

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К.И. Сатпаева

УДК 621.97

На правах рукописи

**ЖАНКЕЛДІ ӘДІЛЕТ ЖАНКЕЛДІҰЛЫ**

**Исследование перспектив внедрения в производство новой конструкции  
кулачково-винтового пресса**

6D071200 – Машиностроение

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора философии (PhD)

Научные консультанты  
кандидат технических наук,  
профессор Аскарлов Е.С.  
Республика Казахстан

доктор инженерии,  
профессор Stefan Vöth  
Федеративная  
Республика Германия

Республика Казахстан  
Алматы, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ</b>	4
	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b>	5
	<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b>	6
	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	7
1	<b>ЗНАЧЕНИЕ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНЫХ ОБОРУДОВАНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ</b>	11
1.1	История развития оборудования для обработки материалов давлением	11
1.2	Кривошипный пресс	14
1.2.1	Классификация кривошипных прессов	17
1.2.2	Анализ недостатков кривошипного пресса	20
1.3	Гидравлические прессы	27
1.3.1	Классификация гидравлических прессов	31
1.3.2	Недостатки гидравлического пресса	34
1.4	Винтовые прессы, принцип действия и классификация	34
1.4.1	Недостатки винтового пресса	39
	Выводы по разделу 1	39
2	<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУЛАЧКОВО-ВИНТОВОГО ПРЕССА</b>	40
2.1	Кулачково-винтовой механизм	40
2.2	Принцип работы кулачково-винтового пресса	51
	Выводы по разделу 2	57
3	<b>ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ КУЛАЧКОВО- ВИНТОВОГО ПРЕССА</b>	58
3.1	Сборка и обкатка оборудования – пресса	58
3.2	Испытание кулачково-винтового механического пресса	63
3.3	Испытание пресса в холостом режиме	68
3.4	Испытание пресса с рабочим инструментом в холостом режиме	69
3.5	Испытание пресса в рабочем режиме, выявление его функциональных возможностей в холодной штамповке	69
3.6	Полная доводка пресса до рабочего состояния, установка всех защитных элементов, ограждений	70
	Выводы по разделу 3	71
4	<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ, ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ, РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ</b>	73
4.1	Кулачково-винтовой пресс с усилием 400 килоньютон – параметры конструкции.	73
4.2	Кулачково-винтовой пресс-автомат с нижним расположением привода	79
4.3	Кулачково-винтовой пресс с увеличенным ходом	83

4.4	Разработка схемы листогибочного пресса	87
	Выводы по разделу 4	88
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	89
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	92
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ А</b>	96
	<b>ПРИЛОЖЕНИЯ Б</b>	97

## **НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:  
ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления

ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

ГОСТ 12.2.017-93. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности

ГОСТ 7600-90. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие технические условия

ГОСТ 12.2.113-2006. Прессы кривошипные. Требования безопасности

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**Кривошипный пресс** - это установка, имеющая кривошипно-ползунный механизм. Движение вращательного привода преобразуется в поступательное движение ползуна, благодаря чему функционирует пресс.

**Винтовой пресс** - вид прессы, в котором давящий шток приводится в движение вверх и вниз относительно рамы с помощью винта.

**Гидравлический пресс** - это простейшая гидравлическая машина, предназначенная для создания значительных сжимающих усилий.

**Матрица** - это короб, который образует форму будущего изделия.

**Маховик** - массивное вращающееся колесо, использующееся в качестве накопителя кинетической энергии или для создания инерционного момента

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

НТП – научно-технический прогресс

КПД – коэффициент полезного действия

кН - Килоньютон

ККСОН МОН РК – Комитет по контролю в сфере образования и науки  
Министерства образования и науки Республики Казахстан

КШМ – Кузнечно-штамповочные машины

МН - Меганьютон

МПа - Мегапаскаль

## ВВЕДЕНИЕ

### **Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы (задачи)**

Тема диссертационной работы «Исследование перспектив внедрения в производство новой конструкции кулачково-винтового пресса» соответствует Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы, целью которого является повышение конкурентоспособности обрабатывающей промышленности [1].

Машиностроение – это использования методов и принципов решения проблем от проектирования до производства на рынок для любого объекта. Специалисты в области машиностроения анализируют свою работу с использованием принципов физики, гарантируя, что конструкции функционируют надежно, безопасно и эффективно, также по конкурентоспособной цене.

Одним из основных отраслей промышленности является машиностроение, которое имеет долю почти 35% от всей продукции. Уровень развития машиностроения определяет уровень научно-технического прогресса (НТП) во всех отраслях народного хозяйства. Машиностроение дает возможность обеспечения всех отраслей машинами, технологическим оборудованием и приборами. Станкостроение является основной отраслью машиностроения, которая определяет НТП в современном мире и требует высококвалифицированных специалистов, и в основном развитую промышленность в стране. Кузнечно-штамповочное оборудование входит в состав станкостроения. Массовое и серийное производство фасонных деталей и заготовок необходимо для всех отраслей машиностроения, так как они имеют высокие механические свойства и незначительные потери материалов и имеют высокую стоимость. [2].

Несмотря на длинную историю существования, работу тысячи ученых в этой области, у прессового оборудования имеются проблемы, особенно у кривошипного пресса. Изучение технической литературы показало, что имеющиеся исследования в области проектирования прессового оборудования ведутся в основном в направлении совершенствования имеющихся типов, делаются попытки исправить существующие недостатки, без изменения самой принципиальной схемы механизма.

Была поставлена задача создать принципиально новую схему механического пресса, так как дальнейшие попытки улучшить существующие конструкции прессов бесперспективны. Предлагается принципиально новую конструкцию механического пресса, которая превосходит по многим параметрам существующие и используемые в производстве типы прессов.

Диссертационная работа направлена на исследование технологических возможностей нового типа механического пресса – кулачково-винтового пресса и перспективы внедрения в производство.

### **Основание и исходные данные для разработки темы**

Основанием для разработки темы диссертационной работы является в исследовании технологических возможностей кулачково-винтового прессы для применения в обработке материалов давлением в качестве замены кривошипным прессам.

В качестве исходных данных для разработки темы исследования выбраны: кулачково-винтовой пресс, изготовленный на машиностроительном заводе «Массагет-Плюс», город Алматы.

### **Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы**

Продолжать улучшать конструкции прессов с рычажным механизмом не является целесообразным, так как кривошипные прессы имеют следующие недостатки: повышенная вероятность заклинивания, низкий КПД, быстрое изнашивание муфты прессы. Немецкая промышленная династия «Krupp», японская компания «AIDA engineering», немецкая фирма «Schuler Group» и другие организации СНГ занимаются улучшением конструкции кривошипного прессы, но добиться существенного результата не удается до сих пор [3].

Было предложено вращение вала с переменной скоростью для увеличения рабочего времени, но так снижается КПД прессы, так как инерционное вращения маховика снижается. Также было предложено улучшать и создавать новую конструкцию муфты, но такое предложение не решает основные недостатки кривошипного прессы. В целях повышения КПД кривошипного прессы были созданы конструкции с механизмом шести и более звеньями, но такое решение значительно усложняет конструкцию прессы, тем самым увеличивает его стоимость в разы. Применение переменной структуры в конструкции прессы помогает решать проблему муфты, но другие основные недостатки кривошипного прессы остаются актуальными.

В связи с изложенным, исследования, направленные на улучшение характеристик кузнечно-прессового оборудования являются необходимыми для проведения научно-исследовательской работы.

**Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, патентных исследованиях и выводы из них** определяются полнотой проведенного в литературном обзоре патентного поиска по проблеме эксплуатации кузнечно-прессового оборудования, разработкой и выбором современных методик исследований, системной организацией и проведением экспериментов.

На основе анализа доступной патентной информации рассмотрена эффективность использования новых технологических и технических решений по методам улучшения технических характеристик прессов. В диссертации приведены результаты научного анализа современного состояния научно-технической проблемы и патентных исследований в области обработки материалов давлением.

### **Сведения о метрологическом обеспечении диссертации**

Исследования по теме диссертации проводились на базе ТОО «Массагет-Плюс» (г. Алматы, Республика Казахстан) и на базе Технологического



университета имени Георга Агриколы (г. Бохум, Федеративная Республика Германия) в ходе зарубежной стажировки.

#### **Актуальность темы исследования.**

В диссертационной работе представлен новый тип механического пресса. Основным механизмом нового пресса является кулачково-винтовой механизм. Прессовое оборудование широко используется во всех отраслях машиностроения. Кривошипные прессы являются самыми общераспространенными устройствами в производстве. Однако у кривошипных прессов имеется ряд недостатков. Недостатки кривошипных прессов: повышенная вероятность заклинивания, низкий КПД, быстрое изнашивание муфты пресса. Представленный в диссертации новый кулачково-винтовой пресс позволит заменить устаревшие прессы в предприятиях страны, так как не имеет недостатков кривошипных прессов указанные выше. Работа имеет высокую актуальность, поскольку имеет ряд преимуществ в сравнении с кривошипными прессами, такие как:

1. Износостойкость инструмента повышена;
2. Общая высота пресса уменьшена;
3. Значительно снижена вероятность заклинивания;
4. Повышена надежность остановки пресса в конце цикла;
5. Динамические усилия на муфту уменьшены.

**Научная новизна темы** заключается в следующем:

- разработана математическая модель кулачково-винтового механизма;
- получены алгоритмы силового расчета кулачково-винтового пресса с учетом различных номинальных усилий;
- определены оптимальные технические и конструктивные параметры кулачково-винтового пресса с усилием 60 и 400 КН

#### **Связь диссертационной работы с государственными программами и научно-исследовательскими работами**

Тема диссертационной работы «Исследование перспектив внедрения в производство новой конструкции кулачково-винтового пресса» соответствует Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы, целью которого является повышение конкурентоспособности обрабатывающей промышленности.

**Целью работы** является повышения эффективности при обработке металлов (материалов) давлением путем создания и внедрения новой конструкции кулачково-винтового пресса.

#### **Объект исследования.**

Объектом исследования является новый тип механического пресса – кулачково-винтовой пресс.

#### **Предмет исследования.**

Факторы, влияющие на перспективы внедрения в производство новой конструкции кулачково-винтового пресса

### **Задачи исследования, их место в выполнении научно–исследовательской работы в целом**

- выполнить анализ существующих прессов, применяемых в обработке материалов давлением;
- обоснование внедрения кулачково-винтового пресса в производство;
- разработать математическую модель кулачково-винтового механизма с учетом конструктивных параметров и определить его допускаемое нормальное напряжение;
- экспериментальные исследования новой конструкции кулачково-винтового пресса;

Каждая отдельная задача, представленная выше и решаемая в настоящей диссертационной работе, логически связана с остальными задачами между собой и нацелена на достижение поставленной цели работы.

### **Методологическая база исследований**

Методы исследования, используемые в работе, основываются на положениях таких наук, как технология машиностроения, математическое моделирование, теория механизмов и машин, основы конструирования деталей и теории упруго–пластического деформирования.

### **Положения, выносимые на защиту**

- оригинальная конструкция кулачково-винтового пресса;
- методика расчета конструктивных и режимных параметров новой конструкции кулачково-винтового пресса;
- разработанная математическая модель кулачково-винтового механизма с учетом конструктивных параметров.

### **Апробация работы и публикации**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 печатных работах, в том числе 4 статей в журналах, рекомендованных ККСОН МОН РК; 3 публикаций на международных конференциях, 2 из которых – зарубежных, из них 1 статья в базе данных Web of science core collection; 1 статья в научном журнале которая входит в базу данных Scopus.

# **1 ЗНАЧЕНИЕ КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНЫХ ОБОРУДОВАНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

## **1.1 История развития оборудования для обработки материалов давлением**

Современные оборудования для обработки металлов давлением известны с давних времен и используются для обработки различных материалов во всех отраслях промышленности. Первые признаки использования давления для обработки появились в эпоху медного века (IV-III тысячелетия до нашей эры) когда человек с помощью камней деформировали самородки меди и использовали его в бытовых нуждах. Основным фактором развития народов тех времен является использование металла. Одним из первых способов деформирования металлов являетсяковка, когда человек с помощью обычных камней придавал нужную форму нагретой меди [4].

Одним из древнейших видов обработки давлением послековки является волочение. До появления волочения, первой продукцией была проволока, которую делали из кованого листа из металла. С приобретением опыта и знаний ученые и изобретатели работали над совершенствованием и созданием новых видов обработки.

В период мануфактуры (XV в.) появился процесс проката металла, который стал одним из главных производств в металлообработке и в металлургии. Во второй половине 19 века появился прессования металлов, которая получила широкое распространение благодаря меньшим размером станков, меньшим шумом и более точной обработки с меньшим припуском по сравнению с машинами ударного действия.

Все вышеуказанные способы обработки имеют практическую ценность до сих пор, непрерывно совершенствуясь в оборудованях и машинах.

Развитие промышленности страны определяется объемом производимого металла, производством разных, качественных изделий из металла и сплавов, что колоссальном уровне зависит от качества обработки. Знание технологических возможностей способов обработки металлов давлением позволяет выбрать самые оптимальные технологические процессы, обрабатывающие и вспомогательные оборудования и использовать их технически правильно.

Металлы – элементы, которые обладают способностью деформироваться, имеют высокие показатели вязкости и прочности, являются электропроводниками и теплопроводниками. С помощью сплавление разных металлов с разными свойствами можно получить жаростойкие, высокопрочные, и другие материалы.

Производство металла очень долгое время была примитивным, и объемы производства были небольшими. Однако в 1870-1900 годы мировое производство стали возросла с 0,5 млн. тонн до 25-30 млн. тонн. Наряду с этим в 20 веке растет металлургия. Увеличивается выплавка стали, меди, алюминия, цинка и других металлов.

Металлургическое производство делится на две главные стадии. В первой стадии металл получают из исходных материалов, в последующей стадии металлу придают заданную форму с помощью давления и без изменения химического состава металла. Принимать пластическую деформацию в холодном или горячем состоянии является одним из главных преимуществ металла, что позволяет его использовать очень широко в производстве. При этом деформация металла происходит в основном с помощью взаимодействующего на него инструмента оборудование. Поэтому этот способ называется пластической обработкой или обработкой металлов давлением. Обработка металлов давлением – это важный технологический процесс производства. При обработке металлов давлением заготовка не только принимает нужную форму, но и совместно с обработкой улучшаются его механические свойства.

Прокатка, прессование, штамповка, волочение, ковка являются различными способами обработки металлов давлением.

Технический прогресс, экономические возможности и растущие потребности общества привели к развитию технологии штамповки иковки.

В средневековье было развито мореплавание, что способствовало бурному развитию кораблестроения. Так как корабли становились все больше, требовались тяжелые якоря и другие виды оснастки. Вручную сделать такую работу было невозможно и вследствие появились рычажные молоты. Эти молоты называли водяными так как в качестве привода использовали энергия напора воды. Если не было энергии гидравлики, люди использовали падающие молоты или конный привод.

Появление стрелкового оружия и его серийный выпуск дал мощный толчок в развитии штамповки. Машинная штамповка заменила ручную ковку. В 1800 годы для горячей штамповки использовали вертикальный винтовой пресс. В то же время развития оружие наряду с этим развитие получили вагоностроение, паровые двигатели и судостроение. В середине XIX века в кузнечно-штамповочном производстве назревал мощное развитие с появлением парового молота. Но молоты имели ряд недостатков, что стало причиной появления гидравлических прессов. Гидравлические прессы производили намного меньше шума, не требовал хорошего грунта для установки и качество полученных изделий были намного точнее. Но для массового производства изделий малого размера молоты и гидравлические прессы были экономический нецелесообразными потому что стоимость эксплуатации были очень высокими. Появление электродвигателей повлияло на развитии кривошипных прессов. Настоящее время в кузнечно-штамповочных цехах, в электротехнике и в других промышленности, группы прессов с кривошипным механизмов является самым многочисленным [5].

В начале XX века штамповочный молот был основным оборудованием в производстве поковок для производства транспорта. Но механизация производство с помощью молотов было не возможным, что было сдерживающим фактором в росте производительности. На замену молотов в

крупносерийном и массовом производстве пришли горячештамповочные кривошипные прессы. Кривошипные прессы были более экономичными и имели большие возможности механизации и автоматизации.

Развития авиации и ракетостроения требовали объемной штамповки титановых и магниевых сплавов. Так как эти детали были очень большими нужны были и большие прессы. Так появились прессы с усилием до 800 МН и с массой больше 20 тысяч тонн.

Некоторые виды металлов как циркония, уран или молибден имеют очень специфические условия обработки. Импульс должен быть передан с машины на металл за очень короткий промежуток времени. Скорость инструмента перед обработкой должен достигать примерно 15-25 метров в секунду, что делает невозможным использование машин статического действия. Для мгновенной передачи энергии в таких машинах используется сжатый газ или взрыв горючего таких как порох и др.

Гидравлические устройства это вид устройств где электрический разряд в жидкости передает волну который, используется как энергоноситель. В отличии от типичных КШМ в гидравлических устройствах нет исполнительных органов (передаточные и двигательные механизмы) в виде твердого тела. Но гидравлические машины считаются как технологические машины, поскольку для изменения формы заготовки механическое движение инструмента. Такие нетипичные структуры используется еще в магнитно-импульсных установках, которые взаимодействуют с заготовкой с помощью магнитного поля и электрического тока и в термопрессах, которые с помощью воздействием индуцированных током расширяется тем самым деформируя заготовку. Такие устройства входит в класс электрофизических машин, то есть в этих устройствах движения осуществляется благодаря физических особенностей тела, деталей и обрабатываемого материала [6].

В начале XX века в России было изготовлено всего около 2 тысяч единиц КШМ. Специальных заводов для производства таких станков не было, они изготовлялись в других заводах, например в судостроительных и котельных заводах. В период индустриализации потребовалось быстрое развития кузнечно-штамповочное машиностроения.

На прессовых машинах можно получить детали и заготовки, не нуждающиеся в значительной обработке, часто не требующие обработки резанием. Характерными для кузнечно-штамповочного оборудования являются высокая производительность, низкая себестоимость и возможность механизации и автоматизации.

Кузнечно-штамповочное оборудование в основном делится на 3 группы машин. Это молоты, прессы и ротационные машины (рисунок 1.1).

Динамика выпуска КШМ показана в таблице 1.1:

Таблица 1.1 – Динамика выпуска КШМ

Год	Количество, штук
1940 г	4700

1950 г	9000
1955 г	19400
1960 г	29500
1965 г	34400
1970 г	41300
1975 г	50500
1980 г	57100

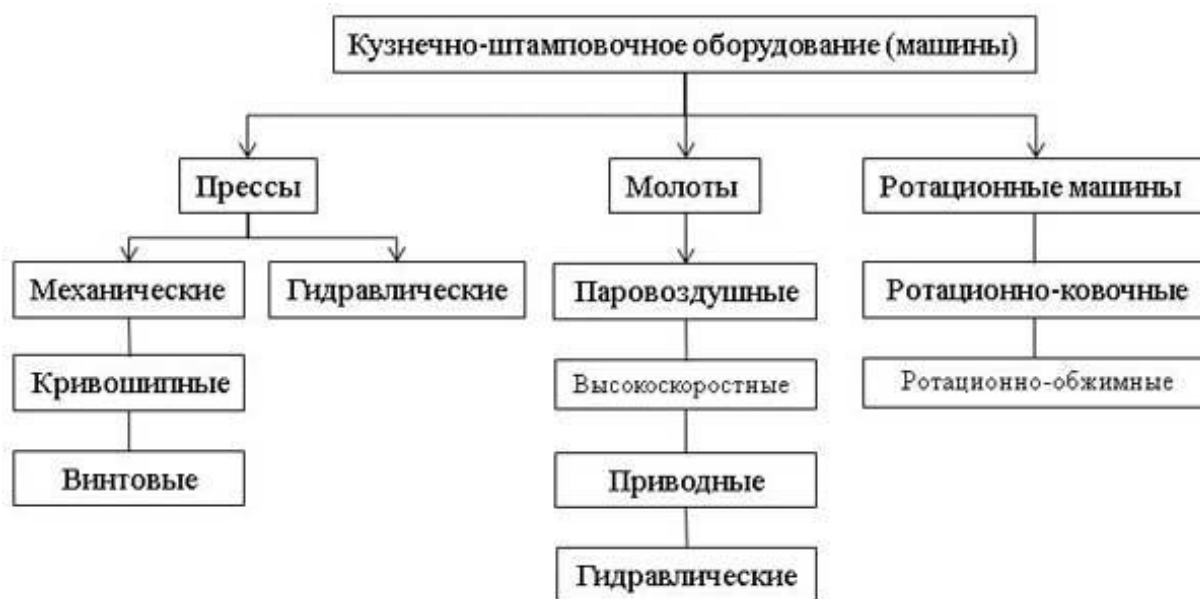


Рисунок 1.1 – Классификация кузнечно-штамповочного оборудования.

## 1.2 Кривошипный пресс

Одним из самых распространенных типов механических прессов являются кривошипные прессы.

Механическая связь (шестерни, валы, рычаги) между двигателем и исполнительным механизмом машины является общим признаком механических прессов [7].

Кривошипный пресс преобразовывает вращательное движение привода с помощью кривошипного механизма в качательное движение коромысла или возвратно-поступательное движение ползуна с инструментом закрепленный на нем [8].

Конструкция кривошипных прессов известна больше 200 лет и строится на основе рычажного ползунного четырехзвенного механизма. Кривошипные прессы занимают очень большую долю всего кузнечно-прессового оборудования (около 50%). В середине 70 годов XX века в Советском союзе было изготовлено около 70 тысяч единиц кривошипных прессов для обработки материалов давлением.

Все движущаяся части кривошипного прессы связана между собой кинематическими связями которые преобразовывают энергию вращающего движения в деформационную силу. Скорость движения инструмента зависит от

кинематики машины а не от характеристик заготовки. Исключения может быть неравномерности движения деталей или упругое деформирование.

Два раза за время выполнения одного цикла движения скорость исполнительного органа будет равно нулю. Это происходит когда ползун находится в крайних положениях. Крайними положениями ползуна считаются заднее и переднее или нижнее и верхнее положения. Изменение силы в функции времени показан на рисунке 1.2 в виде кривой которая является синусоидой.

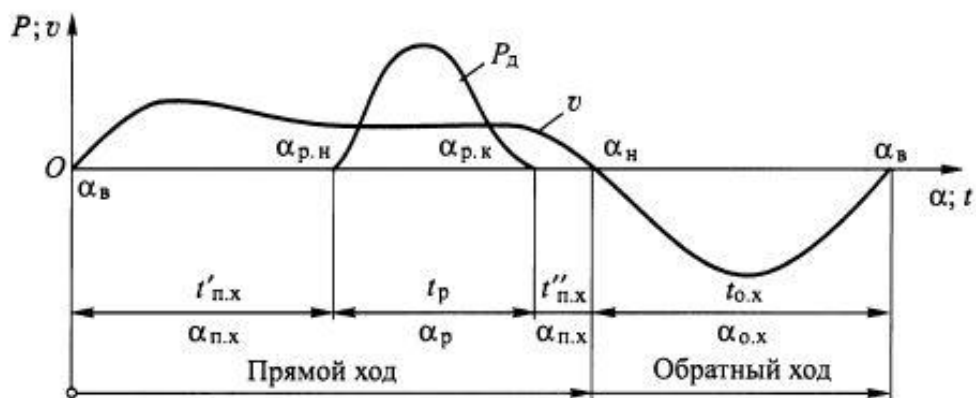


Рисунок 1.2 – Изменение деформирующей силы и скорости при ходе ползуна

Рабочий ход пресса начинается с соприкосновения рабочего инструмента с заготовкой в прямой ходе ползуна и угол положения вала кривошипа будет –  $\alpha_{р.н.}$ , а угол при окончании хода будет равен -  $\alpha_{р.к.}$ . Кривошипный вал повернется на угол  $\alpha_r$  в течении рабочего хода и определяется формулой:

$$\alpha_r = \alpha_{р.н.} - \alpha_{р.к.} \quad (1.1)$$

Размер заготовки и процесс деформирования влияют на угол  $\alpha_r$ .

Оставшийся часть прямого хода называется холостым ходом ползуна.

Существуют две его возможные участки:

1) Когда ползун  $\alpha_B$  находится в крайнем верху до начала рабочего хода:

$$\alpha'_{п.х.} = \alpha_B - \alpha_{р.н.} \quad (1.2)$$

2) Угол  $\alpha_n$  крайне нижнее положение ползуна после рабочего хода:

$$\alpha''_{п.х.} = \alpha_{р.к.} - \alpha_n \quad (1.3)$$

Угол поворота вала при прямом ходе будет равна:

$$\alpha_{п.х.} = \alpha'_{п.х.} + \alpha_r + \alpha''_{п.х.} \quad (1.4)$$

Только при некоторых технологических операции возможно второй участок холостого хода. Это операции, такие как пробивка, обрезка заусенцев, просечка и др. В этих операциях процесс деформации заканчивается до крайних положении ползуна. Угол поворота кривошипа  $\alpha = \alpha''_{п.х.}$  что равен остальной пути ползуна связан с работой инструмента на проход.

В некоторых операциях второй участок прямого хода отсутствует и будет равна  $\alpha''_{п.х.} = 0$  и в крайним нижнем положении ползуна операция деформирования заканчивается. Это операции гибки, и при работе чеканящим нажимом.

Возвращение ползуна на крайнее верхнее положение называется обратным холостым ходом и за это время не осуществляется полезная работа. Угол поворота кривошипного вала будет равна:

$$\alpha_{о.х.} = \alpha_n - \alpha_b \quad (1.5)$$

В случае если вращение вала равномерно, время поворота  $t$  определяется следующим образом:

$$t = \alpha / \omega \quad (1.6)$$

Где  $\omega = \pi n / 30$  – угловая скорость вала при вращении, рад/с;  $n$  – частота вращение ведущего вала, то есть число ходов ползуна в минуту,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $\alpha$  – угол поворота кривошипа, рад.

Время одного двойного хода ползуна определяется суммой времени прямого хода и обратных ходов:

$$t_{дв.х} = t'_{п.х.} + t_p + t''_{п.х.} + t_{о.х.} = 60/n \quad (1.7)$$

Кинематика пресса и положения ведущего кривошипа определяет скорость движения инструмента к началу рабочего хода. Скорость инструмента в кривошипных прессах колеблется от 0,01 м/с до 0,5 м/с. В процессе обработки заготовки, то есть во время соприкосновения инструмента и заготовки скорость инструмента медленно уменьшается.

Графика деформирующих сил  $P_D = f(S)$  зависит от механических характеристик и размеров заготовки и от вида операции, и позволяет определить сопротивление движению ползуна.

Номинальное усилие  $P_{ном}$  на ползуне является главным параметром в кривошипных прессах. Есть и исключения где главным параметром является размер обрабатываемого материала. В метизных прессах автоматах диаметр прутка является главным параметром, в листовых ножницах толщина листа.

Конструктивные особенности и назначения кривошипного пресса определяет технологические линейные параметры. Они указаны в государственных стандартах для каждого вида.



### 1.2.1 Классификация кривошипных прессов

Кривошипные прессы и ножницы выполняют широкие виды холодной и горячей штамповки из сортового и листового проката. Делятся по технологическому применению на следующие виды [9]:

- 1) Штамповочные прессы для производства изделий из листового материала;
- 2) Прессы для производства поковок с помощью объемной штамповки из сортового проката;
- 3) Ножницы.

Работы, выполняемые на прессах, определяют их технологическую классификацию.

Основные группы систем и механизмов кривошипных прессов состоит из следующих:

- 1) Системы управления и контроля
- 2) Механизмы настройки
- 3) Приводы
- 4) Исполнительные механизмы
- 5) Системы смазки

Механизмы включения, самостоятельное управление, контролирующие механизмы составляют систем управления и контроля механизма кривошипного пресса. Цикличность работы механизмов пресса по функции связана с системами управления и контроля. Кулачковые механизмы самоуправления являются исполнительным механизмом кривошипного пресса. Регистрирующие и контрольные механизмы не входят в кинематическую цепь кривошипного пресса так как не воздействует на движения инструмента пресса. Установка рабочих органов в нужное положение, наладка систем относятся к устройствам настройки прессов.

У всех кривошипных прессов одинаковая структура привода. Он состоит из электродвигателя, зубчатой и ременной передачи. Привод также состоит из муфты, устройство, которое соединяет и разъединяет валы передач, также в системе привода есть устройства для торможения, которые позволяют остановить механизмы в нужном положении. Оформление привода может кинематическим и конструктивно различаться в связи с условием работы.

Структура и кинематика исполнительных механизмов определяют классификацию прессов. Главный исполнительных механизм – кинематическая цепь начинающееся от механизма привода и заканчивающееся инструментов, который осуществляет пластическую деформацию обрабатываемого материала.

Бывают прессы многократного и простого действия и определяются по структуре строения.

Прессы, содержащие больше двух рабочих и вспомогательных механизмов, которые выполняет дополнительные функции, называются прессами многократного действия. Все операций выполняемые на прессах многократного действия осуществляется строгой последовательности, чтобы

предопределять необходимость одновременной работы при движении отдельных механизмов пресса. В таких прессах многократного действия существуют распределительные или управляющие механизмы. Они синхронизируют работу и обеспечивают его цикличность.

Цикловая грамма или же циклограмма согласовывает работы механизмов во времени.

Электродвигатели, компрессоры, гидронасосы осуществляют привод дополнительных механизмов пресса.

Существуют неавтоматизированные и автоматизированные прессы многократного действия.

Современные неавтоматизированные прессы бывают:

1) Прессы двойного действия, то есть прессы с одним главным и одним исполнительным механизмом;

2) Прессы тройного действия, то есть прессы с одним главным и с двумя целевыми исполнительными механизмами.

Прессы многократного действия, которые имеют достаточное количества механизмов способных выполнять технологический цикл без участия человека, называются прессами-автоматами. Замкнутый технологический цикл в таких прессах-автоматах выполняется постоянно до окончания запасов заготовок.

