

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Восточно-Сибирский государственный университет  
технологий и управления  
(ФГБОУ ВПО ВСГУТУ)

УДК 678.029.985

№ Гос. регистрации 01201001434

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ

Проректор университета по  
научной работе

д-р техн. наук, проф.

И.Г. Сизов

2014 г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Технология и технические средства для обработки, переработки и  
упаковки сельскохозяйственной продукции

по теме:

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УПАКОВЫВАНИЯ ПРОДУКЦИИ  
(промежуточный)

Помощник проректора по  
научной работе

*В.П. Мазуренко*  
26.12.14

В.П. Мазуренко

подпись, дата

Декан факультета сервиса,  
технологии и дизайна  
канд. техн. наук, доцент

*Ф.К. Чистяков*  
22.12.14

Ф.К. Чистяков

подпись, дата

Руководитель темы  
канд. техн. наук, доцент

*А.А. Боронцов*  
5.12.14

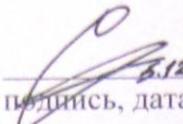
А.А. Боронцов

подпись, дата

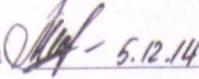
Улан-Удэ 2014

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

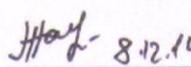
Руководитель темы:  
Канд.техн.наук, доцент

  
А.А. Боронцов /реферат,  
подпись, дата 5.12.14 раздел 1, 3 /

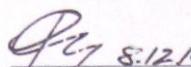
Исполнители темы:

Канд.техн.наук, доцент б/а  Л.Г. Цыбенова /введение,  
подпись, дата 5.12.14 заключение /

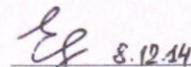
Канд.биол.наук,  
старший преподаватель

 А.А. Жамбалова /раздел 2, 4/  
подпись, дата 8.12.14

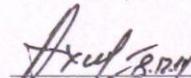
Студент

 Д.С. Финько /раздел 3/  
подпись, дата 8.12.14

Студент

 В.А. Еранская /раздел 3/  
подпись, дата 8.12.14

Студент

 Д.С. Ахмедьянов /раздел 3/  
подпись, дата 8.12.14

Нормоконтролер:

  
С.В. Патрахин  
подпись, дата

## РЕФЕРАТ

Отчет 51 с., 7 источников.

МОДЕРНИЗАЦИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, АВТОМАТ, УПАКОВЫВАНИЕ, ПАКЕТ.

Объектами исследования являлись оборудование для упаковывания и его составные части.

Цель работы: модернизация оборудования марки АПН.

В результате работы было проведено усовершенствование автомата марки АПН. Выбраны новые составные части, проведены ряд технических доработок для увеличения производительности автомата. Выполнены расчеты по подбору электродвигателя, редуктора, цепной передачи, звездочки, шпонки, шкивов и технико-экономических показателей.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Упаковочные автоматы «Тетра-Пак» .....	7
2 Автомат марки АП1Н .....	10
3 Модернизация автомата марки АП1Н .....	12
4 Расчетная часть .....	32
Заключение.....	44
Список использованных источников .....	45

## ВВЕДЕНИЕ

Повышение роста объема сельскохозяйственной продукции, особенно молочной продукции, началось с объединения двух шведских изобретений - центробежного сепаратора и картонного пакета в форме тетраэдра. Так была заложена основа для разработки нового типа упаковки молочных продуктов и будущего спроса на молочную продукцию в сегменте рынка, ведь молоко это самый полезный продукт для человека в нем содержится очень много полезных веществ. Пищевая ценность и безопасность этого продукта обуславливаются длительными сроками хранения, которые достигаются с помощью ультравысокотемпературной обработки (УВТ) [5]. Кроме того, стерилизуется и сам упаковочный материал, а процесс упаковки происходит в полностью закрытой части машины, что предотвращает всякий контакт упаковки с окружающей средой. Поэтому возникла идея возродить треугольные упаковки потому, что они делают молочную продукцию разнообразнее, из-за этого повысится уровень продаж молочной продукции.

Последний раз такие упаковки можно было видеть в магазине минимум лет 15 назад, ведь в 1962 году начали выпускать автомат марки АПН для изготовления пакетов и заполнения их молоком. Аналогами данного автомата являются автоматы Т-500 и Т-300 шведской фирмы «Тетра-Пак». Именно с 1960-х годов, с развитием супермаркетов, началось триумфальное шествие фирменных «тетраэдров». Поэтому в нашей стране наиболее перспективными видами упаковки для молока в настоящее время являются бумажные и полиэтиленовые пакеты. Учитывая наличие большого парка действующего отечественного и зарубежного оборудования по розливу молока в пакеты типа Тетра-Пак, наличие мощностей по дальнейшему выпуску такого оборудования и возможность обеспечения действующих и вновь выпускаемых, модернизируемых автоматов тароупаковочными материалами отечественного производства, является перспективным.

На рынке появляется продукция с качественно новыми характеристиками, которая пользуется хорошим спросом у покупателей. На существующем, устаревшем оборудовании и при существующей отсталой технологии производства невозможно добиться получения таких характеристик. Для того, чтобы выйти в лидеры по производству продукта с аналогичными характеристиками, необходимо кардинально изменить технологию и обновить оборудование.

Стоит признать, что проводить модернизацию морально и технически устаревших станков зачастую нецелесообразно. Однако, как показывает опыт, ресурс

механических узлов станков, произведенных в 70-80 годах, позволяет на их базе создавать станки, способные составить конкуренцию даже новому оборудованию. При этом запас прочности позволит такому станку проработать еще много лет.

Модернизация позволит увеличить производительность продукции, что позволит уменьшить вероятность поломок и, следовательно, обеспечить надёжность и безопасность работы оборудования.

Некоторые подумают, что применение дешевых треугольных пакетов для розлива молока свидетельствует о бедности конечных потребителей, но на самом деле тут скорее присутствует разумная экономия производителя. Ведь тетраэдная форма этого пакета обеспечивает минимум его поверхности по отношению к внутреннему объему, поэтому расход материала на упаковку меньше, чем у любых других видов бумажной тары. Поэтому нужно увеличить объем производства данной продукции, и соответственно повышается спрос на новую технику, для этого необходимо «вернуть к жизни» упаковочное оборудование АПН для производства на рынок торговли молока в тетраэдных пакетах, а также можно внести новую продукцию, которая не выпускалась в те года.

## 1 Упаковочные автоматы «Тетра-Пак»

Кроме продажи пакетов Tetra-Pak занимается поставкой машин по переработке жидких продуктов питания, оборудования по производству сыра, а также предоставляет услуги по проектированию производственных линий. На российском рынке компания присутствует с 1959 г., когда был заключен первый контракт с СССР. В 1992 г. дочернее подразделение Tetra-Pak в России и Белоруссии было зарегистрировано как российское акционерное общество «Тетра Пак А/О». Tetra-Pak имеет в России два завода по производству упаковочного материала – в Тимашевске (Краснодарский край) и в Королеве (Московская область). На сегодняшний день заказчиками «Тетра Пак А/О» являются более 180 предприятий пищевой промышленности в России. Общее количество сотрудников Tetra-Pak в России – 386 человек. На российских предприятиях установлено 436 автоматов производства компании Tetra-Pak по розливу жидких пищевых продуктов. Объем продаж в 2002 г. составил 3711 млн. упаковок. Всего Tetra-Pak производит более 90 млрд. упаковок в год, еженедельно в мире покупается порядка 1 млрд. л напитков в фирменной упаковке.

В 1993 г. подразделение «Тетра Брик Пэкэджинг системз» выпустила упаковочный автомат ТБА 1000 «Сли-Рекаш». После этого компания взяла за правило внедрять ежегодно 10 новых видов продукта для розлива в пакеты.

- ТБА-21 новая модель, разработанная на основе последних достижений в технологии производства асептических упаковочных автоматов. Высокопроизводительная машина (производительность - 8тыс. упаковок в час) с высокой степенью автоматизации стала платформой компании, на основе которой будут вестись разработки будущего.

С пульта управления автомата контролируются производительность и стерильность асептических отсеков, а также задается программа мойки. В стандартном исполнении автомат оснащен магазином для двух рулонов упаковочного материала. Корпус машины и все ее функциональные блоки спроектированы таким образом, чтобы установка автомата выполнялась в самых рациональных компоновках.

- АТТ-21 (табл. 1) предназначен для розлива герметичной упаковки жидких и пастообразных продуктов в картонный пакет емкостью от 200 до 1000 мл, с последующей маркировкой и автоматической выдачей упакованного продукта. Обслуживание полуавтомата производится одним оператором. Упаковываемая продукция: молоко, кефир, сливки, сметана, йогурт и другие подобные продукты. В состав полуавтомата входит: Блок управления, узел установки пакета, дозатор

автоматический, узел формирования и запайки дна пакета, узел перемещения пакета, узел запайки верхней части пакета, узел маркировки, блок подготовки воздуха, загрузочный бункер.

Таблица 1 - Технические характеристики автомата АТТ-21

Технические характеристики	
Производительность	до 500доз/час
Метод дозирования	объемный
Регулировка дозы	200-1000 мл
Погрешность доз.	+/- 2%
Габариты автомата	1200x1500x850 мм
Вес	300 кг

- АТС-БА предназначен для разлива спокойных жидких и вязких пищевых продуктов (молоко, кефир, сливки, сметана, йогурт, в том числе с мягкими наполнителями в виде волокон и кусочков), в трехслойные (полиэтилен-бумага-полиэтилен), четырехслойные и другие пакеты путем автоматического формирования пакетов из серийно выпускаемых заготовок, точного объемного дозирования продукта и герметичного запечатывания пакетов методом термокомпрессионной сварки (рис. 1, 2).



Рисунок 1 - Автомат АТТ-21



Рисунок 2 - Автомат АТС-БА

Автомат карусельного типа отличается от аналогов тем, что все операции производятся только на позициях карусели без применения конвейера. Это позволило уменьшить габариты, упростить конструкцию и повысить надежность автомата (табл. 2).

Таблица 2 - Технические характеристики автомата АТС-БА

Технические характеристики	
Производительность	2000
Напряжение	380 В
Объем дозирования	0,25; 0,5; 0,75, 1 л
Погрешность доз.	0,5%
Габариты автомата	2787х3000х2330мм
Вес	860 кг

Механизмы автомата смонтированы на жесткой сварной раме и обеспечивают точное позиционирование рабочих органов. Рама облицована листом из коррозионностойкой стали. Карусель приводится в движение простым и надежным электромеханическим приводом, а остальные механизмы — пневмоцилиндрами. Пневмосистема и система управления изготавливаются только из высококачественных комплектующих.

## 2 Автомат марки АП1Н

Автомат марки АП1Н изготовлен по типу автоматов шведской фирмы «Тетра-Пак» и предназначен для расфасовки молока в мелкую тару емкостью 0,5 и 0,25 л (рис. 3).

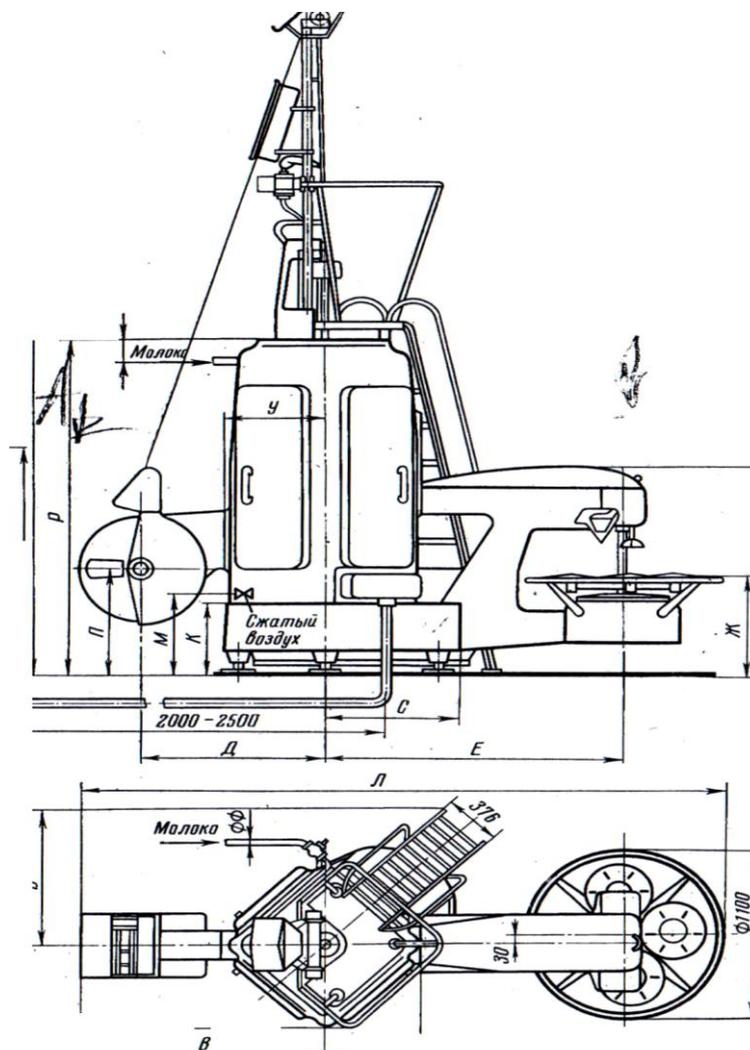


Рисунок 3 - Общий вид автомата марки АП1Н

На этом автомате в технологической последовательности производится непрерывное изготовление из ленты рулонного комбинированного упаковочного материала пакетов в форме тетраэдра (табл. 3). Их наполнение молоком с объемным дозированием и укладка готовых пакетов в корзины шестигранной формы. На автоматах может производиться розлив различных видов пастеризованного молока, сливок. А также кефира при наличии аппликаторного устройства [1, 3, 4].

