6	7	8
БКНЛ–65	3,0/1,0	7,3	8,2	9,1	10,0	10,9	11,8
БКНЛ–100	3,0/1,0	7,9	9,0	10,1	11,2	12,3	13,4
	4,5/2,0	10,8	11,9	13,0	14,1	15,2	16,3
БКНЛ–150	3,0/1,0	8,5	10,8	11,1	12,4	13,7	15,0
	4,5/2,0	11,4	12,7	14,0	15,3	16,6	17,9
ТА–100	4,5/2,0	11,1	12,3	13,5	14,7	15,9	17,1
ТА–300	4,5/2,0	12,0	13,5	15,0	16,5	18,0	19,5
ТК–300	6,0/2,0	13,7	15,2	16,7	18,2	19,7	21,2
ТК–400	6,0/2,0	14,0	15,6	17,2	18,8	20,4	22,0

Погонная нагрузка от массы груза

$$q_{\text{г}} = \frac{gQ}{3{,}6v}. \qquad (4.86)$$

4.5.3. Поверочный расчет

В поверочном расчете вычисляем натяжения на отдельных участках ленты и силы сопротивления движению ходовой части.

Сопротивление движению ходовой части

$$\Sigma W = W_{\text{н}} + W_{\text{зач}}, \qquad (4.87)$$

где $W_{\text{н}}$ – сопротивление на нижнем барабане от изгиба ленты, Н; $W_{\text{зач}}$ – сопротивление зачерпыванию, Н;

Сопротивление на нижнем барабане от изгиба ленты

$$W_{\text{н}} = S_{\min} + w', \qquad (4.88)$$

где w' – коэффициент сопротивления движению на приводном барабане.

Сопротивление на нижнем барабане от изгиба ленты (в предварительных расчетах)

$$w' = w_0\, S_{\text{нб}}. \qquad (4.89)$$

где w_0 – условный коэффициент сопротивления движению, принимаемый для конвейеров w_0 = 0,03–0,10.

Сопротивление зачерпыванию

$$W_{зач} = k_з\, q_г. \tag{4.90}$$

где $k_з$ – коэффициент зачерпывания, Нм/Н.

При скорости ковшей v =1–1,25 м/с значения коэффициента $k_з$: для порошкообразных и мелкокусковых грузов $k_з$ = 1,25–2,5 Нм/Н, для среднекусковых грузов $k_з$ = 1,25–2,5 Нм/Н.

Уточнение производительности конвейера. При поверочном расчете производительность конвейера, т/ч, определяется по формуле

$$Q = \frac{3{,}6 v_0 v \psi \rho}{\ell_к}, \tag{4.91}$$

где ρ – плотность груза, т/м^3; v – скорость конвейера, м/с; v_0 – объем ковша, л.

Уточненный тяговый расчет. Уточненный тяговый расчет методом обхода по контуру выполняем, начиная с точки минимального натяжения ленты S_{min} = (1000–3000) Н (рис. 4.16) по направлению движения ходовой части.

Наибольшее тяговое усилие в набегающей на приводной барабан ветви ленты

$$S_{нб} = S_н + (q_0 + q_г)H, \tag{4.92}$$

где $S_н$ – усилие в сбегающей с нижнего барабана ветви, Н:

$$S_н = S_{min} + \Sigma W, \tag{4.93}$$

где S_{min} – минимальное натяжение ленты, Н.

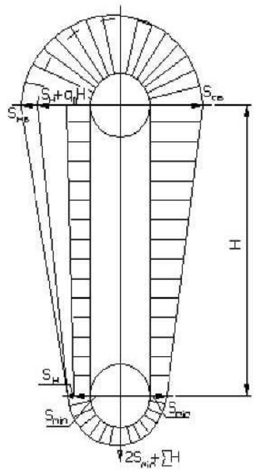


Рис. 4.16. Расчетная схема ковшового элеватора

Натяжение ленты в точке сбегания с приводного барабана

$$S_{сб} = S_{min} + q_0 H. \quad (4.94)$$

Максимальное натяжение ленты элеватора $S_{max} = S_{нб}$.

Расчет мощности и выбор элементов привода элеватора. Тяговое усилие на приводном валу

$$F_0 = S_{сб}\,(e^{\mu\alpha} - 1). \quad (4.95)$$

По тяговому усилию определяем требуемую мощность электродвигателя, Вт

$$P = \frac{F_0 k_з v}{\eta}, \quad (4.96)$$

где $k_з$ = 1,1–1,2 – коэффициент запаса; η – общий КПД привода элеватора; F_0 – расчетное тяговое усилие на приводном валу, Н.

Общий КПД привода элеватора

$$\eta_{общ} = \eta_р \eta_м \eta_б, \quad (4.97)$$

где $\eta_р$ – КПД редуктора, $\eta_р$ = 0,92 – 0,97; $\eta_м$ – КПД муфты, $\eta_м$ = 0,99; $\eta_б$ – КПД барабана, $\eta_б$ = 0,98.

Выбираем двигатель с мощностью $P_{дв}$, кВт, и частотой вращения n, об/мин, по табл. П.1.1 прил. 1.

Частота вращения приводного вала барабана, мин$^{-1}$,

$$n_б = \frac{60v}{\pi D_б}, \quad (4.98)$$

где v – скорость ленты, м/с.

Требуемое передаточное число привода

$$U = \frac{n_{дв}}{n_б}. \quad (4.99)$$

Выбор редуктора осуществляем по трем основным параметрам: передаточное число, крутящий момент на выходном валу и частота вращения входного вала (прил. 2, табл. П.2.2).

Крутящий момент на приводном барабане элеватора, Нм,

$$M_Б = \frac{2(S_{max} - S_{сб})}{D_б \eta_б}. \qquad (4.100)$$

Выбираем муфту по наибольшему крутящему моменту (прил. 3, табл. П.3.1).

Выбор натяжного устройства. Выбираем тип натяжного устройства. Усилие натяжного устройства

$$P_н = 2{,}1 S_{min} + T_{пл}, \qquad (4.101)$$

где $T_{пл}$ – потери на передвижение ползунов, Н:

Потери на перемещения ползунов

$$T_{пл} = w_т m_п g. \qquad (4.102)$$

где $w_Т$ – коэффициент сопротивления, $w_т = 0{,}4$; $m_п$ – масса ползунов с грузом, $m_п = 100–300$ кг.

После определения усилия натяжного устройства выбираем натяжное устройство. Диаметр натяжного барабана

$$D_{н.б} = 0{,}8\, D_б. \qquad (4.103)$$

4.6. Расчет ленточного ковшового элеватора

Расчет элеватора при проектировании производится в два этапа: обобщенный расчет основных параметров элеватора в соответствии с техническим заданием на проектирование и поверочный расчет, определяющий прочность узлов и деталей и соответствие техническому заданию (в процессе поверочного расчета уточняются значения параметров элеватора, определенные в предварительном расчете).

4.6.1. Обобщенный тяговый расчет элеватора

Рассчитать вертикальный ленточный элеватор для перемещения песка.

Исходные данные:

производительность $Q = 30$ т/ч;

транспортируемый груз – песок,

плотность $\rho = 1{,}5$ т/ч;

высота подъема $H = 25$ м.

Тип элеватора и форма ковшей. Согласно рекомендациям (табл. 4.14) принимаем элеватор быстроходный с центробежной разгрузкой, скорость ленты $v = 2$ м/с, средний коэффициент заполнения ковша $\Psi = 0{,}6$, тип ковшей – глубокие.

Ширину и шаг ковшей (табл. 4.15) принимаем в зависимости от требуемой емкости на 1 м длины ковша и типа ковша по (4.75):

$$\frac{i_к}{a_к} = \frac{30}{3{,}6 \cdot 1{,}9 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}6} = 4{,}87 \text{ л/м},$$

Принимаем ковш глубокий с $i_к / a_к = 5$ л/м, где $a_к = 0{,}4$ м, $i_к = 2$ л.

Выбранные ковши следует проверить по размеру максимальных кусков груза. Так как песок является порошкообразным грузом, следовательно, данную проверку не выполняем.

Число прокладок ленты. Число прокладок ленты определяем по формуле (4.78):

$$i_п = \frac{1360 \cdot 11 \cdot 0{,}9}{22 \cdot 300} = 2{,}05 \text{ шт.}$$

Принимаем количество прокладок ленты $i_п = 3$ шт.

Принимаем: коэффициент, учитывающий ослабление ленты в местах крепления ковшей $k_а = 0{,}9$; коэффициент запаса прочности ленты $n_к = 11$; минимальная допустимая рабочая нагрузка тяговых тканевых прокладок резинотканевых лент $k_р = 22$.

Принимаем ширину ленты $B = 300$ мм.

Расчет размеров барабана. У элеваторов с центробежной разгрузкой ковшей полюс находится в пределах контура барабана.

Расчет диаметра барабана элеватора с центробежной разгрузкой производим по (4.79) с учетом неравенства (4.80):

$$D_б = 125\ 3 = 375 \text{ мм};$$

$$D_б \le 0{,}204 \cdot 2^2 \le 0{,}816 \text{ м}.$$

Полученный диаметр барабана округляем до ближайшего размера из стандартного ряда. Принятое значение диаметра барабана не должно превышать расчетного. Принимаем из стандартного ряда диаметр барабана $D = 400$ мм, длину барабана – на 50–100 мм больше ширины ленты.

Длина барабана

$$L_б = B + 50 = 300 + 50 = 350 \text{ мм}.$$

Минимальное и максимальное натяжения тяговых органов. Минимальное натяжение ленты в предварительных расчетах принимаем S_{min} =1000 Н в зависимости от длины и производительности элеватора.