В отличие от прессов многократного действия в прессах простого действия есть только один главный рабочий орган. Эти прессы иногда дополняются устройствами такими как устройства прижима, автоматической подачи и выталкивания изделий. Эти устройства встраиваются в конструкцию пресса и не является рабочим органом. Основную операцию рабочий орган пресса может осуществлять самостоятельно. Дополнительные функции такие как подача, прижим заготовки, резка осуществляется специальными исполнительными механизмами. По назначению делятся на рабочие и вспомогательные.

Комбинированные прессы не являются особыми структурными типами машин. Комбинированные прессы состоит из двух или трех кинематических цепей скомпонованные в одной станине и с общим приводом. Каждый цепь считается как главный механизм для формоизменения заданной заготовки. Например, комбинированные ножницы выполняет резку листа, резку сортового проката и пробивания отверстий, то есть три главных исполнительных механизмов выполняет определенную задачу.

Классификация кривошипных прессов делятся на три класса машин по техническому назначению. Каждый класс включает в себя следующие группы: простой, двойной, тройной и автоматы (с определенным применением) (рисунок 1.3).

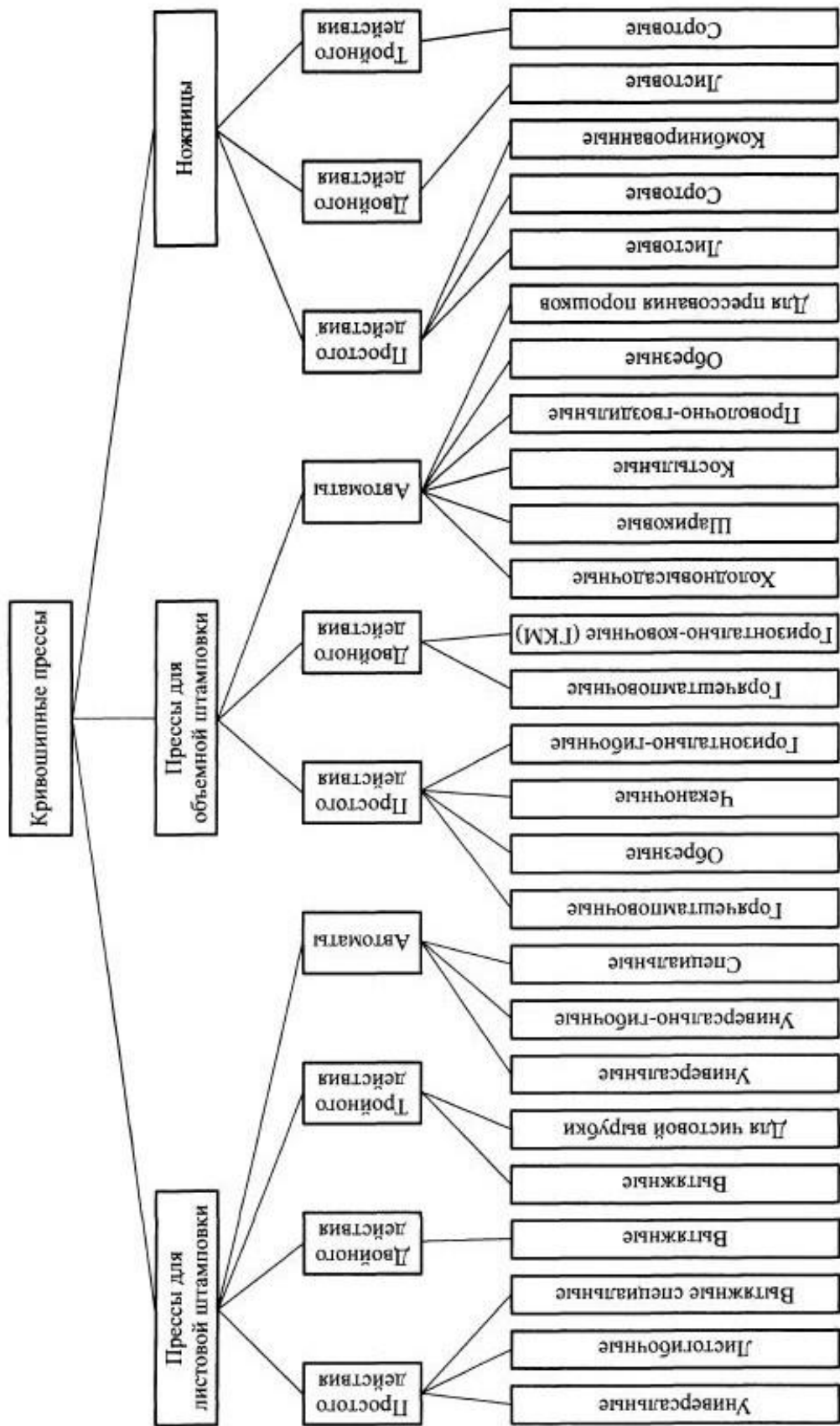


Рисунок 1.3 – Классификация кривошипных прессов.

### 1.2.2 Анализ недостатков кривошипного пресса

Кривошипные прессы используются для всех видов штамповки: листовой и объемной, горячей и холодной, в том числе для разделительных операций. Но из-за наличия фиксированного крайнего рабочего положения кривошипные прессы не используются для свободной ковки [10].

При работе пресса кривошипный механизм имеет несколько недостатков, хотя и является простым по конструкции и надежным.

Кривошипный механизм относится к рычажным механизмам, и его значение угла передачи меняется в ходе работы от нуля к максимуму. Такое изменение в значениях угла передачи сильно влияет на коэффициент полезного действия (КПД) пресса. Усилие оказываемый на ползун пресса начинается от нуля в верхней точке при повороте кривошипа и доходит до максимума при оптимальном положении, и в нижней положении снова уменьшается и усилия равняется нулю. Такое неравное усилие осуществляет не полезное действие, и общий КПД равняется 30-35%.

Такое переменное значение усилия создает и другие проблемы, например, в нижней точке резко уменьшается усилие на ползуне, что увеличивает вероятность входа в «стопор», то есть заклинивания пресса, при котором невозможно продолжать работу на прессе. Также при малых углах мощность привода пресса тратится на изгиб шатуна, то есть не совершается полезная работа.

Еще один недостаток кривошипного пресса это сложность остановки пресса в верхнем положении. В кривошипных прессах используется специальная система торможения. Такие системы иногда не работают корректно и используют большое количество энергии.

В рычажных механизмах ползун движется не равномерно с ускорением, в следствии инструмент быстро изнашивается.

Узел включения кривошипного пресса при начале еще одного цикла не считается надежным, так как в момент подключения муфты надо сразу же включить вал, ползун и шатун в движение, масса которых достигает больших значений. В таком темпе работы на муфту воздействуют огромные силы, что становится причиной износа и неисправности. Вал в кривошипных прессах вращается со скоростью примерно 60-200 оборотов в минуту.

Кривошипные прессы имеют ряд недостатков:

- 1) Низкий КПД, большая трата энергии.

Коэффициентом полезного действия пресса является отношение полезной работы деформирования  $A_{\text{деф}}$  к затраченной работе нагрузки  $A_{\text{дв.н}}$ . Полезной технологической работой для КШМ является равное значение работы деформирования и затраченной работы, то есть  $A_{\text{деф}} = A_{\text{дв.н}}$ .

В обычных условиях работа кривошипного пресса имеет характерно неравномерный расход энергии за цикл [11]. Кривошипные прессы имеют установленное неравновесное движение, так как кинетическая энергия передается в привод и исполнительные механизмы маховиком с периодическом аккумулярованием. Для таких машин КПД имеет смысл только когда

увеличение кинетической энергии не осуществляется. В обычных условиях пресс тратит энергию неравномерно за цикл, потому что кривошипный пресс как правило использует маховичный привод. Маховичный привод это сочетание двигателя с маховиком. Мгновенная мощность прессы имеет два пика с повышенными затратами энергии и длительный период с малыми расходами энергии. В период повышенной тратой энергии пресс преодолевает полезное сопротивление, то есть во время включения муфты и во время разгона ведомых частей.

В такие периоды повышенной траты энергии энергию передает не только двигатель, а также маховик, при этом уменьшив первоначальную угловую скорость. Также, энергия тратится на перемещение деталей кривошипного прессы, на преодоления сопротивление вращения вала и других деталей привода, и на восполнение потерянной энергии маховика.

Кривошипный пресс также может работать в режиме одиночных ходов, то есть после каждого хода кривошипный механизм останавливается. Это происходит когда после хода ползуна отключается муфта и включается тормозной механизм. Включив муфту и отключив тормоз можно начать следующий ход и так после каждого хода кривошипный механизм останавливается. Длительность паузу между ходов варьируется в соответствии с требуемой операции. Тем время паузы больше тем больше и время энергетического цикла и разумеется затраченная на полезную работу энергия существенно увеличивается, так как двигатель работает в холостом режиме. Холостой ход увеличивает энергию маховика, но повышает затраты энергии для включения муфты.

Значения КПД рабочего хода учитывает трату энергии на трению и на упругое деформирование деталей прессы. При расчета КПД рабочего хода как ведущее звено используется кривошипный вал а не вал двигателя. А кинетическую энергию маховых масс можно принять как движущую силы.

Значения КПД рабочего хода для типовых операции для кривошипного прессы при обычных условиях трения приведен на таблице 1.2:

Таблица 1.2 – Значения КПД в различных типовых операциях

Типовые операции	Значения КПД, $\eta_{р.х}$
Вырубка	0,55-0,65
Вытяжка	0,7-0,8
Вытяжные прессы двойного действия	0,75-0,85
КГШП	0,30-0,40
ГКМ	0,35-0,45
Обрезные прессы	0,5-0,55

2) Низкая производительность прессы.

Во время холостого хода расход энергии кривошипного прессы обусловлен следующими:

1. Преодоление трения в деталях исполнительного механизма и маховика;
2. Преодоление сил тяжести;
3. Преодоление сил трения в зубчатых передачах;
4. Разгон маховика до номинальной частоты;
5. Проскальзывания ремней в клиноременных передачах;
6. Перемещение деталей вспомогательного механизма пресса.

Качества поверхностей детали пресса (направляющих и опор), натяжения ремней в клиноременных передачах, качество регулировки тормоза и др. может стать основными факторами в потери энергии при холостом ходе.

3) Неравномерное движение ползуна, быстрый износ инструмента.

Кривошипный механизм состоит из стойки (1), кривошипа (2), шатуна (3) и ползуна (4) (рисунок 1.4). Кривошип механизма совершает вращение, ползун совершает возвратно-поступательное движение, шатун совершает плоско-параллельное движение. Удвоенная длина кривошипа равняется полному ходу ползуна.

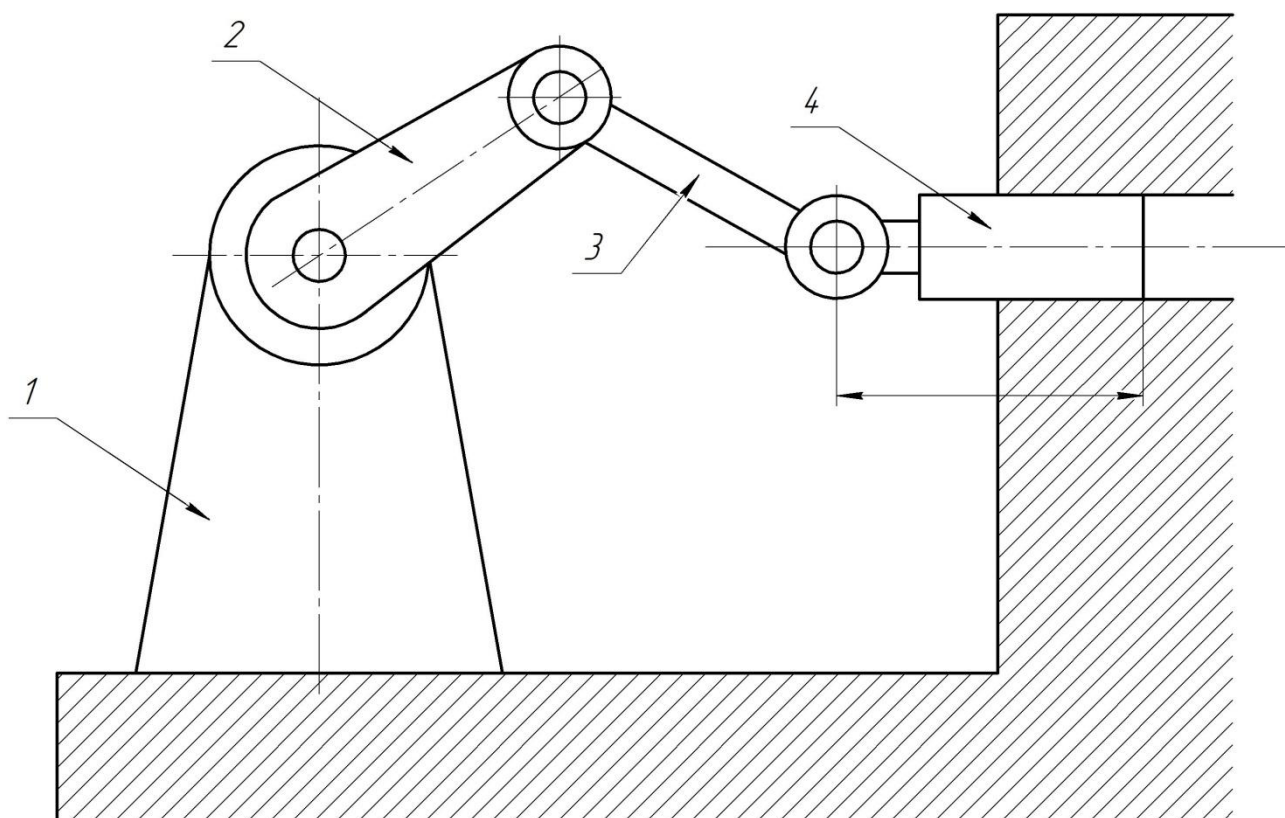


Рисунок-1.4. Кривошипный механизм.

При перемещении ползуна из одного положения в другое, можно увидеть, что ползун совершает разное расстояние при повороте кривошипа на равные углы. Путь ползуна увеличивается при движении кривошипа от крайней к среднему участку, а уменьшаются при движении от среднего участка к крайнему. То есть, ползун совершает неравномерное движение при равномерном движении кривошипа. Скорость ползуна равняется нулю в начале движения кривошипа и достигает максимальной скорости, когда между

кривошипом и шатуном образуется  $90^\circ$ , а затем уменьшается до нуля при крайнем положении кривошипа.

Одним из главных недостатков кривошипно-ползунного механизма является неравномерность хода ползуна, при котором появляются силы инерции, которые влияют отрицательно на весь механизм.

#### 4) Высокая вероятность заклинивания.

При работе кривошипного пресса есть вероятность заклинивания, то есть невозможность перемещение ползуна. Главной причиной заклинивания пресса является резкое падение усилия на ползуне при подходе к нижней точке хода. Другими причинами входа в “стопор“ является недостаток энергии маховик, при котором, нарушается связь между валом и приводом, так как может сработать предохранитель, поломка вала и зубчатого передаточного механизма или проскальзывания муфты.

#### 5) Сложный и ненадежный узел тормоза.

Тормозные устройства в кривошипных прессах служат для сокращения времени остановки механизмов пресса после отключения муфты. Кинетическая энергия остановленных частей преобразуется в тепловую энергию и рассеивается в пространство. Кроме того тормозные устройства фиксируют ползуна в крайних положениях, так как, между ходами ползун может сместиться под действием силы тяжести.

Тормоза делятся на периодического действия и на непрерывного действия по цикличности работы. Тормоза периодического действия осуществляют цикл торможения в пределах угла поворота ведущего вала кривошипа. При работе с фрикционными муфтами используется дистанционное управление, а при работе с жесткими муфтами кулачковое управление тормоза.

Тормоза делятся на ленточные, дисковые, конусные и колодочные по виду поверхностей трения.

В прессах в основном используют дисковые тормоза периодического действия которые могут изготавливаются вместе с муфтой или отдельно.

Также в узел тормоза входит тормоз маховика. Иногда возникают ситуации маховик пресса должен быть остановлен очень быстро. Это может быть прекращения работы пресса при перерыве или необходимость реверсирования вращения привода. Чаще всего тормоз маховика устанавливается на средние и крупные прессы. В таких тормозах плоская колодка крепится к головке штока пневмоцилиндра и для остановки прижимается к торцу обода маховика.

#### б) Быстрый износ и поломка муфты пресса.

Муфта в кривошипных прессах служит для запуска механизмов пресса или его отключения. Муфта – управляемые сцепные устройства для соединения и разъединения валов в приводе. В кривошипных прессах в основном используются фрикционные и жесткие муфты.

Во фрикционных муфтах основной передающей силой между ведущими и ведомыми деталями является трения. Соединение и разъединение валов на ходу, то есть при любом положении деталей является главным преимуществом

фрикционных муфт. С фрикционными муфтами ползун может быть приведен в движение из любой положения, что помогает установить и наладить штампы. Другой функцией таких муфт является выведения пресса с состоянии заклинивания с помощью реверса вращения.

В жестких муфтах передающими силами являются нормальные силы, которые действуют на поверхности валов. В малых прессах сцепление происходит путем поворота муфт со скошенными поворотными шпонками.

По форме поверхности трения муфты различаются на дисковые, кольцевые и конусные.

По способу управления различают муфты на механические, то есть управление педалью и рукояткой и дистанционные, где муфта управляется с помощью пневматики, гидравлики или электромагнитом.

По конструкции подвижных элементов, принимающие давление жидкости или воздуха и по уплотнениям, муфты делятся на шинные, диафрагменные и на поршневые с манжетным уплотнением.

Передачи силы в муфтах может осуществляется линейным смещением нажимного элемента или с помощью рычажных систем.

По способу компоновки муфта и тормоз может находиться в одном блоке или отдельно.

Все эти виды муфт может использоваться в разных прессах по требованиям конструкции или по достоинствам муфт. Механическое управление муфт может использоваться только в прессах малых по габаритам. А среди дистанционных управления муфт бесспорно по достоинствам лидирует пневматические муфты, так как подвод воздуха удобен и отсутствует загрязнения.

В качестве фрикционного материала асбокаучуковые и асбосмоляные материалы заменили ферродо материалы так как допускаемая распределенная сила выше. Допускаемая распределенная сила в таких материалах может достигать до 1,5 МПа. Материалы на асбокаучуковой основе в паре с материалом поверхности из стали марок 45 обеспечивает хорошее сцепление.

#### 7) Длинная кинематическая цепочка в конструкции пресса.

Пресс имеет длинную кинематическую цепочку, снижающий жесткость и надежность.

В кинематическую цепочку кривошипного механизма входит кривошип, шатун, ползун.

Кривошип – главное звено кривошипного механизма, который совершает вращательное движение вокруг неподвижной оси. Движение кривошипа цикловое и полное. Кривошип преобразует круговое движение в возвратно-поступательное или наоборот.

Также звеньями кривошипного пресса является ползун и шатун. В то же время, ползун и шатун образуют узел ползуна.

Шатун используется для соединения ползуна или поршня и шатунную шейку вала. В кривошипных прессах служит для передачи вращательных движений к ползуну для преобразования в возвратно-поступательное движения.



Ползун – деталь кривошипного механизма. Ползун совершает возвратно-поступательное движение по неподвижным направляющим. В кривошипных прессах ползун, с помощью преобразованной шатуном вращательное движение, совершает возвратно-поступательное движение, тем самым двигает инструмент, который деформирует заготовку.

Ползуны по конструкции делятся на следующие:

1. На одношатунные и многошатунные по количеству шатунов подвески;
2. По способу подвески к шатунам делятся на непосредственно или через плунжер;
3. На регулируемую длину и на нерегулируемую длину по устройству шатуна;
4. На ползун с хоботом, призматический ползун, и на ползун коробчатой формы по форме корпуса;
5. По способу соединения шатуна с ползуном на ползун с цилиндрическими и с шаровыми подшипниками.

Одношатунная подвеска используется когда центр давления штампа смещается мало относительно оси ползуна. Например, одношатунная подвеска используется в малых листоштамповочных прессах при однопозиционной вырубке.

Двух и четырехшатунная подвеска используется на крупных станках для листоштамповочных операции. Двухшатунная подвеска при длинных и узких ползунах для стабилизации движения. Например, двухшатунная подвеска используется в гильотинных ножницах.

В прессах в основном непосредственно подвешивают ползун к ведущим кривошипа. В некоторых прессах если привод полностью герметизирован, то для подвески используют промежуточные плунжеры (1) (рисунок 1.5).

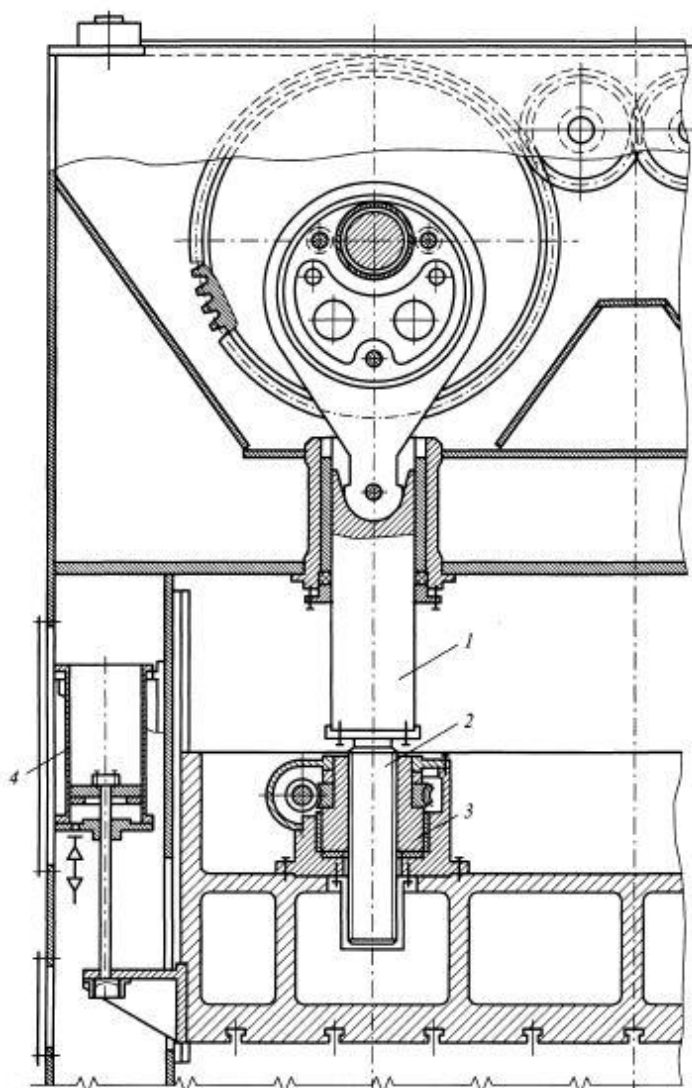


Рисунок 1.5 – Подвеска ползуна к ведущим кривошипа  
1-промежуточные плунжеры, 2-винт, 3-гайка, 4- уравнивающий цилиндр.

Такая подвеска гарантирует полную герметизацию, полную разгрузку ползуна от горизонтальных сил. Недостатком плунжерной подвески является увеличение высоты пресса, которое может стать проблемой при проектировании участка или при транспортировке.

На рисунке 1.6 показан принцип устройства узла ползуна однокривошипного пресса. Корпус ползуна (5) перемещается в плоскости образованные станиной и клиньями (7). В нижней части ползуна есть два вкладыша (3,4) для зажима хвостовика. Также в конструкции пресса есть выталкиватель (6), который при ходе вверх налетает на винты (2), регулировочный винт (9), шатун (10), и для фиксации положения винта резьба (11). Подпятник (8) вместе с опорной головкой образуют шаровую цапфу. Также в прессе есть предохранитель (7) чашечного типа.

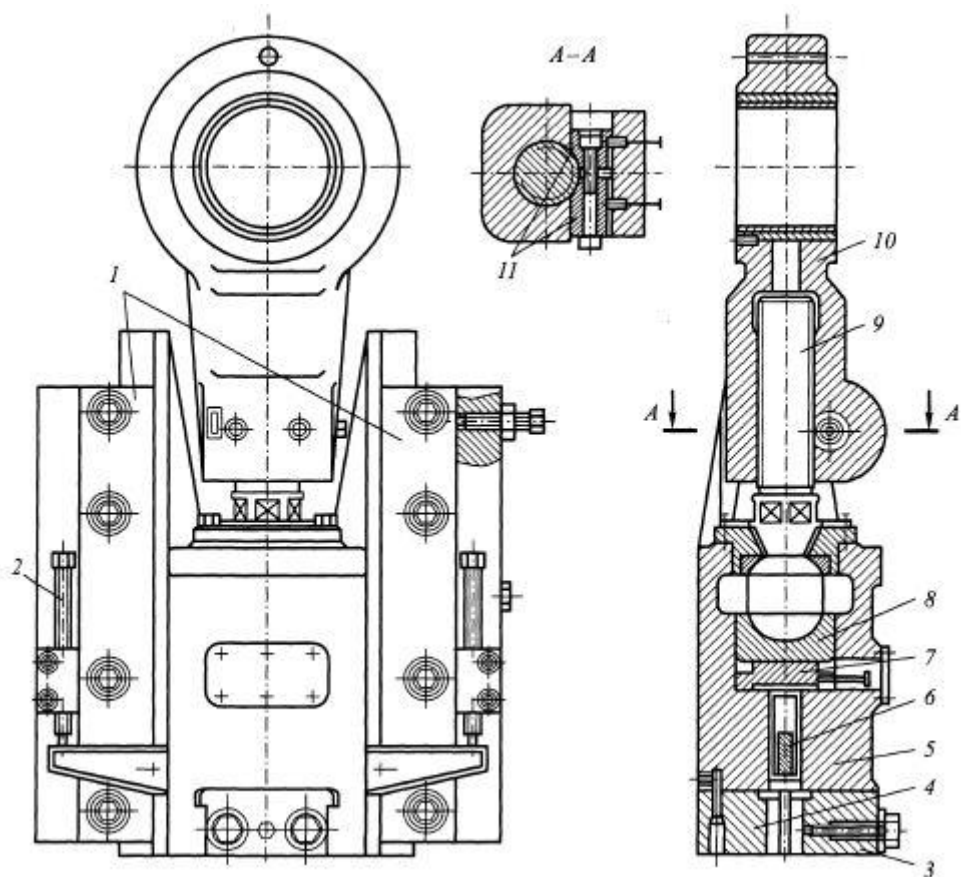


Рисунок 1.6 – Конструкция механизма регулирования высоты ползуна одностоечного прессы

Корпусы ползунов крупных и средних листоштамповочных прессов изготавливаются из стального литья или с помощью сварки. В корпусах ползуна устанавливаются гидропневматические или гидравлические предохранители и регуляторы закрытой высоты.

8) Наличие шатуна увеличивает высоту прессы, что нежелательно.

### 1.3 Гидравлические прессы

Гидравлический пресс приводится в действие силой давления воды и применяется для обработки различных материалов [12].

Гидравлический пресс это гидравлическая машина для получения больших сжимающих усилий. Классификация и принцип действия прессов указаны в технических литературах, однако применяя современные электрогидравлические системы можно существенно расширить классификацию гидравлических прессов.

В гидравлическом прессе с помощью малой силы  $F_1$ , которая действует на поршень в маленькой колбе с площадью давления  $A_1$ , получается большая сила  $F_2$  в большой колбе с площадью давления [13].

На рисунке 1.7 показана схема гидравлического прессы. Основные узлы гидравлического прессы: станина, подвижная поперечина (7), рабочий цилиндр (9) и возвратные цилиндры (4). В мощных гидравлических прессах есть гидравлический цилиндр предназначенный для уравновешение подвижную

поперечину. Неподвижная верхняя (1) и нижняя (3) поперечина, соединяясь в жесткую раму с помощью колонн (2) образует станину пресса, которая служит для расположения узлов гидравлического пресса. Подвижная поперечина, связанная с плунжерами цилиндров, служит для установки рабочего инструмента (бойки, плиты).

Жидкость под давлением в гидравлическом прессе толкает плунжер (8) из цилиндра (9) тем самым перемещает подвижную поперечину с закрепленным на нем инструментом и деформирует заготовку (5) до нужной формы, которая расположена на столе (3).

Для преодоления сопротивления заготовки при пластическом деформировании рабочие цилиндры прессов подают жидкость под высоким давлением. Скорость перемещения инструмента гидравлического пресса мала (до 30 см/с), поэтому потенциальная энергия жидкости под давлением очень велика по сравнению с энергией поступательного движения частей пресса. Такие качества пресса позволяют отнести их к кузнечно-штамповочным машинам квазистатического действия.

Подавая жидкость в возвратные цилиндры можно осуществить возврат подвижную поперечину в начальное положение. Несмотря на разнообразие конструкции пресса, и типов привода и технологических назначений принцип действия гидравлического пресса остается без изменений.

Прямые и обратные ходы, технологические паузы составляют полный цикл одного двойного хода поперечины гидравлического пресса. Прямой ход подвижной поперечины гидравлического пресса имеет два участка. На первом участке полезная работа не совершается, только рабочий инструмент подводится к обрабатываемой заготовке, и называется прямым холостым ходом или ходом приближения. На втором происходит деформирование заготовки и совершается полезная работа, и называется рабочим ходом. При возвратном холостом ходе осуществляется возврат поперечины в исходное положение и при этом не происходит полезная работа.