Таблица 3 - Техническая характеристика автомата марки АП1Н

Показатели	АП1Н
Производительность, пакетов/в час	3600
Объем молока в пакете, л	0,5
Количество пакетов в корзине, шт.	18
Точность дозирования, %	±3
Шаг носителей, образующих пакет, мм	144,45
Длина ленты упаковочного материала, необходимая для изготовления одного пакета, мм	162,8
Скорость движения ленты упаковочного материала, м/с	0,163
Количество пакетов из рулона, шт.	5500
Мощность потребляемая автоматом, кВт	5,14
В том числе:	0,85
Нагревателем продольного шва	3,0
Нагревателем поперечного шва	
Электродвигатель привода автомата	
Тип	АО 32-4
Мощность, кВт	1,0
Частота вращения, об.мин	1410
Напряжение, В	220/380
Габариты автомата, мм	3647*1520*4380
Масса автомата, кг	3500
Масса корзины с пакетами, кг	11,5
Площадь занимаемая автоматом, м <sup>2</sup>	10
Температура молока, подаваемого в автомат, С	7-8
Температура нагревателя продольного шва, С	280±10

### 3 Модернизация автомата марки АП1Н

В соответствии с последовательностью выполнения отдельных операций автомат может быть разделен на шесть частей (групп), выполняющих определенные функции (рис. 4): рулодержатель с механизмом датировки; устройство для образования трубы и подачи молока; механизм образования пакетов; механизм рубки пакетов и привод автомата; укладчик пакетов в корзины; станция управления (электрооборудование). Помимо перечисленных узлов, автоматы комплектуются приборами контроля и регулирования, которые будут описаны ниже.

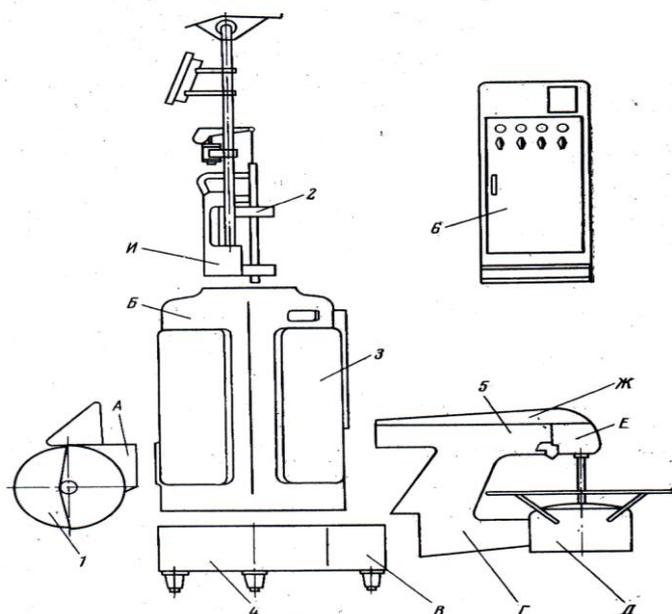


Рисунок 4 - Условное расчленение автомата на отдельные узлы

1- рулодержатель с механизмом датировки; 2 - устройства для образования трубы и подачи молока; 3 - механизм образования пакетов; 4 - механизм рубки пакетов и привод автомата; 5 - укладчик пакетов в корзины; 6 - станция управления; А - корпус рулодержателя; Б - верхняя станина; В - нижняя станина; Г - щеки укладчика, Д - корпус укладчика; Е - корпус механизма распределения пакетов; Ж - крышка укладчика; И - корпус механизма образования трубы и подачи молока.

Все вышеупомянутые узлы и механизмы автомата укреплены снаружи или внутри литой станины, состоящей из корпуса рулодержателя А, верхней станины Б, нижней станины В, щек Г и корпуса Д укладчика. Верхняя станина Б, устанавливается на верхней обработанной, плоскости нижней станины В. К верхней станине сбоку крепится корпус рулодержателя А. Щеки укладчика Г крепятся к нижней станине В, а в верхней своей части к верхней станине Б. На щеках укладчика закреплен корпус укладчика Д и корпус механизма распределения пакетов Е. На верхней обработанной

плоскости станины Б устанавливается, корпус механизма образования трубы и подачи молока 11.

Рулонодержатель с механизмом датировки: данная часть автомата (рис. 5) предназначена для закрепления рулона ленты комбинированного упаковочного материала и нанесения на кромку последних необходимых сведений о дате выпуска продукта, цене, смене и т. д. Узел состоит из корпуса I, собственно рулонодержателя II и механизма датировки III.

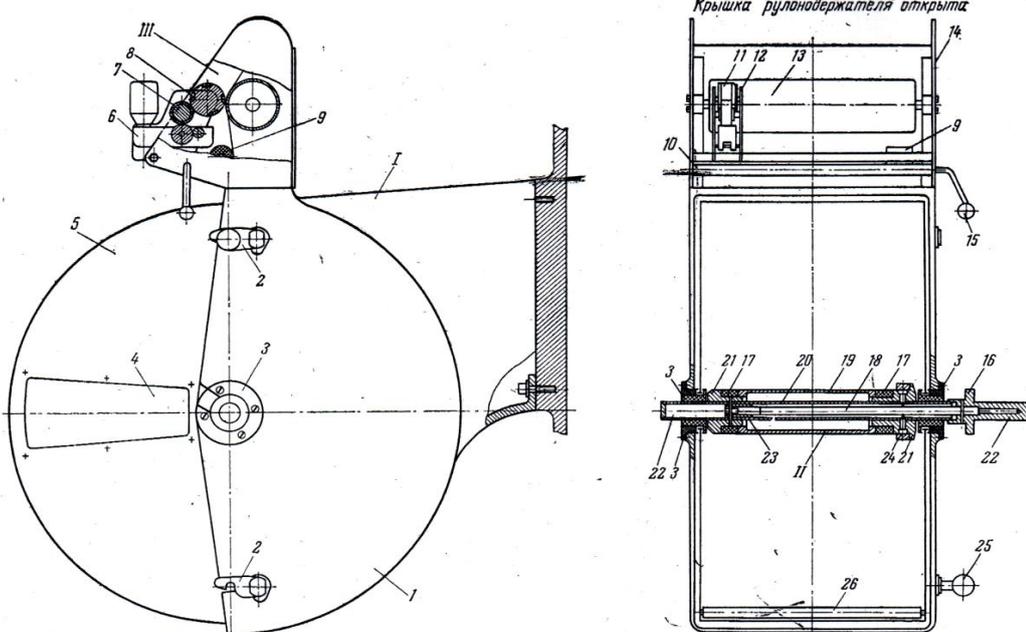


Рисунок 5 - Рулонодержатель с механизмом датировки

- 1 - корпус; II - рулонодержатель; III - механизм датировки; 1 - корпус; 2 - защелка; 3 - подшипник; 4 - смотровое окно; 5 - крышка; 6 - ванночка для краски; 7 - система намазных роликов; 8 - сменный штампик; 9 - направляющие ролики; 10 - эксцентриковый вал; 11 - датировочный ролик; 12 - щетка; 13 - барабан; 14 - щека; 15 - ручка эксцентрикового вала; 16 - маховичок; 17 - резиновая обойма; 18 - резьбовый вал; 19 - цилиндр; 20 - труба; 21 - фасонная втулка; 22 - ручки для переноса рулона; 23 - резьбовая втулка; 24 - упор; 25 - ручка крышки; 26 - направляющий ролик

Корпус выполнен литьем из алюминиевого сплава. В корпусе имеются два открытых текстолитовых подшипника 3, которые вкладывается рулонодержатель. Каждый подшипник состоит из двух частей, вставленных одна в другую и вращающихся одна относительно другой. Одна часть подшипника крепится четырьмя винтами к корпусу 1, а другая к крышке 5.

Крышка представляет собой сварную конструкцию из листовой нержавеющей стали и служит для предохранения упаковочного материала от возможных

повреждений. С противоположных сторон крышки два смотровых окна 4 для контроля за расходом комбинированного упаковочного материала.

Сверху и снизу на корпусе 1 шарнирно укреплены две защелки 2, которые фиксируют ручку 25 при открытом или закрытом положении крышки. Внутри крышки около ручки 25 установлен направляющий ролик 26, задающий правильное направление ленте упаковочного материала при закрытой крышке перед заходом ленты в механизм датировки.

Рулонодержатель II представляет собой цилиндр, на который надевается рулон упаковочного материала. Рулонодержатель состоит из маховичка 16, жестко скрепленного с резьбовым валом 18, который входит в трубу 20. На трубе закреплены две фасонные втулки 21, между которыми сидит цилиндр 19, и две резиновые обоймы 17. На внутренней поверхности трубы закреплена резьбовая втулка 23, в которую вворачивается резьбовой вал. Рулон упаковочного материала своим сердечником насаживается на цилиндр 19 до упора. При вращении маховичка по часовой стрелке вал 18 вворачивается во втулку 23, вынуждая фасонные втулки 21 сближаться, сжимая резиновые обоймы, которые, выпучиваясь, фиксируют рулон упаковочного материала на рулонодержателе.

На обоих концах рулонодержателя предусмотрены ручки 22 для облегчения операций по переносу рулонов и их замене. Рулонодержатель вставляется в открытые подшипники 3 и при работе автомата вращается в них вместе с рулоном упаковочного материала. Включает в себя две щетки 14, между которыми в капроновых подшипниках установлен барабан 13, направляющие ролики 9 и собственно механизм датировки (рис. 6), опирающийся на эксцентриковый вал 10. Собственно механизм датировки состоит из двух щечек 12, к которым крепится ванночка для краски 6 и система роликов 7, передающих краску к датировочному ролику 11. В датировочном ролике имеются пазы, в которые вставляются сменные резиновые штампиками 8, обозначающие дату выпуска продукта и в зависимости от условий - дополнительные данные. Все ролики вращаются на осях, укрепленных между щечками 12. Лента упаковочного материала, сматываясь с рулона, огибает направляющий ролик 26, ролики 9 и проходит между барабаном и датировочным роликом. Датировочный ролик получает вращение от контакта с движущейся лентой упаковочного материала и наносит на последнюю маркировку в соответствии с установленными в ролике штампиками.

Можно рекомендовать работникам молочных заводов внедрить данную конструкцию на полученных ранее автоматах, максимально используя детали от прежнего механизма датировки.

На многих молочных заводах применяют рулонодержатели конструкции, отличающейся от описанной выше. Они состоят из разъемного вала, на каждом конце которого укреплены конические втулки. Одна половина вала вставляется внутрь гильзы рулона упаковочного материала с одной стороны, другая половина – с другой.

Применение такой конструкции рулонодержателя обусловлено тем, что внутренний диаметр рулонов комбинированного упаковочного материала меньше положенного по ОСТ 18-10-70, что не позволяет использовать рулонодержатели, поставляемые с автоматами.

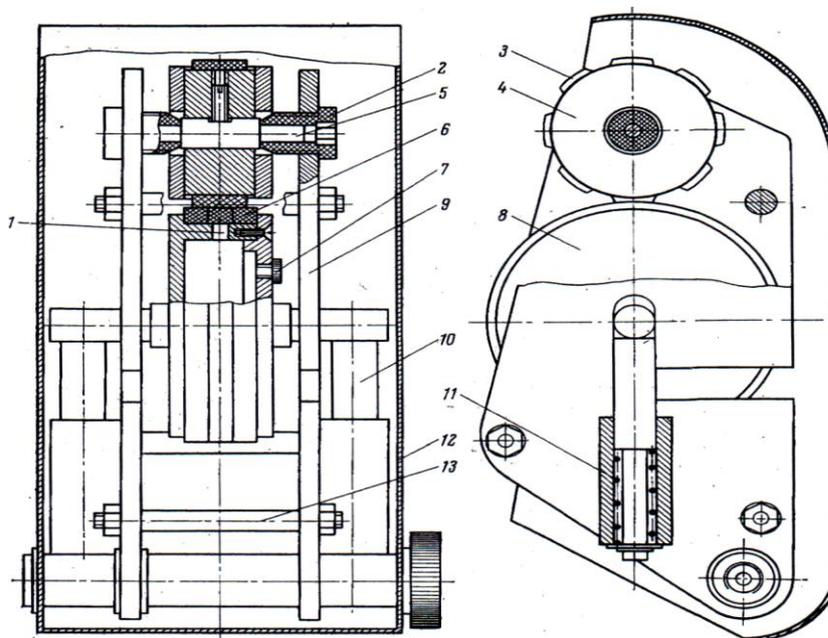


Рисунок 6 - Механизм датировки конструкции

1 - отверстие для выхода краски; 2 - капроновый подшипник; 3 - сменный штампик; 4 - датировочный ролик; 5 - ось датировочного ролика; 6 – войлочное кольцо; 7 - пробка; 8 - намазной ролик; 9 - щека; 10 - фиксатор; 11 –пружина; 12 – крышка; 13- стяжка

Механизм образования трубы и подачи молока.

Механизм предназначен для формования рукава из ленты комбинированного упаковочного материала с продольным швом по образующей и заполнения последнего молоком.

Часть узлов механизма (рис. 7) крепится к двум стойкам 7, которые вставлены в литой корпус 6, другая часть - непосредственно к литому корпусу. Корпус механизма

образования трубы и подачи молока устанавливается на верхнюю обработанную плоскость верхней станины.