Максимальное натяжение ленты в предварительном расчете определяем, используя формулу Эйлера (4.77):

$$S_{max} = 2,718^{3,14 \cdot 0,1} \cdot 1000 = 1360 \text{ Н}.$$

Принимаем коэффициент трения между барабаном и лентой μ = 0,1, угол обхвата α = 3,14 рад.

Расчет погонных нагрузок. Расчет погонной нагрузки от массы ленты по (4.84):

$$q_0 = 8,82 + \frac{1,14 \cdot 3 \cdot 9,8}{0,8} = 92,91 \text{Н},$$

Принимаем массу порожнего ковша (табл. 4.18) $m_к$ = 3 кг.

Распределенная нагрузка ленты (4.85):

$$q_л = 3 \cdot 0,3 \cdot 9,8 = 8,82 \text{ Н}.$$

Расчет погонной нагрузки от массы груза по (4.86):

$$q_г = \frac{9,81 \cdot 30}{3,6 \cdot 1,9} = 43,02 \text{ Н}.$$

4.6.2. Поверочный расчет

В поверочном расчете вычисляются натяжения на отдельных участках ленты и силы сопротивления движению ходовой части.

Сопротивление движению ходовой части по (4.87):

$$\Sigma W = 40800 + 53,77 = 40853,77 \text{ Н}.$$

Сопротивление на нижнем барабане от изгиба ленты по (4.88):

$$W_н = 1000 \cdot 40,8 = 40800 \text{ Н}.$$

Сопротивление на нижнем барабане от изгиба ленты, в предварительных расчетах по (4.89):

$$w = 0,03\ 1360 = 40,8.$$

Принимаем условный коэффициент сопротивления движению $w_0 = 0{,}03$.

Сопротивление зачерпыванию по (4.90):

$$W_{\text{зач}} = 43{,}02 \cdot 1{,}25 = 53{,}77 \text{ Н.}$$

Принимаем коэффициент зачерпывания $k_з = 1{,}25$ Нм/Н.

Уточнение производительности конвейера. При поверочном расчете производительность конвейера Q, т/ч, определяем по формуле по (4.91):

$$Q = \frac{3{,}6 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}5}{0{,}4} = 32{,}4 \text{ т/ч.}$$

Уточненный тяговый расчет. Уточненный тяговый расчет методом обхода по контуру выполняется с точки минимального натяжения ленты $S_{\min} = (1000–3000)$ Н (рис. 4.16) по направлению движения.

Наибольшее тяговое усилие в набегающей на приводной барабан ветви ленты по (4.92):

$$S_{\text{нб}} = 41853{,}77 + (92{,}61 + 43{,}02\ )\cdot 25 = 45244{,}52 \text{ Н.}$$

Усилие в сбегающей с нижнего барабана ветви по (4.93):

$$S_{\text{н}} = 1000 + 40853{,}77 = 41853{,}77 \text{ Н}$$

Натяжение ленты в точке сбегания с приводного барабана по (4.94):

$$S_{\text{сб}} = 1000 + 92{,}61 \cdot 25 = 3315{,}25 \text{ Н.}$$

Максимальное натяжение ленты элеватора $S_{\max} = S_{\text{нб}}$ согласно (4.90):

$$S_{\max} = S_{\text{нб}} = 45244{,}52 \text{ Н.}$$

Расчет привода элеватора. Тяговое усилие на приводном валу по (4.96):

$$F_0 = 3315{,}25 \cdot (1{,}36 - 1) = 1193{,}49 \text{ Н.}$$

По тяговому усилию определяем требуемую мощность электродвигателя с коэффициентом запаса $k_з = 1{,}2$

$$P_{\text{тр}} = \frac{1193{,}49 \cdot 1{,}2 \cdot 2}{10^3 \cdot 0{,}92} = 3{,}11 \text{ кВт.}$$

Общий КПД привода элеватора по (4.97):

$$\eta_{общ} = 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,98 = 0,92\ .$$

Принимаем $\eta_м = 0,99$; $\eta_р = 0,95$; $\eta_б = 0,98$.

Выбираем электродвигатель АИС112МА2.

Характеристика двигателя:

мощность $P_{дв} = 4$ кВт;

частота вращения вала двигателя $n = 985$ мин$^{-1}$;

момент инерции ротора $J = 0,095$ кг м^2.

Частота вращения приводного вала барабана, об/мин (4.98):

$$n_б = \frac{60 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,4} = 95,54\ .$$

Требуемое передаточное число привода по (4.99):

$$U = \frac{985}{95,54} = 10,31\ .$$

Выбор редуктора осуществляем по трем основным параметрам: передаточное отношение, крутящий момент на выходном валу и частота вращения входного вала.

Крутящий момент на приводном барабане элеватора по (4.100):

$$M_Б = \frac{2 \cdot 1193,49}{0,4 \cdot 0,98} = 6089,23\ \text{Нм}.$$

Устанавливаем редуктор КЦ1-250МРЗ.

Характеристика редуктора:

передаточное число $U = 10$;

номинальный крутящий момент на выходном валу $M_{вых} = 1150$ Нм;

номинальная частота вращения быстроходного вала $n_н = 1500$ мин$^{-1}$.

Усилие натяжного устройства. Определяем по формуле (4.101):

$$P_н = 2,1 \cdot 1000 + 392,4 = 2492,4\ \text{Н}.$$

Потери на перемещения ползунов (4.102)

$$T_{\text{пл}} = 0,4 \cdot 100 \cdot 9,81 \cdot 1 = 392,4 \text{ Н}.$$

Устанавливаем пружинно-винтовое натяжное устройство.

Диаметр натяжного барабана (4.103):

$$D_{\text{н.б}} = 0,8 \cdot 400 = 320 \text{ мм}.$$

В соответствии с нормальным рядом принимаем диаметр натяжного барабана $D_{\text{н.б}}$ = 315 мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Мусияченко, Е. В. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта: конспект лекций / Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Н. Н. Малышева. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 233 с. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582–2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко)

2. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта: метод. указания по лаб. работам / сост. : Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Г. С. Гришко, Н. Н. Малышева, А. А. Метелица. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 64 с. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582–2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко)

3. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта: метод. указания к практ. работам / сост. Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Г. С. Гришко, Н. Н. Малышева, А. А. Метелица. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 78 с. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582–2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко)

4. Мусияченко, Е. В. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : учеб. пособ. по курсовому проектированию / Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Г. С. Гришко, Н. Н. Малышева, А. А. Метелица, Е. С. Новиков. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 96 с. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582–2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко)

5. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта: метод. указания по самост. работе / сост. : Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Г. С. Гришко, Н. Н. Малышева, А. А. Метелица, Е. С. Новиков. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 44 с. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582–2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко)

6. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины : учеб. пособие для машиностроительных вузов. – 3-е изд., перераб. / А. О. Спиваковский, В. А. Дьячков – М. : Машиностроение, 1983. – 487., ил.

7. Конвейеры : Справ. / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков и др. под общ. ред. Ю. А. Пертена. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. 367 с., ил.

8. Кузьмин, А. В. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Изд-е 2, перераб. / А. В. Кузьмин, Ф. Л. Марон – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 350 с.

9. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта: учеб. для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование». – 2-е изд., перераб. и доп. / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – М. : Машиностроение, 1987. – 29 с., ил.

10. Ивашков, И. И. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемно-транспортных машин : учеб. для машиностроительных вузов. / И. И. Ивашков. – М. : Машиностроение, 1981. 335с., ил.

11. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта : учеб. для вузов, по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р. Л. Зенков,

И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов, – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с., ил.

12. Катрюк, И. С. Машины непрерывного транспорта. Конструкции, проектирование и эксплуатация : учеб. пособие / И. С. Катрюк, Е. В. Мусияченко. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2006. – 266 с.

13. Александров, М. П. Подъемно-транспортные машины: учеб. для машиностроит. спец. вузов. / М. П. Александров. – 6-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1985. – 520 с.

14. Шахмейстер, Л. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 336 с., ил.

15. Машины непрерывного транспорта. Расчет и проектирование конвейеров: метод. указания по практ. занятиям / сост. Е. В. Мусияченко. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2003. – 60 с.

16. Меновщиков, В. А. Подъемно-транспортные машины : учеб.-метод. пособие / В. А. Меновщиков, В. М. Ярлыков КрасГАУ. – Красноярск, 2008. – 94 с.

17. Кожушко, Г. Г. Пластинчатые конвейеры. Эскалаторы : учеб. пособие / Г. Г. Кожушко. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 93 с.

Дополнительная литература

18. СТО 4.2-07–2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / разраб. : Т. В. Сильченко, Л. В. Белошапко, В. К. Младенцева, М. И. Губанова. – Введ. впервые 09.12.2008. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 47 с.

19. Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ / сост. : А. В. Сарафанов, М. М. Торопов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т; 2008. – Вып. 3.

20. Меновщиков, В. А. Подъемно-транспортирующие машины в примерах и задачах : учеб. пособие / В. А. Меновщиков, В. М. Ярлыков. – Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. аграр. Ун-та, 2004. – 203 с.

21. Волков, Д. П. Строительные машины и средства малой механизации / Д. П. Волков, В. Я. Крикун. – М. : Мастерство, 2002. – 480 с.

22. Евграфов, В. А. Основы теории и расчета сопротивлений движению в машинах непрерывного транспорта с тяговым элементом: учеб. пособие / В. А. Евграфов, А. К. Миненко. – Л. : ЛИВТ, 1989. – 59 с.

23. Евграфов, В. А. Портовые машины непрерывного транспорта: учеб. пособие / В. А. Евграфов, А. К. Миненко. – Л. : ЛИВТ, 1981. – 104 с.