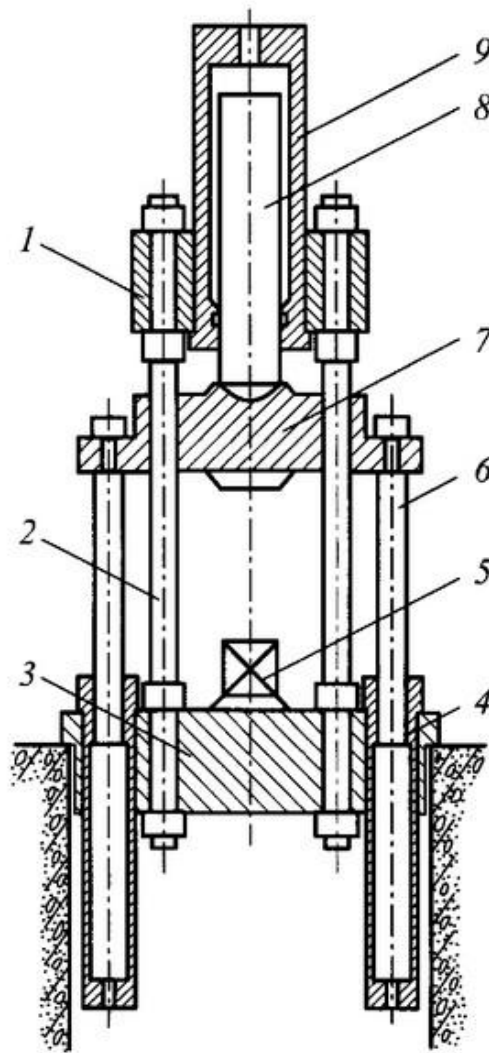


Рисунок 1.7 – Схема гидравлического пресса

Остановки необходимые для вспомогательных операций, такие как смена инструмента и манипулирования заготовки являются технологическими паузами. Такие остановки можно осуществить на любой точке хода подвижной поперечины пресса.

Для осуществления прямого холостого хода поперечины, нужно главный цилиндр с золотником (наполнительный клапан) соединить с источником жидкости низкого давления (наполнительный бак), а возвратные цилиндры с открытым насосным баком.

Чтобы произвести прямой рабочий ход из аккумулятора (насоса) подают жидкость высокого давления в главный цилиндр. В это же время из возвратных цилиндров в наполнительный бак сливается жидкость. Иногда в быстроходных прессах возвратные цилиндры в момент рабочего хода постоянно связаны с источником содержащий жидкость высокого давления. Такие действия позволяет повышать быстроходность пресса с некоторыми потерями энергии, потому что время для открытия клапанов при переключении ходов исключается.

Чтобы произвести обратный холостой ход надо соединить главный цилиндр и наполнительный бак, а возвратные цилиндры соединить с источником жидкости высокого давления. Если рабочие цилиндры расположены в нижнем положении, то для осуществления обратного холостого хода возвратные цилиндры не нужны, так как силы тяжести осуществляет обратный холостой ход. Во время технологической паузы для удержания подвижной поперечины на весу нужно отключить рабочий цилиндр от источника и перекрыть вытекание жидкости из возвратных цилиндров. Если рабочий цилиндр находится в нижнем положении, удержание поперечины на весу осуществляется путем прекращения подачи в цилиндр жидкости.

В гидравлических прессах расход жидкости высокого давления осуществляется во время прямого рабочего и обратного хода. Так как расход жидкости прерывистый и неравномерный (рабочий ход расходует намного больше жидкости, чем обратный ход), в привод устанавливают аккумуляторы, которые накапливают жидкость во время технологических пауз и во время прямого холостого хода. Установка таких аккумуляторов позволяет снизить установочную мощность насосного привода.

В процессе полного цикла работы пресса, источники жидкости высокого и низкого давления поочередно соединяются с рабочим и возвратными цилиндрами. Распределения потоков жидкости осуществляется клапанными или золотниковыми устройствами. Обычно такие устройства устанавливаются в одном блоке и называются главным распределителем.

Использование потенциальной энергии жидкости под давлением для осуществления полного цикла движения подвижного поперечины является общим признаком всех гидравлических прессов. Привод пресса электрическую энергию преобразует в механическую, затем в потенциальную энергию, то есть давление жидкости пластической деформации заготовки. Поэтому, привод гидравлических прессов всегда насосный.

В таких приводах жидкость является рабочим телом. Такие жидкости могут быть водные эмульсии или минеральные масла. Иногда индивидуальные приводы могут быть установлены не на прессе, а на фундаменте (вместе или отдельно) или даже в другом помещении. Такую комбинацию пресса и привода называют гидропрессовой установкой. Групповым приводом называют привод, установленный для нескольких прессов. Такие приводы это – насосно-аккумуляторная станция.

Как и кривошипные прессы, гидравлические прессы имеют размерные параметры. В гидравлических прессах номинальное усилие является главным параметром, и по этому параметру устанавливают стандарты.

Номинальное усилие используется для определения и распределения допустимых сил на поперечинах, и для определения размеров плунжеров рабочих цилиндров гидравлического пресса. Номинальное усилие в гидравлических и в кривошипных прессах имеет условную характеристику. При определении номинального усилия сила тяжести движущихся частей,

потери на преодоление трения, гидравлические потери и сопротивление возвратных и уравнивающих цилиндров к движению не учитывается.

Максимальный ход подвижной поперечины  $S_{max}$  (линейные технологические параметры), размер стола  $A \times B$ , максимальное расстояние между подвижной поперечиной и столом  $H$  и расстояния между стойками (колоннами), а также скоростные параметры такие как число двойных ходов в минуту, скорость подвижной поперечины при рабочем, холостом и в обратных холостых ходах.

### 1.3.1 Классификация гидравлических прессов

Гидравлические прессы классифицируют по назначению и особенностям конструкции. Тип станины и расположение цилиндра является характерным признаком гидравлического пресса [14].

По заданным номинальным усилиям гидравлические прессы имеют широкий диапазон от 10 кН до 100 МН в зависимости от назначения. Гидравлические прессы используются в технологических операциях как ковка, объемная и листовая, горячая и холодная штамповка, ломка и разделка проката, прессования, выдавливания труб, профилей и прутков и переработка неметаллических материалов, такие как пластмасса. На рисунке 1.8 приведен классификация гидравлических прессов.

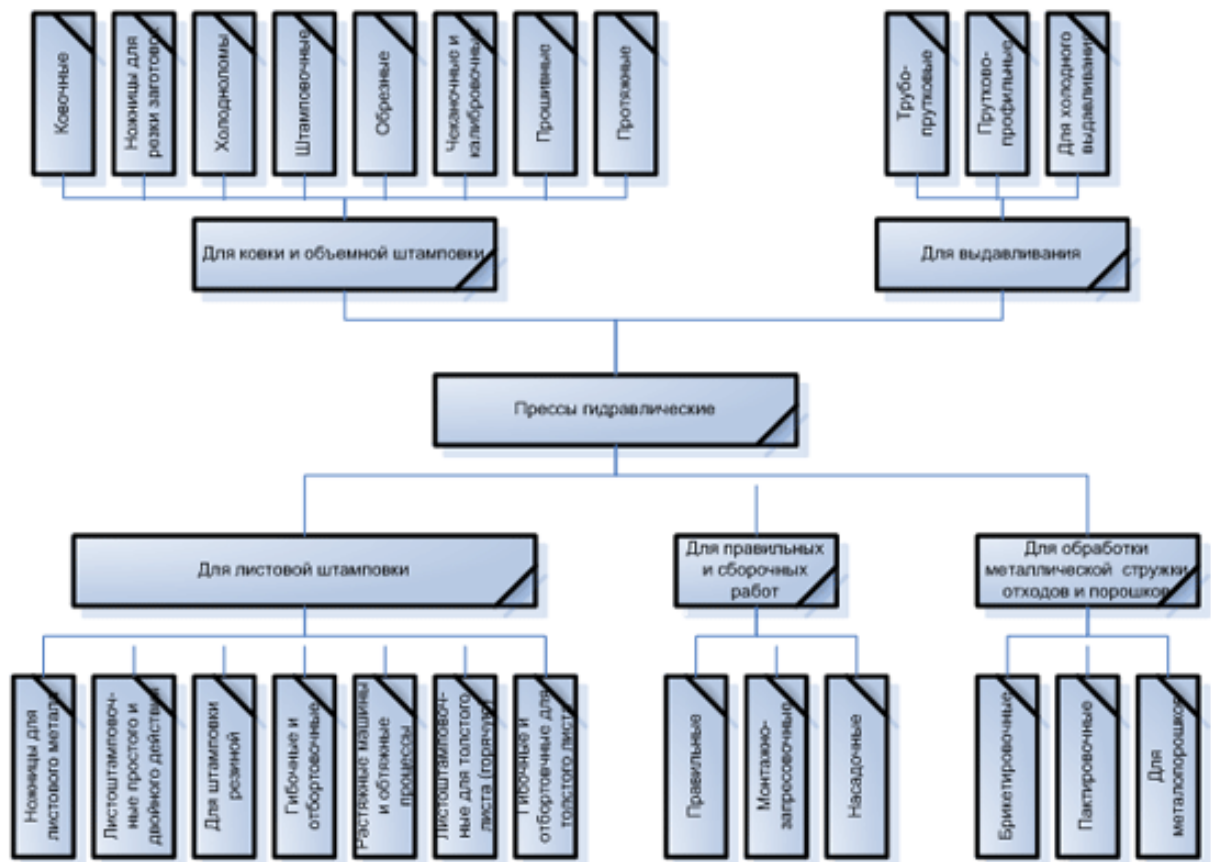




Рисунок 1.8 – Классификация гидравлических прессов по технологическому назначению

Гидравлические прессы имеют простую конструкцию. Рабочее усилие здесь не зависит от положения подвижной траверсы, скорость перемещения которой можно регулировать [15].

Гидравлические прессы делятся на прессы для металла и для неметаллических материалов по технологическому назначению. Гидравлические прессы для обработки металла подразделяется на следующие группы:

1. Для листовой штамповки
2. Для штамповки иковки
3. Для выдавливания
4. Для правильных и сборочных работ
5. Для обработки металлических отходов

Из первой группы самые распространенные типы прессов:

- Листоштамповочные прессы простого действия с номинальным усилием 0,5-10 МН;
- Прессы для глубокой вытяжки с номинальным усилием 0,3-4 МН;
- Прессы для гибки, штамповки, фланцевания и бортования толстолистного материала с номинальным усилием 3-45 МН;
- Прессы для гибки толстолистного материала в горячем состоянии с номинальным усилием 3-200 МН;

Из прессов для штамповки иковки распространен следующие типы прессов:

- Прессы для свободнойковки со штамповки в подкладных штампах с номинальным усилием 5-120 МН;
- Прессы для объемной штамповки деталей с минимальным усилием 10-700 МН;
- Прессы для глубокой горячей прошивки стальных заготовок с номинальным усилием 1-30 МН;
- Прессы для протягивания стальных поковок через кольца с номинальным усилием 0,7-15 МН;

Из групп прессов для выдавливания можно отметить следующие типы прессов:

- Трубопрутковые и прутково-профильные прессы для прессование стали и цветных металлов с номинальным усилием 0,4-120 МН;



Из пятой группы прессов часто встречаются следующие прессы:

- Брикетировочные и пакетировочные прессы для прессования металлических отходов с номинальным усилием 1-6 МН;

Гидравлические прессы для обработки неметаллических материалов состоит из следующих типов прессов:

- Для пластмасс;
- Для порошков;
- Для прессования древесно-стружечных плит и листов.

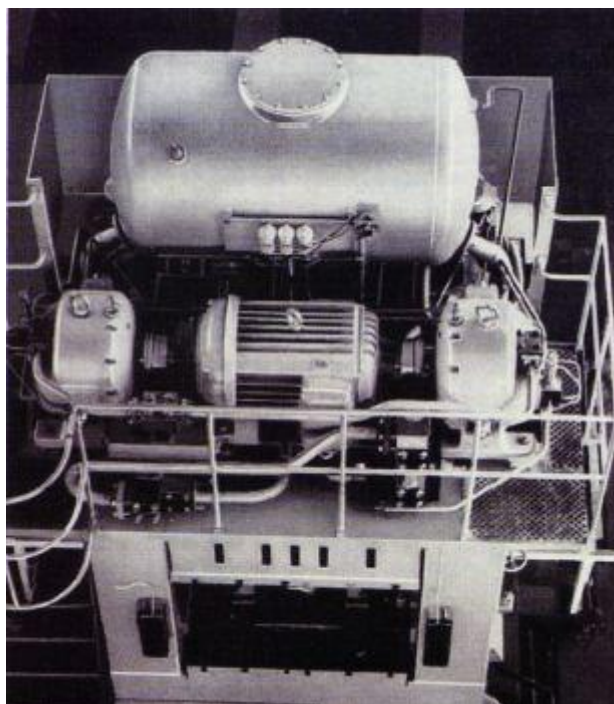


Рисунок 1.9 – Гидравлический привод листоштамповочного прессы.

Гидравлические прессы подразделяются на прессы простого, двойного, тройного действия, а также на автоматы по структурному строению. Прессы которые имеют один главный рабочий орган которым является подвижная поперечина называются прессами простого действия. Прессы которые содержат два или три рабочих органов в структуре называются прессами двойного или тройного действия. Эти рабочие органы в таких прессах используются для деформирования или прижима заготовки. Согласованность работы каждого механизма в пресса является очень важным и последовательность действия прессы определяется циклограммой. Соблюдать последовательность действий по циклограмме функция распределительной аппаратуры. Прессы многократного действия относятся к группе гидравлических прессов-автоматов. Гидравлические прессы по конструкции деталей или сборочных единиц подразделяются на следующие типы прессов:

- Горизонтальные и вертикальные;
- Колонные, трубные, рамные одностоечные или двухстоечные, со станиной;
- С двухрамной станиной;

- Открытые и закрытые;
- С подвижной и неподвижной станиной;
- С приводом в нижнем и в верхнем положении;
- Одноцилиндровый, двухцилиндровый, трехцилиндровый, многоцилиндровый, многоплунжерный.

### **1.3.2 Недостатки гидравлического пресса**

Основным недостатком гидравлических прессов является тихоходность. Гидравлический пресс совершает деформирование материала при помощи давления жидкости, которая передается движением частей от насоса под давлением 200—300 ат (19,61—29,42 МПа) с помощью цилиндра и плунжера. В качестве жидкости используются вода или эмульсии. Такие прессы являются тихоходными 10—25 ход/мин (скорость подвижных частей до 0,3 м/с). [15].

При повышении скорости подвижной поперечины возникает гидравлические удары в трубопроводах когда инструмент соприкасается с заготовкой, что может привести к нарушениям уплотнений трубопроводов и раскачиванию пресса.

К недостаткам гидравлического привода относятся:

- требование высокой точности деталей гидравлических оборудование, так как есть вероятность утечки жидкости при высоких давлениях;
- при работе жидкость нагревается, что уменьшает вязкость жидкости и увеличивает утечки, поэтому используется средства тепловой защиты и специальные охлаждающие устройства;
- сравнительно низкий КПД чем механические передачи;
- в процессе работы необходимо обеспечить чистоту рабочей жидкости в приводе, поскольку абразивные частицы в жидкости может стать причиной износа и неисправности оборудования, утечки рабочей жидкости через увеличенные зазоры.
- возможное попадание воздуха в гидросистему, который дестабилизирует работу оборудование, приводит к потерям энергии и нагревает рабочую жидкость;
- высокая вероятность пожара при использовании быстроспламеняющиеся жидкости, что приводит к не использованию их в горячих цехах;
- вязкость рабочей жидкости напрямую влияет на рабочие параметры пресса;
- неэффективная передача энергии на длинное расстояние из за потерь напора в линиях.

### **1.4 Винтовые прессы, принцип действия и классификация**

К винтовым прессам относятся технологические кузнечно-штамповочные машины-орудия, в которых энергия привода преобразуется в полезную работу посредством винтового рабочего механизма [16].

Винтовые прессы, новые, так и ранние конструкции, имеют небольшую линейную скорость ползуна во время рабочего хода. Этот факт является причиной отнесения винтовых прессов к квазистатическим машинам. У винтовых прессов есть общий отличительный признак с кривошипными и гидравлическими прессами. У таких прессов станина и главный исполнительный механизм имеет замкнутую силовую конструкцию [17].

Есть такие инженеры, которые считают винтовые прессы машинами ударного действия, так как, кинетическая энергия, аккумулированная в маховике, полностью расходуется, в период рабочего хода между маховиком и двигателем связь отсутствует. Все эти причины позволяют называть рабочий ход пресса ударом. Но, увеличенная длительность рабочего хода винтового пресса фундаментально похожа на кривошипный пресс. По этой причине характерные детали как шабот в молотах не присутствуют в конструкции.

Способ крепления гайки винтовой пары (в ползуне, в станине или в маховике) является основным конструктивным признаком оборудования, который определяет схему главного исполнительного механизма винтовых прессов [18]. В винтовых прессах в основном существует три типа конструкции: исполнительный механизм по схеме М1 (рисунок 1.10, а) где гайка, которая установлена в ползуне, навинчивается или свинчивается на шпindel, тем самым создавая прямолинейное возвратно-поступательное движение ползуна; механизм по схеме М2 (рисунок 1.10, б) где гайка, которая установлена в размещенном на упорных подшипниках между траверсами станины пресса маховике. Когда вращается маховик с гайкой винт ввинчивается и вывинчивается, тем самым создавая перемещение ползуна; механизм по схеме М3 (рисунок 1.10, в) где гайка, которая установлена в верхней траверсе станины винтового пресса, в то время винт вращаясь с маховиком, создает перемещение ползуна [19].

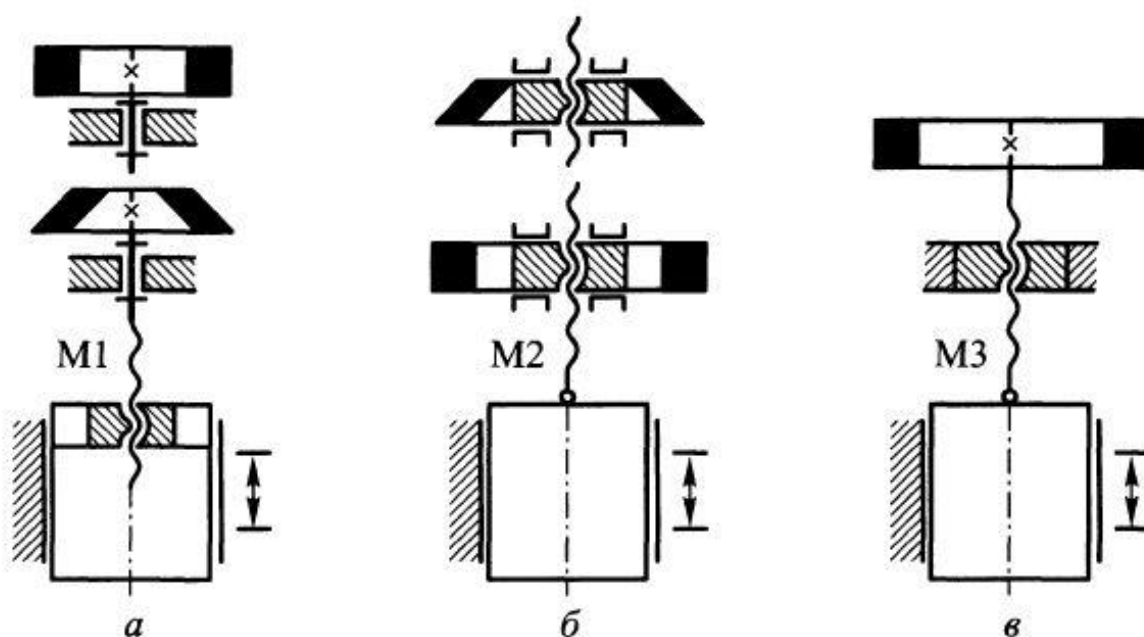


Рисунок 1.10 –Исполнительные механизмы винтового пресса

Приводы главных исполнительных механизмов винтовых прессов бывают механическими, гидравлическими, и электрическими.

Механические приводы бывают дисковой конической (тип П1) (рисунок 1.11, а), дисковой цилиндрической (тип П2) (рисунок 1.11, б), роликовой (тип П3) (рисунок 1.11, в) фрикционной передачи по тому как крутящий передается на маховик. Такие прессы называются винтовыми фрикционными [19].

В гидравлическом приводе давления жидкости является движущей силой. Делятся он по воздействию на маховик с зубчатым ободом через рейку, соединенную со штоком (тип П4) (рисунок 1.11, г), на винт через шток (тип П5) (рисунок 1.11, д) или на ползун через штоки (тип П6) (рисунок 1.11, е). Такие прессы называются гидровинтовыми.

Когда электродинамический момент статора, который размещен в корпусе станины, воздействует на маховик (тип П7) (рисунок 1.11, ж) это называется электрическим приводом. Такие прессы называются электровинтовыми [20].

В практике используются различные типы приводов с различными схемами главных исполнительных механизмов [21].

По конструкции винтовые прессы подразделяют по следующим признакам:

- вертикальные и горизонтальные по расположению оси движения ползуна;
- прессы с верхним и нижним приводом по расположению привода;
- одновинтовые и двухвинтовые прессы по числу точек подвески.

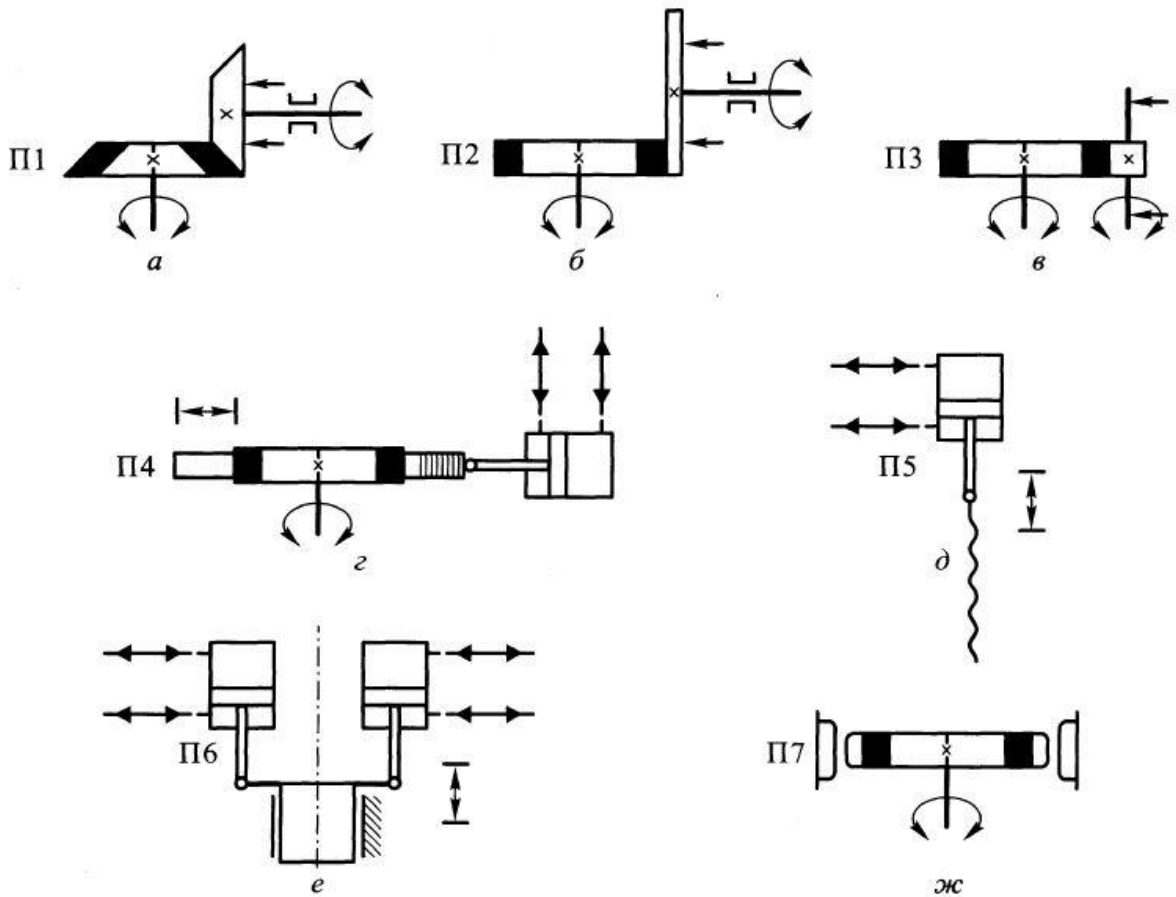


Рисунок 1.11 – Схемы привода винтового пресса

Винтовые прессы считаются универсальными машинами по технологическому назначению. Винтовые прессы используются в холодной и горячей объемной штамповке, в брикетировании металлостружки и в прессовании металлических порошков [22].

Так как, принцип действия винтового пресса является двойственным, нужно задать основные параметры. Как машина, винтовой пресс расходует кинетическую энергию подвижных частей в процессе рабочего хода, и он должен характеризоваться эффективной энергией. Эффективная энергия является абсолютным параметром, и зависит от массы и скорости подвижных частей. Как машина с замкнутой силовой схемой пресс характеризуется силой  $P_D$  на ползуне. Сила на ползуне не абсолютный параметр, и зависит от конструкции пресса и от характера технологического процесса. Энергия  $L_{\Sigma}$  используемая на совершение рабочего хода является интегральной двухмерной величиной и определяется по формуле:

$$A_{p.x} = \int P_D dS \quad (1.8)$$

где  $S$  – ход ползуна.

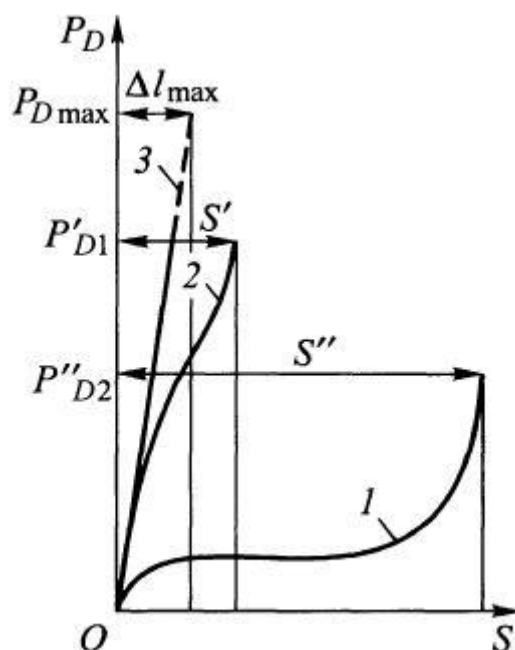


Рисунок 1.12 – Изменение деформирующей силы в процессе рабочего хода винтового пресса при заданной эффективной энергии

Расходы энергии по одной и той же величине могут соответствовать: при деформировании металла увеличенный рабочий ход  $S''$  (рисунок 1.12) уменьшенная сила  $P_D''$  или уменьшенное значение рабочего хода  $S'$  и увеличенное значение силы  $P_D'$ . Кривая 1 показывает «мягкий» технологический процесс, такие как горячая объемная штамповка без элементов выдавливания; кривая 2 соответствует - «жесткому» процессу, такие как, калибровка или чеканка. Жесткий удар штампа по штампу (кривая 3) соответствует максимальной силе  $P_{Dmax}$  на ползуне при минимальном рабочем ходе, которая равняется упругой деформации  $\Delta l_{max}$  деталей пресса [23].

Установить зависимость между силой  $P_{Dmax}$  и эффективной энергией  $L_{\text{Э}}$  является возможным. Тогда, график жесткости  $P_D=f(\Delta l)$  будет линейным. Работа упругой деформации винтового пресса определяется как площадь под графиком  $P_D=f(\Delta l)$  и в то же время, через механический КПД пресса ( $\eta=0,8\dots 0,85$ ):

$$A_{\text{упр}} = \frac{\Delta l_{max} P_{Dmax}}{2} = \frac{P_{Dmax}^2}{2c} = \eta_{\text{мех}} L_{\text{Э}} \quad (1.9)$$

где  $\Delta l_{max}$  – максимальная упругая деформация пресса;  
 $c$  – коэффициент жесткости.

Следовательно,

$$P_{Dmax} = \sqrt{2c\eta_{\text{мех}} L_{\text{Э}}} \quad (1.10)$$

Силу  $P_{Dmax}$  определяют через параметр  $L_{\Delta}$ , но не вносят в стандарты винтового пресса. Сила должна быть ограничена для того чтобы не разрушать детали пресса, тяговые предохранители в том числе. Как ограничения сила на ползуне пресса должна быть:

$$[P_D] = P_{Dmax}/n_1 \quad (1.11)$$

В качестве главного размерного параметра в стандартах на винтовые прессы берут номинальное усилие  $P_{ном}$  связанное с нормируемым коэффициентом запаса прочности  $n_2=1,6$  с допустимой силой:

$$P_{ном} = [P_D]/n_2 \quad (1.12)$$

Расчетное значение  $P_{ном}$  округляют до значений по ряду R 5 предпочтительных чисел от 400 кН до 100 МН [24].

#### **1.4.1 Недостатки винтового пресса**

Недостатками винтовых прессов является:

1. Повышенный износ механизмов прессов из-за трения;
2. Низкий КПД и значительные потери на трение;
3. Низкая скорость работы, в следствии, невозможность применения при больших скоростях обработки [25].

#### **Выводы по разделу 1**

1. Рассмотрена история развития кузнечно-прессового оборудования;
2. Выполнен анализ возможностей и недостатков кривошипного пресса;
3. Выполнен анализ возможностей и недостатков гидравлического пресса;
4. Выполнен анализ возможностей и недостатков винтового пресса;

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУЛАЧКОВО-ВИНТОВОГО ПРЕССА

### 2.1 Кулачково-винтовой механизм

Кулачковые механизмы известны уже достаточно давно, имеют широкую область применения, так как позволяют получать разнообразные законы движения исполнительного органа. Но данные механизмы имеют один достаточно существенный относительный недостаток, контакт сопрягаемых звеньев происходит по небольшой площадке, вследствие чего в силовых механизмах получается большое удельное давление в месте контакта и быстрый износ звеньев. Такое свойство кулачкового механизма не позволяет применять его в машинах, испытывающих большие силовые нагрузки, например в прессах [26].