Основными узлами механизма образования трубы являются верхний направляющий ролик 16, вертикальные направляющие 12, верхнее 9 и нижнее 4 формующие кольца, а также нагреватель продольного шва 8.

Верхний направляющий ролик, укрепленный в подшипниках у верхнего окончания стоек, представляет собой цилиндр с двумя буртиками, предотвращающими соскальзывание ленты упаковочного материала. Сверху ролик накрыт козырьком для предохранения ленты от повреждений. В текстолитовых подшипниках имеются пазы, дающие возможность регулировать положение направляющего ролика относительно стоек. Вертикальные направляющие 12, подвешенные между направляющим роликом и верхним формующим кольцом, крепятся к стежкам 11.

Направляющие представляют собой слегка изогнутые стержни и служат для предупреждения изломов ленты упаковочного материала при формировании трубы.

Верхнее 9 и нижнее 4 формующие кольца крепятся непосредственно к литому корпусу 6. При движении ленты сверху вниз они сворачивают из нее рукав. Оба кольца аналогичны по конструкции, каждое из них состоит из шести капроновых катушек, смонтированных на одном основании. Катушка надета на ось, вставляемую в пазы основания. Оба кольца сверху предохраняются литыми алюминиевыми крышками с отверстием для прохода рукава упаковочного материала.

У верхнего кольца на корпусе 6 укреплена крышка, а основание притягивается к крышке двумя регулировочными винтами. Наличие в основании верхнего кольца пазов позволяет регулировать положение кольца в горизонтальной плоскости по отношению к нагревателю продольного шва.

Конструкция дает возможность легко снимать вилку с роликом для замены последнего, а также для промывки трубы.

Трехходовой кран позволяет подавать молоко, а также стерилизующий раствор из цехового молокопровода в автомат либо спускать их через сливную трубу 22 (рис. 7), а также соединять наполнительную трубу со сливной через патрубок для слива молока, оставшегося в автомате после остановки последнего.

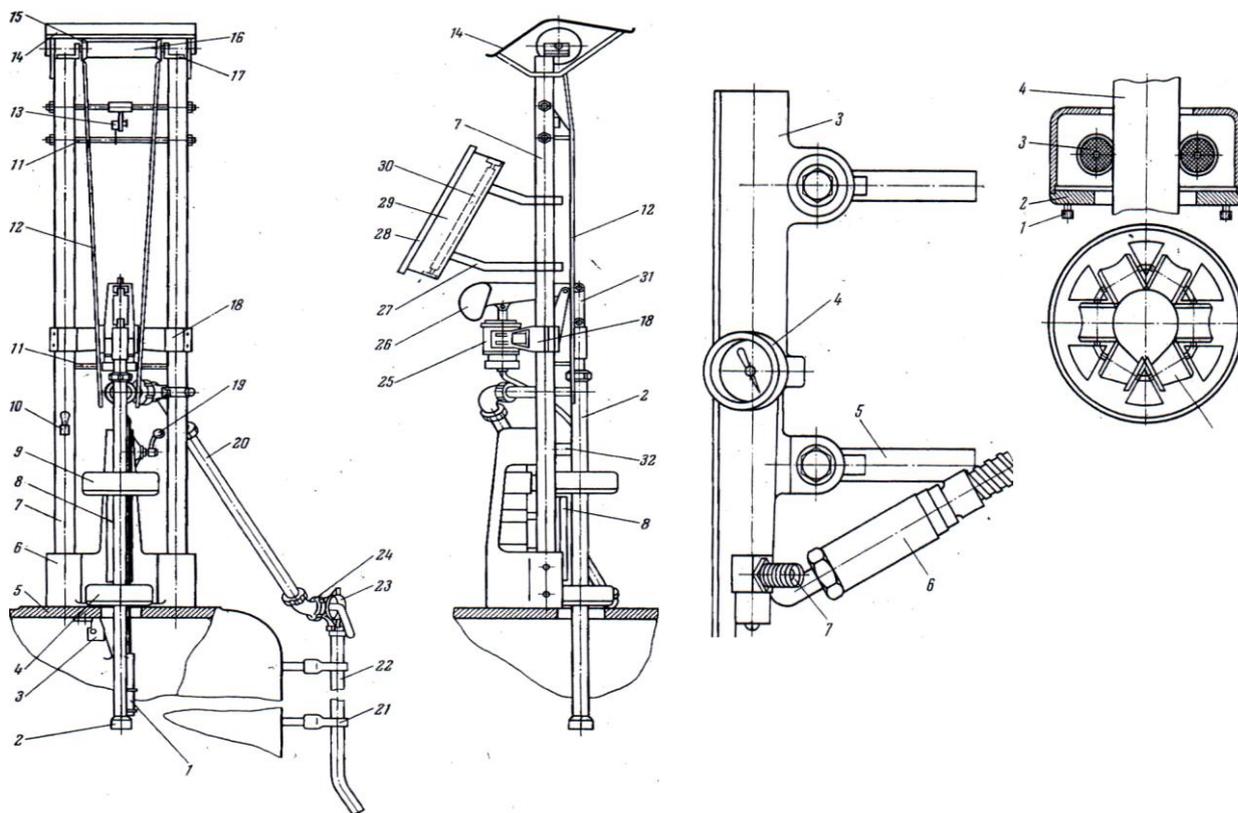


Рисунок 7 - Механизм образования трубы и подачи молока

- 1 - импульсная трубка регулятора уровня; 2 - наполнительная труба;  
 3 - микропереключатель нижний; 4 - нижнее формующее кольцо; 5 - станина верхняя;  
 6 - корпус; 7 - стойка; 8 - нагреватель продольного шва; 9 - верхнее формующее кольцо;  
 10 - скоба; 11- стяжка; 12 - вертикальные направляющие; 13 - микропереключатель  
 верхний; 14 - козырек; 15 - буртик; 16 - верхний направляющий ролик; 17 - подшипник  
 верхнего направляющего ролика; 18 - кронштейн крепления регулятора уровня;  
 19 - ручка затяжки флажка; 20 - патрубок; 21 - кронштейн крепления сливной трубы;  
 22 - сливная труба; 23 - трехходовой кран; 24 - накидная гайка; 25 - регулятор уровня  
 типа ЕРУ; 26 - коромысло; 27 - кронштейн; 28 - крышка бактерицидной лампы;  
 29 - корпус бактерицидной лампы; 30 - бактерицидная лампа; 31 - тяга

Сливная труба укреплена на верхней части верхней станины при помощи кронштейнов. Кронштейны выполнены разъемными, что позволяет легко снимать сливную трубу для промывки. Трехходовой кран и патрубок крепятся при помощи накидных гаек между сливной трубой и наполнительной.

Регулятор уровня устанавливается с помощью кронштейнов между стойками 7. Импульсная трубка 1 регулятора уровня крепится вдоль наполнительной трубы. Для облегчения обслуживания автомата и уменьшения потерь продукта между стойками в верхней их части укреплен микропереключатель 13, отключающий подачу молока в автомат при обрыве или окончании ленты комбинированного упаковочного материала,

другой микровыключатель 3, укрепленный с внутренней стороны верхней части верхней станины, регистрирует наличие рукава упаковочного материала и также перекрывает наполнительную трубу при обрыве или отсутствии рукава.

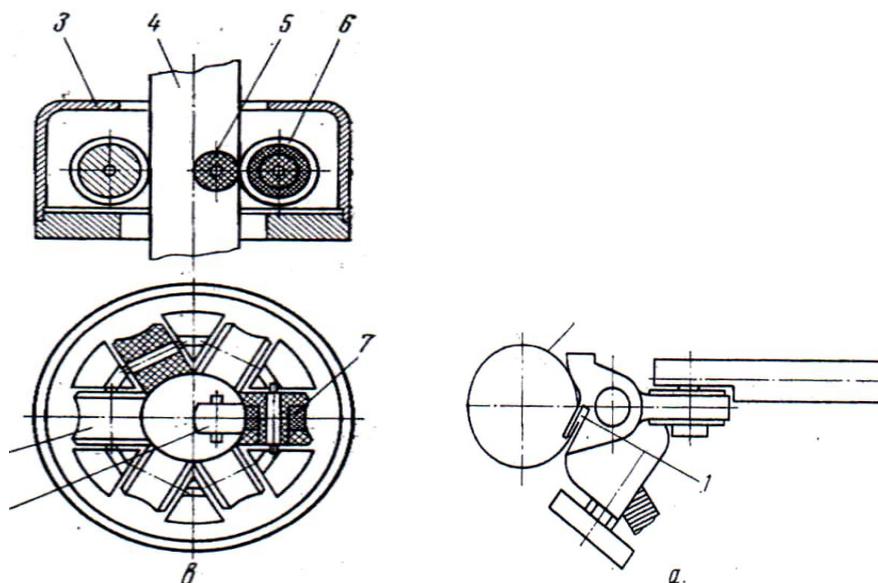


Рисунок 8 - Узлы механизма образования трубы

А - нагреватель продольного шва; 1 - паз в корпусе нагревателя; 2 - рукав комбинированного упаковочного материала; 3 - корпус нагревателя продольного шва; 4- индикатор температуры типа ЕИТ; 5- палец; 6 - трубчатый электронагреватель типа ЕТН; 7 - регулятор температуры типа ЕРТ; б - верхнее формующее кольцо: 1 - регулировочный винт; 2 - корпус; 3 - капроновая катушка; 4 - рукав упаковочного материала; 5- капроновая катушка с уступом; 8 - нижнее формующее кольцо; 1 - прижимной ролик; 2 - капроновая катушка; 3 - крышка формующего кольца; 4 - рукав упаковочного материала; 5 - прижимной ролик; 6 - разъемная катушка; 7 - обойма из термостойкой резины

Между формующими кольцами расположен нагреватель продольного шва, шарнирно закрепленный на двух пальцах, вставленных в отверстия литого корпуса и зафиксированных там винтами. Такое крепление позволяет регулировать положение нагревателя по отношению к формируемому рукаву. При прохождении рукава упаковочного материала от верхнего формующего кольца к нижнему нагреватель прогревает кромки материала для их последующей склейки в нижнем кольце. При этом одна кромка ленты проходит внутри спирального паза в корпусе нагревателя, а другая скользит по вогнутой, поверхности корпуса нагревателя. В корпус (рис. 8а) на резьбе вставлены регулятор температуры 7 типа ЕРТ, индикатор температуры 4 типа ЕИТ 1. Вдоль всего корпуса нагревателя проходит сквозное отверстие, в которое вставляется трубчатый электронагреватель 6. Регулятор температуры ЕРТ и электронагреватель

проводами, проходящими внутри металлорукава, соединены с электрической системой автомата.

Лента комбинированного упаковочного материала, двигаясь вниз от верхнего направляющего ролика, проходит через верхнее формующее кольцо, образуя незамкнутую трубу, кромки которой прогреваются в нагревателе до температуры; сварки. Затем лента поступает в нижнее формующее кольцо, где сворачивается в замкнутый по образующей рукав с продольным швом внахлестку и прогретые кромки упаковочного материала сжимаются для образования продольного шва. Последняя операция производится при прохождении разогретых кромок рукава между роликами, одним из которых является разъемный ролик с обоймой из эластичной термостойкой резины, а другим - прижимной бочкообразный фторопластовый ролик 1 (рис. 8в), шарнирно укрепленный на дополнительной трубе.

При своем движении от рулонодержателя до верхнего направляющего ролика лента проходит через бактерицидную лампу, которая обеззараживает сторону ленты, имеющую полиэтиленовое покрытие и образующую в дальнейшем внутреннюю поверхность пакета. Бактерицидная лампа состоит из металлического корпуса с крышкой и укрепленной внутри корпуса ультрафиолетовой лампой 30 (рис. 7). Крышка бактерицидной лампы снабжена блокировкой, отключающей лампу при ее открывании с целью исключения вредного влияния ультрафиолетовых лучей на здоровье обслуживающего персонала.

После образования из рулона упаковочного материала замкнутого по образующей рукава, последний поступает внутрь механизма образования пакетов и заполняется молоком.

Молоко подается при помощи дополнительной системы. Состоящей из дополнительной трубы 2, трехходового крана 23, конического клапана.

Узлы дополнительной системы.

Дополнительная труба расположена по оси формируемого рукава и соединены с цеховым молокопроводом через трехходовой кран. Она шарнирно закреплена в корпусе (рис. 9б) при помощи флажка 5, вставляемого в паз и прижимаемого фланцем 4, соединены с винтом, который оканчивается ручкой 3.