24. Шахмейстер, Л. Г. Динамика грузопотоков и регулирование скорости ленточных конвейеров: учеб. пособие / Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев, А. К. Лобачева. – М. : Московский горный институт, 1972. – 163 с.

25. Ленточные конвейеры в горной промышленности / В. А. Дьяков, Л. Г. Шахмейстер, В. Г. Дмитриев и др.; ред. чл.-корр. АН СССР А. О. Спиваковский. – М. : Недра, 1982. – 349 с.

26. Евграфов, В. А. Портовый конвейерный и трубопроводный транспорт : учеб. пособие / В. А. Евграфов, А. К. Миненко. – Л. : ЛИВТ, 1981. – 108 с.

27. Додонов, Б. П. Грузоподъемные и транспортные устройства : учеб. для техникумов / Б. П. Додонов, В. А. Лифанов. – М. : Машиностроение, 1984. – 136 с., ил.

28. Дьячков, В. К. Подвесные конвейеры / В. К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1976. – 320 с., ил.

29. Шеффлер, М. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин: пер. с нем. / М. Шеффлер, Г. Пайер, Ф. Курт. – М. : Машиностроение, 1980.

30. Додонов, Б. П. Грузоподъемные и транспортные устройства : учеб. для средних и спец. учебных заведений / Б. П. Додонов, В. А. Лифанов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 248 с., ил.

31. Григорьев, А. М. Винтовые конвейеры / А. М. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1972. – 184 с.

32. Зайков, В. И., Берлявский, Г. П. Эксплуатация горных машин и оборудования : учеб. для вузов / В. И. Зайков, Г. П. Берлявский – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2001. – 257 с.

33. Шешко, Е. Е. Эксплуатация и ремонт оборудования транспортных комплексов карьеров : учеб. пособие / Е. Е. Шешко. – 2-е изд. – М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2000. – 425 с.

34. Меновщиков, В. А. Транспортирующие машины и устройства сельскохозяйственного назначения : учеб. пособие / В. А. Меновщиков, В. М. Ярлыков; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 120 с.

35. Кожушко, Г. Г. Пластинчатые конвейеры. Эскалаторы : учеб. пособие / Г. Г. Кожушко. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 93 с.

36. Марон, Ф. Л. Справ. по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / Ф. Л. Марон, А. В. Кузьмин. – Минск : Высш. шк. 1984. – 272 с.

37. Пономарев, В. П. Грузоподъемные машины: учеб. пособие / В. П. Пономарев, Е. В. Мусияченко. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. – 134 с.

38. Редукторы. Справ. пособие / Г. Н. Краузе, Н. Д. Кутилин, С. А. Сыцко, – Л. : Машиностроение, 1972. – 144 с.

Электронные и интернет-ресурсы

39. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. комплекс по дисциплине / Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Г. С. Гришко, Н. Н. Малышева, А. А. Метелица, Е. С. Новиков. – Электрон. дан. (225 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582-2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко). – 1 электрон. опт. диск (*DVD*). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 285 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows* 2000 *SP* 4 / *XP SP* 2 / *Vista* (32 бит) ; *Adobe Reader* 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата *pdf*) ; *Microsoft PowerPoint* 2003 или выше. – (Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902517).

40. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта. Банк тестовых заданий [Электронный ресурс] : контрольно-измерительные материалы / Е. В. Мусияченко, В. М. Ярлыков, Н. Н. Малышева. – Электрон. дан. (54 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582-2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко). – 1 электрон. опт. диск (*DVD*). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 114 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows* 2000 *SP* 4 / *XP SP* 2 / *Vista* (32 бит) ; *Adobe Reader* 7.0 (или аналогичный продукт для чтения файлов формата *pdf*). – (Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902519).

41. Шниперов, А. Н. Унифицированная система компьютерной проверки знаний тестированием UniTest версии 3.0.0: руководство пользователя / А. Н. Шниперов, Б. М. Бидус. – Красноярск, 2008.

42. Обучающая компьютерная программа «Расчет ленточного конвейера» (Свидетельство о регистрации программ для ЭВМ №2005610207 от 21.01.2005г.).

43. Мусиянченко, Е. В. Машины непрерывного транспорта. Версия 1.0. (Электронный ресурс) : учеб. пособие / Е. В. Мусияченко. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2006. 1. электрон. опт. диск (CD-ROM), 70Мб.

Перечень наглядных и других пособий, методических указаний и материалов к техническим средствам обучения

44. Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта. Презентационные материалы [Электронный ресурс] : наглядное пособие / Е. В. Мусияченко. – Электрон. дан. (52 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – (Расчет и проектирование машин непрерывного транспорта : УМКД № 1582-2008 / рук. творч. коллектива Е. В. Мусияченко). – 1 электрон. опт. диск (*DVD*). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 52 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows* 2000 *SP* 4 / *XP SP* 2 / *Vista* (32 бит) ; *Microsoft PowerPoint* 2003 или выше. – (Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320902518).

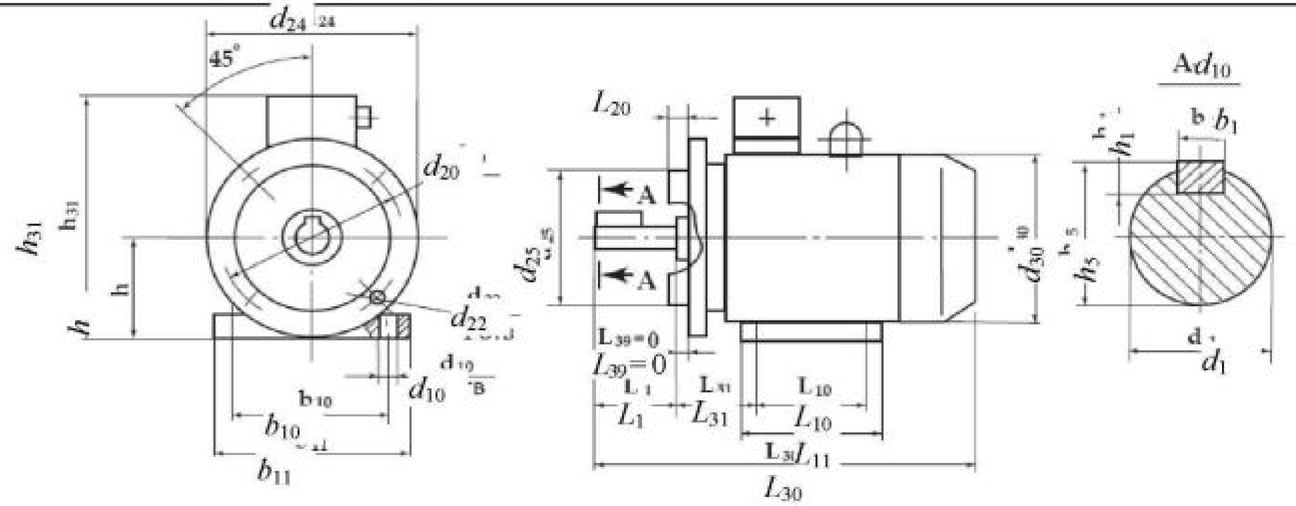
45. Интерактивные технические средства обучения: практическое руководство / сост. А. Г. Суковатый, К. Н. Захарьин, А. В. Казанцев, А. В. Сарафа-нов. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 84 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1
Технические характеристики электродвигателей

Таблица П.1.1

Электродвигатели трехфазные асинхронные АИРМ 112, АИС112, АД(АИРМ)132, АИС132, АД(АИРМ)160, АД(АИРМ)180



Тип двигателя	Габаритные размеры										Установочные и присоединительные размеры									
	d	L_{30}	h_{31}	b_1	b_{10}	b_{11}	d_1	d_{10}	d_{20}	d_{22}	d_{25}	h	h_1	h_5	L_1	L_{10}	L_{11}	L_{20}	L_{31}	d_{30}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
АИС112	250	430	290	8	190	228	28	12	215	14	180	112	7	31	60	140	184	4,0	70	246
АД(АИРМ)132S	350	496	310	10	216	254	38	12	300	19	250	132	8	41	80	140	174	5	89	246
АД(АИРМ)132M2	350	496	310	10	216	254	38	12	300	19	250	132	8	41	80	178	212	5	89	246
АД(АИРМ)132M, 4,6,8	350	518	310	10	216	254	38	12	300	19	250	132	8	41	80	178	212	5	89	246
АИС132S	300	446	310	10	216	254	38	12	265	14	230	132	8	41	80	140	174	4,0	89	246
АИС132M	300	496	310	10	216	254	38	12	265	14	230	132	8	41	80	178	212	4,0	89	246
АД(АИРМ)160S2	350	610	415	12	254	304	42	15	300	19	250	160	8	45	110	178	218	5	108	357
АД(АИРМ)160M2	350	655	415	12	254	304	42	15	300	19	250	160	8	45	110	210	250	5	108	357
АД(АИРМ)160S4, 6,8	350	610	415	14	254	304	48	15	300	19	250	160	9	51,5	110	178	218	5	108	357
АД(АИРМ)160M4 ,6,8	350	655	415	14	254	304	48	15	300	19	250	160	9	51,5	110	210	250	5	108	357
АД(АИРМ)180S2	400	660	435	14	279	340	48	15	350	19	300	180	9	51,5	110	203	249	5	121	357
АД(АИРМ)180M2	400	740	435	14	279	340	48	15	350	19	300	180	9	51,5	110	241	311	5	121	357
АД(АИРМ)180S4	400	660	435	16	279	340	55	15	350	19	300	180	10	59	110	203	249	5	121	357
АД(АИРМ)180M4 ,6,8	400	740	435	16	279	340	55	15	350	19	300	180	10	59	110	241	311	5	121	357