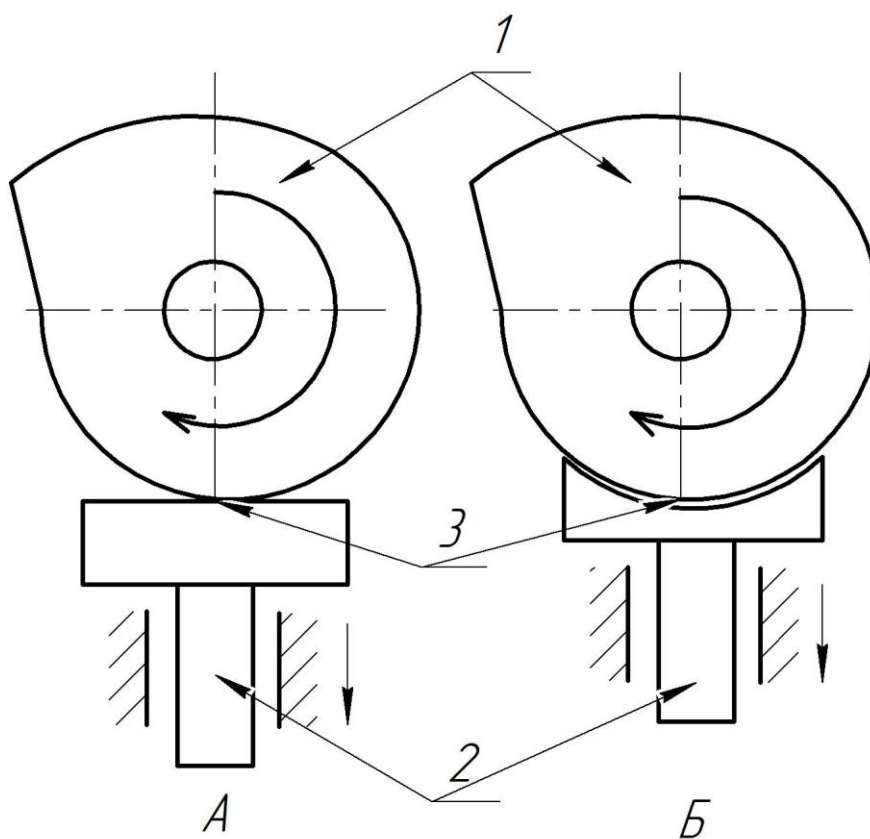


Рисунок 2.1 – Схема кулачкового механизма, 1- профиль кулачка, 2 – толкатель, 3 – точка контакта.

Предлагается создать новый тип кулачкового механизма, имеющего сопряжение звеньев по вогнутостям направленным в одну сторону и имеющего перемещающуюся в процессе цикла площадку контакта (рисунок 2.1) На рисунке 2.1А показан обычный кулачковый механизм. Профиль кулачка 1 контактирует с толкателем (2) в точке (3). Имеем очень малую площадь контакта, и следовательно огромное значение удельного давления в зоне контакта, что естественно приведет к быстрому износу механизма. На рисунке 2.1Б показан механизм, у которого профиль (1) контактирует с толкателем (2) по кривой приближенной к профилю кулачка (1). Теоретически



контакт профилей будет происходить в точке (3). Но практически за счет упругой деформации профилей контакт будет происходить по значительной площади, что значительно уменьшит значение удельного давления в зоне контакта и понизит скорость износа профилей механизма и повысит его долговечность.

Было бы довольно эффективно заменить рычажный механизм в прессовых устройствах кулачковым механизмом, но имеющем большую площадку контакта звеньев.

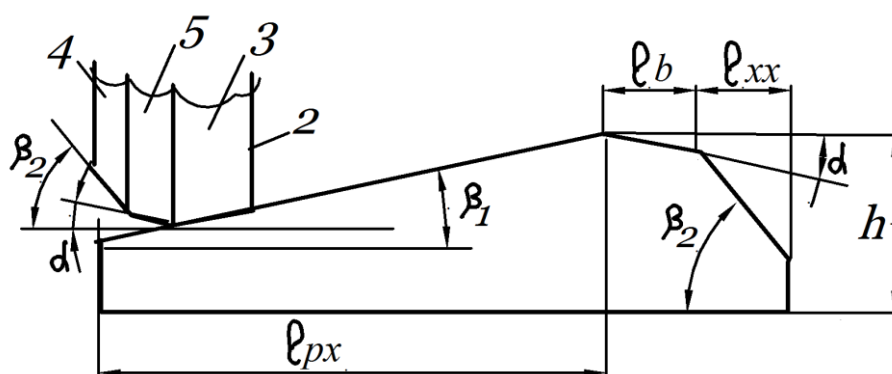


Рисунок 2.2 - Схема контакта поверхностей кулачково-винтового механизма

Предлагается новый кулачково-винтовой механизм. Механизм состоит из следующих частей (рисунок 2.2, 2.3) приводного вала (1), на котором выполнена коническая винтовая поверхность 2 с углом наклона конуса равным  $\alpha$ , на винтовой поверхности имеется скос 3, выполненный под углом  $\beta_1$  и скос (4) выполненный под углом  $\beta_2$  к оси приводного вала (1). Между скосами (3) и (4) на винтовой поверхности (2) имеется участок (5), выполненный под углом  $\alpha$  к оси вала. Снизу под валом (1) помещается ползун (6), имеющий возможность свободного осевого движения перпендикулярно оси вала (1) в направляющей (7). На ползуне (6) имеется пружина (8), поджимающая его к винтовой поверхности (2). В верхней части ползуна (6) имеется фигурная поверхность (9), охватывающая винтовую поверхность (2). Поверхность (9) имеет три участка, первый участок выполнен с подъемом к оси вала 1 под углом  $\beta_1$ , второй участок выполнен с углом опускания  $\alpha$ , третий участок выполнен с углом опускания  $\beta_2$ . Винтовая поверхность 2 выполнена одним витком с шагом  $t$ , длина ползуна (6) вдоль оси вала (1) должна быть не больше  $t$ .

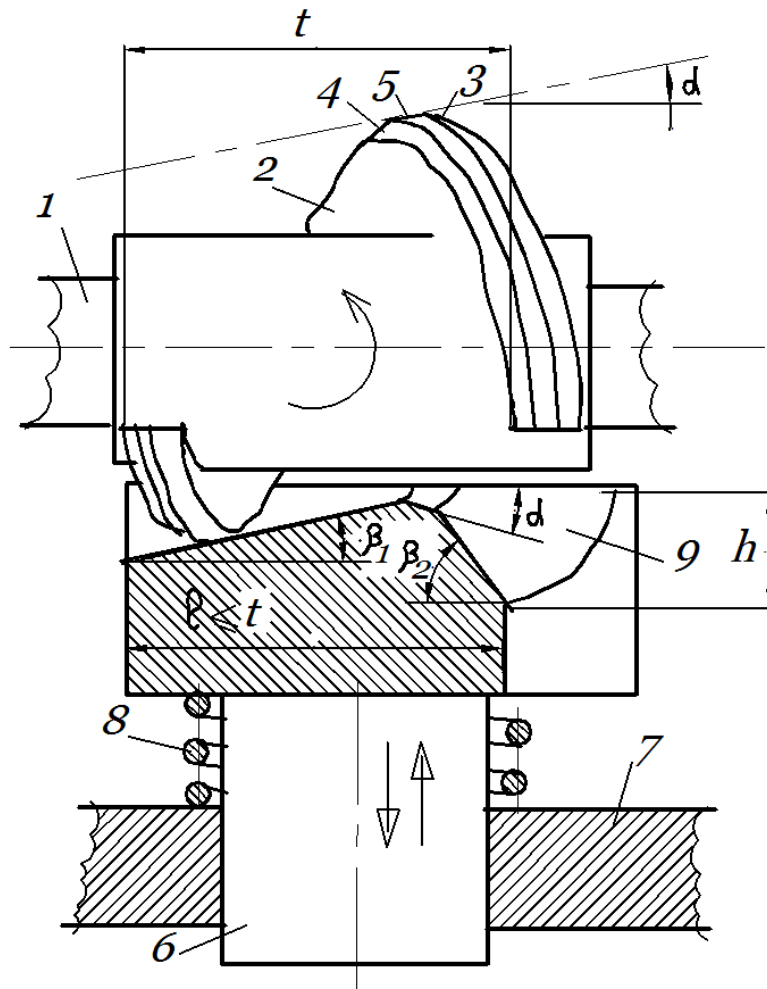


Рисунок 2.3 – Схема кулачково-винтового механизма

Механизм работает следующим образом. Приводной вал (1) вращается от привода. При вращении вала (1) поверхность (3), контактирующая с первым участком поверхности (9) ползуна (6), получает осевое перемещение вдоль оси вала (1), давит на поверхность (9), а через нее на ползун (6), который движется вниз. При проходе поверхности (3) расстояния  $l_{px}$ , равного длине первого участка поверхности (9), ползун (6) перемещается вниз на величину хода  $h = l_{px} \cdot (tg\beta_1 + tg\alpha)$

После прохода винтовой поверхности (2) первого участка поверхности (9) в контакт вступает поверхность (5) винтовой поверхности (2) и второй участок поверхности (9). Эти поверхности имеют одинаковый угол наклона к оси вала (1) равный  $\alpha$ , при проходе второго участка равного по длине  $l_b$ , ползун (6) неподвижен. После прохождения второго участка поверхности (9), вступает в контакт участок (4) поверхности (2) и третий участок поверхности (9). Третий участок имеет длину равную  $l_{xx}$ . Угол наклона этих поверхностей равен  $\beta_2$ . При проходе поверхностью (4) этого участка ползун (6) под действием пружины (8) получает вертикальное перемещение вверх и возвращается в исходное положение. Вал (1) делает один полный оборот, поверхности (4), (5), (3)

винтовой поверхности (2) производят перемещение на один шаг  $t$ , причем  $t \geq l_{px} + l_b + l_{xx}$ .

После полного поворота ползуна (6) возвращается в исходное положение, а поверхность (3) снова входит в контакт с первым участком поверхности (9). Следует заметить, что длина  $l_b$  и  $l_{xx}$  могут быть равны нулю, а длина  $l_{px} = t$ . В этом случае после прохождения поверхностью (3) всей длины ползуна (6) равной  $t$ , винтовая поверхность (2) просто соскакивает с поверхности (9) ползуна (6), который под действием пружины (8) резко возвращается в исходное положение. В этом случае на винтовой поверхности имеется только поверхность (3).

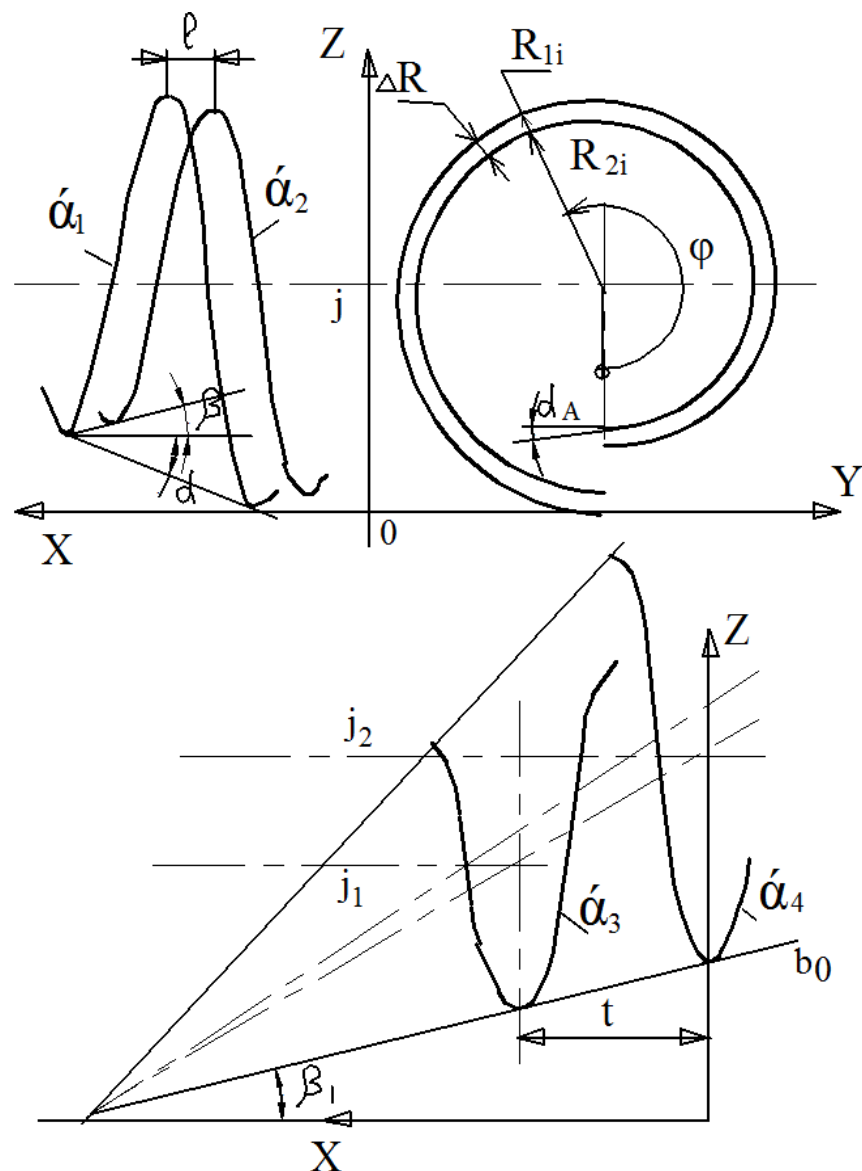


Рисунок 2.4 – Схема построения поверхностей механизма

Рассмотрим построение поверхности (3) винтовой поверхности (2) и контактирующей с ней первого участка поверхности (9) ползуна (6) (рисунок 2.4) [3]. При контакте этих поверхностей происходит рабочее движение ползуна (6) при котором следует обеспечить достаточно большое усилие, при

этом контакт поверхностей должен происходить по достаточно большой площади во избежание появления недопустимо больших удельных давлений в месте контакта и как следствие быстрому износу сопрягаемых поверхностей.

Определение и построение поверхности (3) выглядит следующим образом (рисунок 2.2). Эта поверхность является косым цилиндроидом. Две конические винтовые линии  $a$  являются направляющими этой поверхности, и определяется следующей формулой:

$$R_i = C\varphi_i; X_i = K\varphi_i \quad (2.1)$$

где  $C$  и  $K$  – постоянные коэффициенты;

$R_i$  – величина радиус-вектора в плоскости  $ZOY$ ;

$\varphi_i$  – угол поворота радиус-вектора вокруг оси  $j$ ;

$X_i$  – координата точки винтовой линии  $a$  по оси  $X$ .

Линия  $a$  проецируется в виде синусной кривой с равномерным увеличением амплитуды в плоскости  $XOZ$ , а в плоскости  $ZOY$  в виде спирали Архимеда. По оси  $X$  винтовые линии  $a$  смещены на величину равную  $l$ , и на плоскости  $ZOY$  проецируются как концентрические спирали Архимеда с разницей  $\Delta R$  (длина проецирующихся радиус-векторов). Если обозначим винтовую линию  $a$  как  $a_1$  и  $a_2$ , то:

$$R_{1i} - R_{2i} = C(\varphi_i + \varphi_c) - C\varphi_i = \Delta R \quad (2.2)$$

$$\Delta R = C\varphi_c; \varphi_c = \Delta R / C \quad (2.3)$$

где  $\varphi_c$  – угол смещения двух одинаковых конических винтовых линий  $a_1$  и  $a_2$ ;

Производящая линия, полученного косоугольного цилиндрида всегда сохраняет угол  $\beta = 90^\circ$  к направляющей плоскости  $\Sigma$ , которая соответствует с плоскостью  $ZOY$

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg}(\Delta R / l); \beta = \operatorname{arctg}(\Delta R / l) \quad (2.4)$$

Первый участок поверхности ползуна определяется следующим образом: образование формы этой поверхности является плоскопараллельным перенесением конической винтовой линии  $a$  по образующей  $b_0$ , которая направлена к оси  $X$  под углом  $\beta$  в то же время ее вращением, при этом в момент перемещения линии на один шаг равным  $t$ , она должна осуществить полный оборот на  $360^\circ$  вокруг своей горизонтальной оси  $j$ , которая в свою очередь осуществляет вертикальное перемещение по оси  $Z$ . Как указано в рис. 2.6 положение  $j_1$  обозначает начало движения, а положение  $j_2$  обозначает конец движения. Образующие  $b_i$  обязаны расположиться на направляющих винтовых линиях  $a_3$  и  $a_4$ , угол смещения  $\varphi_c$  которых равен  $\varphi_c = 360^\circ$  и точке  $S$  они сходятся.

Это утверждение подтверждается следующим образом: если винтовую линию  $a$  подвигать по образующей влево и вращать ее в противоположенную сторону, то с каждым витком ее радиус-вектор будет снижаться и поэтому непременно должна быть такая точка  $S$  в которой значение радиус-вектора равняется нулю. Все образующие  $b_i$  расположены на направляющих винтовых линиях, то образующие будут сходиться все ближе и в итоге сойдутся в точке  $S$ . Все это позволяет предполагать, что поверхность является конической. Это поверхность определяется следующим выражением:

$$D = [a, S] \wedge [A] \quad (2.5)$$

Контакт следующих двух поверхностей: поверхность (3) винтовой поверхности (2) контактирует с первым участком поверхности (9) ползуна (4). Есть коническая поверхность профиля ползуна и косою цилиндроид поверхности где происходит скос винтовой конической поверхности. Винтовая линия  $a_1 \equiv a_3$  и одна производящая линия  $b$  соответствует полному контакту (рисунон 2.7) так как ввиду задания значения угла  $\beta$  в одном положении для двух поверхностей произойдет совмещение производящих линий.

Эти поверхности не имеют больше других точек контакта. Это обозначает что соприкасающиеся звенья механизма являются высшей кинематической парой, и механизм считается кулачковым механизмом. Но такие рассуждения применимы к идеальному теоретическому контакту этих двух поверхностей. А в реальных условиях, в механизме из за упругой деформации звеньев, точки поверхностей в расстоянии друг от друга, которая не превышает величину этой деформации, являются точками контакта, и в указанном механизме таких точек множество. Условие контакта таких точек будет выглядеть следующим образом:

$$\Delta i \leq \Delta d \quad (2.6)$$

где  $\Delta i$  – расстояние между двумя точками поверхностей, расположенных вдоль направления действия внешней силы;

$\Delta d$  – величина упругой деформации.

Так как направленные вдоль оси  $Z$  механизм будет испытывать максимальные нагрузки, то измерять расстояние  $\Delta i$  измеряется именно вдоль этой оси.

Две винтовые конические линии  $a_2$  и  $a_5$ : первая принадлежит поверхности цилиндроида, вторая принадлежит конусной поверхности ползуна (рисунок 2.7). Все винтовые линии  $a_n$  ( $n = 1, 2, 3, 4, 5$ ) являются одной винтовой конической линией, которые имеют смещение относительно друг друга. Эта линия выражается следующей функцией:

$$R_i = C \varphi_i; \quad X_i = (t \varphi_i) / (2\pi) \quad (2.7)$$

где  $C$  – постоянный коэффициент спирали Архимеда;  
 $t$  – шаг винтовой линии.

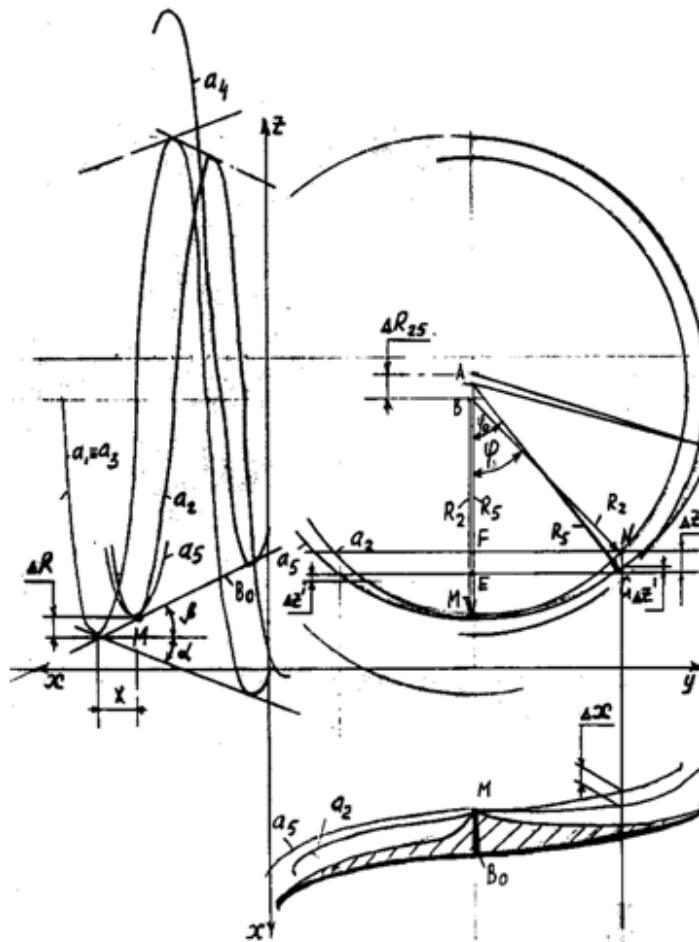


Рисунок 2.7 – Схема контакта поверхностей кулачково-винтового механизма

При одном и том же угле поворота  $\varphi_i$ , радиус-вектор линии  $a_1$  ( $R_{1i}$ ) будет больше радиус-вектора линии  $a_2$  ( $R_{2i}$ ) на величину  $\Delta R$ .  $\Delta R = X \operatorname{tg} \beta$ , где  $X$  – расстояние по оси  $X$  между двумя точками линии  $a$ , лежащей на общей образующей двух поверхностей [27].

Найдем разницу между проецирующимися на плоскость  $YOZ$ , и которые имеют один угол поворота  $\varphi_i$  радиус-векторами линий  $a_2$  ( $R_{2i}$ ) и линии  $a_5$  ( $R_{5i}$ ). Когда перемещается линия  $a$  из положения  $a_1$  в положение  $a_5$ , она должна повернуться на угол  $\varphi_{15} = (2\pi X)/t$ , и в то же время переместится по оси  $X$  на величину  $X$  и подняться по оси  $Z$  на величину  $Z = X \operatorname{tg} \beta$ . Чтобы получить линию  $a_2$  надо переместить линию  $a$  из положения  $a_1$  в положение  $a_2$ , в то же время повернув ее на угол  $\varphi_{12}$ , которая определяется следующим образом:

$$R_{1i} = C \varphi_i; \quad R_{2i} = C(\varphi_i - \varphi_{12}) \quad (2.8)$$

$$\Delta R = R_{2i} - R_{1i} = C(\varphi_i - \varphi_{12}) - C\varphi_i = -C\varphi_{12} \quad (2.9)$$

$$\Delta R = X \operatorname{tg} \beta = -C\varphi_{12} \quad (2.10)$$

Из за этого находим  $\varphi_{12} = -(X \operatorname{tg} \beta)/C$ . Поворот линии а на угол  $\varphi_{12}$  осуществляется в обратную сторону относительно поворота линии а на угол  $\varphi_{15}$ . Разница  $\Delta R_{25}$  между проецирующимися друг на друга радиус-векторов линий  $a_2$  и  $a_5$  ( $R_{2i}$  и  $R_{5i}$ ) равно:

$$\begin{aligned} \Delta R_{25} &= R_5 - R_2 = C(\varphi_i + \varphi_{15}) - C(\varphi_i - (X \operatorname{tg} \beta)/C) \\ &= C\varphi_{15} + X \operatorname{tg} \beta = (2\pi CX)/t + X \operatorname{tg} \beta \end{aligned} \quad (2.11)$$

Рассмотрим две винтовые линии  $a_2$  и  $a_5$ , которые имеют одну общую точку М. Между точками этих линий расстояние равняется  $\Delta Z$  и рассчитывается следующим образом: учитываем, что это расстояние зависит от угла  $\varphi$  поворота радиус-вектора  $R_2$  от вертикали (рисунок 2.7).

1. Находим длину отрезка  $FN = R_2 \sin \varphi$ ;

2. Находим значение угла  $\varphi_0$ . Из условия  $FN = EG$ ;  $R_2 \sin \varphi = R_5 \sin \varphi_0$ , допускаем, что длина  $R_{5i}$ , определяемая углом  $\varphi_0$  равно значению  $R_{5i}$ , которая определяется углом  $\varphi$ , отсюда следует что  $R_5 \varphi_0 = R_5 \varphi$ , потому что значения углов  $\varphi_0$  и  $\varphi$  отличаются немного, находим примерное равенство:

$$\begin{aligned} R_2 \sin \varphi &= (R_2 + R_{25}) \sin \varphi_0 \\ \varphi_0 &= \arcsin[(R_2 \sin \varphi)/(R_2 + R_{25})] \end{aligned} \quad (2.12)$$

3. Находим значения длин отрезков  $AE$  и  $BF$

$$AE = R_5 \cos \varphi_0 = (R_2 + R_{25}) \cos \varphi$$

$$BF = R_2 \cos \varphi$$

4. Окончательно находим значение для  $\Delta Z = FE$

$\Delta Z = AE - BF - R_{25}$  что определяется по формуле:

$$\begin{aligned} (R_2 + R_{25}) \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_0} - R_2 \cdot \cos \varphi - R_{25} &= R_2 + \frac{C \cdot X \cdot 2 \cdot \pi}{t} + X \cdot \operatorname{tg} \beta_g \cdot \\ \sqrt{1 - \left( \frac{R_2 \cdot \sin \varphi}{R_2 + \frac{C \cdot X \cdot 2 \cdot \pi}{t} + X \cdot \operatorname{tg} \beta} \right)^2} - R_2 \cdot \cos \varphi - \frac{C \cdot X \cdot 2 \cdot \pi}{t} - X \cdot \operatorname{tg} \beta & \end{aligned} \quad (2.13)$$

В случае если рассмотрим горизонтальную проекцию винтовых линий  $a_2$  и  $a_5$ , то увидим, что они пересекаются, а не совпадают. Горизонтальные проекции линий  $a_2$  и  $a_5$  являются синусными кривыми с подобными периодами соразмерными шагу винтовой линии  $t$ , но различными плавно увеличивающимися амплитудами. Радиус-вектор  $R_{2i}$  определяет амплитуду кривой  $a_2$ , а радиус-вектор  $R_{5i}$  определяет кривую  $a_5$ . Расстояние между точками линий  $a_2$  и  $a_5$  по оси  $X$  определяется по формуле [28]:

$$\begin{aligned} \Delta X &= X_2 - X_5 \\ &= t/2\pi(\varphi - \varphi_0) = \frac{t}{2 \cdot \pi} \cdot \left[ \varphi - \arcsin \left( \frac{R_2 \cdot \sin \varphi}{R_2 + \frac{C \cdot X \cdot 2 \cdot \pi}{t} + X \cdot \operatorname{tg} \beta} \right) \right] \end{aligned} \quad (2.14)$$

Как видно из формул 2.13 и 2.14 точки пересекающихся линий  $a_2$  и  $a_5$ , которые имеют одинаковую координату по оси  $Y$ , не будут иметь таковой по осям  $X$  и  $Z$ . Находим парные точки, которые имеют одинаковые координаты по осям  $X$  и  $Y$ . Если считать положение линии  $a_2$  не меняющимся, то парная точка линии  $a_5$ , которая имеет расхождение в положении только по оси  $Z$ , будет принадлежать линии  $a$ , смещенной относительно  $a_5$  на величину  $\Delta X$  и  $\Delta Z$ . В момент смещения линии  $a_2$  относительно  $a_5$  на величину  $\Delta X$ , она переместится вдоль оси  $Z$  на величину равную  $\Delta Z I = \Delta X \operatorname{tg} \beta$ , и ее радиус-вектор  $R_{2i}$  изменит свою величину на  $\Delta RZ$ , которая равняется:

$$\begin{aligned} \Delta RZ &= (C \cdot 2\pi \Delta X) / t \\ \Delta Z &= \Delta Z I - \Delta RZ \end{aligned} \quad (2.15)$$

Окончательно расстояние между точками линий  $a_2$  и  $a_5$ , имеющих расхождение только по оси  $Z$  равняется:

$$\Delta i = \Delta Z \pm \Delta Z \quad (2.16)$$

Значение  $\Delta Z$  имеет знак  $+$  (плюс) при опускании линии  $a_2$  и знак  $-$  (минус) при поднятии линии  $a$  относительно неподвижной  $a_5$  на горизонтальной проекции (плоскость  $YOX$ ). Формула 2.16 показывает, что пятно контакта имеет асимметричный вид. Для примера рассмотрим значение величины  $\Delta i$  для следующих данных:  $\varphi = 10^\circ$ ,  $\beta = 10^\circ$ ,  $R_2 = 100$  мм,  $t = 40$  мм,  $X = 3$  мм,  $C = 1$  (при  $\varphi_i$  выраженном в радианах), получаем:  $\Delta Z = 0,0111$  мм,  $\Delta X = 0,0111$  мм,  $\Delta Z I = 0,0002139$  мм, окончательно  $\Delta i_1 = 0,01131$  мм и  $\Delta i_2 = 0,01088$  мм. Как видно расстояние для двух симметричных точек имеет разное значение, причем  $\Delta i_1 > \Delta i_2$ . Примерная форма горизонтальной проекции пятна контакта показана на рисунке 2.7 заштрихованной областью.

Пятно контакта между ползуном и винтовой поверхностью достаточно большое, плюс к этому между поверхностями имеется клиновые зазоры, которые заполнены смазочным маслом, которое также передает силовое воздействие, а также значительно снижает показатели силы трения.