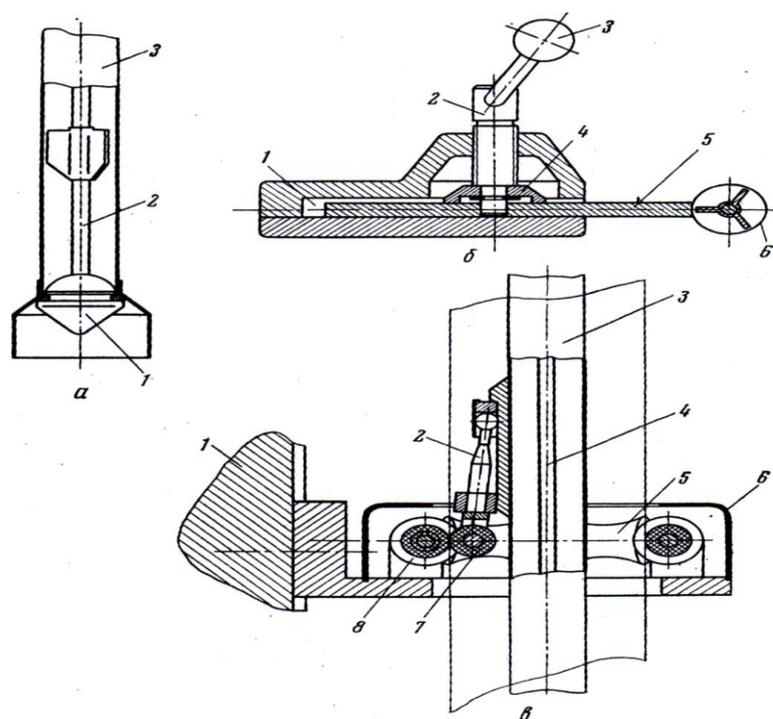


Рисунок 9 - Узлы наполнительной системы

а - разрез нижней части наполнительной трубы; 1 - клапан; 2 - тяга; 3 - наполнительная труба; б - механизм крепления; 1 - паз в корпусе; 2 - винт; 3 - ручка затяжки флажка; 4 - фланец; 5 - флажок наполнительной трубы; б - наполнительная труба; в - механизм прижима кромок упаковочного материала при образовании продольного шва; 1 - корпус; 2 - вилка; 3 - наполнительная труба; 4 - тяга; 5 - капроновая катушка; б - крышка нижнего формирующего кольца; 7 - прижимной ролик; 8 - разъемная катушка нижнего формирующего кольца

На нижней части наполнительной трубы (рис. 9а), смонтирован конический клапан 1, который через тягу 2 и коромысло связан с регулятором уровня. Клапан при помощи регулятора уровня поддерживает постоянный уровень молока в формируемом рукаве, изменяя площадь проходного сечения для молока, а также перекрывает наполнительную трубу при остановке автомата, прекращая подачу молока в автомат. В средней части наполнительной трубы, как было описано выше, на вилке 2 крепится прижимной ролик 7 (рис. 9в).

Механизм образования пакетов.

Рукав комбинированного упаковочного материала после нижнего формирующего кольца движется далее вниз и поступает в устройство для образования пакетов, где из этого постоянно заполняемого молоком рукава формируется гирлянда герметично запечатанных пакетов тетраэдральной формы, наполненных необходимым количеством продукта.

Устройство (рис. 10) состоит из четырех вертикальных цепных транспортеров 2,

расположенных таким образом, что их ветви, движущиеся вниз, образуют квадратную шахту, внутри которой проходит рукав 1 комбинированного упаковочного материала.

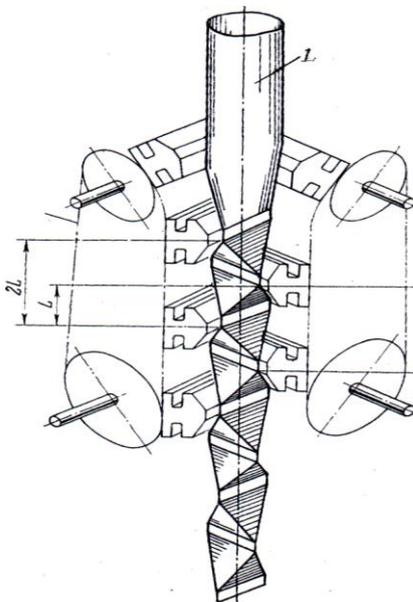


Рисунок 10 - Схема образования гирлянды пакетов

1-рукав упаковочного материала; 2-вертикальный цепной транспортер с носителями

Каждый транспортер (рис. 11а) состоит из двух бесконечных параллельных цепей 10, которые огибают звездочки 3 и 13, попарно соединенные общими валами 4 и 12. Оси звездочек сидят в подшипниках в литой чугунной раме 7. Равномерно по длине каждого транспортера с определенным шагом между цепями, укреплено по восемь носителей 19 и 11, являющихся основными элементами при формовании пакетов. Транспортеры приводятся в движение через цепную передачу 2 от редуктора и конические зубчатые пары со спиральным зубом укрепленные на тех же осях что и звездочки 3. Конические колеса находятся попарно в зацеплении одно с другим, образуя замкнутый контур таким образом, что в случае приведения во вращение звездочек одного транспортера одновременно приводятся во вращение звездочки 3 всех четырех транспортеров. Цепи транспортеров приводятся таким образом, что их наружные ветви движутся по направлению к верхним осям, а внутренние по направлению к нижним осям.

Носители одной пары транспортеров, расположенных один напротив другого, смещены по вертикали относительно другой пары, расположенной к ним перпендикулярно, на величину пакета  $L$ .

При движении внутренних ветвей транспортеров сверху вниз каждый из носителей 19 и 11 прокатывается по рольгангам 18 и 6. Рольганги представляют собой бесконечную цепь с укрепленными между пластинами закаленными роликами, которые перекатываются под воздействием движущихся носителей по корпусам, форма которых

предотвращает сползание рольганга в сторону.

Корпус рольганга 18 укреплен непосредственно на раме при помощи колодки, в то время как корпус рольганга б крепится на подвижный бронзовый клин 9. Рольганги служат, опорами для движущихся носителей в момент сжатия последних при сварке поперечных швов. Носители 19 одного из каждой пары транспортеров снабжены нагревателями для сварки поперечного шва, а носители 11.

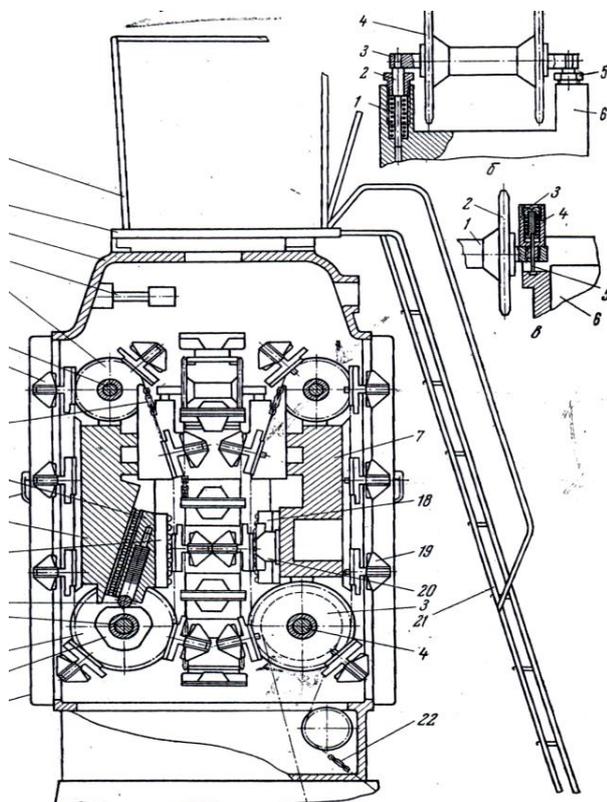


Рисунок 11 - Механизм образования пакетов

а - продольный разрез механизма; 1 - дверь; 2 - кулачок; 3 - нижние звездочки транспортера носителей; 4 - нижний вал транспортера; 5 - ролик; 6 - цепной рольганг; 7 - рама транспортера; 8 - ручка двери; 9 - бронзовый клин; 10 - цепь транспортера носителей; 11 - носитель амортизатора; 12 - натяжной вал транспортера; 13 - верхние звездочки транспортера; 14 - рефлексор; 15 - верхняя станина; 16 - площадка; 17 - поручень; 18 - рольганг цепной; 19 - носитель нагревателя; 20 - токоъемник; 21 - лестница; 22 - цепь привода транспортера носителей; б - натяжной вал транспортера носителей АПН: 1 - пружина; 2 - ось; 3 - натяжной вал; 4 - верхние звездочки транспортера; 5 - втулка; 6 - рама транспортера

Основой каждого носителя является литой алюминиевый корпус. На нижней части корпуса крепятся планки служащие опорами для носителя при его прохождении по рольгангу. Поскольку каждый носитель при своем движении сверху вниз прокатывается по двум параллельно установленным рольгангам, то на носителях

крепится по две опорные планки.

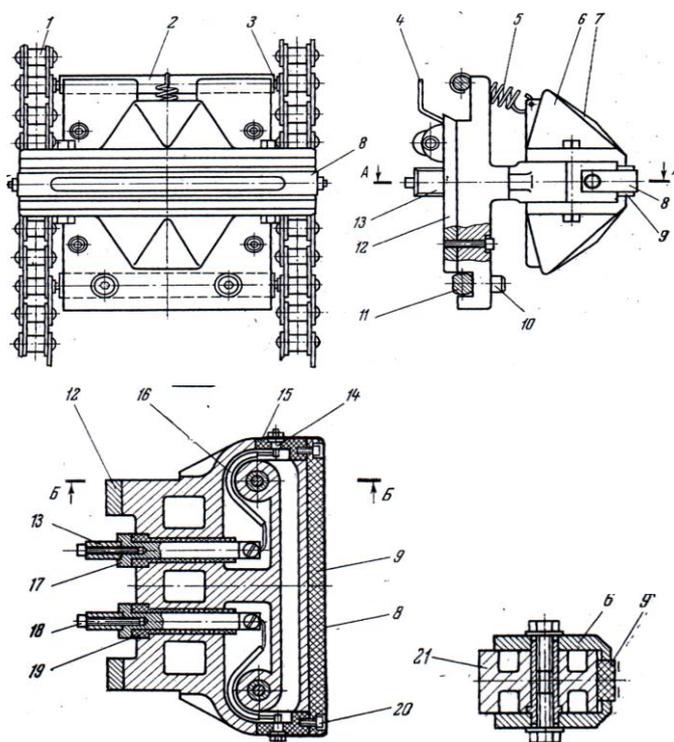


Рисунок 12 - Носитель нагревателя

1 - цепь транспортера носителей; 2 - скалка цепи; 3 - ось; 4 - ограничитель; 5 - пружина; 6 - крышка носителя; 7 - выступ на крышке; 8 - нагреватель; 9 - диэлектрическая планка; 10 - винт крепления корпуса к планке; 11 - планка цепи; 12 – планка; 13 - контактная щетка; 14 - контакт; 15 - изолятор; 16 - проводник; 17 - токопровод; 18 -винт крепления контактной щетки; 19 - изолирующая втулка; 20 - винт крепления диэлектрической планки; 21- корпус носителя

У носителя нагревателя (рис. 12) на корпусе укреплен диэлектрическая планка 9, которую охватывает нагреватель 8. Последний прикреплен с боков к бронзовым контактам, соединенным проводником с токоподводом 17, вставленным в изолирующие втулки. Бронзовые контакты, соединяющие токопровод с нагревателем, также изолированы от корпуса текстолитовыми изоляторами. К токопроводникам винтам крепятся медно-графитовые контактные щетки 13. Таким образом импульс тока, снимаемый щетками, передается через токопроводы, проводники и втулки на нагреватель 8, изготовленный из ленты сплава с высоким омическим сопротивлением. В планке 9, крепящейся к корпусу винтами, имеются продольные пазы, которые препятствуют смещению нагревателя в процессе работы автомата.

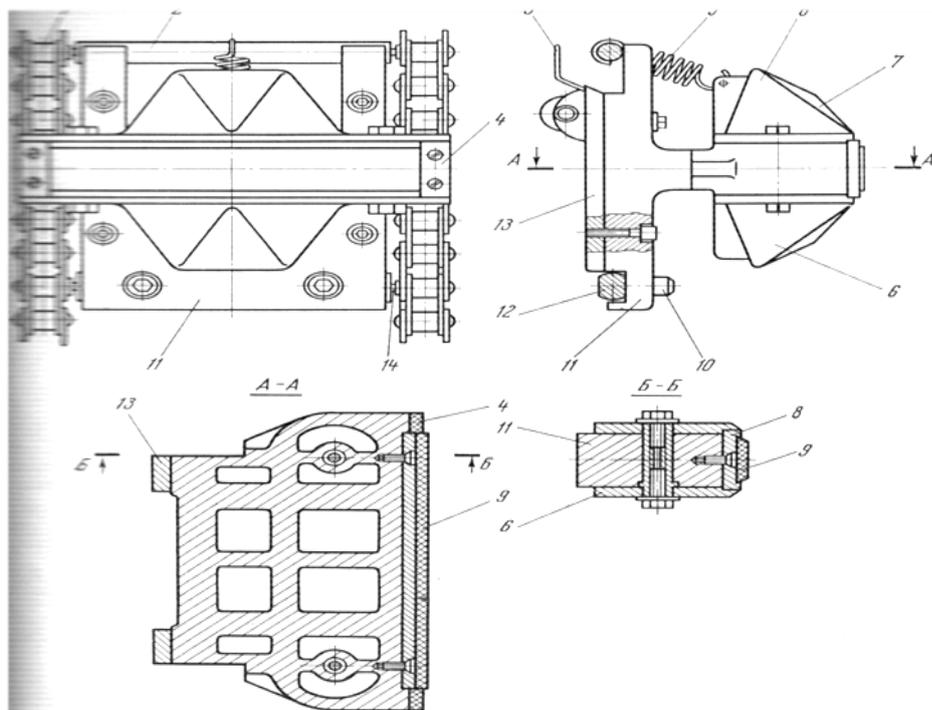


Рисунок 13 - Носитель амортизатора

1 - цепь транспортера носителей; 2 - скалка цепи; 3 - ограничитель; 4 - планка ограничительная; 5 - пружина; 6 - крышка носителя; 7 - выступ на крышке; 8 - колодка; 9 - амортизатор; 10 - винт крепления планки к корпусу; 11 - корпус носителя; 12 - планка цепи; 13 - планка; 14 - ось

У носителя амортизатора (рис. 13) амортизатор 9 укреплен пазу колодки 8. Паз, выполненный в форме «ласточкиного хвоста», надежно фиксирует амортизатор от смещения в вертикальной плоскости и от выпадения из колодки. Колодка укреплена непосредственно на корпусе носителя. Для предотвращения вы ползания амортизатора из колодки при сжатии, с боков предусмотрены ограничительные планки 4, выполненные из диэлектрического материала.