Приложение 2
Технические характеристики редукторов

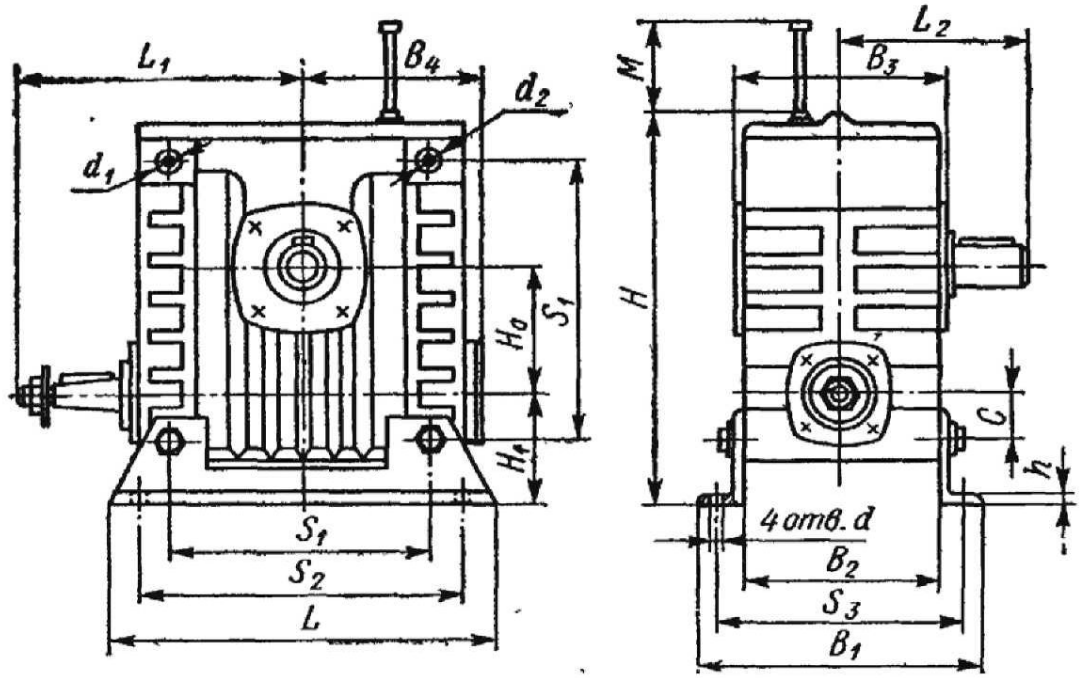
Таблица П.2.1

Технические параметры редукторов типа РЧУ

Типоразмер редуктора	Частота вращения быстроходного вала, $мин^{-1}$	Передаточное число редуктора										
		8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80
		Мощность на быстроходном валу, кВт										
РЧУ-40	750	0,35	0,3	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	
	1000	0,45	0,4	0,25	0,25	0,2	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	
	1500	0,6	0,5	0,35	0,35	0,3	0,2	0,2	0,2	0,15	0,1	
РЧУ-50	750	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,25	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1
	1000	0,85	0,65	0,55	0,45	0,35	0,3	0,3	0,2	0,2	0,15	0,1
	1500	1,1	0,85	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
РЧУ-63	750	1,25	1,0	0,8	0,7	0,55	0,45	0,4	0,3	0,3	0,2	0,15
	1000	1,6	1,2	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,2
	1500	2,1	1,6	1,35	1,15	0,9	0,75	0,7	0,5	0,45	0,4	0,25
РЧУ-80	750	25	2,0	1,6	1,35	1,1	0,9	0,8	0,7	0,55	0,4	0,3
	1000	3,1	2,3	2,0	1,65	1,35	1,1	1,0	0,8	0,65	0,6	0,4
	1500	4,1	3,2	2,6	2,2	1,75	1,45	1,25	1,05	0,85	0,75	0,55
РЧУ-100	750	4,4	3,4	2,9	2,4	1,9	1,6	1,4	1,1	0,9	0,8	0,45
	1000	5,5	4,15	3,5	3,0	2,3	1,9	1,8	1,3	1,1	1,1	0,7
	1500	68	5,6	4,8	365	3,0	2,5	2,1	1,7	1,5	1,1	0,9
РЧУ-125	750	8,0	6,3	5,1	4,3	3,4	2,8	2,4	19	1,6	1,2	0,9
	1000	9,9	7,7	6,3	5,4	4,1	3,4	3,05	2,4	2,0	1,5	1,15
	1500	12,0	92	7,3	6,4	5,0	4,1	3,6	2,8	2,3	1,9	1,5
РЧУ-160	750	16,1	12,6	10,4	8,6	70	5,9	4,8	4,1	3,4	2,3	1,8
	1000	17,8	14,2	11,6	9,5	7,7	6,4	5,5	4,8	3,7	2,9	2,2
	1500	20,4	18,5	15,5	11,4	10,4	8,5	6,5	5,8	4,8	3,3	3,0

Таблица П.2.2

Геометрические размеры редукторов типа РЧУ



Обозначение	Типоразмер редуктора			Обозначение	Типоразмер редуктора		
	РЧУ -40	РЧУ-63	РЧУ-80		РЧУ -40	РЧУ-63	РЧУ-80
B_1	164	197	212	L_2	88	101	121
B_2	100	125	140	S_1	105	150	180
B_3	120	144	164	S_2	150	180	225
B_4	76	100	117	S_3	140	165	185
H	180	225	267	C	35	44	50
H_0	40	63	80	M	115	163	190
H_1	72	84	92	D	13	13	15
H	4	5	5	d_1	16С	16С	18С
L	180	220	260	d_2	11	11	14
L_1	115	150	180				

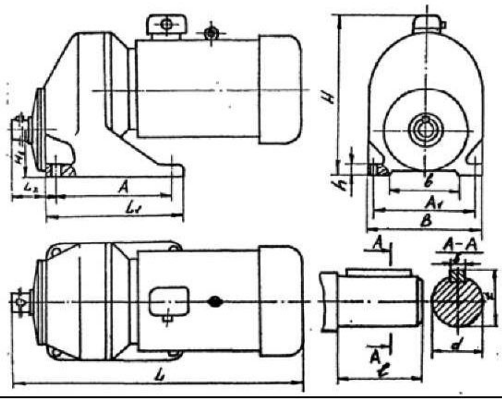
Таблица П.2.3

Технические параметры мотор-редукторов типа МЦ

Типоразмер мотор-редуктора	Частота вращения выходного вала n, об/мин	Момент T на выходном валу, Н·м	КПД редуктора	Масса мотор-редуктора	Электродвигатель			
					Тип	P, кВт	$n_{эл}$, об/мин	КПД
МЦ-63	224 280 355 450	657	0,9	54	4A100L8P3	1,5	700	0,74
		530 565			4A100L6P3	2,2	950	0,81
		637		47	4A100S4P3	3,0	1420	0,82
МЦ-80		124		78	4A112MB8P3	3,0	700	0,79
		123 101			4A112MB6P3	4,0	950	0,82
		112			4A112MB4P3	5,5	1450	0,85
МЦ-100		232		125	4A132M8P3	5,5	720	0,83
		264 210			4A132M6P3	7,5	960	0,85
		230			4A132M4P3	11,0	1450	0,87
МЦ-125		440		185	4A160S6P3	11,0	970	0,86
		469 491		205	4A160M6P3	15,0		0,87
		390		200	4A160M4P3	18,5	1460	0,89

Таблица П.2.4

Геометрические размеры мотор-редукторов типа МЦ



Типоразмер мотор-редукторов	Частота вращения выходного вала n, мин$^{-1}$	Размеры, мм									
		L	L_1	L_2	A	A_1	B	B	H	H_1	h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МЦ-63	224; 280; 355 / 450	505 / 475	185	90	150	180	215	120	306	80	16

Окончание табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МЦ-80	$\frac{224;280}{355;450}$	205	105	165	230	275	190	370	100	22	
МЦ-100	$\frac{224;280}{355;450}$	675	255	128	200	250	305	200	426	112	25
МЦ-125	$\frac{224}{280;355;450}$	$\frac{790}{830}$	325	160	270	300	355	250	530	140	28

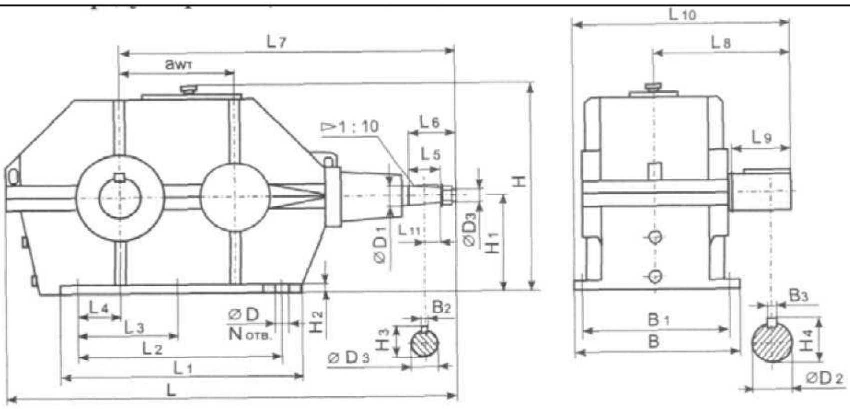
Таблица П.2.5

Технические параметры коническо-цилиндрических двухступенчатых редукторов КЦ-200МРЗ, КЦ-250МРЗ, КЦ-300МРЗ