Усилие  $P_0$  в зависимости от усилия вращения вала  $Q$  определяется следующими формулами:



$$P_0 = \frac{Q \cdot \frac{h_1}{h}}{\operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg}(\beta + \psi)} + \frac{Q \cdot \frac{h_2}{h}}{\operatorname{tg}(\alpha_a + \psi)} \quad (2.17)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_a \approx \frac{\Delta R}{2 \cdot R_{iCP}} = \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \pi \cdot R_{iCP}} \quad (2.18)$$

где  $h_1 = L_p \cdot \operatorname{tg} \beta$ ;

$h_2 = L_p \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ;

$\psi$  - угол трения;

$R_{iCP}$  - средний радиус спирали Архимеда;

$\Delta R$  - увеличение радиуса спирали Архимеда за один оборот.

Через крутящий момент  $M$  выразим силу  $P_0$ :

$$P_0 = \frac{M \cdot \frac{h_1}{h}}{\left(R_0 + \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \varphi_i}{360^\circ}\right) \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg}(\beta + \psi)} + \frac{M \cdot \frac{h_2}{h}}{\left(R_0 + \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \varphi_i}{360^\circ}\right) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_a + \psi)} \quad (2.19)$$

где  $R_0$  – начальный радиус-вектор;

$\varphi_i$  - угол поворота вала.

Рассмотрим изменения значения силы  $P_0$ , хода  $h$  в зависимости от значений углов  $\gamma$ ,  $\alpha$  и  $\beta$ , формула (2.19). Возьмем базовые значения аргументов:  $M=100$  Н,  $R_0 = 0,1$  м,  $R_{iCP} = 0,11$  м, углы:

$$\psi = 5,5^\circ; \phi = 180^\circ; \gamma = 4^\circ; \alpha = 6^\circ; \beta = 6^\circ$$

Из графика (рисунок 2.6) видно, что увеличение угла  $\gamma$  уменьшает значение силы  $P_0$  (зависимость не линейна) и увеличивает ход  $h$  – график-рисунок 2.7

Из графика (рисунка 2.7) видим, что увеличение углов  $\alpha$  и  $\beta$  уменьшает силу  $P_0$ , но изменение (корреляция) угла  $\alpha$  влияет сильнее. Ход  $h$  от увеличения углов  $\alpha$  и  $\beta$  наоборот увеличивается- график-рисунок 2.8



Рисунок 2.6 - График  $P_o=f(\gamma)$

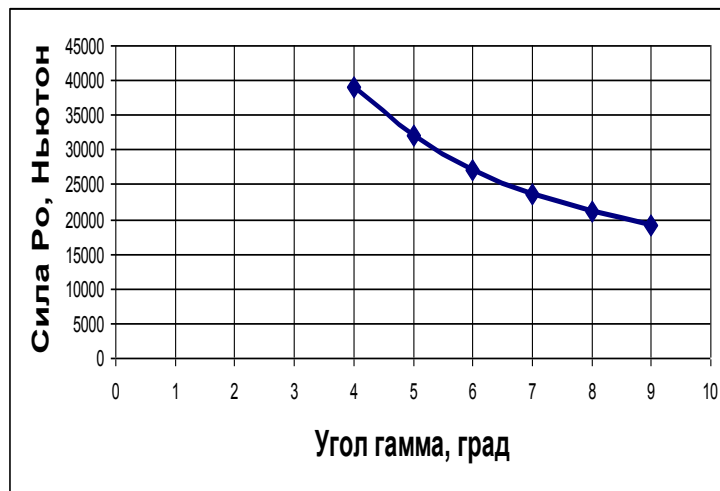


Рисунок 2.7 - График  $h=f(\gamma)$

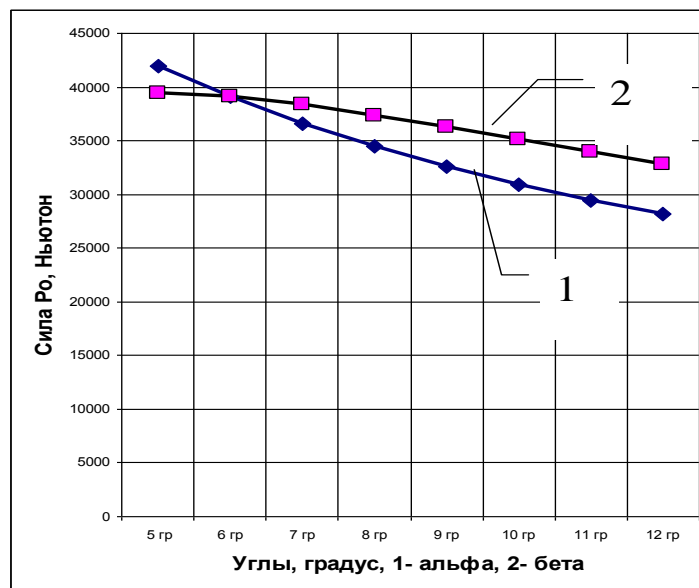


Рисунок 2.8 – График  $P_o=f(\alpha),(\beta)$

Таблица 2.1 – Показатели силы  $P_0$  в зависимости от угла  $\alpha$

№	угол $\alpha$ , градус	Сила $P_0$ , Н	угол $\beta$ , градус	Сила $P_0$ , Н
1	5	41999	5	39445
2	6	39096	6	39096
3	7	36617	7	38342
4	8	34474	8	37361
5	9	32598	9	36262
6	10	30939	10	35109
7	11	29461	11	33943
8	12	28132	12	32788

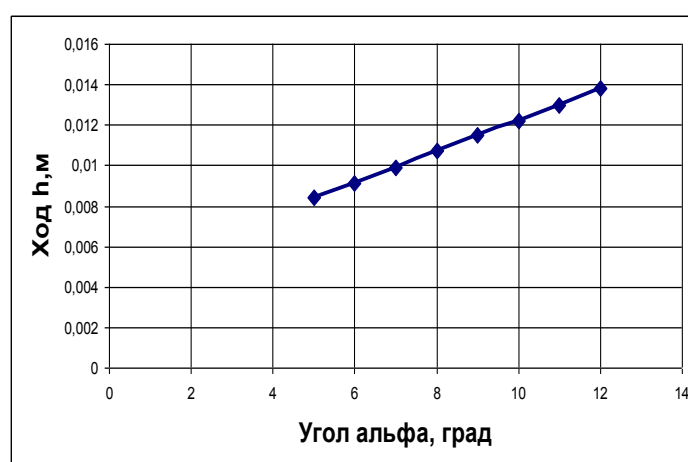


Рисунок 2.9 – График  $h=f(\alpha),(\beta)$

На основе рассмотренного механизма, предлагается конструкция нового типа механического пресса.

## 2.2 Принцип работы кулачково-винтового пресса

На основе этого механизма создан механический пресс нового типа. Кулачково-винтовой пресс имеет высокий уровень оригинальности, в его основе принципиально новый механизм. [29,30,31]. Такая высокая оригинальность позволяет получить значительные улучшения параметров оборудования.

Кулачково-винтовой пресс состоит из следующих частей (рисунок 2.10): приводного вала (1), на котором соосно расположен цилиндр (2) с конической винтовой поверхностью (3) с углом наклона образующей  $AE$  к оси вала (1), равным  $\alpha$ . Поверхность имеет скос под углом  $\beta$  к горизонтали. Под цилиндром (2) установлен ползун (4), имеющий возможность свободного вертикального осевого движения в корпусе (5). В верхней части ползуна (4) имеется вогнутая поверхность (6), выполненная с возможностью контакта с винтовой поверхностью (3) и имеющая угол наклона к горизонтали, равный  $\beta$ . [32].

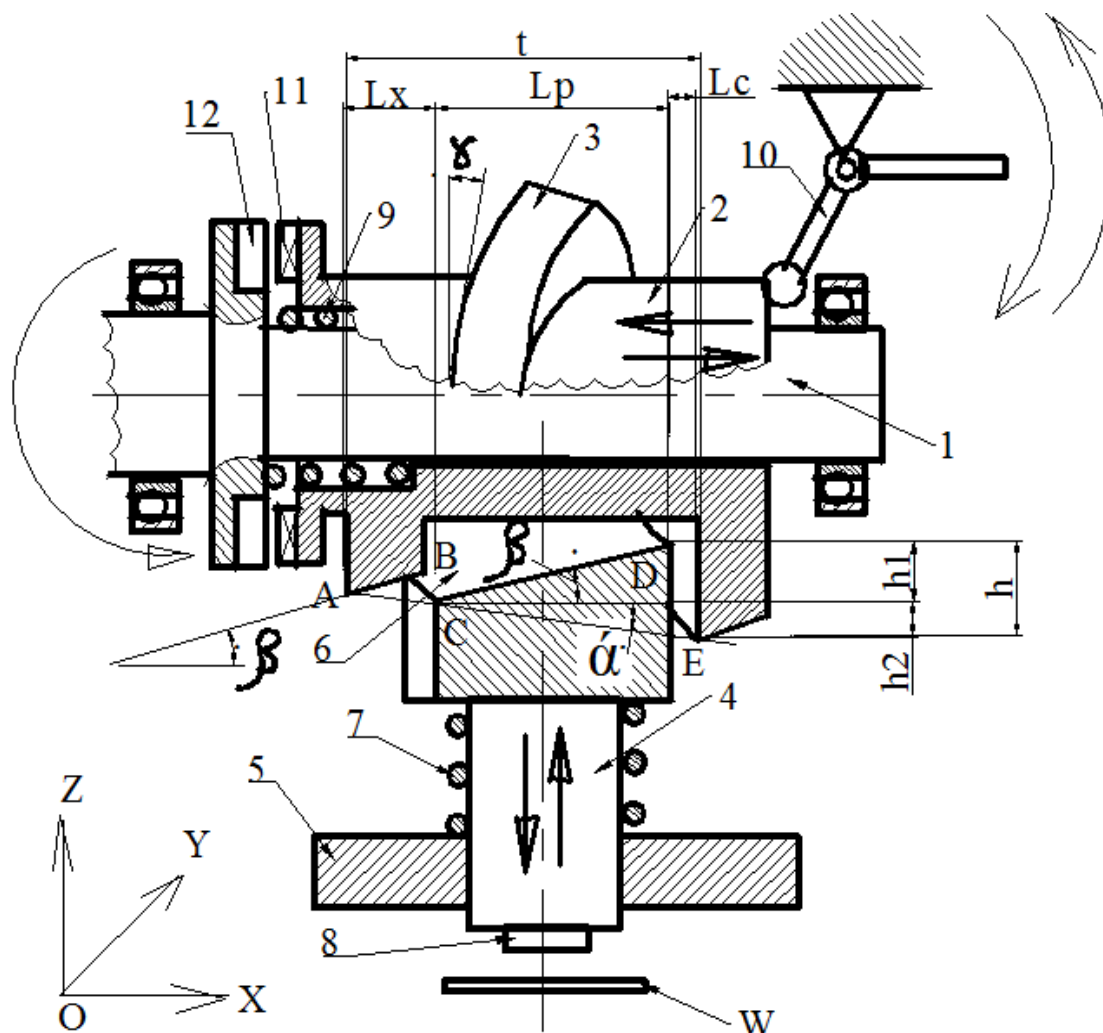


Рисунок 2.10- Схема прессы

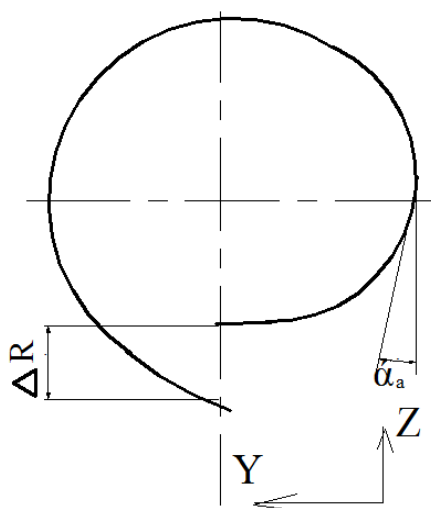


Рисунок 2.11 – Спираль Архимеда конической винтовой поверхности в плоскости YOZ

Пресс работает следующим образом. Приводной вал (1) совместно с цилиндром (2) вращается от привода. Нижняя образующая  $AB$  винтовой

поверхности (3) двигается вдоль оси вала (1), приближаясь к поверхности (6). При перемещении  $AB$  на длину  $Lx$  она вступает в контакт с образующей  $CD$  поверхности (6), винтовая поверхность (3) и поверхность (6) вступают в контакт и между ними образуется площадка контакта. Винтовая поверхность (3) давит на поверхность (6) и ползун (4), который перемещается вниз, сжимая пружину (7). Вместе с ползуном (4) двигается инструмент (8), который производит вдавливание в заготовку  $W$ . Ползун (4) двигается вниз до тех пор, пока точка  $A$  образующей  $AB$  не совместится с точкой  $D$  образующей  $CD$ . Нижняя образующая  $AB$  в это время проходит рабочую длину  $L_P$ . [32].

После этого контакт поверхности (3) с поверхностью (6) размыкается и ползун (4) вместе с поверхностью (6) и с инструментом (8) под действием пружины (7) поднимается вверх в исходную позицию. После этого точка  $A$  еще проходит расстояние, равное  $Lc$ , после чего винтовая поверхность (3) завершает свой полный оборот и весь цикл снова повторяется. Для свободного движения поверхностей (3) и (6) относительно друг друга, уменьшения сил трения эти поверхности постоянно смазываются маслом. [32].

Для отключения пресса и работы его в холостом режиме необходимо механизмом переключения (10) подать цилиндр (2) вправо кулачки (11) цилиндра (2) выходят из зацепления с пазми (12) полумуфты, и цилиндр (2) свободно проворачивается относительно вала (1). Если цилиндр (2) поджать пружиной (9), стремящейся вывести его из зацепления с валом (1), то размыкание контакта поверхностей (3) и (6) будет происходить автоматически после окончания каждого цикла. Смыкание кулачков (11) и пазов (12) производится движением механизма (10) влево. [32].

Кулачково-винтовой пресс по эксплуатации и функциональным качествам превосходит кривошипный пресс. Преимущества кулачково-винтового пресса перед кривошипным прессом следующие:

1. Меньшее потребление электроэнергии.

Кулачково-винтовой пресс использует примерно 1,5-2 раза меньше электроэнергии, чем кривошипный пресс, потому что во время рабочего цикла на ползуна пресса энергия передается равномерно. А в кривошипном прессе в начале и в конце хода ползуна усилие на ползуна почти не передается за счет небольших значений угла передачи. Угол  $90^\circ \phi_{пов}$  поворота кривошипа является самой эффективной фазой передачи в кривошипно-ползунных механизмах.

Для примера найдем параметры кривошипного пресса:

Длина шатуна – 800 мм, длина кривошипа – 40 мм, сила вращения кривошипа на его конце и когда она перпендикулярна – 50000 Н. Укажем данные расчета для определения силы  $P_0$ , оказывающий усилий на обрабатываемый материал [32].

Таблица 2.2 – Зависимость силы  $P_0$  от угла вращения кривошипа.

Угол вращения	0	30	60	90	120	150	160	170	180
------------------	---	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

кривошип, град									
Сила $P_0$ , Н	0	23902	42139	49875	44301	26067	17899	9109	0

Из таблицы 2.2 можно увидеть, что максимальное сила равняется 49875 Н, при угле поворота на  $90^\circ$ . Эффективная фаза вращения кривошипа находится от  $60^\circ$  до  $150^\circ$ . (рисунок 2.8)

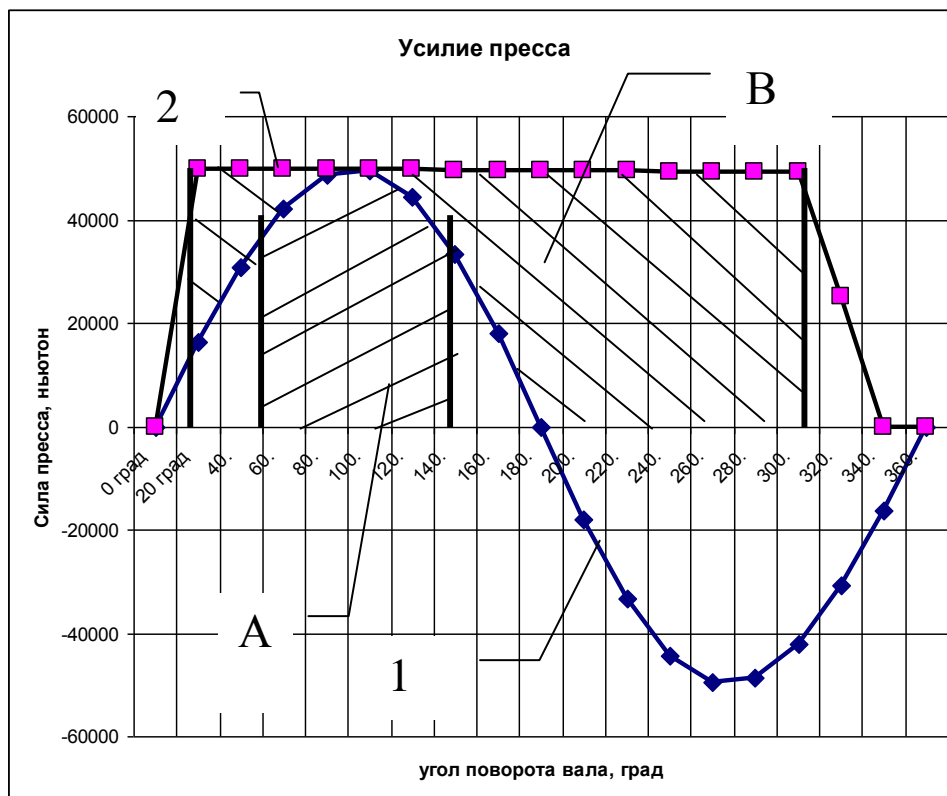


Рисунок 2.12 – График зависимости усилия прессы от угла поворота вала. 1 – кривошипный пресс, 2 – кулачково-винтовой пресс. Эффективная зона работы А – кривошипного прессы, В – кулачково-винтового прессы.

2. Небольшое время холостого хода.

Время холостого хода кулачково-винтового прессы составляет 15-20%, в то время как у кривошипного прессы она составляет половину всего хода. Производительность нового прессы будет намного выше.

3. Уменьшенный износ инструмента.

Скорость износа снижена на 20% за счет равномерного движения ползуна во время рабочего хода, в то время как у кривошипного прессы ползуна движется неравномерно, тем самым ускоряя износ инструмента [32].

4. Низкая вероятность заклинивания прессы.

В кулачково-винтовом прессы усилие на ползуне в рабочем ходе всегда равномерное, что снижает вероятность входа в «стопор», то есть заклинивание прессы. В крайне нижнем положении ползуна, усилие пружины становится максимальным и при разъединении ползуна с винтовой поверхностью,

пружины преодолевают сопротивление деформированной заготовки, и возвращает ползуна на исходное положение. А в кривошипном прессе, в нижнем положении сила возврата равняется нулю. Прессу попросту может не хватить силы, для того чтобы продавить последний миллиметр обрабатываемой заготовки. В теории, кривошипный пресс не может вырвать ползун вместе с инструментом после вдавливания заготовки, но как практика показывает за счет упругой деформации звеньев, люфтов, силы инерции вращения маховика и т.д., небольшая сила присутствует. Она составляет лишь небольшой процент силы приложенной к валу пресса. Эта сила и возвращает ползун в исходное положение, но значение силы небольшое, и может произойти заклинивание пресса. В такие моменты КПД кривошипного пресса имеет крайне малое значение, порядка 2-3 % (рисунок 2.8).

#### 5. Отсутствие узла тормоза.

В кинематической схеме кулачково-винтового пресса нет специального узла тормоза. Механизм пресса устроен так, чтобы в верхнем положении пресс автоматический отключается. Это снижает затраты на торможение механизма, и повышает надежность и безопасность остановки пресса в конце цикла.

#### 6. Муфта нового пресса работает в облегченных условиях.

Динамические усилия, оказываемые на муфту при ее включении, ослаблено примерно в 2 раза в сравнении с кривошипным прессом. Динамические усилия уменьшены за счет того, что в кулачково-винтовом прессе вал постоянно вращается, и не требует остановки вала, в конструкции пресса нет шатуна [33].

#### 7. Отсутствие шатуна в конструкции пресса.

Общая высота пресса уменьшен на 15-20%, так как отсутствует шатун. Это позволяет снижать затраты при работе с большими прессами. Например, возьмем кривошипный пресс К8052 с номинальной силой 16500 тс (рисунок 2.9). Пресс используется для горячей штамповки коленчатых валов массой до 240 кг и балок передней оси длиной до 2200 мм. Высота пресса составляет 18 метров, вес – 2,1 тысяч тонн (рисунок 2.13). Для транспортировки такого огромного пресса понадобится 30 единиц железнодорожного транспорта, что значительно увеличивает затраты на транспортировку. Используя в больших прессах кулачково-винтовой механизм можно снизить высоту пресса, тем самым экономить затраты материала, облегчить транспортировку.





Рисунок 2.13 – Кривошипный горячештамповочный пресс модели К8052

#### 8. Более высокая жесткость конструкций.

В кинематическом цепи кулачково-винтового пресса есть только два звена – винтовой цилиндр и ползуна, в то время как в кривошипном прессе есть три звена – кривошип, шатун и ползун. Тем меньше звеньев в конструкции тем выше жесткость оборудования, тем самым увеличивается точность и долговечность. Жесткость – это способность конструкции сопротивляться деформированию. Деформация конструкции может помешать нормальной эксплуатации оборудования. В таких случаях говорят, что конструкции оборудование имеет недостаточную жесткость [34].

Износ контактирующих поверхностей ползуна и винтового цилиндра в кулачково-винтовом прессе не влияет на работоспособность пресса.

Кривошипный пресс имеет одно преимущество перед новым прессом- в нем можно изменять ход движения ползуна с изменением рабочего усилия, при уменьшения хода усилие возрастает и наоборот. Но следует отметить, что



данное свойство не является значительным в эксплуатации и не является большим недостатком нового пресса.

### **Выводы по разделу 2**

1. Рассмотрены принципы работы кулачково-винтового пресса
2. Выполнен силовой расчет пресса
3. Рассмотрены изменения значения силы усилия пресса  $P_0$ , хода ползуна  $h$  в зависимости от значений углов винтовой поверхности  $\gamma$ ,  $\alpha$  и  $\beta$
4. Установлены эксплуатационные и функциональные преимущества кулачково-винтового пресса перед кривошипным прессом.

### 3 ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЕ КУЛАЧКОВО-ВИНТОВОГО ПРЕССА

#### 3.1 Сборка и обкатка оборудования – пресса

Кулачково-винтовой пресс изготовлен на заводе «Массагет-Плюс», Алматы, Республика Казахстан. За годы работы выполнен рабочий проект пресса, проведена полная технологическая и конструкторская проработка проекта. Все спорные вопросы были решены с заводом.

Завод получил полный рабочий проект пресса. Характеристики пресса: усилие 50 КН, мощность привода 1,1 кВт, ход ползуна 35 мм, частота вращения вала 120 мин<sup>-1</sup>, габариты 600x586x1650 мм (рисунок 3.1). Данный пункт выполнен полностью. Пресс собран и обкатан в марте 2016 г. Работа с кулачково-винтовым прессом прошли следующие этапы:

- конструкторская и технологическая проработка проекта;
- нахождение завода изготовителя, способного качественно изготовить опытный образец пресса;
- согласование с заводом спорных вопросов по конструкции и технологии изготовления пресса;
- изготовление деталей пресса;
- сборка деталей в действующий пресс;
- подготовка пресса к работе, установка на него инструмента;
- опробование пресса в работе.

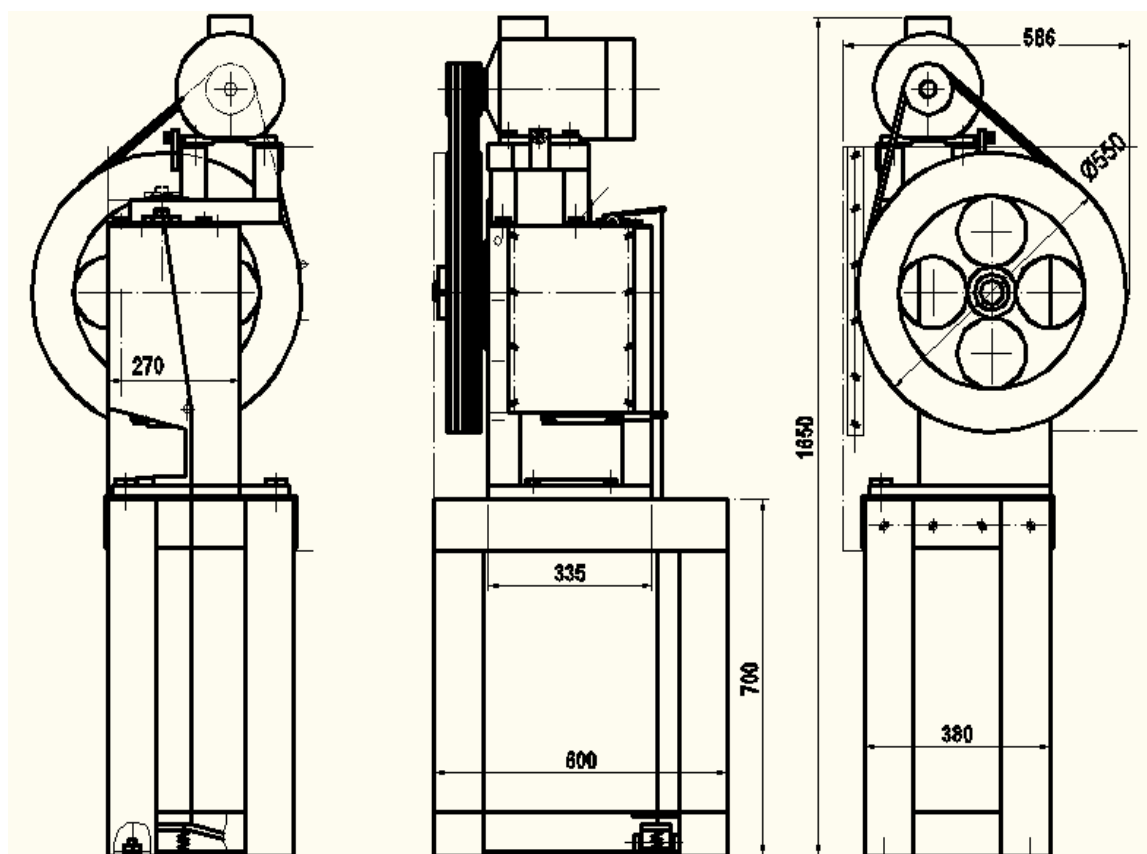


Рисунок 3.1 – Общий вид пресса (чертеж)

При изготовлении наиболее сложными являются следующие детали:

1. Корпус

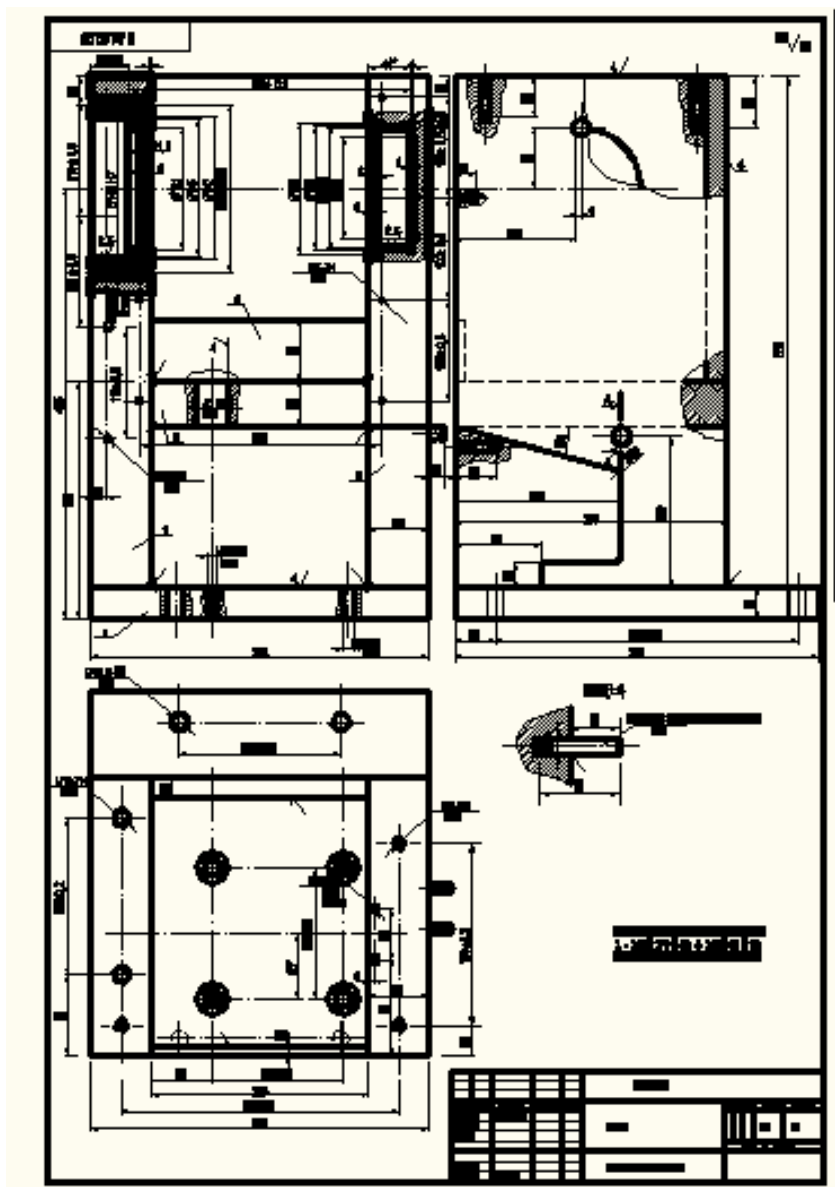


Рисунок 3.2 – Чертеж корпуса кулачково-винтового пресса

Данная деталь (рисунок 3.2) имеет сложную конфигурацию, множество отверстий и резьбы. Требует точности размещения отверстий и их соосности.