В пазу корпуса каждого носителя винтами жестко крепится планка 12, которая шарнирно надета на оси 14, укрепленные звеньях цепи 1. Над планками между цепями аналогично укреп лены скалки 2, которые в отличие от планок не связаны жестко корпусом носителя, а свободно лежат в пазу последнего. Возможность перемещения скалки обусловлена тем, что линейно расстояние между скалкой и планкой может меняться, при облегании цепью звездочки. На скалку одним концом надета пружина растяжения, которая другим концом крепится на крышке 6 носителя. Таким образом носители шарнирно закреплен между цепями при помощи планок 12. Пружины удерживаю носители от проворачивания на осях под действием собственного веса. Для подстраховки в случае поломки пружины служит ограничитель 3, так как поворот носителя с планкой относительно осей 14 в процессе работы автомата приведет к

немедленной по ломке последнего.

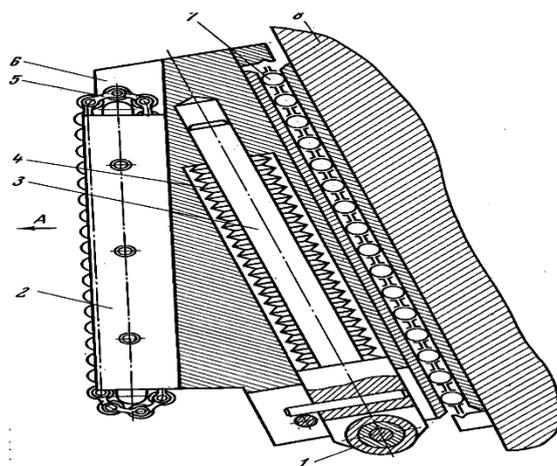


Рисунок 14 - Механизм прижима носителей

- 1 - ролик; 2 - рольганг; 3 - шток; 4 - тарельчатая пружина; 5 - цепь рольганга;  
6 - бронзовый клин; 7 - обойма с роликами; 8 - рама транспортера

На рамах с носителями амортизаторов подвижно укреплен литые бронзовые клинья 9. Клин может подниматься в вертикальной плоскости под действием кулачка 2, сидящего на валу 4. Внутри клина (рис. 14) движется шток, на который надет пакет тарельчатых пружин 4. В нижней части шток укреплен ролик, взаимодействующий с кулачком. Под действие кулачка шток поднимается, сжимая пакет тарельчатых пружины которые воздействуют на клин и поднимают последний. Клин, скользя на наклонной плоскости рамы по обойме 7 с роликам создает импульс силы, направленный по стрелке А и прямо пропорциональный усилию сжатия пакета тарельчатых пружин 4. На каждой раме с носителями амортизатора, а имеется по два клина с рольгангами 6. На каждой раме с носителями нагревателей укреплено по два рольганга 18, между которыми крепится токосъемник 20. Через токосъемник при движении носителей сверху вниз проходят контактные щетки укрепленные на носителе нагревателя. Щетки снимают напряжение с токосъемника и передают его на нагреватели. Токосъемник состоит из корпуса и двух пар подвижных медных щечек, между и проходят контактные щетки. Пружинки, стягивающие щечки, обеспечивают надежный контакт. Токосъемник через шпильки соединен с электрической системой автомата.

При движении сверху вниз носители сходятся и пережимают рукав упаковочного материала. При заходе носителей на рольганги контактные щетки носителя нагревателя заходят между токосъемника и снимаемый импульс тока передается на нагреватель, который, накаляясь, сваривает поперечный шов. В этот же момент носителю амортизатора сообщается дополнительное усилие в направлении

носителя нагревателя, создаваемое механизмом клиньев, и необходимое при сварке ого шва. Это усилие равно приблизительно 1200-1500 кгс (12000-15000 Н).

Так как носители, движущиеся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, смещены один относительно другого по вертикали на длину пакета  $L$  (рис. 10), то получаемые поперечные швы на пакетах перпендикулярны один другому. При непрерывном движении носителей всех четырех рам сверху вниз они формируют из рукава упаковочного материала гирлянду тетраэдральных пакетов, которая также движется сверху вниз вместе с носителями. Таким образом, носители не только формируют пакеты из рукава упаковочного материала, но и являются органами протягивающими ленту упаковочного материала через механизм образования бумажной трубы.

Объем молока в каждом из пакетов получается автоматически одинаковым за счет определенного расстояния между носителями. На корпусе каждого носителя укреплено по две крышки 6, служащие для предохранения внутренней полости корпуса от проникновения влаги и молока, кроме того они являются основными элементами при формировании пакетов. На верхней плоскости каждой крышки имеется выступ, который при формировании пакетов воздействует на рукав упаковочного материала, приводя к тому, что объем самого пакета после формовки получается больше объема молока, заключенного в этот пакет. Это сделано для того, чтобы при срезании угла пакет наполненного молоком, молоко не выплескивалось и пакет можно было ставить гранью на горизонтальную плоскость.

Привод автомата механизм рубки пакетов. Двигаясь сверху вниз под действием носителей, образовавшаяся гирлянда тетраэдров попадает в механизм рубки пакетов, который разрушает гирлянду на отдельные пакеты.

Роторы приводятся во вращение один навстречу другому от редуктора 20 при помощи цепной передачи 4 и конической зубчатой передачи 8. Натяжение цепи осуществляется при помощи натяжной звездочки 18 (рис. 15б).

Каждый ротор состоит из чугунного литого корпуса, в который с двух сторон запрессованы подшипники. С торцов к корпусу крепятся конические зубчатые колеса со спиральным зубом. На окончаниях каждый ротор несет ножи или амортизаторы. Амортизаторы представляют собой две стальные планки, между которыми завулканизирован слой резины. Наружная планка, обращенная к ножам, термически обработана для придания ей необходимой твердости. В процессе работы роторы сходятся до соприкосновения и, проворачиваясь дальше, отрубает пакет от движущейся сверху гирлянды в месте сварки поперечного шва.

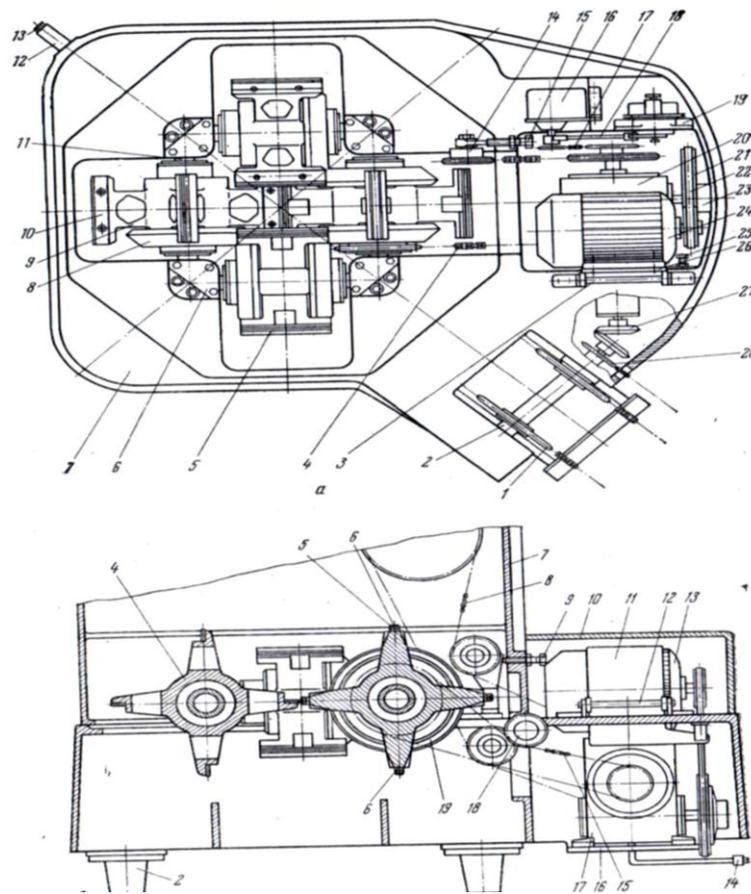
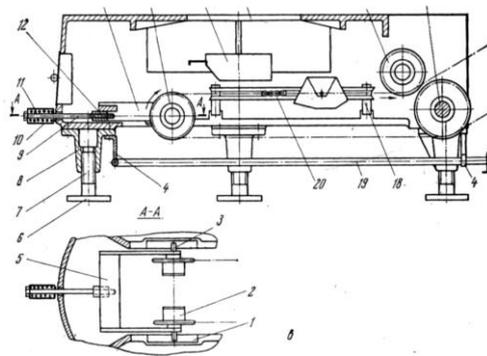


Рисунок 15 - Механизм рубки пакетов и привод автомата

- а - вид в плане: 1 - приводные звездочки транспортера укладчика; 2 - приводной вал транспортера укладчика; 3 - вал, 4 - цепь привода механизма рубки пакетов; 5 - амортизатор; 6 - угловой подшипник; 7 - нижняя станина; 8- коническая шестерня; 9 - ротор; 10- нож; 11- вал ротора; 12 - стакан; 13 - натяжной болт; 14 - натяжная звездочка цепи привода транспортеров носителей; 15 - натяжной болт; 16 - импульсный датчик; 17 - цепь привода; 18 - кривошипно-шатунный механизм; 19 - маслонасос; 20 - редуктор; 21 - шкив; 22 - ремень; 23 - фрикционная предохранительная муфта; 24 - электродвигатель; 25 - винт; 26 - подмоторная плита; 27-коническое зубчатое колесо контрпривода; 28 - приводная звездочка механизма стола укладчика;
- б - продольный разрез; 1- пята; 2 - корпус опоры; 3 - резьбовой вал; 4 - корпус ротора; 5 - слой резины между планками амортизатора; 6 - планка; 7 - станина верхняя; 8 - цепь привода транспортеров носителей; 9 - натяжной винт цепи привода транспортеров носителей; 10 - кожух; 11- подмоторная плита; 12 - вал; 13 - электродвигатель; 14 - сливная труба редуктора; 15- цепь привода механизма рубки пакетов; 16 - плита; 17 - редуктор; 18 - натяжная звездочка цепи привода механизма рубки; 19 - коническая шестерня



в - продольный разрез по натяжной станции транспортера укладчика; 1-планка; 2- натяжные звездочки; 3 - ось; 4- кронштейн ограждения; 5- рама; 6-пята; 7- резьбовой вал; 8- корпус опоры; 9- натяжной болт; 10- стакан; 11- пружина; 12 - резьбовая втулка; 13 - натяжная станция; 14 - ловитель; 15-станина нижняя; 16-нижние направляющие звездочки транспортера укладчика; 17-приводной вал транспортера укладчика; 18- кронштейн; 19-ограждение; 20-направляющие цепи транспортера укладчика

Пакет, отрубленный от гирлянды, падает под действием собственного веса в ловитель 14 (рис. 15в), ориентирующий пакеты в определенном направлении перед попаданием их в ковши подъемного элеватора механизма укладчика. Ловитель, состоящий из двух отогнутых внутрь пластин нержавеющей стали, крепится с нижней стороны на станине. Ниже ловителя на станине укреплены натяжная станция для цепей транспортера укладчика (ковшового элеватора), нижние направляющие звездочки 16 и приводной вал 17 элеватора.

Натяжная станция состоит из сварной рамы П-образной формы, на которой при помощи осей 3 укреплены две звездочки. Концы осей скользят по направляющим, укрепленным на станине. На поперечной перекладине рамы имеется резьбовая втулка, в которую вворачивается натяжной болт, выходящий за пределы станины. На болт надет стакан, в котором заключена пружина. Пружина служит как для натяжения цепей элеватора, так и для смягчения рывков последней в процессе работы автомата. Цепи натягивают вращением натяжного болта, который, вворачиваясь во втулку, укрепленную на перекладине, перемещает звездочки по направляющим. Нижние направляющие звездочки задают направление цепям ковшового транспортера перед входом их между щеками укладчика. Приводной вал 17 служит для привода транспортера укладчика. Он получает вращение от редуктора через цилиндрическую и коническую зубчатые передачи. На приводном валу укреплены звездочки цепей транспортера, а также звездочка цепи привода поворотного стола укладчика.

Передаточное число червячного одноступенчатого редуктора 20 (рис. 15а), от которого получают вращение все механизмы автомата, равно 38. Быстроходный вал

редуктора оборудован шкивом для клинового ремня, соединяющего редуктор с электродвигателем. На входе редуктор оборудован предохранительной муфтой 23, рассчитанной на максимальный крутящий момент, равный 58 Нм.

Муфта представляет собой два фрикционных диска, прижимаемых друг к другу при помощи регулируемой пружины. Изменяя сжатие пружины, можно изменять максимальный крутящий момент муфты. Редуктор устанавливается в боковой части нижней станины на плите 16 (рис. 15б), укрепленной на станине с нижней стороны: с одной стороны осуществляется привод механизма рубки пакетов и транспортера укладчика, с другой механизма образования пакетов и импульсного датчика 16 (рис. 15а), с маслососом 19.