Типоразмер редуктора		КЦ1-200МРЗ				
Номинальное передаточное отношение, i		6,3	10,0	14,0	20,0	28,0
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, T, Нм		560	900			560
Номинальная частота вращения быстроходного вала n, $с^{-1}$, об/мин		25 (1500)				
Номинальная радиальная консольная нагрузка, приложенная к середине посадочной поверхности конца вала R, H	быстроходного	600		900	1200	1400
	тихоходного	5150	5600		6150	6500
Масса m, кг		185				
Типоразмер редуктора		КЦ1-250МРЗ				
Номинальное передаточное отношение, i		6,3	10,0	14,0	20,0	28,0
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, T, Нм		1150	1400		1150	1000
Номинальная частота вращения быстроходного вала n, $с^{-1}$, об/мин		25 (1500)				
Номинальная радиальная консольная нагрузка, приложенная к середине посадочной поверхности конца вала R, H	быстроходного	1080	950	800	600	480
	тихоходного	8400	9350		8400	7900
Масса m, кг		320				
Типоразмер редуктора		КЦ1-300МРЗ				
Номинальное передаточное отношение, i		6,3	10,0	14,0	20,0	28,0
Номинальный крутящий момент на тихоходном валу n, T, Нм		1100	1700	2200	2000	1650
Номинальная частота вращения быстроходного вала, $с^{-1}$, об/мин		25 (1500)				
Номинальная радиальная консольная нагрузка, приложенная к середине посадочной поверхности конца вала R, H	быстроходного	1050		1000	800	600
	тихоходного	8290	10300	11700	11180	10150
Масса m, кг		405				

Таблица П.2.6

Габаритные и присоединительные размеры редукторов
КЦ-200МРЗ, КЦ-250МРЗ, КЦ-300МРЗ



Типоразмер	aw_T	L	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	L_8	L_9	L_{10}
КЦ – 200МРЗ	200	900	425	375	–	90			660	247	80	400
КЦ – 250МРЗ	250	1170	570	480	–	110	82	110	875	319,5	110	507
КЦ – 300МРЗ	300	1275	635	545	265	125			925	385	140	590

Типоразмер	H	H_1	H_2	H_3	H_4	$ØD$	$ØD_1$	$ØD_2$	$ØD_3$	N
КЦ – 200МРЗ	460	225	22	38,9	48,5	17	40h10	45k6	М24х2	4
КЦ – 250МРЗ	545	265	25	49,2	60,4	22	50h10	55m6	М36х3	
КЦ – 300МРЗ	645	315			77,4			70m6		6

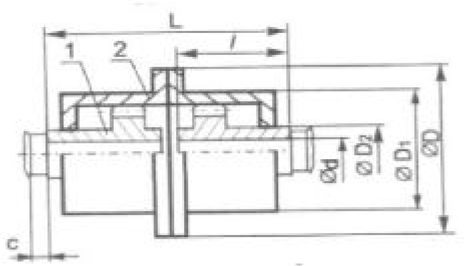
Типоразмер	B	B_1	B_2	B_3
КЦ – 200МРЗ	300	250	10	14
КЦ – 250МРЗ	375	325	12	16
КЦ – 300МРЗ	410	350		20

Приложение 3
Технические характеристики соединительных муфт

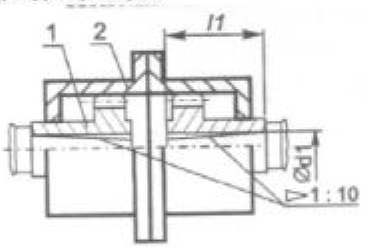
Таблица П.3.1

Технические параметры, габаритные и присоединительные размеры тормозных устройств типа ТКП

Исполнение 1



Исполнение 2

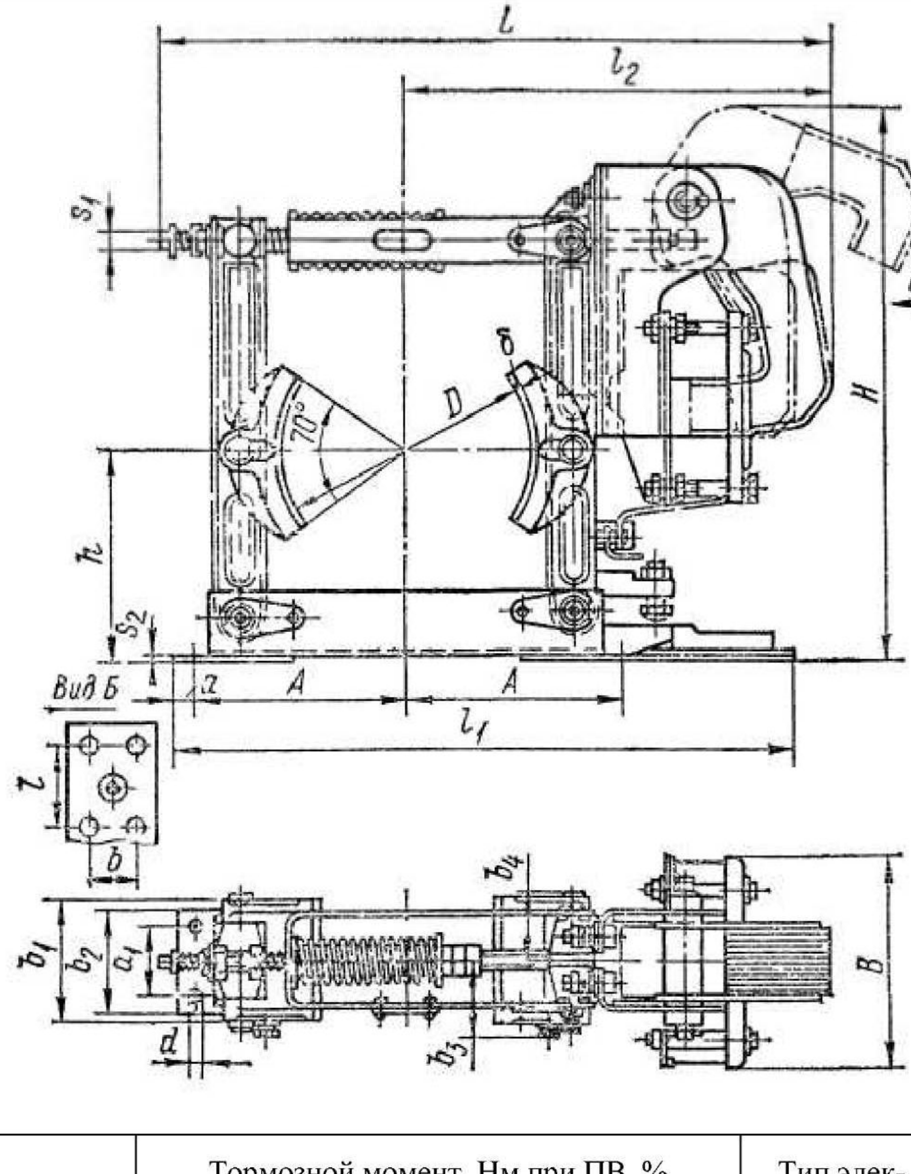


Номер муфты	Номинальный крутящий момент $T_{кр}$	Размеры, мм							Частота вращения для муфт типа 1n, $с^{-1}$	Масса для муфт типа 1 m
		d, d_1	D	D_1	D_2	l	L	C		
		не более						не менее		
МЗ-1	1000	40	145	100	60	82	174	12	90	6,7
МЗ-2	1600	55	170	125	80				80	9,2
МЗ-3	2500	60	185	135	85	105	220		75	11,2
МЗ-4	4000	65	200	150	95			18	62	15,2
МЗ-5	6300	80	230	175	115	130	270		55	22,6
МЗ-6	10000	100	270	200	145	165	340		47	40,5
МЗ-7	16000	120	300	230	175		345	25	40	62,5
МЗ-8	25000	140	330	260	200	200	415	30	35	100,0
МЗ-9	40000	160	410	330	230				29	164,3
МЗ-10	63000	200	470	390	290	240	500	35	20	228,0
МЗ-11	71000	220	545	465	320	300	620		12,5	438,0
МЗ-12	100000	240	590	510	350	350	720	40	11	598,0
МЗ-13	150000	250	680	580	360			50	10	653,0
МЗ-14	200000	320	730	630	460	400	820	60	9	830,0
МЗ-15	250000	360	780	680	520	450	930	70	8	1110,0

Приложение 4
Технические характеристики тормозных устройств

Таблица П.4.1

Технические параметры, габаритные и присоединительные размеры тормозных устройств типа ТКП



Тип тормоза	Тормозной момент, Нм при ПВ, %			Тип электромагнита	Масса тормоза, кг
	25	40	100		
1	2	3	4	5	6
ТКП-100	20	16	8	МП – 101	16
ТКП-200 / 100	40	32	16		30
ТКП-200	160	125	54	МП – 201	37
ТКП-300 / 200	240	190	80		75
ТКП-300	500	420	170	МП – 301	90