2. Винт кулачок



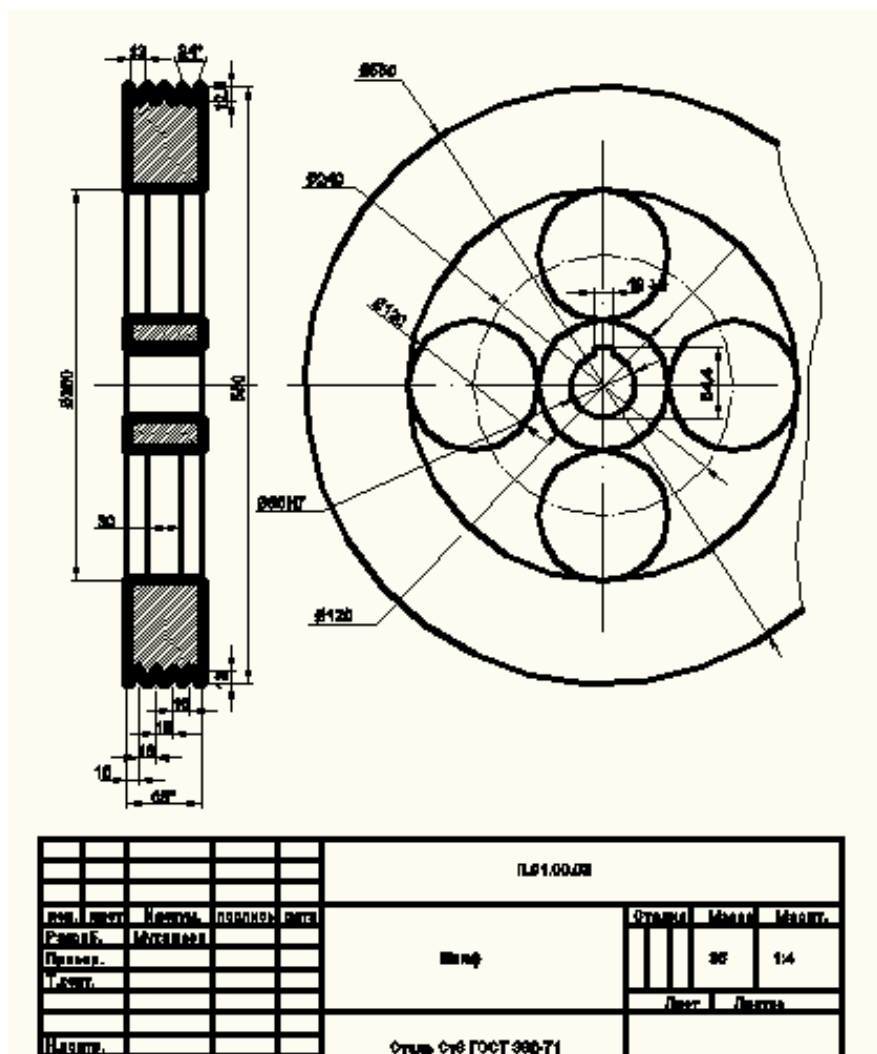


Рисунок 3.5 – Шкив

Имеет большой диаметр более 500 мм, требуется крупная отливка (рисунок 3.5).



Рисунок 3.6 – Фото прессы в собранном виде до обкатки





Рисунок 3.7 – Фото прессы после доводки и обкатки

### **3.2 Испытание кулачково-винтового механического прессы**

Рабочие испытания кулачково-винтового прессы успешно проведен. Для испытания прессы были изготовлены инструменты в виде пуансона и матрицы для холодной штамповки заготовки для получения изделия скоба.

Обработка металлов давлением приобретает все большее значение в комплексе технологии машиностроения. Основным направлением в обработке металлов давлением является листовая штамповка. Листовая штамповка это

способ обработки металла с помощью штампов в холодном состоянии. Листовая штамповка используется во всех отраслях связанных с металлообработкой для изготовления разных деталей. Листовая штамповка является самостоятельным видом технологии и имеет ряд особенностей [35]:

1. высокая производительность;
2. возможность получения разных по форме и размерам изделий;
3. возможность механизации и автоматизации;
4. возможность получения деталей с высокой точностью, не требующие обработки резанием;

В настоящее время холодная штамповка развивается совершенствованию традиционных способов и создает новые оборудования и технологий. Основная тенденция состоит в создании холодноштамповочного оборудования для массового или крупносерийного автоматизированного производства с модулями ЧПУ.

В процессе холодной штамповки заготовка обрабатывается без нагрева. В процессе изготовления детали в холодной штамповке используются разные специализированные штампы на переходы и операции. После холодной штамповки увеличивается прочность металла и уменьшается пластичность металла, что затрудняет последующее деформирования заготовки. Иногда для увеличения пластичности после холодной штамповки используют рекристаллизационный отжиг. Детали, полученные холодной штамповкой отличаются высокой точностью и с качественной поверхностью, и почти не требуют обработки резанием в процессе. Холодная штамповка позволяет механизировать и автоматизировать производства, так как отсутствует нагрев, что улучшает условия труда и позволяет повысить производительность.

Холодная штамповка листового металла происходит при меньшем внедрении инструмента, чем горячая штамповка. Сопротивление срезу при холодной штамповке составляет 80% предела прочности. Упрочнение оказывает основное влияние на допустимую деформацию при формоизменяющих операциях холодной штамповки. Создав оптимальные условия можно увеличить допустимую степень деформации холодной штамповки, это может быть конструкция штампа, конфигурация инструмента, схема силового воздействия, скорость деформирования заготовки и др. В процессе штамповки на заготовку воздействует разные силы деформации и заготовка получает разное упрочнение. Для получение оптимальные свойства детали после холодной штамповки (прочность, жесткость, износостойкость) нужно рационально распределить деформацию, выбрать оптимальные операции и условий операции.

Холодная штамповка сортового состоит из штамповки в открытых штампах, холодной высадки и выдавливание. Объемная холодная штамповка осуществляется с помощью штампов и последовательно приближает форму заготовки к нужной форме детали. Из за процесса упрочнения холодная штамповка осуществляется за несколько переходов и операции и используется процессы отжига в межоперационный период. При штамповка на открытых



штампах делают обрезку заусенца, что позволяет повысить точность и уменьшить усилие. Холодная штамповка используется для заготовок не большого размера, так как удельное усилия деформирования достигает только до  $3000 \text{ Мн/м}^2$ . Смазка помогает уменьшить удельное усилие штамповки, которая противостоит выдавливанию с контактных поверхностей при высоких усилиях.

Холодная листовая штамповка это высоко прогрессивный процесс. В листовой штамповке толщина обрабатываемого материала не больше 6-10 мм. Обычно, материалы с толщиной больше 10 мм обрабатываются в горячем состоянии. С помощью листовой штамповки можно получить детали высокой точности с тонкими стенками и со сложными формами [36].

В объемной холодной штамповке основными операциями считаются холодная объемная формовка, холодное выдавливание и холодная высадка.

Холодная объемная формовка осуществляется как горячая объемная штамповка, она формообразует уже готовые детали или осуществляет минимальную механическую обработку. В объемной формовке металл заполняет полость штампа.

В холодном выдавливании металл течет из матрицы под действием усилий пуансона. С помощью такой операции можно изготовить трубки, клапаны, полые стаканы, и фланцы. Бывают прямое, обратное, боковое, и комбинированное выдавливание по направления течения металла.

Холодная высадка – это осадка в штампе частей заготовки или образование в штампе утолщений нужной формы. С помощью этой операций получают ступенчатые пальцы, кулачки, ролики подшипников и др. изделия.

Листовая штамповка делится на разделительные и формообразующие операции [37].

Резка – осуществляемая на штампах или на специальных ножницах операция по отделению части заготовки по контуру. Является заготовительной операцией. Усилие резки на параллельных ножницах определяется по формуле:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} \quad (3.1)$$

На гильотинных ножницах:

$$P = 0,5 \frac{s^2}{\text{tg}\varphi} \cdot \sigma_{\text{ср}} \quad (\varphi = 2 \dots 5^\circ) \quad (3.2)$$

На дисковых ножницах:

$$P = 0,5 \frac{h_n s}{\text{tg}\alpha} \cdot \sigma_{\text{ср}} \quad (3.3)$$

Вырубка и пробивка – операции по отделению частей листа по замкнутому кругу в штампе. Усилие в штампах с параллельными режущими кромками определяется следующим образом:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_{cp} \quad (3.4)$$

Где  $L$  – периметр контура вырубki, мм;

$S$  – толщина заготовки, мм;

$\sigma_{cp}$  – сопротивление срезу, МПа.

На формообразующих операциях не разрушается обрабатываемый металл, что обеспечивает изготовление деталей заданных чертежом деталей машин [38].

При операции гибка, заготовке задается криволинейная форма с помощью пуансона и матрицы.

Одним из сложных операций листовой штамповки является вытяжка. При такой операции заготовка проходит в отверстие матрицы и образует стенки вытянутой детали. Для увеличения коэффициента вытяжки, высоты вытянутой детали используют промежуточный отжиг. С помощью вытяжки получают детали радиоаппаратов, корпуса, защитные ограждения, крышки и т.д. Усилие для вытяжки деталей цилиндрической формы, вычисляется по формуле:

$$P_{вт} = \pi \cdot d \cdot S \cdot K_{вт} \cdot \sigma_{в} \quad (3.5)$$

где  $d$  – диаметр детали, после данной операции, мм;

$S$  – толщина материала;

$K_{вт}$  – табличный коэффициент, зависящий от расчетного коэффициента вытяжки.

Операция, при котором образуется борта вокруг отверстия называется отбортовкой. Отбортовка применяется для кольцевых деталей с уступами или фланцами, и увеличивает жесткость деталей. Усилие требуемое для отбортовки вычисляется по формуле:

$$P_{отб} = 1,1\pi S \sigma_{в} (D_0 - d_0) \quad (3.6)$$

где  $\sigma_{в}$  – предел прочности материала, МПа.

В настоящее время холодная штамповка сильно развита. С помощью холодной штамповки получают точные детали, которые не требуют дальнейшей обработки резанием. Достигаются точность с 6 до 10 качества. Шероховатость поверхности достигают  $R_a=0,16=0,04$  мкм. Только в случае высоких требований по шероховатости или точности, используется дополнительно шлифование и полирование.

Изделий произведенные с помощью холодной штамповки широко применяются в народном хозяйстве и в быту. Холодной штамповка применяется в машиностроении, приборостроении, сельскохозяйственном машиностроении, и электротехнической промышленности. Количество изготавливаемых деталей очень много, а их размеры варьируется от долей миллиметра до метров [39].

Холодная штамповка считается безотходным или малоотходным производством. Использование металла достигает до 95%, тем самым снижается себестоимость продукции и снижается трудоемкость.

Кроме традиционных механических прессов в холодной штамповке используют и другие оборудования. Например, для больших деталей используют штамповку взрывом, электромагнитную или электрогидравлическую. В таких операциях достигается скорость до 150 м/с, так как накапливается большая энергия во время разгона.

Взрывная штамповка осуществляется в бетонном бассейне с водой. Детонатор, расположенный над заготовкой взрываясь, создает волну с огромным давлением.

В процессе электромагнитной штамповки энергия электричества преобразуется в механическую энергию с помощью батарей которые выделяют импульсный разряд через соленоид. Создается магнитное поле с высокой мощностью вокруг соленоида. Взаимодействия тока с магнитным полем создает механическую силу для деформирования [40].

Электрогидравлическая штамповка осуществляется в воде. Кратковременный электрический разряд в жидкости создает ударную волну. Можно проводит несколько импульсов в зависимости от штамповки.

Продукций обработки давлением проходят контроль качества, который состоит из промежуточного и окончательного контроля. После каждого процесса осуществляется промежуточный контроль. Окончательный контроль качества состоит из следующих этапов:

- внешний осмотр;
- выборочные промеры размера изделий;
- контроль твердости;
- определения механических свойств;
- определение внутренних дефектов металла изделия.



Рисунок 3.8 – Фото пресса, рабочая часть с инструментом

### 3.3 Испытание пресса в холостом режиме

Испытания кулачково-винтового пресса в холостом режиме проведены успешно. Осуществлено не меньше 100 циклов пресса без остановки. Все механизмы пресса работают без проблем в штатном режиме. Посторонних шумов в механизмах не было замечено. После каждого цикла пресс автоматический останавливается, что указывает на надежность пресса.

Испытание в холостом режиме проводят для проверки правильности взаимодействия частей оборудования и для приработки трущихся поверхностей. Во время испытание наблюдают за работой отдельных частей, за состоянием контактирующих частей, проверяют работу смазочных систем, если таковые имеются в конструкции. Оборудование работает определенное время,

указанное в инструкции. Когда испытующий убеждается в нормальной работе частей оборудования, испытание заканчивается.

### 3.4 Испытание прессы с рабочим инструментом в холостом режиме

Было проведено испытание кулачково-винтового прессы в холостом режиме с установленным на ней инструментом. В качестве инструмента использована матрица и пуансон для холодной штамповки изделия скоба (рисунок 3.8)

Деталь, образующая форму будущего изделия называется матрицей. Матрица изготавливается из металла. Стенки матрицы расположены параллельно. Бывают простые, сложные и комбинированные матрицы. Комбинированные матрицы имеют специальные формы, и изготавливаются на заказ и используются редко. Простые матрицы чаще всего применяются в производстве и в строительной сфере.

Пуансон – основная деталь инструмента в прессовании металлов. Используется при штамповке, маркировке и в прессовании. В процессе штамповки пуансон оказывает давление на заготовки. Пуансон может быть пробивным, прошибным, вырубным и просечным. В процессе прессования пуансон оказывает давление на заготовку через пресс-шайбу, которая выдавливается через матрицу. В работе пуансон испытывает силовую нагрузку и тепловую нагрузку при горячей штамповке. Поэтому для холодных процессов пуансон изготавливают из высокопрочных сталей и для горячих процессов из сталей с повышенной прочностью при высоких температурах.

Инструмент закреплен надежно. Осуществлено 200 циклов работы прессы с закрепленным инструментом. Пресс работает в штатном режиме.

### 3.5 Испытание прессы в рабочем режиме, выявление его функциональных возможностей в холодной штамповке

Разработан чертеж изделия – скоба (рисунок 4.9), толщина металла 2 мм, ширина переменная. Заготовка изделия представляет из себя пластину: длина 140 мм, толщина 2 мм. Ширина В – переменная (25 мм, 36 мм, 40 мм) (рисунок 4.10).

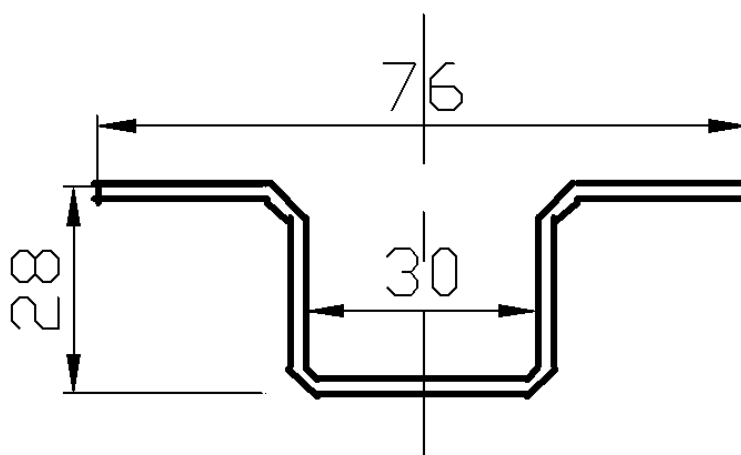


Рисунок 3.9 – Чертеж изделия-скоба

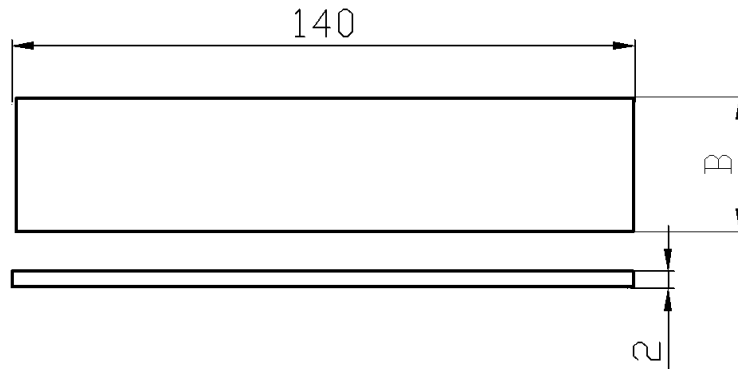


Рисунок 3.10 – Чертеж заготовки, сталь

Произведена опытная штамповка. Пресс без усилия отштамповал заготовку шириной  $B = 25$  мм (образец 1, рисунок 4.11), отштамповал заготовку шириной  $B=36$  мм (образец 2), заготовку шириной  $B=40$  мм пресс смог отштамповать с двух ударов (заготовка 3). Вывод максимальная ширина заготовки  $B = 36$  мм при толщине 2 мм.

Это соответствует усилию прессы ориентировочно в 50-55 КН. Что соответствует техническому заданию. В дальнейшем произведена штамповка 20 изделий в течение 30 мин. Пресс работает в штатном режиме.

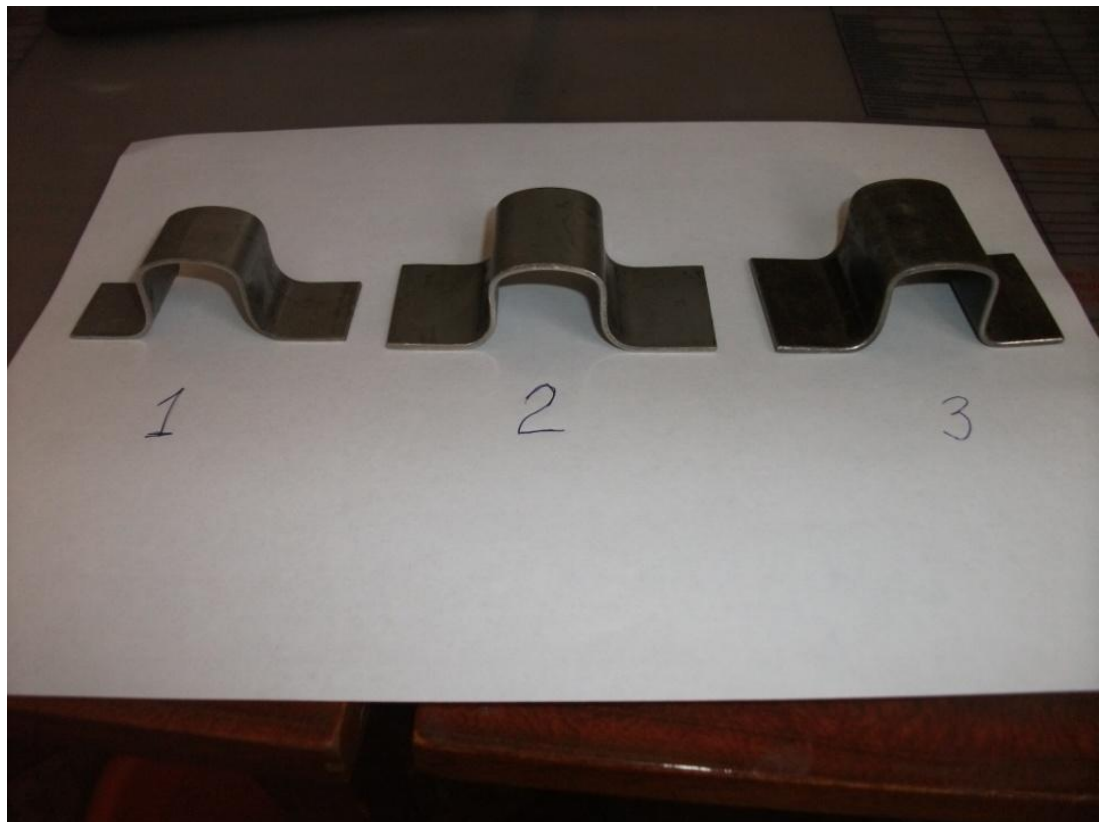


Рисунок 3.11 – Фото готовых штампованных изделий

**3.6 Полная доводка прессы до рабочего состояния, установка всех защитных элементов, ограждений**



На пресс установлены все защитные ограждения и кожуха для предотвращения травм рабочего (рисунок 3.12).

Кожух не является несущим элементов конструкции оборудования и служит для поддержания отдельных элементов и защиты ограждения выступающих и движущихся частей. Чаще всего кожух легкоъемный для быстрого доступа к внутренним частям оборудования.



Рисунок 3.12 – Фото пресса в рабочем положении с установкой всех закрывающих кожухов

### **Выводы по разделу 3**

1. Разработан полный рабочий проект пресса. Характеристики пресса: усилие 50 кН, мощность привода 1,1 кВт, ход ползуна 35 мм, частота вращения вала  $120 \text{ мин}^{-1}$ , габариты 600x586x1650 мм

2. Получены данные по испытанию прессы в холостом и рабочем режиме
3. Установлены функциональные возможности прессы в холодной штамповке



## 4 ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ, ВАРИАНТЫ ПРИМЕНЕНИЯ, РАСШИРЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

### 4.1 Кулачково-винтовой пресс с усилием 400 килоньютон – параметры конструкции.

Кулачково-винтовой пресс состоит из следующих частей (рисунок 2.10): приводного вала (1), на котором соосно расположен цилиндр (2) с конической винтовой поверхностью (3) с углом наклона образующей  $AE$  к оси вала (1), равным  $\alpha$ . Поверхность имеет скос под углом  $\beta$  к горизонтали. Под цилиндром (2) установлен ползун (4), имеющий возможность свободного вертикального осевого движения в корпусе (5). В верхней части ползуна (4) имеется вогнутая поверхность (6), выполненная с возможностью контакта с винтовой поверхностью (3) и имеющая угол наклона к горизонтали, равный  $\beta$ . [32]. На валу (1) установлены полумуфты (11) и (12). Для их соединения имеется механизм включения (10), а для размыкания служит пружина (9),  $h$  – является теоретической длиной хода ползуна, реальная длина меньше, примерно  $0,75h$ .

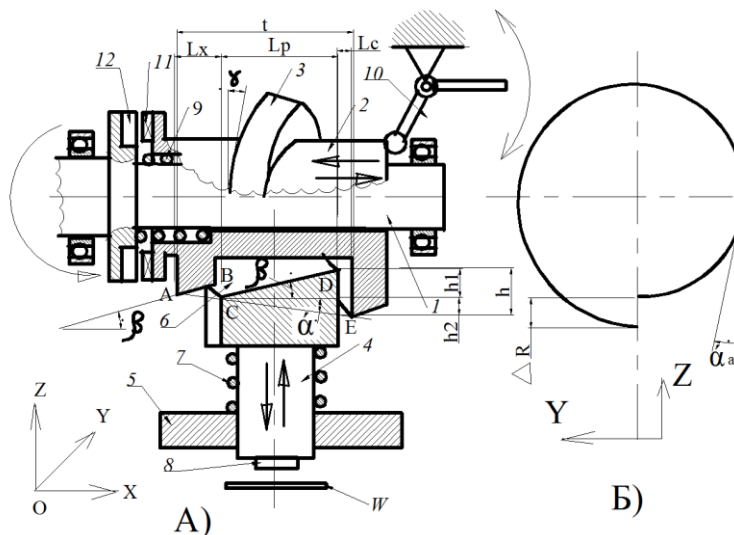


Рисунок 4.1 – Схема кулачково-винтового пресса

Для создания рабочего пресса с достаточно большим усилием важно обеспечить удельное давление на рабочие детали, не превышающее допустимое. Как уже было сказано, предлагаемый кулачково-винтовой пресс имеет достаточно большое пятно контакта в сопрягаемых звеньях. В [29] предлагаются формулы, по которой можно определить форму и площадь пятна контакта. Вид пятна показан на рисунке 5.2 заштрихованной областью. Рисунок 5.2 взят из [29].

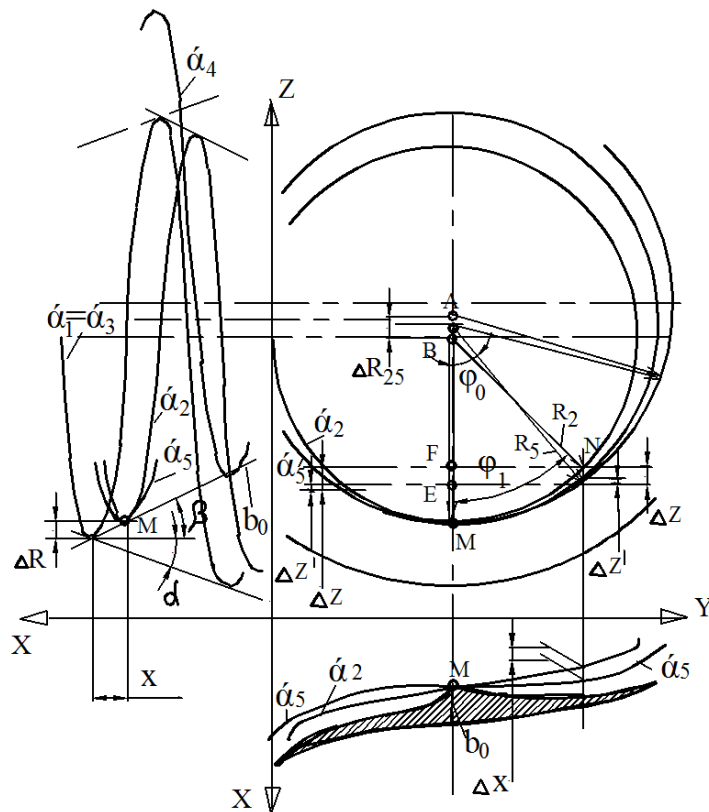


Рисунок 4.2 – Схема определения формы пятна контакта, пятно контакта показано заштрихованной зоной

Для практических расчетов площади пятна эти формулы не совсем подходят. Можно предложить упрощенную формулу, которая проще и дает достаточно подходящий для практики результат. Пятно контакта можно рассматривать как равнобедренный треугольник, площадь которого  $S$  определяется из выражения:

$$L = 2R\pi \frac{2\varphi}{360^\circ} \quad (4.1)$$

$$S = 0,75 \cdot B \cdot L \cdot 0,5 = 0,75 \cdot B \cdot L \cdot 0,5 \cdot 2R\pi \frac{2\varphi}{360^\circ} = 1,5BR\pi \frac{\varphi}{360^\circ}$$

$B$  – длина гребня, мм (рисунок 5.4);  $R$  – средний радиус, мм;  $\varphi$  – угол, град.

Для прессы усилием 400 кН предлагаются следующие величины конструктивных параметров:

$$B=60 \text{ мм}, R=200 \text{ мм}, \varphi=40^\circ, S=6283 \text{ мм}^2$$

Определим удельное нормальное напряжение по формуле [31]:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{400000}{6283 \cdot 10^{-6}} = 63,66 \cdot 10^6 \approx 64 \text{ МПа} \quad (4.2)$$

Максимально допускаемое нормальное напряжение для конструкционной стали не около 300 МПа [32]. Для нормальной долговременной работы механизма примем допускаемое напряжение не более 65 МПа. Как видно нормальное напряжение в механизме прессы меньше.

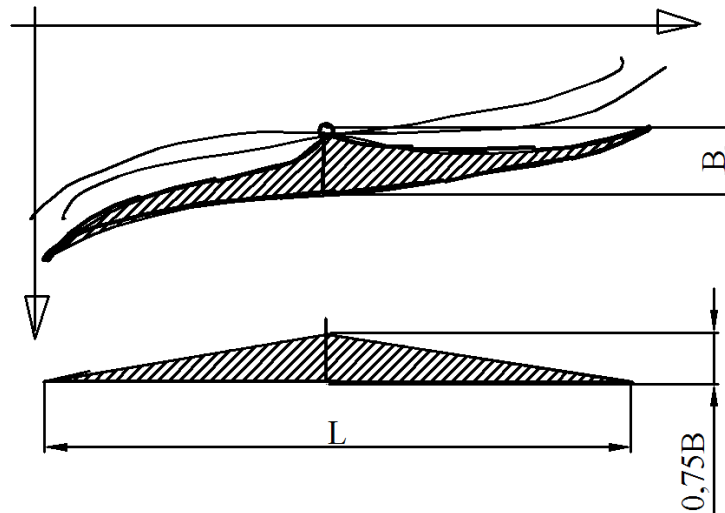


Рисунок 5.3 – Упрощенная форма пятна контакта

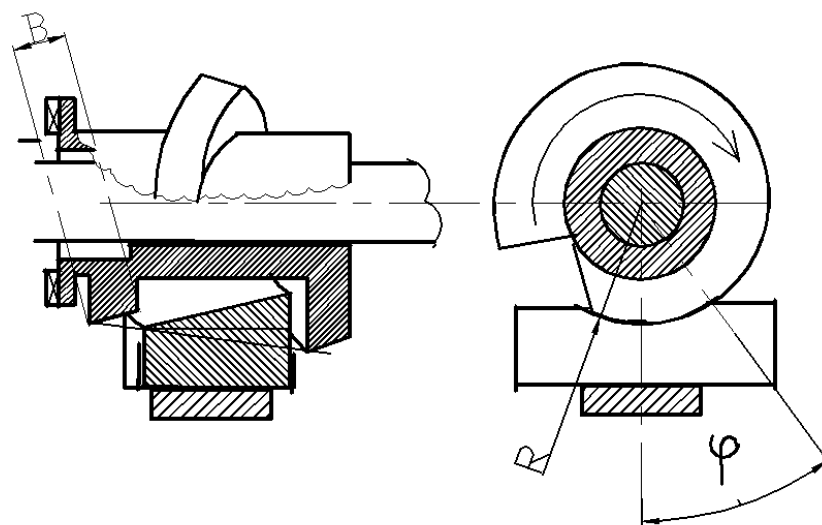


Рисунок 5.4 – Схема для расчета площади пятна контакта

Определим мощность двигателя прессы. В [23,26] имеется формула расчета усилия прессы  $P_0$ :

$$P_0 = \frac{M \cdot \frac{h_1}{h}}{\left(R_0 + \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \varphi_i}{360}\right) \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg}(\beta + \psi)} + \frac{M \cdot \frac{h_2}{h}}{\left(R_0 + \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \varphi_i}{360}\right) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_a + \psi)} \quad (4.3)$$

В данной формуле:  $R_0 = \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \varphi i}{360^\circ} = R_{cp}$  при  $\varphi i = 180^\circ$ , следовательно, формула может быть упрощена:

$$P_0 = \frac{M \cdot \frac{h1}{h}}{R_{cp} \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg}(\beta + \psi)} + \frac{M \cdot \frac{h2}{h}}{R_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \psi)} \quad (4.4)$$

где:  $\psi$  – угол трения,  $\psi = 1,5^\circ$ , угол трения учитывает трение между поверхностями, чем меньше трение, тем меньше угол

$$h1 = l_{px} \cdot \operatorname{tg} \beta; h2 = l_{px} \cdot \operatorname{tg} \alpha; h = h1 + h2 \quad (4.5)$$

$$l_{px} = 0,9t \quad (4.6)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{t}{2\pi R_{cp}} \quad (4.7)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_a \approx \frac{\Delta R}{2\pi R_{cp}} = \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R_{cp}} \quad (4.8)$$

$R_{cp}$  – средний радиус спирали Архимеда,  $\Delta R$  – увеличение радиуса спирали Архимеда за один оборот.