Трехфазный асинхронный электродвигатель установлен на подмоторной плите 26, шарнирно закрепленной на верхней обработанной плоскости нижней станины, на валу 3. Натяжение ремня осуществляется перемещением электродвигателя вместе с подмоторной плитой относительно вала при помощи винта 25.

Сбоку от редуктора установлен импульсный датчик 16, служащий для подачи напряжения на токосъемник в момент захода в него контактных щеток носителя нагревателя синхронно с механизмом прижима носителей. Для подачи электрического сигнала служат четыре микровыключателя, взаимодействующих с кулачками, насаженными на валу. Все это закреплено на литом алюминиевом корпусе, накрытом сверху крышкой. Конец вала выступает за корпус, и на нем укреплена звездочка привода импульсного датчика. Рядом со звездочкой на валу датчика крепится кривошипно-шатунный механизм привода маслососа. Маслосос и импульсный датчик укреплены сбоку от редуктора на нижней станине. Кроме них сбоку от редуктора закреплена натяжная звездочка 14 цепи привода транспортера носителей. Натяжение осуществляется при помощи болта 15. Все боковое пространство станины, занимаемое редуктором, электродвигателем, импульсным датчиком и маслососом, закрывается защитным кожухом с двумя ручками.

В нижней части к станине крепятся опоры, ограждение и направляющие ковшового транспортера укладчика. Опоры служат основанием, на котором устанавливается весь автомат. Опоры являются регулируемыми. Они состоят из корпуса, резьбового вала, который ввернут в корпус, и опорного подпятника. Вращением резьбового вала можно добиться необходимого положения станины при выставлении ее по уровню в процессе монтажа автомата в цехе завода. Ограждение предохраняет транспортер укладчика от возможных повреждений при монтаже и эксплуатации. Оно представляет собой изогнутый П-образный прут, крепящийся к станине. Цепи

ковшового транспортера после выхода с натяжных звездочек попадают между направляющими. Направляющие выполнены в виде двух стержней прямоугольного сечения, закрепленных на двух литых кронштейнах. Направляющие служат для строгой фиксации положения ковшей транспортера при попадании в них падающих пакетов.

Укладчик пакетов корзины. У укладчика тетраэдральных пакетов в корзины шестигранной формы имеются три основных механизма: подъемный ковшовый транспортер (элеватор) А (рис. 16а), механизм распределения пакетов В, смонтированный на выходном конце элеватора, и механизм для перемещения корзин, выполненный в виде периодического поворотного стола С.

Ковшовый элеватор А состоит из замкнутого транспортера с двумя параллельными цепями 7 и 5, охватывающими две поворотные звездочки 6, сидящие на горизонтальных полуосях. На правой полуоси со звездочкой 6 укреплена коническая шестерня 10. Цепи проходят от нижних направляющих звездочек, укрепленных в нижней станине, с наклоном вверх до верхних направляющих звездочек 16, расположенных вблизи механизма распределения пакетов В, после которых они принимают на некотором участке горизонтальное положение.

Между цепями по всей длине цепного транспортера размещены ковши 3, каждый из которых рассчитан на один тетраэдральный пакет. Цепи приводятся в движение таким образом, что их верхние ветви движутся по направлению к верхним осям звездочек. Ковш представляет собой клинообразную ячейку, открытую сверху и спереди, в которую тетраэдр вводится вперед склеенным ребром 1 таким образом, что во время движения к механизму распределения ребро 1 будет параллельно направлению движения транспортера, второе склеенное ребро 2 перпендикулярно ему. Ковши укреплены между цепями так, что нижнее ребро каждого из них, служащее опорой для ребра 1 тетраэдра, следует за направлением движения цепей и, наклоняясь при огибании цепями звездочек 15 ковши освобождаются от лежащих в них пакетов.

При этом пакеты стремятся соскользнуть вперед, пока не выпадут из ковшей. Если такое соскальзывание задержать, то тетраэдр будет продолжать наклоняться вместе с ковшом. Каждый третий ковш оборудован защелкой, которая фиксирует пакет относительно задней стенки ковша и препятствует соскальзыванию пакета при наклонении ковша. Остальные ковши снабжены упорами 17, которые выдвинуты несколько дальше по направлению к переднему краю ковша и поэтому допускают ограниченное скольжение пакета относительно ковша. Пакет, находящийся в ковше с упором 17, покидает ковш раньше, чем пакет, находящийся в ковше с защелкой 18.

Транспортер укладчика приводится в движение при помощи зубчатых передач от выходного вала редуктора.

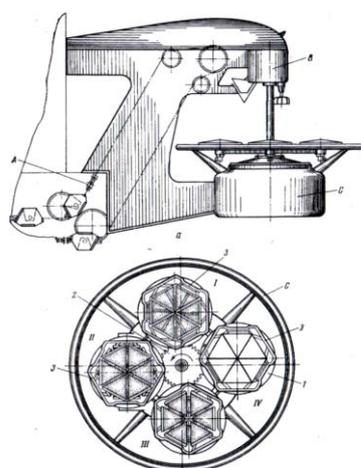


Рисунок 16 - Укладчик пакетов в корзины

а - общий вид укладчика; А - подъемный ковшовый транспортер; В - механизм распределения пакетов; С - поворотный стол; б - вид в плане на позиции укладки; 1- вращающиеся диски для корзин; 2 - зубчатое колесо привода дисков; 3 - корзина

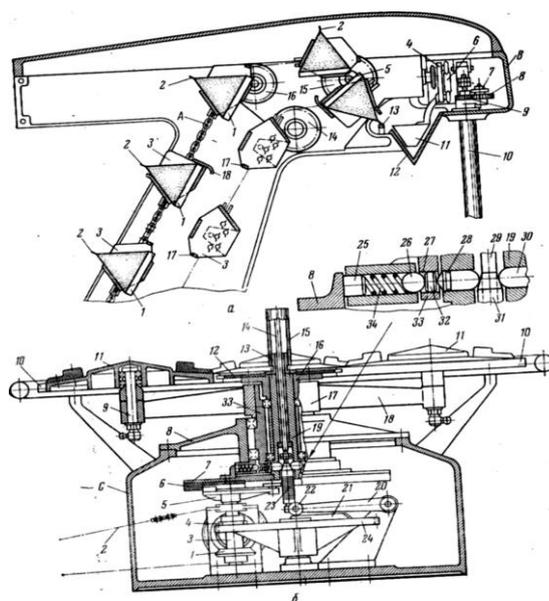


Рисунок 17 - Продольный разрез укладчика

а - подъемный ковшовый транспортер: 1 - нижнее ребро пакета; 2 - верхнее ребро пакета; 3 - ковш; 4 - каретка; 5 - ось звездочки; 6 - направляющая; 7 - ведущая звездочка; 8 - шестерня привода разделительной звездочки; 9 - зубчатое колесо; 10 - труба; 11- толкатель; 12 - желоб; 13- штанга; 14, 15, 16 - звездочки направляющие верхние; 17 - упор ковша; 18 - защелка ковша

Механизм распределения пакетов расположен у верхнего окончания ковшового транспортера. Несколько впереди и ниже выходного конца транспортера имеется V-образный распределительный желоб 12, ось которого параллельна осям 5 звездочек.

Пакеты падают вперед склеенным ребром 2. Параллельно желобу у верхнего окончания элеватора укреплен штанга 13 за штангу, служащая упором для ребер 2 пакетов, находящихся в ковшах с защелкой 18. При выпадении из этих ковшей пакет зацепляется ребром поворачивается вокруг нее и падает ребром вперед в среднюю корзину.

#### 4. Расчетная часть

а) Подбор электродвигателя.

Требуемая мощность электродвигателя:

$$P_{\text{Эмп}} = \frac{P_3}{\eta} = \frac{1}{0,97} = 1,0 \text{ кВт} \quad (1)$$

где  $\eta$  – КПД привода,

$$\eta = \eta_{\text{ЦП}} \cdot \eta_{\text{ЧЕРВ}} \cdot \eta_{\text{М}} \cdot \eta_{\text{П}} = 0,97 \cdot 0,95 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,97,$$

где  $\eta_{\text{ЦП}} = 0,97$  – средний КПД цепной передачи;

$\eta_{\text{ЧЕРВ}} = 0,95$  – средний КПД червячной передачи;

$\eta_{\text{М}} = 0,98$  – КПД муфты соединительной;

$\eta_{\text{П}} = 0,99$  – КПД пары подшипников качения.

Требуемая частота вращения электродвигателя:

$$n_{\text{ЭТР}} = n_3 \cdot u_{\text{ОР}} = 39 \cdot 36 = 1410 \text{ об/мин},$$

где  $n_3 = \frac{30 \cdot \omega_3}{\pi} = \frac{30 \cdot 1,3 \cdot \pi}{\pi} = 39 \text{ об/мин}$  – частота вращения вала барабана конвейера;

$u_{\text{ОР}}$  – ориентировочное передаточное число привода,

$$u_{\text{ОР}} = u_{\text{ЦП}} \cdot u_{\text{РЕД}} = 2,25 \cdot 16 = 36,$$

где  $u_{\text{ЦП}} = 2,25$  – среднее передаточное число цепной передачи;

$u_{\text{РЕД}} = 16$  – среднее передаточное число червячного 1-ступенчатого редуктора.

Выбираем из каталога трехфазный асинхронный электродвигатель серии АО32-4 мощностью  $P_{\text{Э}} = 1 \text{ кВт}$  и частотой вращения  $n_{\text{Э}} = 1500 \text{ об/мин}$  [2].

б) Подбор редуктора.

Действительное передаточное число привода:

$$u = \frac{n_{\text{Э}}}{n_3} = \frac{1500}{39} = 38,4. \quad (2)$$

Передаточное число цепной передачи:

$$u_{\text{ЦП}} = \frac{u}{u_{\text{РЕД}}} = \frac{38,4}{16} = 2,40.$$

Вращающий момент на валу барабана конвейера:

$$T_3 = \frac{10^3 \cdot P_3}{\omega_3} = \frac{10^3 \cdot 8}{1,3 \cdot \pi} = 1959 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3)$$

Вращающий момент на тихоходном валу редуктора:

$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_{цп} \cdot u_{цп}} = \frac{1959}{0,97 \cdot 2,25} = 887 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (4)$$

Подбираем из каталога червячный одноступенчатый редуктор типа Ч-160-16-51-1-У3 ГОСТ 25301-82.

Его параметры:

- Межосевое расстояние  $a_w = 160$  мм.
- Масса  $m = 170$  кг.
- Передаточное число  $u_{ред} = 16$ .
- Объем заливаемого масла 10 л.
- Схема сборки - 51.
- Концы входного и выходного вала – цилиндрические по ГОСТ 12081-72.
- Климатическое исполнение и категория размещения У3 по ГОСТ 15150-69.
- КПД  $\eta_{ред} = 0,9$ .
- Номинальный крутящий момент на выходном валу  $T_{вых} = 1400$  Н·м.
- Номинальная радиальная сила на входном валу  $F_{вх} = 1180$  Н.
- Номинальная радиальная сила на выходном валу  $F_{вых} = 11200$  Н.

в) Расчет вала.

Частота вращения :  $n_2 = n_1 = n_{дв} = 1500$  об/мин;

Окружная скорость:  $\omega_2 = \omega_1 = 75,36$  рад/с ;

Мощность:  $P_2 = P_1 \cdot \eta_{муфты} \cdot \eta_{подш} = 5,14 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 4,99$  кВт;

Вращающий момент:  $T_2 = T_1 \cdot \eta_{муфты} \cdot u_{муфты} = 887 \cdot 0,98 \cdot 1 = 869,3$  Н·м.

Предварительный расчет валов.

Крутящий момент в поперечных сечениях валов:  $T_{II} = 869,3 \cdot 10^3$  Н·мм

Диаметр выходного конца ведущего вала при  $[\tau]_k = 25 \text{ Н}/\text{мм}^2$

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{869,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = \text{мм} \quad (5)$$

диаметр шеек под подшипники принимаем  $d_{n2} = 60$  мм;

под ведущей шестерней  $d_{k2} = 70$  мм.

У промежуточного вала расчетом на кручение определяем диаметр опасного сечения (под шестерней) по пониженным допускаемым напряжениям.  $[\tau_k] = 15 \text{ Н}/\text{мм}^2$

$$d_{k3} = \sqrt[3]{\frac{T_{III}}{0,2 \cdot [r_k]}} = \sqrt[3]{\frac{246,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 15}} = 43,4 \text{ мм} \quad (6)$$

принимаем диаметр под шестерней  $d_{k3} = 45 \text{ мм}$ ,

найдем диаметр под колесом:

$$d_{k3} = \sqrt[3]{\frac{T_{III}}{0,2 \cdot [r_k]}} = \sqrt[3]{\frac{246,3 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 34,5 \text{ мм} \quad (7)$$

принимаем диаметр под подшипники  $d_{n3} = 35 \text{ мм}$ .

$P = 2598 \text{ Н}$ ,  $P_r = 1092 \text{ Н}$ , давление на вал от ременной передачи  $Q = 623 \text{ Н}$ .