Окончание табл. П.4.1

<table>
<tr><td colspan="11">Размеры, мм</td></tr>
<tr><td>диаметр шкива</td><td>Отход колодки от шкива</td><td>L</td><td>ℓ</td><td>ℓ_1</td><td>ℓ_2</td><td>B</td><td>b</td><td>b_1</td><td>b_2</td><td>b_3</td></tr>
<tr><td>100</td><td rowspan="2">0,4</td><td>353</td><td rowspan="2">44</td><td>300</td><td>223</td><td rowspan="2">132</td><td rowspan="2">30</td><td>70</td><td>65</td><td>45</td></tr>
<tr><td>200</td><td>501</td><td>394</td><td>283</td><td>90</td><td>90</td><td>54</td></tr>
<tr><td>200</td><td rowspan="2">0,5</td><td>546</td><td rowspan="2">80</td><td>394</td><td>328</td><td rowspan="2">178</td><td rowspan="2">38</td><td>90</td><td>90</td><td>54</td></tr>
<tr><td>300</td><td>681</td><td>550</td><td>396</td><td>140</td><td>120</td><td>81</td></tr>
<tr><td>300</td><td>0,7</td><td>718</td><td>92</td><td>550</td><td>436</td><td>223</td><td>54</td><td>140</td><td>120</td><td>81</td></tr>
<tr><td colspan="11">Разработка, мм</td></tr>
<tr><td>b_4</td><td>H</td><td>h</td><td>A</td><td>a</td><td>a_1</td><td>d</td><td>d_1</td><td>s_1</td><td>δ</td><td>s_2</td></tr>
<tr><td>36</td><td>274</td><td>100</td><td>110</td><td>15</td><td>40</td><td>13</td><td>9</td><td>8</td><td rowspan="2">6</td><td>4</td></tr>
<tr><td>47</td><td>414</td><td>170</td><td>175</td><td>22</td><td>60</td><td>18</td><td>13</td><td>11</td><td>7</td></tr>
<tr><td>47</td><td>437</td><td>170</td><td>175</td><td>22</td><td>60</td><td>18</td><td>13</td><td>11</td><td rowspan="2">8</td><td>7</td></tr>
<tr><td>72</td><td>577</td><td>240</td><td>250</td><td>25</td><td>80</td><td>22</td><td>17</td><td>14</td><td>9</td></tr>
<tr><td>72</td><td>600</td><td>240</td><td>250</td><td>25</td><td>80</td><td>22</td><td>17</td><td>14</td><td>8</td><td>9</td></tr>
</table>

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На выполнение ____
(вид самостоятельной работы)
по дисциплине____
Студенту____группы____________________________
(Фамилия И.О.)

Тема задания____
____

Исходные данные____
____
____
____
____
____
____
____
____

Перечень представляемых материалов по результатам выполненной работы:
____
____
____
____
____
____
____

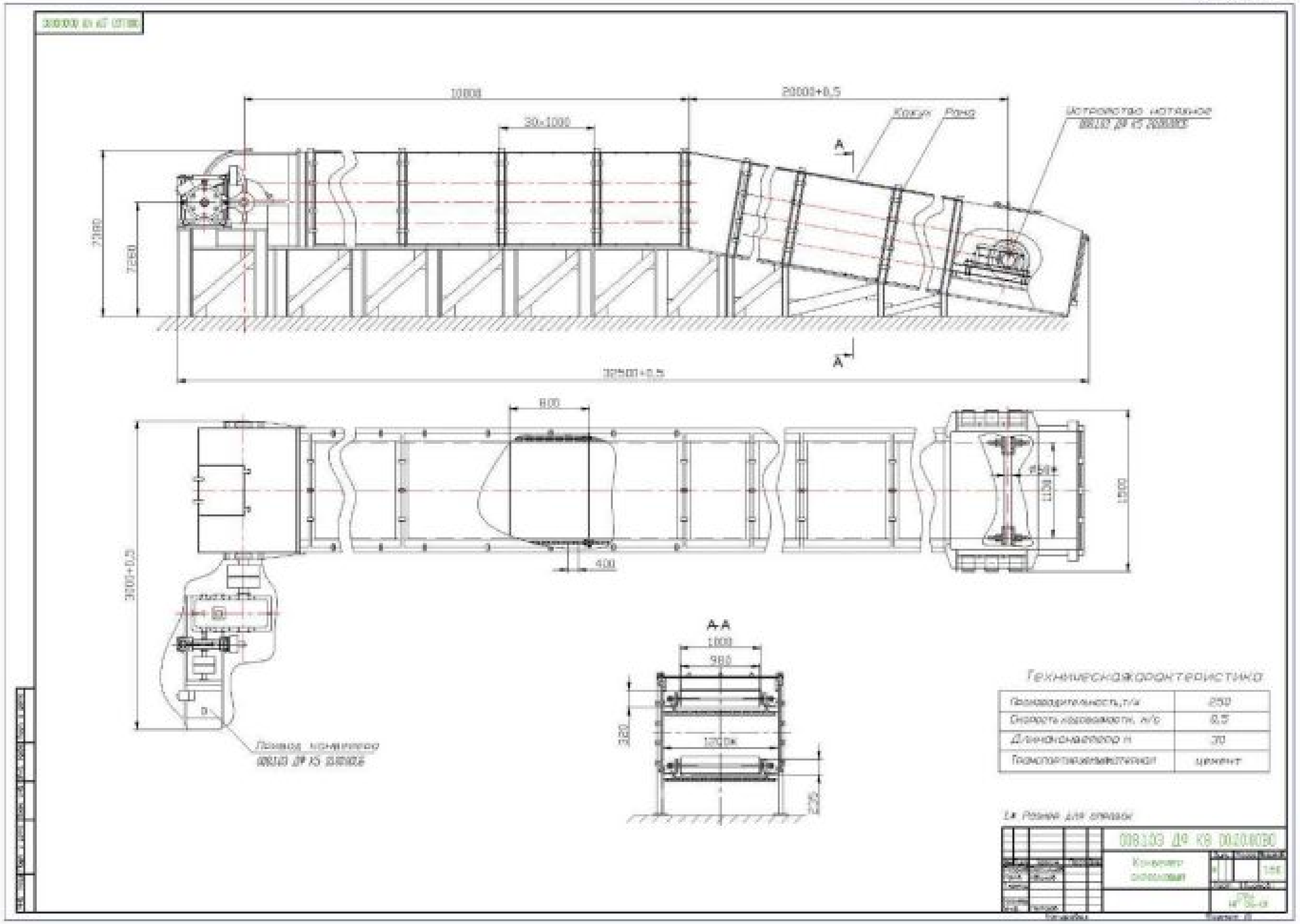
Дата выдачи задания «____» _____________ 20___г.
Дата окончания работы «____» _____________ 20___г.

Руководитель работы ________________(________________________)

Приложение 6. Пример выполнения графической части курсового проекта

Пример выполнения графической части курсового проекта по теме «Проектирование скребкового конвейера»