Примем следующие значения для пресса:

Мощность двигателя  $N = 11$  кВт (11000 Вт), частота вращения  $n_d = 750$  мин<sup>-1</sup>,  $\psi = 1,5^\circ$ ;  $\alpha = 9^\circ$ ;  $\beta = 7^\circ$ ,  $R_{cp} = 200$  мм,  $t = 155$  мм. Частота вращения вала пресса  $n = 100$  мин<sup>-1</sup>.

Крутящий момент на валу пресса равен:

$$M = \frac{N}{\omega} = \frac{N}{0,1n} = \frac{11000}{0,1 \cdot 100} = 1100 \text{ Нм} \quad (4.9)$$

Угол  $\gamma$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{t}{2\pi R_{cp}} = \frac{155}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} = 0,123$$

$\gamma = 7^\circ$

$$h1 = l_{px} \cdot \operatorname{tg} \beta = 0,9t \cdot \operatorname{tg} \beta = 17,13 \text{ мм}$$

$$h2 = l_{px} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,9t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 22,1 \text{ мм}$$

$$h = h2 + h1 = 39,23 \text{ мм}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_a \approx \frac{\Delta R}{2\pi R_{cp}} = \frac{t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R_{cp}} = \frac{155 \cdot 0,158}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} = 0,0195$$

$\alpha_a = 1,1^\circ$

$$P_0 = \frac{M \cdot \frac{h1}{h}}{R_{cp} \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{tg}(\beta + \psi)} + \frac{M \cdot \frac{h2}{h}}{R_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_a + \psi)} = \frac{1100 \cdot \frac{17,13}{39,23}}{0,2 \cdot 0,12 \cdot 0,15} + \frac{1100 \cdot \frac{22,1}{39,23}}{0,2 \cdot 0,046} = 198019 \text{ Н}$$

Расчетное усилие пресса составляет  $P_0 = 198019 \text{ Н}$ . За счет инерционной силы маховика, он сможет развить усилие до  $400000 \text{ Н}$ . Расчетное усилие составляет половину номинального при ходе ползуна  $h=39 \text{ мм}$ .

Для сравнения серийный кривошипный пресс модели КД2126, с номинальным усилием  $P_1=400000 \text{ Н}$ , имеет двигатель мощностью  $N_1=4700 \text{ Вт}$  и частотой вращения главного вала  $n_1=100 \text{ мин}^{-1}$ , при ходе в  $10 \text{ мм}$ , длина кривошипа  $r=5 \text{ мм}$  [41], по расчету может развить усилие  $P_{1P}=94000 \text{ Н}$ , то есть менее четверти заявленного номинального усилия.

$$P_{1P} = \frac{N_1}{0,1 \cdot n_1 \cdot r} = \frac{4700}{0,1 \cdot 100 \cdot 0,005} = 94000 \text{ Н} \quad (4.10)$$

На основании представленных расчетов предлагается следующие параметры конструкции пресса номинальным усилием  $400 \text{ кН}$  (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Параметры конструкции пресса

№	Наименование	Единица измерения	Значение
1	Номинальное усилие	кН	400
2	Расчетное усилие	кН	198
3	Мощность электродвигателя	Вт	11000
4	Частота вращения вала пресса	мин <sup>-1</sup>	100
5	Ход ползуна	мм	39
Геометрические параметры кулачково-винтовой поверхности			
6	Средний радиус	мм	200
7	Шаг	мм	155
8	Длина гребня	мм	60
9	Угол $\alpha$	град	9
10	Угол $\beta$	град	7
11	Угол $\gamma$	град	7

На рисунке 5.5 представлена несколько измененная схема пресса. Для уменьшения высоты пресса и упрощения технологии изготовления предлагается на ползуне 4 расположить направляющие скалки 13, которые свободно вертикально перемещаются в верхней части корпуса 5. На скалках 13 имеются возвратные пружины 7. Снизу к ползуну 4 примыкают поддоны 14. Такая схема имеет меньшую высоту и позволяет создать замкнутое

пространство вокруг цилиндра 2, поверхности 3 и 6, скалок 13, которое можно заполнить маслом, что значительно улучшит условия работы деталей пресса.

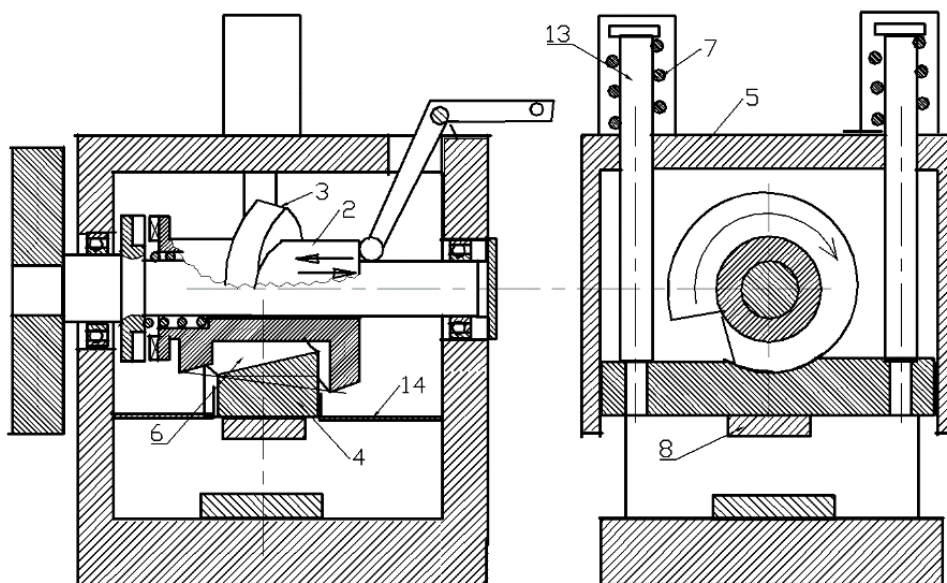


Рисунок 5.5 – Схема пресса с уменьшенной высотой

На рисунке 5.6 изображен основной узел пресса, на рисунке 5.7 – чертеж общего вида в разрезе с указанием основных конструктивных размеров. Для замыкания кулачковой муфты 4 предлагается использовать электромагнитную катушку 5.

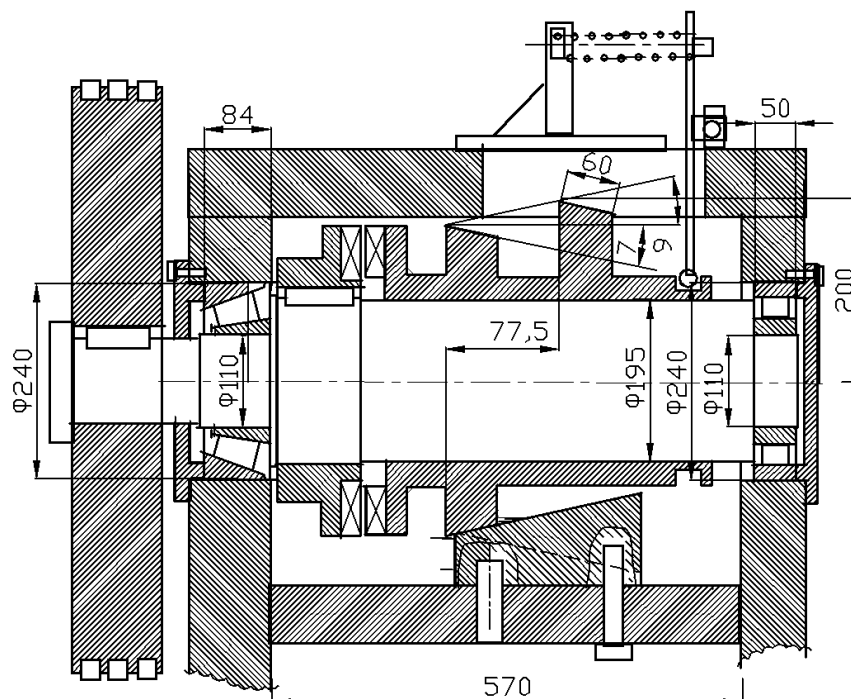


Рисунок 5.6 – Основной узел пресса усилием 400 кН

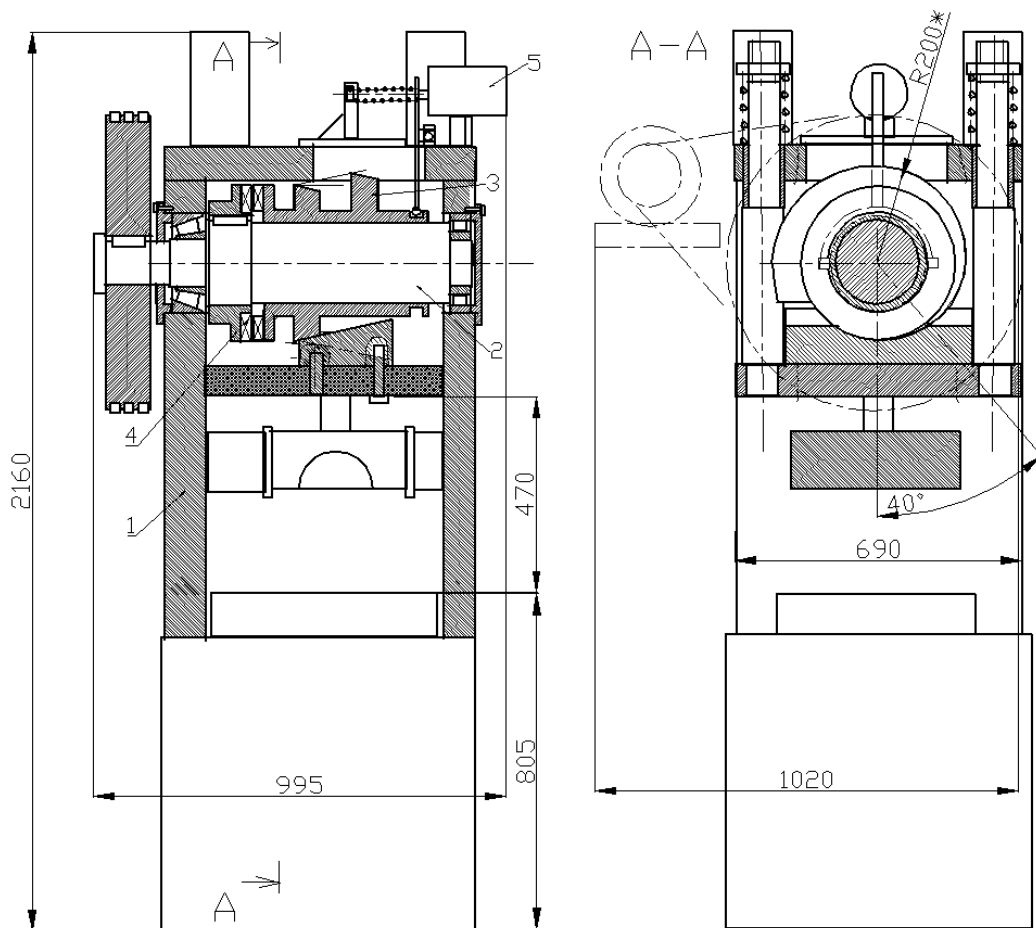


Рисунок 5.7 – Общий вид пресса: 1 – корпус, 2 – вал, 3 – кулачково-винтовая поверхность, 4 – кулачковая муфта, 5 – электромагнитная катушка.

Габариты пресса 995x1020x2160 мм. Для сравнения габариты существующего пресса КД2126 – 1330x1380x2680 [43]. Как видно предлагаемый пресс намного меньше существующего, его высота меньше на 520 мм или на 19%. При проектировании цехов высота пролета здания назначается по высоте требуемой для установки наиболее высокого оборудования [44]. Таким образом, большая высота пресса может существенно повысить затраты при строительстве цехов и при транспортировке оборудования.

Проработана компоновка пресса, расположение всех его основных узлов и деталей. Предложенная конструкция пресса отличается простотой и надежностью, высота пресса уменьшена на 19% по сравнению с существующим прессом модели КД2126 [45].

#### 4.2 Кулачково-винтовой пресс-автомат с нижним расположением привода

Кузнечно-штамповочный автомат это оборудование для штампования деталки из ленты или проволоки или других материалов. Кузнечно-штамповочный автомат совершает движения исполнительных органов в автоматическом режиме и синхронно. Также, автоматический подается материал или заготовка без помощи рабочего предприятий.

На кузнечно-штамповочных автоматах изготавливают детали, полуфабрикаты или штампованные заготовки многих типоразмеров крепежных изделий; шариков, роликов, колец и сепараторов подшипников качения; звеньев цепей; шаровых, ступенчатых и полых пальцев и осей; колпачковых гаек автомобилей, корпусов свечей автомобильных двигателей, клапанов; деталей приборов, электромашин, некоторых изделий оборонной техники; стрелок часов, деталей фурнитуры и т. п. [46].

В массовом производстве часто применяют многопозиционные кривошипные пресс-автоматы. Такие прессы отличаются высокой производительностью и надежностью работы, но известные недостатки кривошипного механизма негативно влияют на их работу. Это холостой ход, который занимает половину цикла, низкий КПД в крайних точках хода рабочего инструмента, что расходует энергию вращающегося маховика.

Стремление повысить производительность кривошипных прессов, и в первую очередь автоматов, приводит к увеличению числа ходов, поскольку в автоматах номинальное число ходов в единицу времени используется практически полностью. Однако это увеличение, начиная с определенного предела, приводит к тому, что силы оказываются далеко не пренебрежимыми, а соизмеримыми и с технологическим усилием и с весом машины и, следовательно, с реакцией машины на фундамент. Столь большие переменные по величине и знаку силы, периодически воздействуя на систему машины, могут привести к раскачиванию станины и расшатыванию фундамента, вызвать ударные нагрузки в соединениях отдельных узлов и деталей, что в конечном счете, отрицательно сказывается на надежности машины. [47].

Следует отметить, что достаточно часто в составе пресс-автомата имеется валковая подача, которая дискретно подает в рабочую зону металлическую ленту. Обычно привод валковой подачи осуществляется от вала прессы через рычажную систему, обычно это кривошипно-коромысловый механизм. Движение производится креплением тяги валковой передачи к валу прессы со смещением от оси вращения, то есть создания кривошипной передачи. Обычно тяга крепится к маховику. Валковая подача создает дополнительную нагрузку на вал именно в нижнем положении ползуна, то есть в фазе возможного заклинивания. Также длинная тяга от маховика к рабочему столу создает неудобства при работе. [48].

Для прессов-автоматов очень важна скорость работы – производительность. Но кривошипный механизм при постоянной скорости вращения вала имеет равное время движения ползуна вниз и вверх. Для повышения производительности в кривошипных прессах применяют разную частоту вращения вала при рабочем и холостом ходах [49].

Пресс-автомат состоит из корпуса (1) (рисунок 4.8), в котором на подшипниках (2) установлен вал (3). На валу (3) установлены зеркально симметрично два цилиндра (4) с винтовой конической поверхностью (5). Под каждой поверхностью (5) установлены ползуны (6) с вогнутой поверхностью (7). Ползуны (6) поджаты к поверхности (5) пружиной (8). Ползуны (6) могут



свободно вертикально перемещаться в корпусе (1). Снизу на ползуны (6) установлена рабочая балка (9), на которой крепятся рабочие инструменты-пунсоны (10), по количеству рабочих позиций. На валу (3) установлен ведомый маховик (11), который через ремни (12) соединен с ведущим шкивом (13), который установлен на электродвигателе (14). Снизу под пунсонами (10) на рабочем столе (15) пресса установлены матрицы (16).

Для бесперебойной работы пресса на нем имеется валковая подача. Рабочая лента материала (17) сматывается с подающей бобины (18), проходит через два валка (19). В верхнем валке (19) имеется обгонная муфта (20), соединенная с рычагом (21). Рычаг (21) шарнирно соединен с рычагом (22), который с помощью шарнира соединен с рычагом (23), жестко закрепленном на ползуне (6). Рабочая лента (17) наматывается на приемную бобину (24).

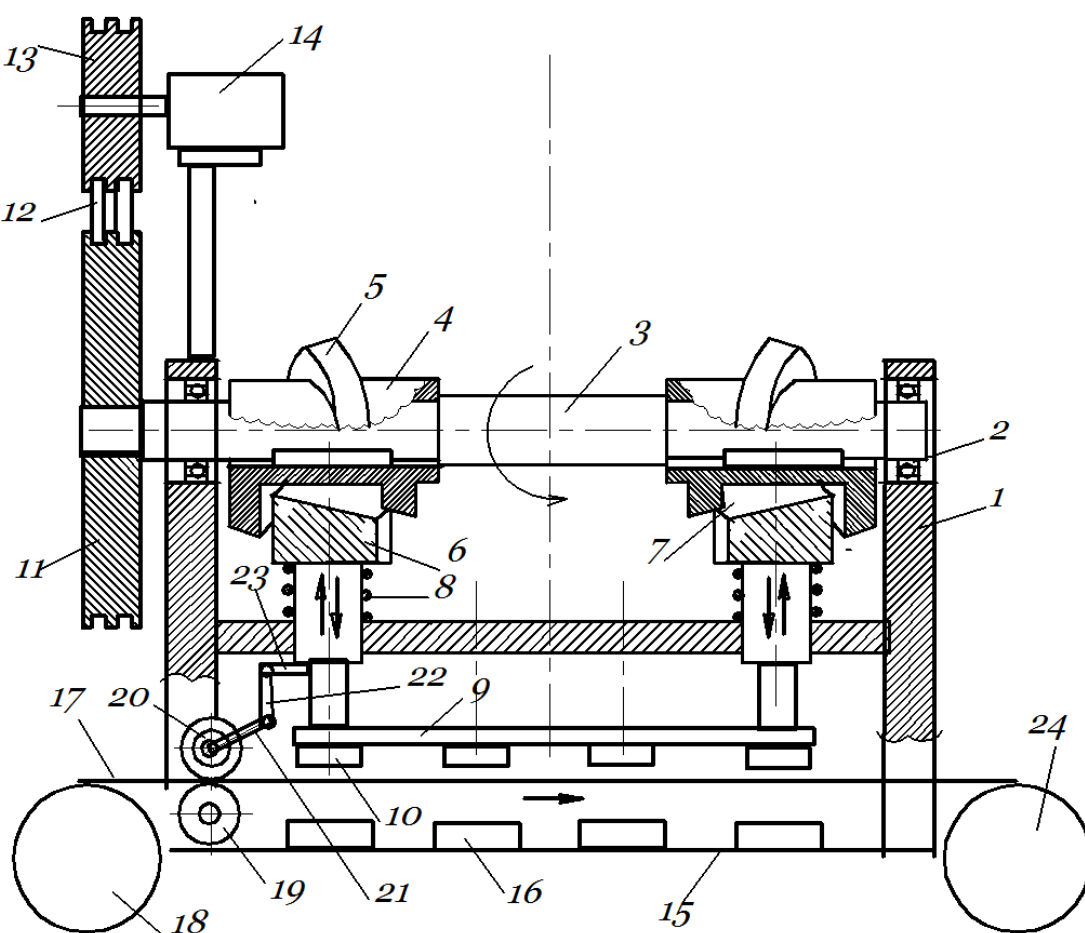


Рисунок 4.8 – Схема кулачково-винтового многопозиционного пресс-автомата

Пресс-автомат работает следующим образом. Двигатель (14) вращает шкив (13), который через ремни (12) приводит в движение маховик (11) и вал (3). Вместе с валом (3) вращаются цилиндры (4) с винтовой конической поверхностью (5). Поверхности (5) давят на поверхность (7) ползунов (6) и двигают ползуны (6) вниз, преодолевая усилие пружин (8). После рабочего проворота вала (3), который соответствует примерно  $300^{\circ}$ - $310^{\circ}$ , поверхность (5)

соскакивает с поверхности (7), и ползун (6) под действием пружины (8) возвращается в верхнее исходное положение. После чего цикл повторяется

При движении вниз ползуна (6) рычаг (23) также идет вниз, через рычаг (22), он воздействует на рычаг (21), который поворачивается вниз, вместе с обгонной муфтой (20). В этой фазе обгонная муфта (20) крутится в холостом режиме. При движении вверх ползуна (6), рычаг (21) двигается вверх и поворачивает обгонную муфту (20) в рабочем режиме. Муфта (20) поворачивает верхний и нижний валки (19), которые подают ленту (17) в рабочую зону прессы. В данной схеме валковая подача присоединена к ползуну прессы. Ее рабочее движение обеспечивается силой сжатой пружины, величину которой мы легко можем регулировать. Такая компоновка намного проще, чем крепление привода валковой подачи в валу прессы [50].

Механизм прессы позволяет сразу получить значительную величину силы  $P$ , которая во время рабочего хода незначительно уменьшается вследствие сжатия пружины (8). Причем усилие сжатия пружины (8) возможно регулировать, чтобы получить ее достаточное значение для вывода ползуна (6) из нижнего положения [51].

На рисунке 4.9 предлагается схема прессы-автомата с нижним расположением привода. Ползуны (6) установлены на подвижной плите (25), которая с помощью скалок (26) двигает рабочую балку (9) с инструментом (10). Привод в данной схеме расположен под рабочей поверхностью прессы, что обеспечивает компактность прессы и повышает его динамическую устойчивость и жесткость. Такая компоновка прессы значительно уменьшает металлоемкость оборудования, примерно на 15...20%, что естественно влияет на его стоимость [52].

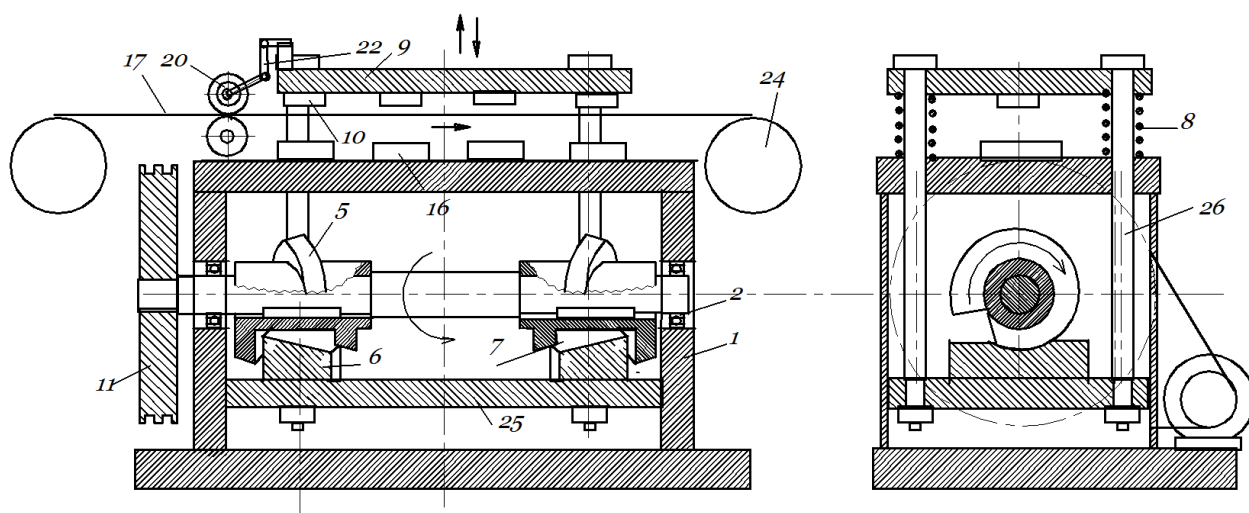


Рисунок 4.9 – Многопозиционный пресс-автомат с нижним приводом и валковой подачей

Предложенный многопозиционный пресс-автомат превосходит по своим эксплуатационным и функциональным показателям существующий в настоящее время кривошипный пресс-автомат.

Он превосходит по всем показателям, указанным выше. Но у него есть свои специфические преимущества:

- Прессу не нужна пауза для раскрутки маховика между циклами.
- Крепление привода валковой подачи упрощено.
- Производительность пресса больше.
- Пресс позволяет при необходимости увеличивать рабочую силу  $P$  при подходе к нижнему положению.
- Прессу не нужна избыточная мощность привода.
- Предлагаемый кулачково-винтовой механизм имеет меньшую динамическую неуравновешенность, чем кривошипный, что имеет большое значение при работе пресса-автомата, который работает при большой частоте вращения главного вала. Вследствие этого уровень вибрации уменьшится. Также кулачковый механизм достаточно легко уравновесить, в отличие от рычажного кривошипного механизма [53].

### 4.3 Кулачково-винтовой пресс с увеличенным ходом

Пресс с увеличенным ходом является расширением технологических возможностей прототипа, в частности увеличение рабочего хода инструмента, что позволит обрабатывать заготовки, имеющих длину более 3-4 диаметров поперечного сечения.

Известен механический пресс Аскарлова, принятый автором за прототип, содержащий приводной вал, ползун, механизм переключения, на приводном валу соосно установлен цилиндр с возможностью вращения вместе с приводным валом, свободного хода вдоль оси и поворота вокруг приводного вала в крайнем положении, наружная поверхность цилиндра выполнена в виде винта со скосом гребней, при этом поверхность ползуна, взаимодействующая с винтом, выполнена в виде профильного углубления, поверхность которого охватывает винт с постепенным поднятием профиля, а ползун поджат к винтовой поверхности пружиной, на ползуне установлен инструмент (рисунок 5.10) [54].

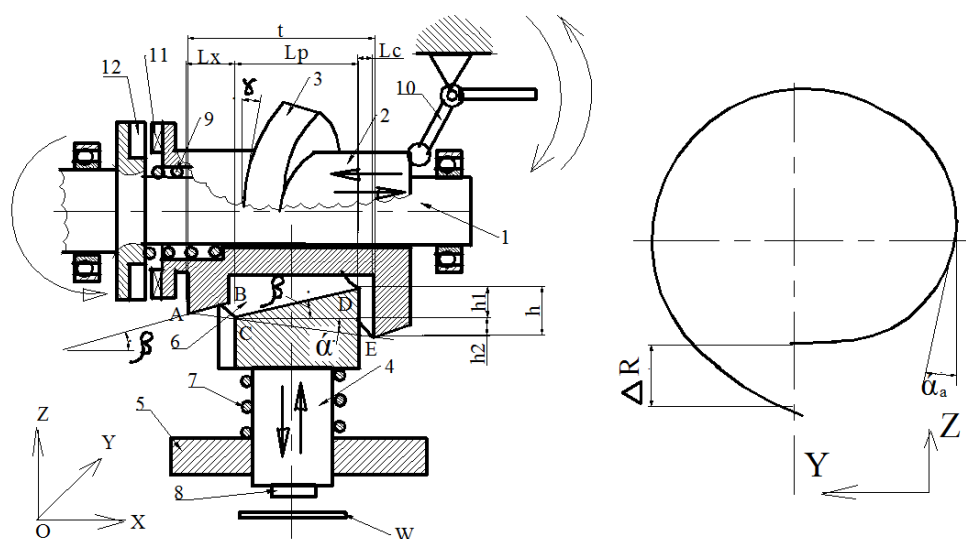


Рисунок 5.10 – Схема механизма кулачкового-винтового пресса. 1 – вал, 2 – цилиндр, 3 – коническая винтовая поверхность, 4 – ползун, 5 – корпус, 6 – вогнутая поверхность, 7 – пружина, 8 – инструмент, 9 – пружина, 10 – механизм переключения, 11,12 – кулачки муфты.

Недостатком данного пресса является, что он имеет малую величину хода инструмента, так как скос гребней, поднятие профиля ограничено по величине, следовательно, рабочий ход инструмента ограничен. Малый ход инструмента не позволяет обрабатывать длинные заготовки. Это уменьшает технологические возможности пресса [55,56].

Задачей кулачкового-винтового пресса с увеличенным ходом является расширение технологических возможностей прототипа, в частности увеличение рабочего хода инструмента, что позволит обрабатывать заготовки, имеющих длину более 3-4 диаметров поперечного сечения. Технический результат достигается тем, что кулачкового-винтовой пресс с увеличенным ходом, содержащий приводной вал, ползун, инструмент, механизм переключения, на приводном валу соосно установлен цилиндр с возможностью вращения вместе с приводным валом, свободного хода вдоль оси и поворота вокруг приводного вала в крайнем положении, наружная поверхность цилиндра выполнена в виде винта со скосом гребней, при этом поверхность ползуна, взаимодействующая с винтом, выполнена в виде профильного углубления, поверхность которого охватывает винт с постепенным поднятием профиля, дополнительно имеется рычаг с возможностью колебания вокруг неподвижной оси, сверху на рычаг воздействует ползун, снизу с рычагом взаимодействует толкатель с возвратной пружиной, на толкателе установлен инструмент. Толкатель имеет возможность горизонтального перемещения вдоль оси рычага с последующей фиксацией [57,58].