Составляющие этой нагрузки:

$$R_{xp.n} = R_{yp} = Q \cdot \sin 45^\circ = 623 \cdot 0,707 = 441 \text{ Н}.$$

Реакции опор: в плоскости XZ

$$R_{xp.n}(l_3 + 2l_1) + R_{x1} \cdot 2l_2 - P \cdot l_1 = 0$$

$$R_{x1} = \frac{Pl - R_{xp.n}(l_3 + 2l_1)}{2l_2} = \frac{2598 \cdot 65 - 441(80 + 2 \cdot 65)}{2 \cdot 65} = 485 \text{ Н} \quad (8)$$

$$R_{xp.n} l_3 + Pl_1 - R_{x2} \cdot 2 \cdot l_1 = 0$$

$$R_{x2} = \frac{R_{xp.n} \cdot l_3 + Pl_1}{2l_1} = \frac{441 \cdot 80 + 2598}{2 \cdot 65} = 1572 \text{ Н} \quad (9)$$

Проверка:

$$R_{xp.n} + R_{x1} + R_{x2} = P \quad 441 + 485 + 1572 = 2598$$

В плоскости YZ:

$$R_{yp.n}(l_3 + 2l_1) - l_{y1} \cdot 2l_1 + P_r \cdot l_r = 0$$

$$R_{y1} = \frac{R_{yp.n}(l_3 + 2l_1) + P_r l_2}{2l_1} = \frac{441(80 + 2 \cdot 65) + 1092 \cdot 65}{2 \cdot 65} = 1258 \text{ Н} \quad (10)$$

$$R_{yp.n} l_3 + P_r \cdot l_1 + R_{y2} \cdot 2 \cdot l_1 = 0$$

$$R_{y2} = \frac{R_r \cdot l_2 - R_{yp.n} \cdot 80}{2 \cdot 65} = 275 \text{ Н} \quad (11)$$

Проверка:

$$R_{yp.n} + P_r = R_{y1} + R_{y2} \quad = 441 + 1092 = 1258 + 275 = 1533$$

Суммарные реакции:

$$F_{r1} = R_1 = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2} = \sqrt{485^2 + 1258^2} = 1348 \text{ Н} \quad (12)$$

$$F_{r2} = R_2 = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2} = \sqrt{1572^2 + 275^2} = 1596 \text{ Н} \quad (13)$$

Выбираем подшипники более нагруженной опоре 2.

$$P = 2598 \text{ Н} \quad P_r = 1092 \quad l_2 = 65 \text{ мм}$$

Эквивалентная нагрузка

$$P_Q = (XVF_{r2} + YF_a)K_g \cdot K_T$$

где  $X$  – коэффициент радиальной нагрузки (табл. 4)

$Y$  – коэффициент осевой нагрузки (табл. 4)

Так как осевая нагрузка отсутствует ( $P_a = 0$ ) принимаем  $X = 1; Y = 0$

$V$  – коэффициент учитывающий вращение колец при вращении внутреннего кольца  $V = 1$

принимаем  $k_T = 1$ , принимаем  $K_T = 1,2$

$$P_3 = (1 \cdot 1 \cdot 1596 + 0) \cdot 1,2 \cdot 1 = 1915 \text{ Н}$$

Расчет долговечности, мин.об:

$$L = \left( \frac{C}{P_3} \right)^3 = \left( \frac{19,7 \cdot 10^3}{1915} \right)^3 \approx 1090 \text{ мин/об.} \quad (14)$$

Расчетная долговечность:

$$Lh = \frac{L \cdot 10^6}{60U} = \frac{1090 \cdot 10^6}{60 \cdot 480} = 37,8 \cdot 10^3 \quad (15)$$

г) Расчет цепной передачи.

Исходные данные:

$T_1 = T_2 = 887 \text{ Н}\cdot\text{м}$  – вращающий момент на ведущей звездочке;

$n_1 = n_2 / u_{\text{ред}} = 1500 / 16 = 92 \text{ об/мин}$  – частота вращения ведущей звездочки;

$u = u_{\text{цп}} = 2,40$  – передаточное число [7].

Выбор типа приводной цепи:

Принимаем роликковую приводную цепь типа ПР, поскольку эти цепи наиболее распространены, достаточно дешевы и обладают высокой износостойкостью.

Первоначально принимаем однорядную цепь, т.е. число рядов  $v = 1$ .

Числа зубьев звездочек:

– ведущей  $Z_1 = 31 - 2 \cdot u = 31 - 2 \cdot 2,35 = 26,3$ , принимаем  $Z_1 = 27$ ;

– ведомой  $Z_2 = Z_1 \cdot u = 27 \cdot 2,35 = 63,45$ , принимаем  $Z_2 = 63$ .

Фактическое передаточное число:

$$u_{\phi} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{63}{27} = 2,33.$$

Отклонение от заданного передаточного числа  $u$  составляет 0,8%, что вполне допустимо.

Предварительный шаг цепи:  $t = 50,8 \text{ мм}$ .

Допускаемое напряжение в шарнирах цепи:  $[p] = 32$  МПа.

Коэффициент эксплуатации:  $K = K_{\text{дин}} \cdot K_C \cdot K_{\theta} \cdot K_P \cdot K_{\text{РЕГ}}$ ,

где  $K_{\text{дин}} = 1,5$  – коэффициент динамической нагрузки при нагрузке с толчками;

$K_C = 1,5$  – коэффициент метода смазывания при периодической смазке;

$K_{\theta} = 1$  – коэффициент наклона линии центров звездочек к горизонтали при  $\theta < 60^\circ$ ;

$K_P = 1$  – коэффициент режима работы при работе в одну смену;

$K_{\text{РЕГ}} = 1,25$  – коэффициент регулирования натяжения при нерегулируемой цепи.

$$K = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 = 2,81.$$

Уточнение шага цепи:

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{K \cdot T_1}{v \cdot Z_1 \cdot [p]}} = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{2,81 \cdot 887}{1 \cdot 27 \cdot 32 \cdot 10^6}} = 0,039 \text{ м} = 39 \text{ мм} \quad (16)$$

Принимаем  $t = 44,45$  мм, цепь ПР-44,45-17240.

Окружная сила:

$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_1}{D_1} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 887}{382,9} = 4633 \text{ Н} \quad (17)$$

$$D_1 = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{Z_1}\right)} = \frac{44,45}{\sin\left(\frac{180^\circ}{27}\right)} = 382,9 \text{ мм} \quad (18)$$

делительный диаметр ведущей звездочки

Среднее давление в шарнирах цепи:

$$p = \frac{F_t \cdot K}{S} = \frac{4633 \cdot 2,81}{472} = 27,6 \text{ МПа} \quad (19)$$

где  $S = 472 \text{ мм}^2$  – площадь опорной поверхности шарнира.

$p = 27,6 \text{ МПа} < [p] = 32 \text{ МПа}$ .

Цепь ПР-44,45-17240 подходит.

Предварительное межосевое расстояние:

$a = (30 \dots 50) \cdot t = (30 \dots 50) \cdot 44,45 = 1333 \dots 2223 \text{ мм}$ ,

принимаем  $a = 1500 \text{ мм}$ .

Длина цепи в шагах:

$$l_t = \frac{2 \cdot a}{t} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \frac{t}{a} = \frac{2 \cdot 1500}{44,45} + \frac{27 + 63}{2} + \frac{(63 - 27)^2}{4 \cdot 3,14^2} \cdot \frac{44,45}{1500} = 113,5, \quad (22)$$

принимаем  $l_t = 114$ .

Фактическое межосевое расстояние:

$$a = \frac{t}{8} \cdot \left[ 2 \cdot l_i - (Z_1 + Z_2) + \sqrt{[2 \cdot l_i - (Z_1 + Z_2)]^2 - \frac{8 \cdot (Z_2 - Z_1)^2}{\pi^2}} \right] =$$

$$= \frac{44,45}{8} \cdot \left[ 2 \cdot 114 - (27 + 63) + \sqrt{[2 \cdot 114 - (27 + 63)]^2 - \frac{8 \cdot (63 - 27)^2}{3,14^2}} \right] = 1512 \text{ мм.} \quad (20)$$

Для обеспечения необходимого провисания цепи принимаем  $a = 1505$  мм.

Диаметр ведомой звездочки:

$$D_2 = \frac{t}{\sin\left(\frac{180^\circ}{Z_2}\right)} = \frac{44,45}{\sin\left(\frac{180^\circ}{63}\right)} = 891,7 \text{ мм} \quad (21)$$

д) Проверка шпоночного соединения.

Для соединения звездочек и муфты с валами использованы шпонки. Произведем проверку этих шпонок на прочность.

Диаметр вала  $d = 48$  мм.

Ширина шпонки  $b = 14$  мм.

Высота шпонки  $h = 9$  мм.

Длина шпонки  $l = 100$  мм.

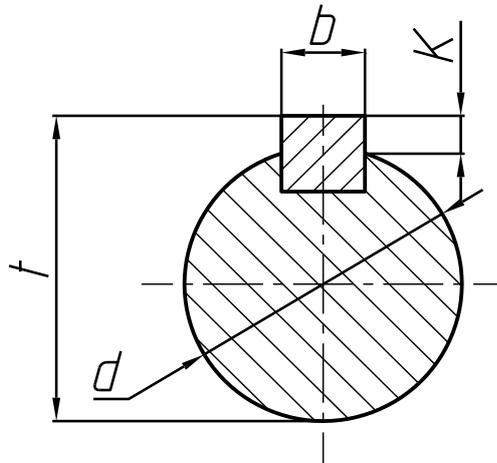


Рисунок 18. Размеры шпоночного соединения (по ГОСТ 23360-78)

Высота, на которую шпонка выступает над валом  $K = 4$  мм.

Рабочая длина шпонки  $l_p = l - b = 100 - 14 = 86$  мм

Материал шпонки – среднеуглеродистая сталь Сталь 45 ГОСТ 4543-71.

Допускаемое напряжение смятия  $[\sigma_{CM}] = 150$  МПа.

Допускаемое напряжение среза  $[\tau_{CP}] = 100$  МПа.

Проверка шпонки по условию прочности на смятие:

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot T_K}{d \cdot l_p \cdot K} = \frac{2 \cdot 97,8}{0,048 \cdot 0,086 \cdot 0,004} = 11,8 \text{ МПа} \quad (22)$$

где  $T_K = \frac{10^3 \cdot P_{\Sigma}}{\omega_{\Sigma}} = \frac{10^3 \cdot 15}{153,4} = 97,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$  – крутящий момент, действующий на шпонку.

$$[\sigma] < [\sigma_{CM}] (11,8 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа})$$

Условие прочности на смятие выполняется.

Проверка шпонки по условию прочности на срез:

$$\tau_{CP} = \frac{2 \cdot T_K}{d \cdot b \cdot l_p} = \frac{2 \cdot 97,8}{0,048 \cdot 0,014 \cdot 0,086} = 3,4 \text{ МПа} \quad (23)$$

$$[\tau] < [\tau_{CP}] (3,4 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа})$$

Условие прочности на срез также выполняется.

Шпоночное соединение полумуфты с входным валом редуктора:

Конец вала – цилиндрический.

Диаметр вала  $d = 40 \text{ мм}$ .

Ширина шпонки  $b = 12 \text{ мм}$ .

Высота шпонкой  $h = 8 \text{ мм}$ .

Длина шпонки  $l = 90 \text{ мм}$ .

Высота, на которую шпонка выступает над валом  $K = 3,6 \text{ мм}$ .

Рабочая длина шпонки  $l_p = l - b = 90 - 12 = 78 \text{ мм}$ .

Материал шпонки – среднеуглеродистая сталь Сталь 45 ГОСТ 4543-71.

Допускаемое напряжение смятия  $[\sigma_{CM}] = 150 \text{ МПа}$ .

Допускаемое напряжение среза  $[\tau_{CP}] = 100 \text{ МПа}$ .

Проверка шпонки по условию прочности на смятие:

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot T_K}{d \cdot l_p \cdot K} = \frac{2 \cdot 97,8}{0,04 \cdot 0,078 \cdot 0,0036} = 17,4 \text{ МПа} \quad (24)$$

где  $T_K = 97,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$  – крутящий момент, действующий на шпонку.

$$[\sigma] < [\sigma_{CM}] (17,4 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа})$$

Условие прочности на смятие выполняется.

Проверка шпонки по условию прочности на срез:

$$\tau_{CP} = \frac{2 \cdot T_K}{d \cdot b \cdot l_p} = \frac{2 \cdot 97,8}{0,04 \cdot 0,012 \cdot 0,078} = 5,2 \text{ МПа} \quad (25)$$

$$[\tau] < [\tau_{CP}] (5,2 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа})$$

Условие прочности на срез также выполняется.

Шпоночное соединение ведущей звездочки с выходным валом редуктора:

Конец вала – цилиндрический.

Диаметр вала  $d = 70 \text{ мм}$ .

Ширина шпонки  $b = 20 \text{ мм}$ .

Высота шпонкой  $h = 12$  мм.

Длина шпонки  $l = 125$  мм.

Высота, на которую шпонка выступает над валом  $K = 5,2$  мм.

Рабочая длина шпонки  $l_p = l - b = 125 - 20 = 95$  мм.

Материал шпонки – среднеуглеродистая сталь Сталь 45 ГОСТ 4543-71.

Допускаемое напряжение смятия  $[\sigma_{CM}] = 150$  МПа.

Допускаемое напряжение среза  $[\tau_{CP}] = 100$  МПа.

Проверка шпонки по условию прочности на смятие:

$$\sigma_{CM} = \frac{2 \cdot T_K}{d \cdot l_p \cdot K} = \frac{2 \cdot 887}{0,07 \cdot 0,095 \cdot 0,0052} = 51,3 \text{ МПа} \quad (26)$$

где  $T_K = T_2 = 887$  Н·м – крутящий момент, действующий на шпонку.

$[\sigma] < [\sigma_{CM}]$  ( $51,3$  МПа  $<$   $150$  МПа)

Условие прочности на смятие выполняется.