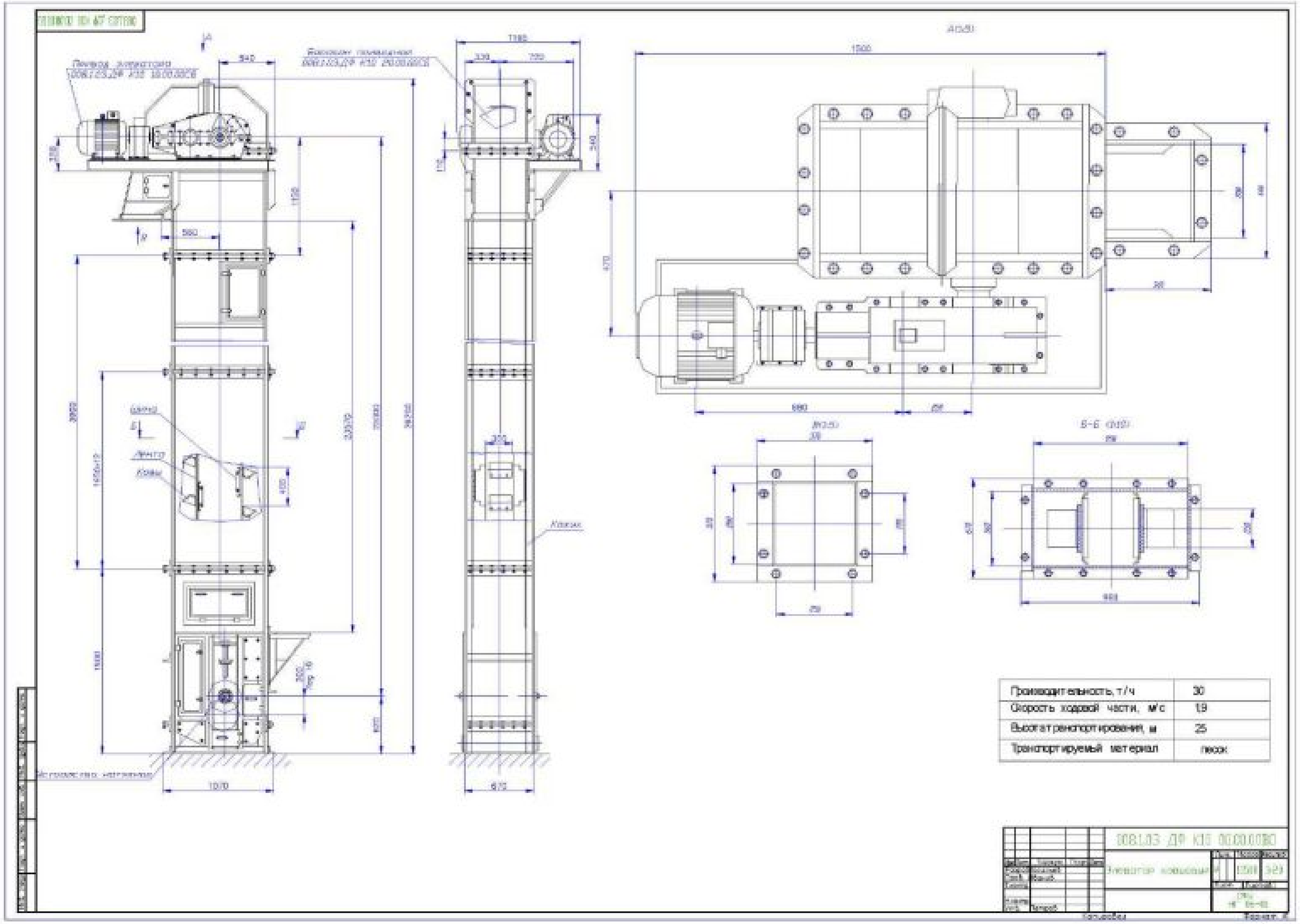
Лист 1



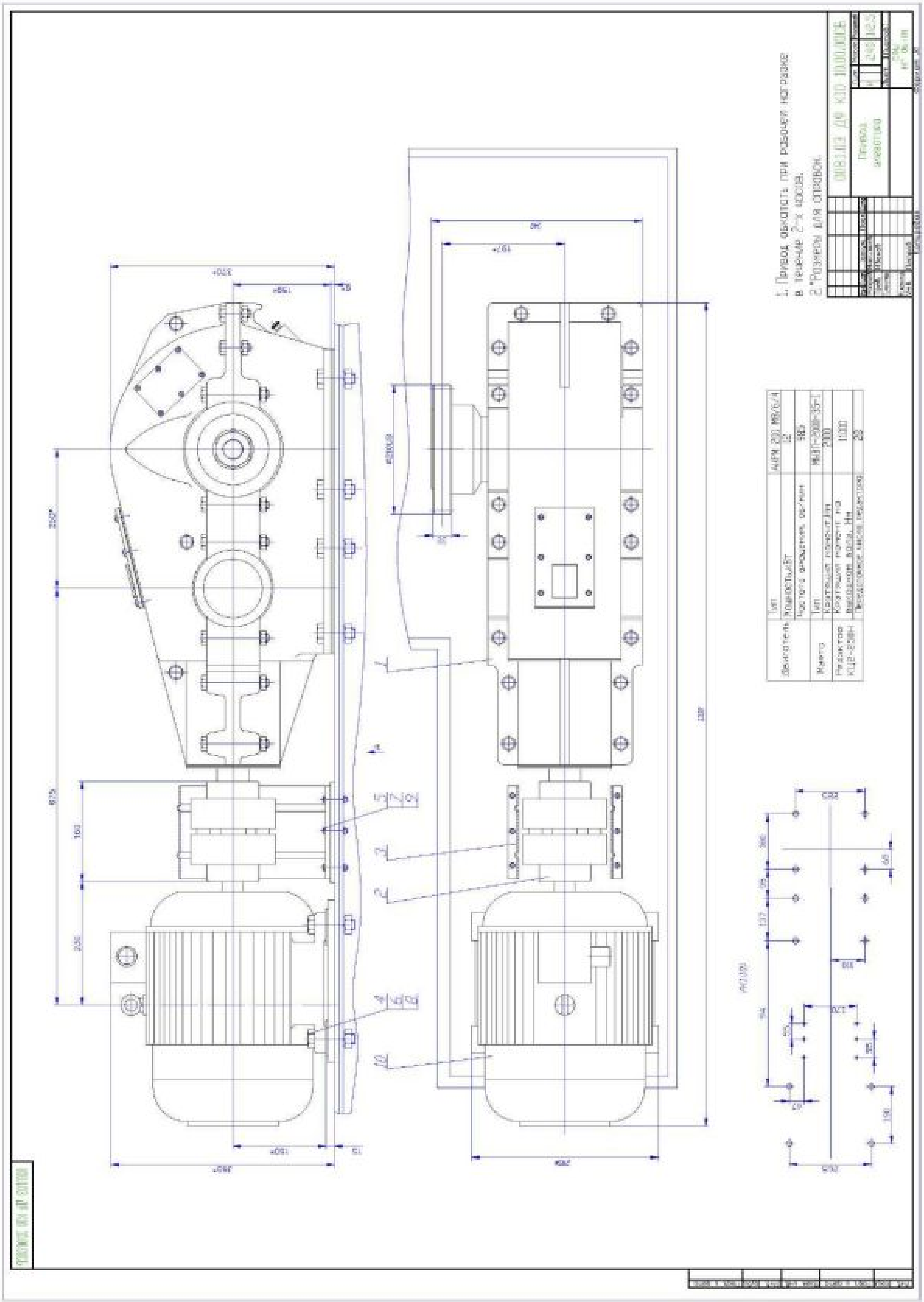
Приложение 7. Пример выполнения графической части курсового проекта

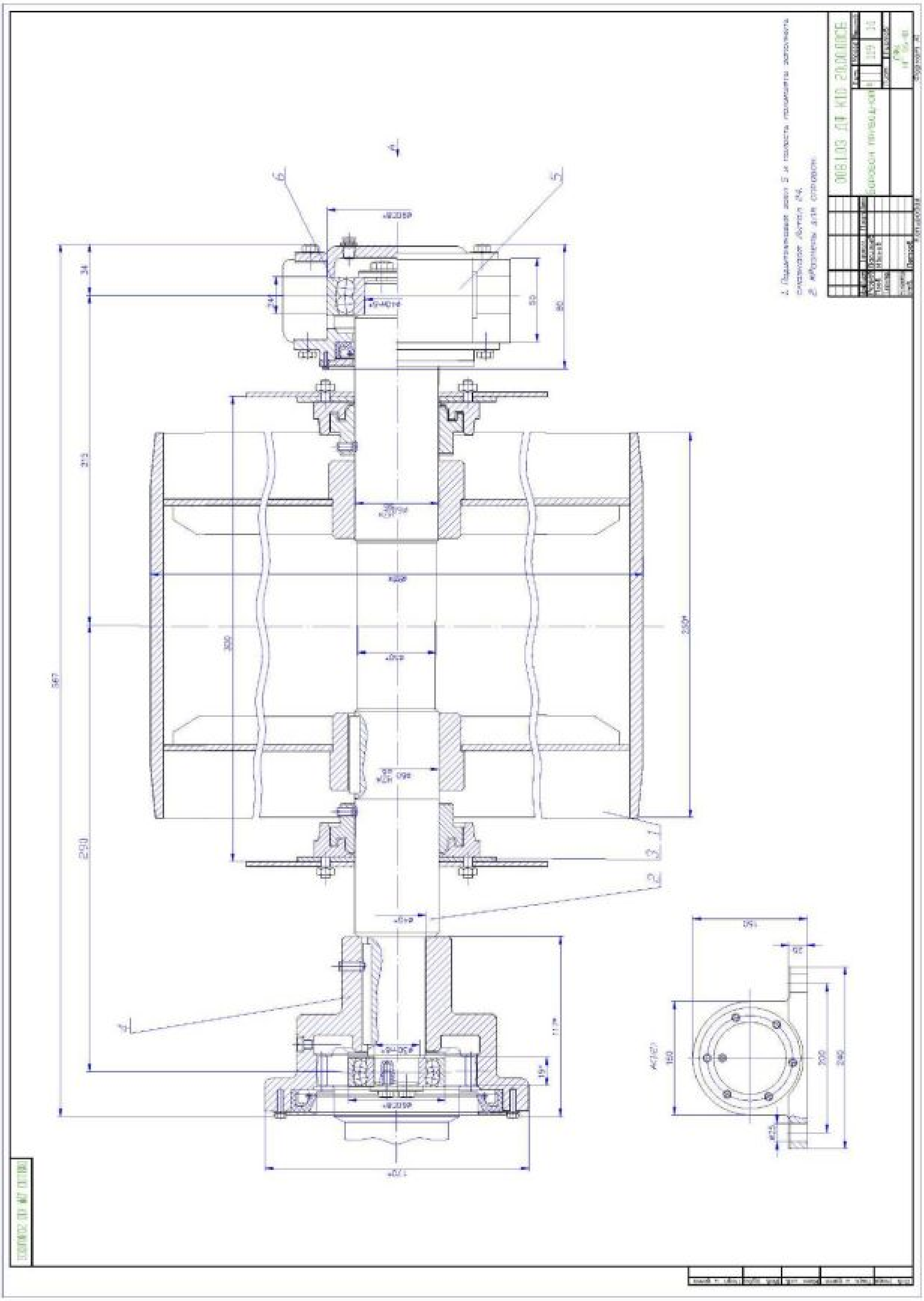
Пример выполнения графической части курсового проекта
по теме «Проектирование ленточного ковшового элеватора»