Проверка шпонки по условию прочности на срез:

$$\tau_{CP} = \frac{2 \cdot T_K}{d \cdot b \cdot l_p} = \frac{2 \cdot 887}{0,07 \cdot 0,02 \cdot 0,095} = 13,3 \text{ МПа} \quad (27)$$

$[\tau] < [\tau_{CP}]$  ( $13,3$  МПа  $<$   $100$  МПа)

Условие прочности на срез также выполняется.

е) Подбор упругой муфты.

Вращающий момент на валу электродвигателя  $T_1 = 97,8$  Н·м.

Подбираем из ГОСТ 2124-75 упругую втулочно-пальцевую муфту МУВП-250.

Параметры муфты:

- Допустимое значение передаваемого вращающего момента  $[T]=250$  Н·м.
- Посадочный размер муфты  $d = 40$  мм.
- Радиальное смещение валов не более  $0,3$  мм.
- Угловое смещение валов не более  $1^\circ$ .

Полумуфта, насаживаемая на вал двигателя, выполняется с посадочным диаметром  $d = 48$  мм.

ж) Конструирование звездочек цепной передачи.

Делительные диаметры:

$d_{д1} = 382,9$  мм;  $d_{д2} = 891,7$  мм

Диаметры окружностей выступов:

$$D_{e1} = t \cdot \left[ 0,532 + \frac{1}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{Z_1}\right)} \right] = 44,45 \cdot \left[ 0,532 + \frac{1}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{27}\right)} \right] = 403,9 \text{ мм} \quad (28)$$

$$D_{e2} = t \cdot \left[ 0,532 + \frac{1}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{Z_2}\right)} \right] = 44,45 \cdot \left[ 0,532 + \frac{1}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{63}\right)} \right] = 914,3 \text{ мм} \quad (29)$$

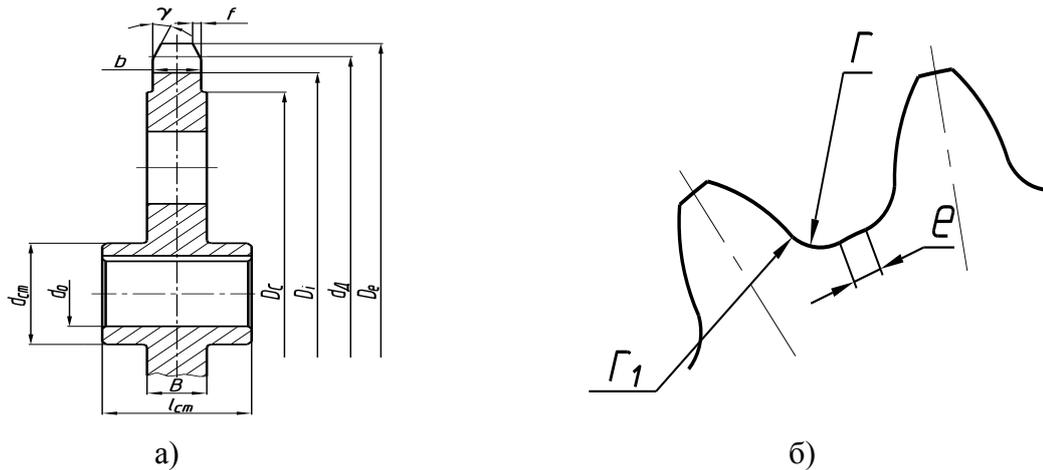


Рисунок 19 - Звездочка цепной передачи

а) общий вид; б) зубчатый профиль

Радиусы впадин между зубьями:

$$r = 0,5025 \cdot d_l - 0,05 = 0,5025 \cdot 25,4 - 0,05 = 12,71 \text{ мм}$$

Диаметры окружностей впадин:

$$D_{i1} = d_{д1} - 2 \cdot r = 382,9 - 2 \cdot 12,71 = 357,5 \text{ мм}$$

$$D_{i2} = d_{д2} - 2 \cdot r = 891,7 - 2 \cdot 12,71 = 866,3 \text{ мм}$$

Диаметры проточек:

$$D_{C1} = \frac{t}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{Z_1}\right)} - 1,3 \cdot h = \frac{44,45}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{27}\right)} - 1,3 \cdot 42,4 = 325,2 \text{ мм} \quad (30)$$

$$D_{C2} = \frac{t}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{Z_2}\right)} - 1,3 \cdot h = \frac{44,45}{\operatorname{tg}\left(\frac{180^\circ}{63}\right)} - 1,3 \cdot 42,4 = 835,5 \text{ мм} \quad (31)$$

Ширина зуба:

$$b = 0,9 \cdot B_{вн} - 0,15 = 0,9 \cdot 25,4 - 0,15 = 22,7 \text{ мм.}$$

Фаска  $f = 0,2 \cdot b = 0,2 \cdot 22,7 = 4 \text{ мм.}$

Диаметр отверстий в ступице:

$$d_{O1} = 70 \text{ мм}, d_{O2} = 75 \text{ мм}$$

Диаметр ступицы:

$$d_{cm1} = 1,5 \cdot d_{O1} = 1,5 \cdot 70 = 105 \text{ мм}$$

$$d_{cm2} = 1,5 \cdot d_{O2} = 1,5 \cdot 75 = 112,5 \text{ мм, принимаем } d_{cm2} = 115 \text{ мм.}$$

Длина ступицы:

$$l_{cm1} = 140 \text{ мм}$$

$$l_{cm2} = 140 \text{ мм}$$

Ширина звездочки:  $B = b = 22,7 \text{ мм.}$

### з) Конструирование рамы.

При монтаже приводов, состоящих из электродвигателя и редуктора, должны быть выдержаны определенные требования точности относительного положения узлов. Для этого узлы привода устанавливаются на основании. В качестве основания при единичном производстве выгоднее использовать сварные рамы, сваренные из элементов сортового проката: швеллеров, уголков, полос и листов.

Выполним раму в виде двух продольно расположенных швеллеров и приваренных к ним нескольких поперечных швеллеров.

$$\text{Высота рамы } H = (0,08..0,1) \cdot L = (0,08..0,1) \cdot 1600 = 128..160 \text{ мм,}$$

где  $L = 1600 \text{ мм}$  – примерная длина рамы.

Округляем размер  $H$  до стандартного значения и используем швеллер №16 согласно ГОСТ8240-89. Размеры швеллера: высота  $h = 160 \text{ мм}$ , ширина полки  $b = 64 \text{ мм}$ , толщина стенки  $S = 5 \text{ мм}$ .

Электродвигатель и редуктор размещаем на базовых поверхностях – платиках, толщина которых 5 мм.

Поскольку рама при сварке сильно коробится, то все базовые поверхности после сварки подвергаются правке (рихтовке).

Для крепления рамы к полу используются фундаментные болты диаметром 22 мм в количестве 8 штук.

Годовая сумма амортизационных отчислений от стоимости производственной площади рассчитывается по формуле:

$$A_{п} = C_{пп} \cdot H_{п}/100 = 2000 \cdot 0,002 = 40 \text{ руб.} \quad (32)$$

где  $C_{пп}$  - стоимость производственной площади, занимаемой оборудованием, с учетом проходов и проездов, руб.;

$H_{п}$  - норма амортизационных отчислений, % (можно принять в размере 1,5-2,0%).

Расходы на текущий ремонт и содержание производственной площади определяются по формуле:

$$P_{\text{пп}} = C_{\text{пп}_{\text{пп}}} * N_{\text{пп}}/100 = 2000*0,1 = 200 \text{ руб.} \quad (33)$$

где  $N_{\text{пп}}$  - норма расходов на текущий ремонт и содержание производственной площади, равная 10%.

Расходы на охрану труда и технику безопасности (спецодежда и обувь, диетпитание и т.п.) рассчитываются в размере 5% от годовой суммы затрат на оплату труда.

$$415470*0,05 = 20774 \text{ руб.} \quad (34)$$

Выпуск пакетов автомата АПН в год:

$$\text{До модернизации: } 3600*8*330 = 9504000 \text{ шт.} \quad (35)$$

$$\text{После модернизации: } 4120*8*330 = 10876800 \text{ шт.} \quad (36)$$

Таблица 5 - Текущие (эксплуатационные) затраты

Статьи затрат	Расходы на годовой выпуск продукции, тыс. руб.		Расходы на единицу продукции, руб., коп.	
	До модернизации	После модернизации	До модернизации	После модернизации
Расходы на оплату труда	415470	415470	0,4371	0,038
Отчисления на социальные нужды	108022,2	108022,2	0.0113	0,009
Расходы на амортизацию оборудования	48,200	49,590	0,051	0,0000046
Расходы на текущий ремонт и содержание оборудования	48,200	49,590	0,051	0,0000046
Расходы на амортизацию производственной площади	40	40	0,000042	0,0000037
Расходы на текущий ремонт и содержание производственной площади	200	200	0,000021	0,0000184
Расходы на охрану труда и технику безопасности	20774	20774	0,0022	0.0019
Итого:	544602,6	544605,3	0,057	0,05

и) Расчет годового экономического эффекта.

Расчет годового экономического эффекта, получаемого в результате модернизации, в случае, если производительность модернизированного оборудования изменилась, производится по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Э1} &= [(C_{1y} + E_n * K_{1y}) - (C_{2y} + E_n * K_{2y})] * A_1 = \\ &= [(0,051+0,15*0,0507)-(0,0000046+0,15*0,045)]*9504000 = 32691 \text{ руб.} \quad (64) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Э2} &= [(C_{1y} + E_n * K_{1y}) - (C_{2y} + E_n * K_{2y})] * A_2 = \\ &= [(0,051+0,15*0,0507)-(0,0000046+0,15*0,045)]*10876800 = 37307,4 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где Э-годовой экономический эффект, получаемый от модернизации, руб.;

$C_{1y}$  и  $C_{2y}$  - удельные текущие издержки до и после модернизации оборудования, руб.;

$K_{1y}$  и  $K_{2y}$  - удельные капитальные издержки до и после модернизации, руб.;

$E_n$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

к) Расчет срока окупаемости капитальных затрат.

Если в результате модернизации производительность упаковочного оборудования изменяется, расчет срока окупаемости производится:

$$T=(K_{2y} - K_{1y})/(C_{1y} - C_{2y})(\text{лет})= (0,045-0,0507)/(0,051-0,0000046)*365=41 \text{ день}$$

где  $K_{1y}$  и  $K_{2y}$  - удельные капитальные издержки до и после модернизации;

$C_{1y}$  и  $C_{2y}$  - удельные текущие издержки до и после модернизации, руб.

Таблица 6 - Основные технико-экономические показатели

№	Показатели	Ед. изм	Упаковочное оборудование АПН		Отклонения (п.5-п.4.) (+,-)
			До модернизации	После модернизации	
1	2	3	4	5	6
1	Производительность оборудования	шт.	9504000	10876800	+1372800
2	Масса	кг	3500	3500	-
3	Капитальные затраты	руб.	400000	495900	+95900
4	Удельные капитал. затраты	руб/т	0,0507	0,045	-0,0057
5	Занимаемая площадь	кв.м	10	10	-
6	Съем продукции с 1кв.м площади	т/кв.м	950400	1087680	+137280
7	Количество рабочих, обслуживающих машину	чел.	1	1	-
8	Выработка продукции на 1 рабочего в смену	шт.	28800	32960	+4160
9	Эксплуатационные расходы на 1 тыс.ед продукции	руб.	57	50	+7
10	Годовой экономический эффект	тыс. руб.	32691	37307,4	+4616,4
11	Срок окупаемости капитальных затрат	лет	0	0,111	+0,111

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Своим стремительным спросом на упаковки Тетра-Пак, компания обязана изобретению, оказавшему влияние на всю мировую пищевую индустрию это – пакет в форме тетраэдров. Пакет обладает рядом уникальных свойств, что делает его незаменимым в отраслях пищевого производства.

При хорошем техническом состоянии модернизация станка намного выгоднее покупки его современного аналога. Большинство оборудования громоздкое и дорогостоящее, все это подталкивает к рассмотрению двух вариантов: придумать новую упаковку или технику, но есть более экономичный способ вернуть к жизни старое, но еще работоспособное упаковочное оборудование АПН.

В работе произведена модернизация станка для расфасовки упаковки молока - автомат АПН. Выбраны новые составные части, проведены ряд технических доработок для увеличения производительности автомата, а именно: проведена замена цепной передачи на более распространенную, достаточно дешевую и обладающую высокой износостойчивостью роликую цепную передачу в механизме рубки пакетов, что существенно увеличило производительность автомата.

Выполнены расчеты: подбор электродвигателя марки АО32-4, редуктора одноступенчатого червячного типа (Ч-160-16-51-1-УЗ), цепной передачи, звездочки, шпонки, шкивов и технико-экономических показателей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Березин С.В. Автоматы для розлива в бумажные пакеты. М., 1974.
- 2 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М., 2001.
- 3 Крупинин Г.В., Лукьянов Н.Я., Тарасов М.Ф. Технологическое оборудование предприятий молочной продукции. М., 1964.
- 4 Лукьянов Н.Я., Барановский Н.В. Оборудование предприятий молочной промышленности. М., 1968.
- 5 Муравин Я.Г. Использование полимерных и комбинированных материалов для упаковки напитков. М., 1985.
- 6 Плахотный В.Т., Кущенко В.С. Зарубежное оборудование для молочной промышленности. М., 1992.
- 7 Чернавский С.А. Проектирование механических передач. М.: Машиностроение, 1984.