Лист 1



Лист 2

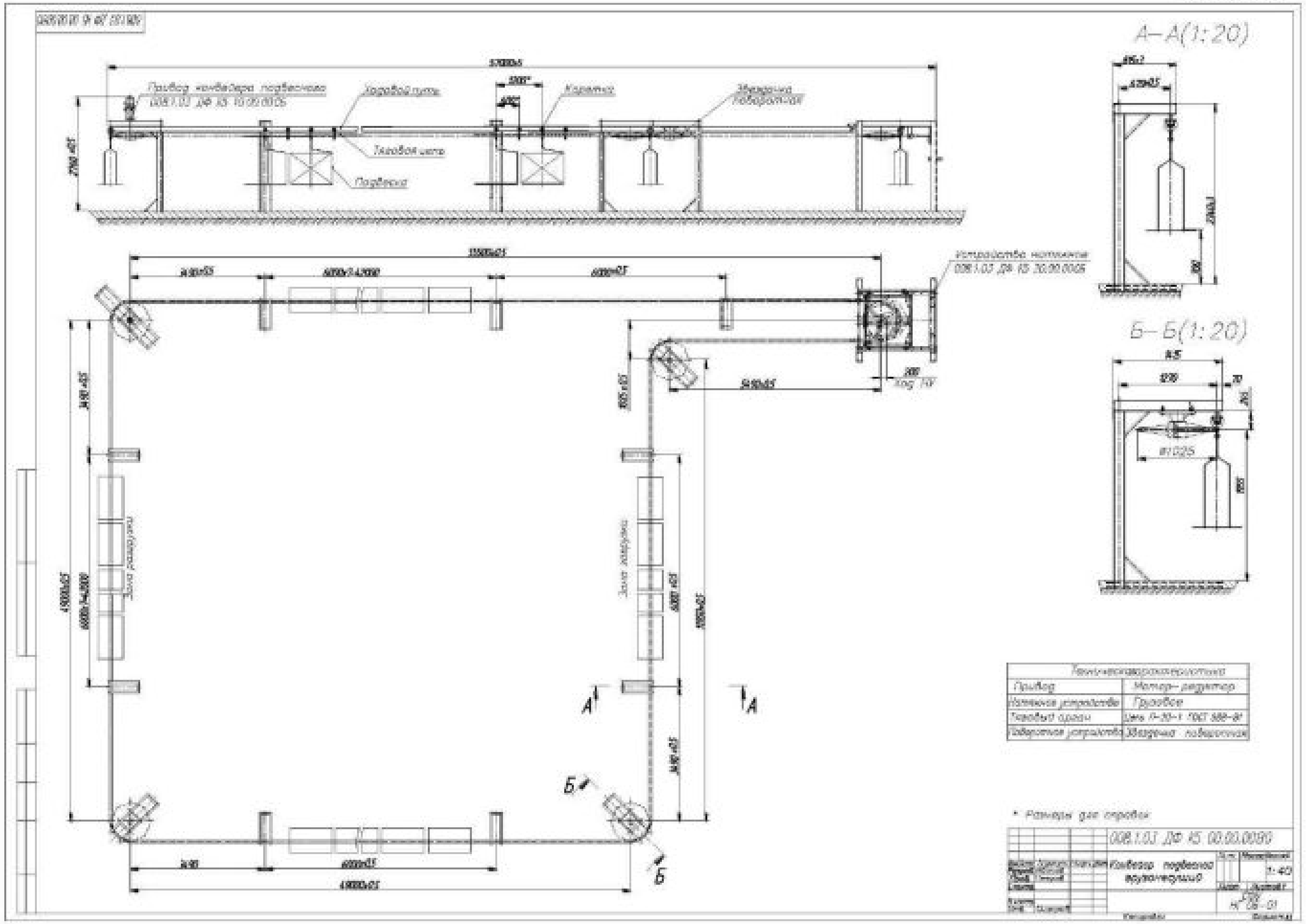




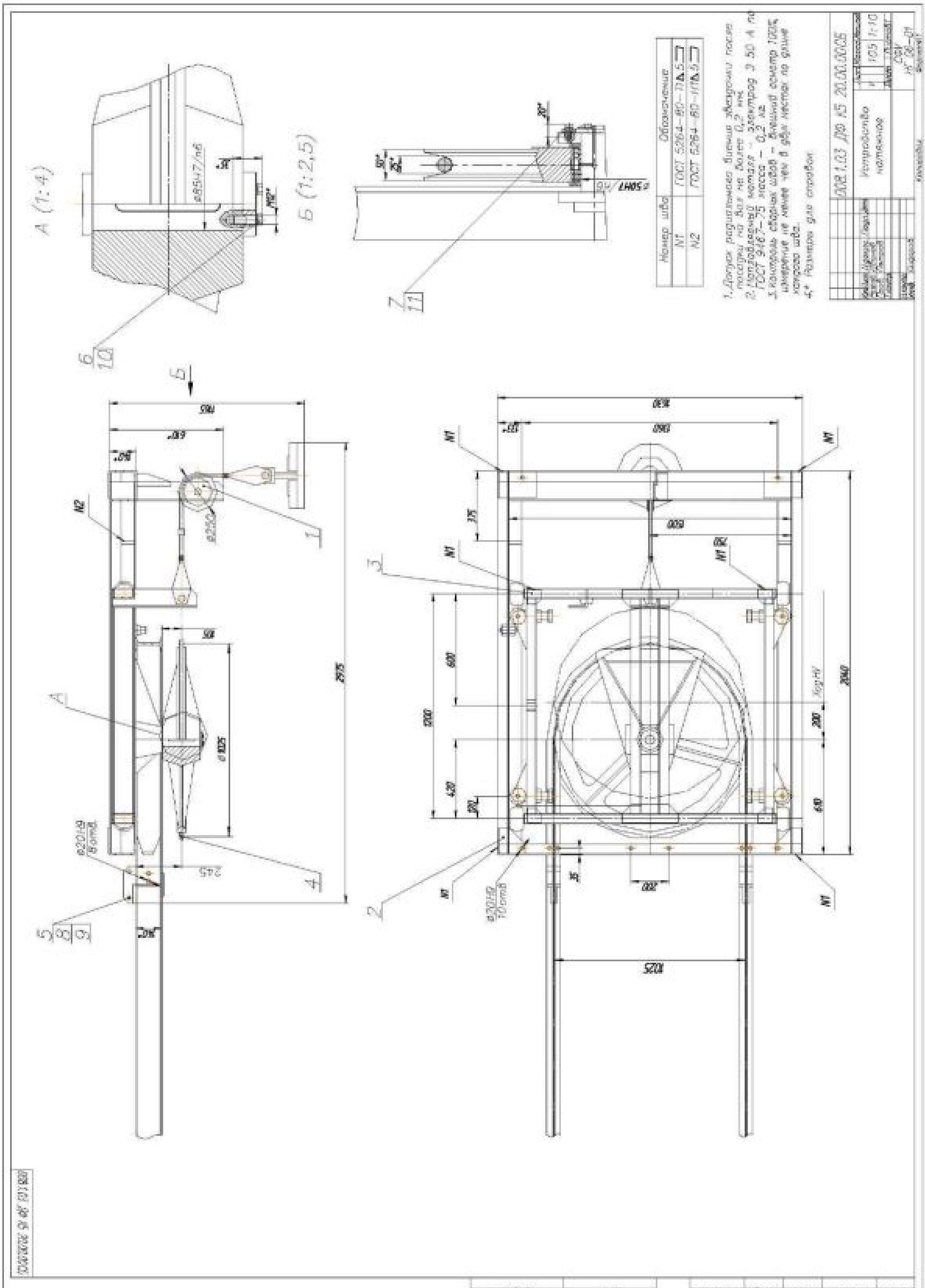
Приложение 8. Пример выполнения графической части курсового проекта

Пример выполнения графической части курсового проекта по теме «Проектирование подвесного грузонесущего конвейера»

Лист 1



Лист 2



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A1			008.1.03 ДФ 190602 К10 10.00.00СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
A3		1	008.1.03 ДФ 190602 К10 10.10.00	Редуктор КЦ2–250Н	1	
A3		2	008.1.03 ДФ 190602 К10 10.20.00	Муфта МУВП 2000–35–I	1	
A3		3	008.1.03 ДФ 190602 К10 10.30.00	Кожух	1	
				Стандартные изделия		
		4		Болт M20g x 75.46 ГОСТ 7817–70	12	
		5		Болт M12g x 45.46 ГОСТ 7817–70	6	
		6		Гайка М20–6Н5 ГОСТ 5915–70	12	
		7		Гайка М12–6Н5 ГОСТ 5915–70	6	
		8		Шайба М20–65Г ГОСТ 6402–70	12	
		9		Шайба М12–65Г ГОСТ 6402–70	6	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	008.1.03 ДФ К10 10.00.00			
Разраб.		Васильев			Привод элеватора	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Иванов				У	1	2
Н.контр.								
Утв.		Петров						

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Прочие изделия</u>		
		10		Двигатель АИРМ 200 М8/6/4	1	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	008.1.03 ДФ К10 10.00.00	Лист 2

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

Копировал Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
A1			008.1.03 ДФ К5 10.00.00 СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
		1	008.1.03 ДФ К5 10.10.00	Фланец	1	
				Детали		
A3		2	008.1.03 ДФ К5 10.00.01	Звездочка приводная	1	
				Стандартные изделия		
		3		Болт М20–6gх35–60.58.01	8	
				ГОСТ 7808–70		
		4		Винт В.М12–6gх35–35.58.01	2	
				ГОСТ 1491–80		
		5		Гайка М20–1,25–6Н.12.	8	
				ГОСТ 5915–70		
		6		Шайба 20 65Г		
				ГОСТ 6402–70	8	
		7		Шайба 12 65Г		
				ГОСТ 6402–70	2	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата	008.1.03 ДФ К5 10.00.00		
Разраб.		Иванов			Привод конвейера подвесного	Лит.	Лист / Листов
Пров.		Петров				У	1 / 2
Н.контр.							
Утв.		Сидоров					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Прочие изделия		
		8		Мотор-редуктор ГОСТ 261218-94		
		9		Муфта 1000-55-21-У3 ГОСТ 20761-96		

Изм	Лист	N докум.	Подп.	Дата	008.1.03 ДФ К5 10.00.00	Лист 2

Подп. и дата
Инв. №дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. №подл.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				<u>Документация</u>		
A1			008.1.03 ДФ К5 20.00.00 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1	008.1.03 ДФ К5 20.10.00	Блок натяжного устройства	1	
		2	008.1.03 ДФ К5 20.20.00	Рама	1	
		3	008.1.03 ДФ К5 20.30.00	Тележка	1	
		4	008.1.03 ДФ К5 20.40.00	Звездочка натяжная	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		5		Болт М20-6gх35-60.58.01 ГОСТ 7808-70	18	
		6		Винт В.М12-6gх35-35.58.01 ГОСТ 1491-80	2	
		7		Винт В.М14-6gх20-35.58.01 ГОСТ 1491-80	18	
		8		Гайка М20-1,25-6Н.12. ГОСТ 5915-70	18	
				Шайба ГОСТ 6402-70	2	
		9		20 65Г		
		10		12 65Г		
		11		14 65Г		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	N докум.	Подп.	Дата	008.1.03 ДФ К5 20.00.00		
Разраб.		Иванов			Устройство натяжное	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Петров				У		1
Н. контр.							
Утв.		Сидоров					