На рисунке 4.11 показана схема кулачкового-винтового механического пресса с увеличенным ходом.

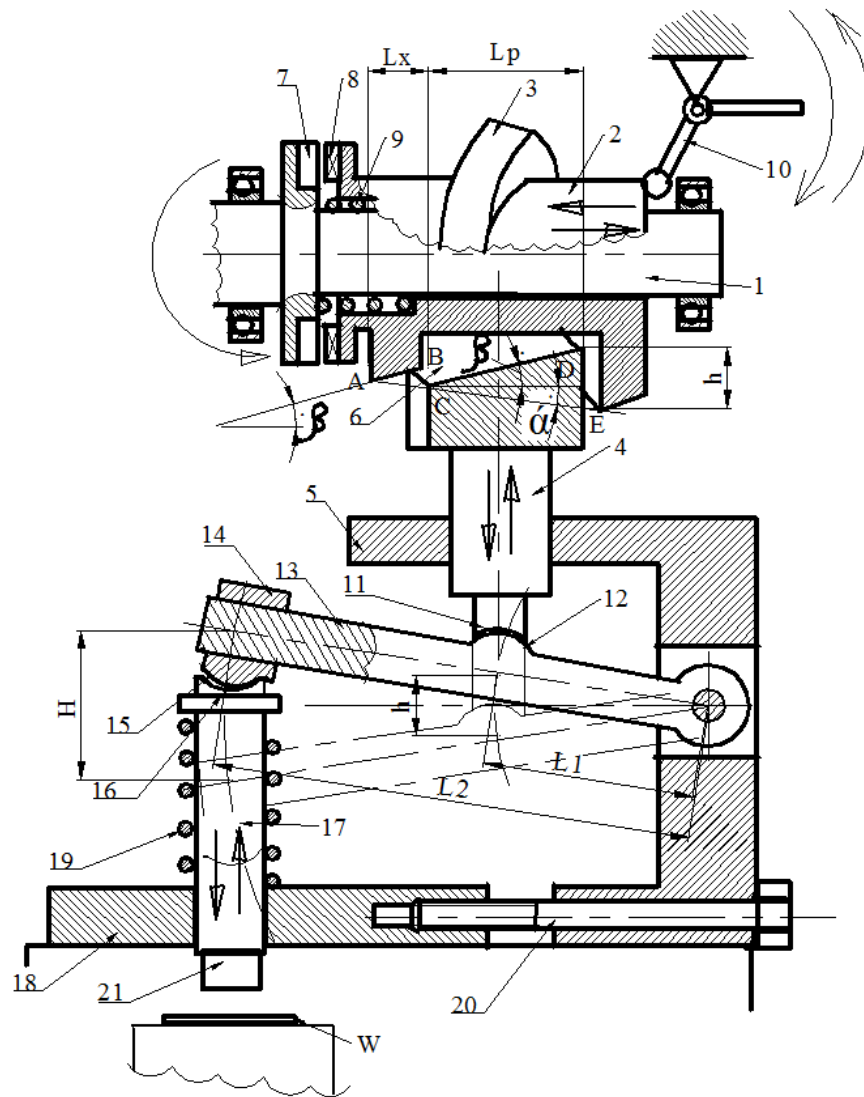


Рисунок 4.11 – Кулачково-винтовой пресс с увеличенным ходом

Пресс состоит из приводного вала 1, цилиндра 2, соосно установленного на валу 1, с конической винтовой поверхностью 3 с углом наклона образующей АЕ к оси вала 1, равным  $\alpha$ . Поверхность 3 имеет скос под углом  $\beta$  к горизонтали. Под цилиндром 2 установлен ползун 4, имеющий возможность свободного осевого движения в корпусе 5. В верхней части ползуна 4 имеется вогнутая поверхность 6, выполненная с возможностью контакта с винтовой поверхностью 3 и имеющая угол наклона к горизонтали, равный  $\beta$ .

На валу 1 установлена неподвижная кулачковая полумуфта 7, а на цилиндре 2 имеется кулачковая полумуфта 8. В цилиндре 2 установлена пружина 9 отжимающая полумуфты 7 и 8 друг от друга. Имеется механизм 10 поджатия цилиндра 2 с полумуфтой 8 к полумуфте 7. На конце ползуна 4 имеется вогнутая поверхность 11, которая контактирует с вогнутой поверхностью 12 на рычаге 13, который установлен в корпусе 5 с возможностью вращения. На рычаге 13 имеется ползун 14, с возможностью перемещения вдоль оси рычага 13. На ползуне 14 имеется вогнутая поверхность 15, которая контактирует с вогнутой поверхностью 16,

размещенной сверху на толкателе 17, который может вертикально перемещаться в подвижном корпусе 18. На толкателе 17 имеется возвратная пружина 19. Подвижный корпус 18 может перемещаться по горизонтали с помощью регулировочного винта 20. Снизу на толкателе установлен инструмент 21.

Пресс работает следующим образом. Механизм поджатия 10 сцепляет полумуфту 8 цилиндра 2 с полумуфтой 7. Приводной вал 1 вращается совместно с цилиндром 2. Нижняя образующая АВ винтовой поверхности 3 двигается вдоль оси вала 1, приближаясь к поверхности 6. При перемещении АВ на длину  $L_x$  она вступает в контакт с образующей CD поверхности 6, винтовая поверхность 3 и поверхность 6 вступают в контакт и между ними образуется площадка контакта. Винтовая поверхность 3 давит на поверхность 6 и ползун 4, который перемещается вниз, давит на рычаг 13. Рычаг 13 двигается вниз и через ползун 14 давит на толкатель 17, который вместе с инструментом 21 двигается вниз и производит вдавливание в заготовку W. Ползун 4 двигается вниз до тех пор, пока точка А образующей АВ не совместится с точкой D образующей CD. Нижняя образующая АВ в это время проходит рабочую длину  $L_p$ . После этого контакт поверхности 3 с поверхностью 6 размыкается и толкатель 17 вместе с инструментом 21 под действием пружины 7 поднимается вверх в исходную позицию. Рычаг 13, толкатель 4 также возвращаются в исходную позицию. После чего винтовая поверхность 3 завершает свой полный оборот. При размыкании контакта поверхностей 3 и 6 пружина 9 размыкает контакт полумуфт 7 и 8. Цилиндр 2 останавливается, а вал 1 продолжает вращаться. Для начала нового рабочего цикла необходимо привести в действие механизм поджатия 10 [59].

Ход ползуна 4 равен  $h$ , ползун давит на рычаг 13, который поворачивается на некоторый угол. Перемещение каждой точки рычага 13 по вертикали прямо пропорционально его длине  $L$ . Если взять длину рычага в месте контакта ползуна 4 равной  $L_1$ , а в месте контакта толкателя 17 равной  $L_2$ , то ход  $H$  толкателя 17 равен (1):

$$H = h \cdot \frac{L_2}{L_1} \quad (4.11)$$

Изменяя положение ползуна 14 на рычаге, мы изменяем значение  $L_2$  и тем самым меняем значение  $H$ , то есть рабочий ход толкателя с инструментом 21. Мы можем значительно увеличить рабочий ход инструмента, по сравнению с ходом ползуна 4.

Применение данного механического пресса позволит значительно увеличить рабочий ход инструмента, менять его значение в зависимости от технологической необходимости, что значительно увеличит технологические возможности пресса. Также следует отметить, что инструмент будет двигаться равномерно, без ускорения, что также будет способствовать повышению качества работы [60,61, 62].

#### **4.4 Разработка схемы листогибочного прессы**

В целях дальнейшего развития новой схемы механического прессы предлагаемая схема прессы может быть применена в конструкции листогиба.

Листогиб (листогибочный пресс) – это устройство для холодной гибки металла.

Листогиб имеет широкое применение в разных отраслях такие как: машиностроение, приборостроение, автостроение, авиастроение. Применяются в производстве разных замкнутых и незамкнутых профилей, коробов, конусов и цилиндров и т.д.

Изготовление разных изделий и листового материала является основным предназначением листогибочного прессы.

Листогиб – это станок, который является силовой машиной, который применяется в производстве для гибки изделий из листовых материалов.

Листогиб имеет основные параметры, такие как развиваемое усилие и рабочая длина, а также дополнительные параметры, такие как амплитуда хода траверсы, скорость процесса гибки, наличие устройств компенсации прогиба стола, расстояние между стойками станины, наличие дополнительных приспособлений, и системы программирования.

Чтобы использовать кулачково-винтовой механизм в конструкции листогиба необходимо использовать два одинаковых механизма, работающих синхронно. Как показано на рисунке 15 в конструкции листогиба применяются два одинаковых механизма, расположенных зеркально – симметрично на одном валу 1. Для синхронизации вращения цилиндров, они соединены между собой стержнем 2, но имеют возможность свободного осевого перемещения относительно друг друга. Общий инструмент 3 ставится на два ползуна 4, который давит на заготовку 5. (рисунок 4.12)

Зеркально-симметричное расположение двух механизмов позволяет одновременно сократить горизонтальные осевые составляющие силы, возникающие на ползунах 4, которые направлены в разные стороны и равны по величине.

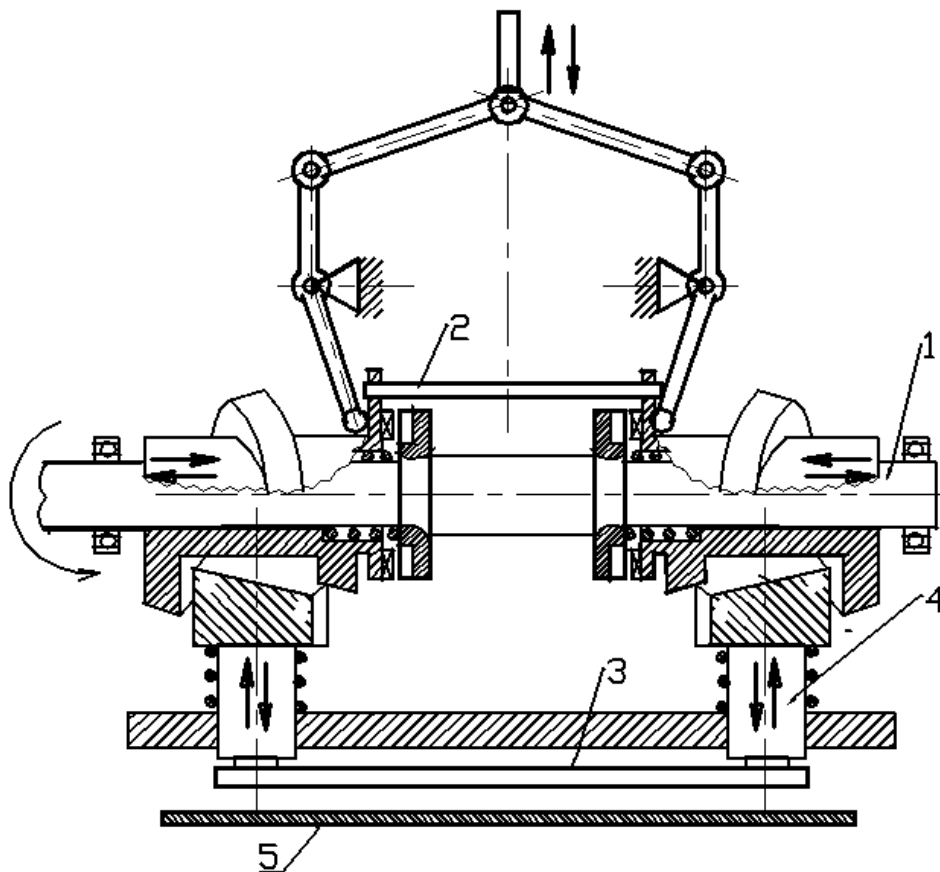


Рисунок 4.12 – Схема листогиба

#### Выводы по разделу 4

1. Разработана конструкция кулачково-винтового пресса с усилием 400 килоньютон
2. Рассчитана удельное нормальное напряжение в пятнах контакта винтовой поверхностей с деталью копир
3. Разработана конструкция кулачково-винтового пресс-автомата с нижним расположением привода
4. Разработана конструкция пресса с увеличенным ходом с расчетом хода ползуна
5. Разработана конструкция листогибочного пресса



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### **Краткие выводы по результатам диссертационных исследований.**

В процессе выполнения диссертации изучен новый тип механического пресса. Ранее было известно 4 типа пресса: винтовой, кулачковый, гидравлический, кривошипный. Определены все недостатки данных прессов. В машиностроении наиболее широко применяется кривошипный пресс. Он имеет простую конструкцию, высокую скорость работы. Ежегодно выпускается несколько десятков тысяч кривошипных прессов. Но данный вид пресса имеет ряд недостатков, которые создавали ряд проблем при их эксплуатации. В процессе изучения изготовления и испытания нового пресса, выяснялось, что он работоспособен и значительно превосходит кривошипный пресс по ряду параметров:

- Имеет КПД как минимум в 2 раза больше;
- Доля холостого хода не более 10% всего рабочего цикла;
- Пресс имеет равномерный ход ползуна при рабочем движении, что повышает качество работы и уменьшает износ инструмента;
- Пресс имеет постоянную силу на всем рабочем ходе и даже может ее увеличивать к концу хода, возврат ползуна в исходное положение осуществляется пружиной. Эти возможности полностью устраняют возможность заклинивание пресса в нижнем положении ползуна;
- Пресс не имеет специального узла торможения, отключение ползуна производится в конце цикла автоматически за счет кинематики механизма. В кривошипном прессе применяется специальная фрикционная муфта, включаемая и отключаемая пневмоприводом;
- Муфта включения пресса работает в облегченных условиях, так как в данном прессе вал вращается постоянно, нет шатуна, следовательно масса включаемых и отключаемых элементов не большая;
- Пресс не имеет шатуна, что понижает его высоту на 15%;
- Уменьшение высоты пресса позволяет строить цеха с уменьшенной высотой пролета;
- Кинематическая цепь пресса имеет всего два звена, что повышает его жесткость;
- Кинематически новый пресс намного проще кривошипного, в его составе меньше деталей. Это позволяет утверждать, что в серийном производстве его изготовление будет дешевле.

### **Оценка полноты решений поставленных задач**

Выполненные исследования и результаты экспериментальных работ позволяет сделать заключение, что они соответствуют, в полной мере, основным задачам, поставленным в диссертационной работы, а именно:

- Выполнен анализ современного состояния кузнечно-прессового оборудования;
- Выполнено обоснование параметров конструкция кулачково-винтового пресса;

- Выполнено испытания кулачково-винтового пресса с усилием 60 КН в холостом и в рабочем режиме;
- Опубликованные по теме диссертации научные работы отражают основное содержание диссертационной работы и соответствуют предъявляемым к ним требованиям. На все работы имеются ссылки в тексте диссертации.

### **Рекомендации и исходные данные по конкретному использованию результатов**

Данное исследование прошла промышленное внедрение, что обуславливается полученным актом внедрения в производство:

- ТОО «Алматинский завод Электрощит», акт внедрения результатов НИР

Произведено испытание пресса так в холостом, так и в рабочем режиме. Испытания проведены успешно.

В настоящее время пресс с усилием 60 КН находится на кафедре «Стандартизация и технология машиностроения» КазНУТУ им. К.И. Сатпаева для дальнейшего исследования.

Автор считает, что кулачково-винтовой тип пресса должен быть внедрен в существующее машиностроительное производство и широко применяться при обработке металлов давлением.

### **Оценка технико-экономической эффективности внедрения**

Полученные в диссертационной работе результаты могут принести существенный технико-экономический эффект при изготовлении прессов по разработанному технологическому процессу изготовления, так как кулачково-винтовой пресс имеет ряд преимуществ по сравнению с кривошипным прессом. Выполнен ориентировочный технико-экономический расчет эффективности, который показал ожидаемую годовую экономическую эффективность внедрения в производство новой конструкции кулачково-винтового пресса составит более 21840000 тг.

Технико-экономическая эффективность проекта состоит из новизны технических решений, а именно создания новой конструкции кулачково-винтового пресса, которая имеет ряд преимуществ по сравнению существующим аналогом. В данном случае имеем экономию материала при изготовлении пресса, в порядке 15-20%.

### **Оценка научного уровня выполненной работы в сравнении с лучшими достижениями в данной области**

Выполненный анализ литературных источников, результаты теоретических и прикладных исследований, представленных в настоящей диссертационной работе позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа соответствует современному научно-техническому уровню. Все полученные результаты имеют корреляцию с литературными сведениями, дополняют известные данные, представляют собой разработку новой конструкции кулачково-винтового пресса применяемый в обработке материалов давлением.

Научно-методический уровень представленной диссертационной работы отражает комплексность данных исследований, что подтверждается Актом внедрения результатов научно-исследовательской работы (Приложение А).

Приведенные результаты достоверны и представляют научную ценность, что подтверждено публикациями автора в международном рецензируемом журнале, в журнале, рекомендуемом ККСОН РК и обсуждением результатов на международных и зарубежных конференциях (Приложение Б).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы от 1 августа 2014 года №874.
2. Соколов, А.В. Проектирование технологических процессов кузнечно – штамповочного производства: учеб. пособие/ А.В. Соколов, А.С. Кирилянчик, А.Р. Палтиевич; под редакцией А.П. Петрова. М.: МАТИ, 2007. – 197 с.
3. Аскарлов Е.С. Механический пресс на основе кулачкового механизма с увеличенным пятном контакта/ Ерлан Аскарлов //Вестник машиностроения. - 2003. - № 12. - С. 3-8.
4. Смирягин А. П.,Смирягина Н. А., Белова А. В. Промышленные цветные металлы и сплавы. 3-е изд. — Металлургия, 1974. — С. 321. — 488 с.
5. Основы технологических процессов обработки металлов давлением: конспект лекций / С. Б. Сидельников, Р. И. Галиев, Д. Ю. Горбунов и др. — Электрон. дан. (3 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008
6. Вишницкий А. Л., Ясногородский И. З., Григорчук И. П., Электрохимическая и электромеханическая обработка металлов, Л., 1971;
7. Таловеров В.Н., Титов Ю.А. Оборудование кузнечно-прессовых цехов (Механические и гидравлические прессы. Методы исследования): Учебное пособие / Под ред. Ю.Н. Берлета. - Ульяновск: УлГТУ, 2001, - 80 с.
8. Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков; под ред. Л.И. Живова.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 560 с.; - Библиогр.: с. 555-560. – 1000 экз. – ISBN 5-7038-2804-X.
9. Залескин В. И. Оборудование кузнечно-прессовых цехов. М.: Высшая школа, 1993. 630 с.
10. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы: учеб.пособие. Свистунов В.Е. М: МГИУ, 2008.-697 с.;
11. А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочаров, Н. С. Добринский, Е. Н. Ланской, В. Ф. Прейс, И. Д. Трофимов «Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов» Издательство «Машиностроение», 1982 г.
12. Н.И. Гельперин, П.Н. Змий, Гидравлические прессы в химической промышленности / М.: Книга по Требованию, 2012. – 194 с.
13. Х. Нестле Перевод с немецкого А. К. Соловьева «Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии» Москва: Техносфера, 2007
14. Гусев А. Н., Линц В. П. Устройство и наладка холодно-штамповочного оборудования: Учебник для сред. проф.-техн. училищ. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1983. — 263 с, ил.— (Профтехобразование).
15. Барановский М.А., В помощь кузнецу штамповщику.-Издательство «Беларусь».
16. Оганян А. А. Монтаж металлорежущего и кузнечно-прессового оборудования: Учебник для техн. и проф.-техн. училищ. — М.; Высш. школа, 1980.— 285 с, ил.—(Профтехобразование. Сборочные работы. Ремонт оборудования машиностроительных предприятий).

17. Бочаров Ю.А. Винтовые прессы М.:Машиностроение, 1976. – 247 с.
18. Вукалович М.П., Новиков И.И. Термодинамика. - М.: Машиностроение, 1972. - 672 с.
19. Живов Л.И., Овчинников А.Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Винтовые прессы. Ротационные и электрофизические машины. - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев.: Вища шк. Головное изд-во, 1985. - 279 с.
20. Иванов М.Н. Детали машин. - М.: Высш. шк., 2000. - 216 с.
21. Кобелев А.Г., Троицкий В.П., Мохов А.И. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов В 2 ч. Ч. 2. Молоты. Машины специального назначения: Учеб. для вузов. - Волгоград:Изд-во ВолгГТУ, 2001. - 288 с.
22. Корнилов В.В., Синицкий В.М. Гидропривод в кузнечно-штамповочном оборудовании:Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.В. Пасечника. - М.: Машиностроение, 2002. - 224 с.
23. Машиностроение. Энциклопедия: В 40 т. Т. III-2. Технология заготовительных производств / Под ред. В.Ф. Мануйлова. - М.: Машиностроение, 1986. - 736 с.
24. Машиностроение. Энциклопедия: В 40 т. Т. IV-4. Машины и оборудование кузнечно-штамповочного и литейного производства / Под ред. Ю.А. Бочарова, И.В. Матвеевко. - М.: Машиностроение, 2005. - 926 с.
25. Мохов А.И., Кобелев А.Г., Троицкий В.П. Оборудование кузнечно-штамповочных цехов: В 2 ч. Ч. 1. Прессы: Учеб. для вузов. - Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2000. - 410 с.
26. А. Ю. Ишлинского. Новый политехнический словарь. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. — С. 671.
27. Аскарлов Е.С. Механизмы с переменными параметрами кинематической схемы, их возможности и перспективы внедрения. Монография. -Алматы, Эйкос, 2000, 70 с.
28. Жанкелді Ә.Ж. Анализ недостатков прессов с кривошипным механизмом. Труды Международных Сатпаевских чтений «Конкурентоспособность технической науки и образования», Том 1, с 360, 2016, Алматы
29. Аскарлов Е.С. Новый кулачково- винтовой механический пресс.// Вестник машиностроения, М., 2015, № 4, с.32-35.
30. Аскарлов Е.С. Патент 2627 РК , , Механический пресс Аскарлова / МПК В30В01/26: заявл. 26.07.93 : Оpubл. 15.06.98, Бюл. № 5 – 4с.
31. Zhankeldi A, Askarov E, Abilkayir Zh, Naurushev B. A new type cam-screw mechanical press. Proceedings of 16<sup>th</sup> International Scientific Conference Engineering for rural development, 2017, Jelgava, Latvia.
32. Аскарлов Е.С., Жанкелді Ә.Ж. Кулачково-винтовой пресс – силовой расчет. Вестник КазАТК №2 (101), с 66-71, г. Алматы, 2017
33. Аскарлов Е.С., Жанкелді Ә.Ж., Муртазина Б.Т. Кривошипный пресс – проблемы эксплуатации и пути их решения Вестник КазАТК №4 (99), с 48-53, г. Алматы, 2016

34. Таловеров В.Н., Титов Ю.А. Оборудование кузнечно-прессовых цехов (Механические и гидравлические прессы. Методы исследования): Учебное пособие / Под ред. Ю.Н. Берлета. - Ульяновск: УлГТУ, 2001, - 80 с.
35. Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков; под ред. Л.И. Живова.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. - 560 с.; - Библиогр.: с. 555-560. – 1000 экз. – ISBN 5-7038-2804-Х.
36. Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы: учеб.пособие. Свистунов В.Е. М: МГИУ, 2008.-697 с.;
37. Агамиров Л.В. Сопротивление материалов: Краткий курс. Для студентов вузов/ Л.В. Агамиров – М.: ООО «Издательство Астрель», ООО «Издательство АСТ», 2003 – 256 с. ISBN 5-17-016164-6 (Издательство «АСТ»), ISBN 5-271-05429-2 (Издательство «Астрель»)
38. Машиностроение: Энциклопедический справочник. Т. 8. Конструирование машин. М.: Машгиз, 1948. 344—828 с.
39. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия, М.: Машиностроение, 1974. 184 с.
40. Методические рекомендации по прочностному расчету и элементам энергетического расчета штамповочных молотов/О. Г. Власов, М. С. Коган, И. П. Гукин и др. М.: Минстанкопром, 1975. 83 с.
41. Оптнер С. А. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. М.: Советское радио, 1969. 216 с.
42. Радюченко Ю. С. Ротационное обжатие. М.: Машиностроение, 1972. 176 с.
43. Степанов В. Г., Шавров И. А. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов. Л.: Машиностроение, 1975. 275 с.
44. Таблицы и графики для расчета реакций линейных систем на импульсные возбуждения/Б. А. Глаговский, А. Г. Козачок, В. С. Пеллинец и др. Новосибирск: Наука, 1971. 237 с.
45. Штамповочное оборудование ударного действия. Ю. А. Бочаров, А. А. Бочаров, Т. Я. Недоповз и др. М.: НИИмаш, 1971. 82 с.
46. Шнейберг В. М., Акаро И. Л. Кузнечно-штамповочное производство Волжского автомобильного завода. М.: Машиностроение, 1976. 302 с.
47. Geleji A. Forge Eguipment. Boiling mills and accessories. Budapest, 1967, 400 p.
48. Impact machining. Verson all steel press company. Chicago, 1969, 389 p.
49. Moldovan V. Utiligie sectular de forja. Bucarest, 1965, 308 p.
50. Lange Kurt und H. Meyer- Nollkemper. Gesenkschmieden. Berlin, Springer, 1977
51. Фещенко В.Н. Справочник конструктора. Книга 1. Машины и механизмы: учебно-практическое пособие/ В.Н.Фещенко. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 400 с. ISBN 978-5-9729-0084-8

52. Рубикон ООО. Иллюстрированные каталоги, справочники, базы данных по металлорежущим станкам и кузнечно-прессовому оборудованию, URL: [http://stanki-katalog.ru/sprav\\_kd2126.htm](http://stanki-katalog.ru/sprav_kd2126.htm) (дата обращения 01.02.2018)
53. Максименко А. Е. Проектирование цехов листовой и объемной штамповки: учебное пособие. МГИУ РИЦ, 2008. ISBN: 978-5-2760-1456-2
54. Askarov E., Zhankeldi A., Absadykov B., Smailova G. Design features of a cam-screw press with a large effort. News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, series of geology and technical sciences, 5/431, с.192-200, 2018, Алматы, Казахстан
55. Пресс автомат. Штамповочный автомат. Кузнечно-штамповочный автомат. – URL: <http://www.mtomd.info/archives/974> (дата обращения 24.01.2018)
56. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А., Дробинский Н.С. и др. Кузнечно-штамповочное оборудование. Учебник. 2 изд. – М., Машиностроение, 1982, с.25.
57. Власов В.И., Борзыкин А.Я., Букин-Батырев И.К. и др. Кривошипные кузнечно-прессовые машины. / Под ред. В.И.Власова. - М.: Машиностроение, 1982, 424 с.
58. Ламан Н.К. Развитие техники обработки давлением с древнейших времен до наших дней. – М., Наука, 1989, 210 с.
59. Свистунов В.Е. Кузнечно- штамповочное оборудование. Кривошипные прессы. Пособие. -М. МГИУ, 2008, 680 с.
60. Е.С. Аскарлов, Ә.Ж. Жанкелді, Ж.Е. Асқар. Кулачково-винтовой пресс-автомат с нижним расположением привода. Вестник КазАТК № 1 (104), 2018
61. Аскарлов Е.С., Жанкелді Ә.Ж., Аринова Д.Б. Кулачково-винтовой механический многопозиционный пресс-автомат. X International conference for young researchers Technical Sciences and Industrial Management, Volume 29/215, Borovets, Bulgaria.
62. Е.С. Аскарлов, Ә.Ж. Жанкелді, Д.К. Курмангали, А.М. Мырзахан. Кулачково-винтовой пресс с увеличенным ходом. Вестник КазАТК №4 (103), 2017

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Акт внедрения результатов исследований

### АКТ

внедрения результатов НИР Жанкелді Ә.Ж. по теме диссертационной работы (PhD) «Исследование перспектив внедрения в производство новой конструкции кулачково-винтового пресса»

г.Алматы

« 17 » января 2019 г.

Представители Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, профессор кафедры «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения» Аскарров Е.С., докторант Жанкелді Ә.Ж. с одной стороны и главный инженер Дюсебаев И.М., главный конструктор Пушкарук А.В. со стороны ТОО «Алматинский завод Электрощит» рассмотрели материалы диссертационной работы Жанкелді Ә.Ж. выполненный на тему «Исследование перспектив внедрения в производство новой конструкции кулачково-винтового пресса». Жанкелді Ә.Ж. предоставил информацию о конструкции кулачково-винтового пресса, алгоритмы силового расчета кулачково-винтового пресса, а также конструкторскую документацию разных вариации кулачково-винтового пресса, такие как прессы с усилием 60 и 400 КН, пресс с увеличенным ходом, пресс-автомат и листогибочный пресс.

Результаты НИР могут быть использованы при проектировании и изготовлении кулачково-винтового пресса.

От КазНИТУ имени К.И.Сатпаева

Профессор  Аскарров Е.С.

Докторант  Жанкелді Ә.Ж

От ТОО «Алматинский завод Электрощит»

Главный инженер  Дюсебаев И.М.

Главный конструктор  Пушкарук А.В.





## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Список научных трудов

**СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ** докторанта Жанкелді Әділет Жанкелдіұлы специальности 6D071200 - «Машиностроение»  
**Кафедры «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения» Института промышленной инженерии имени А.Буркитбаева**

№ п/п	Наименование	Характер издания	Выходные данные	Объем в п.л.	Соавторы
1	2	3	4	5	6
	<b>Статьи в международных рецензируемых научных журналах</b>				
1	Design features of a cam-screw press with a large effort	Печатное/электронные	News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, series of geology and technical sciences, Volume 5, Number 431, p.192-200, 2018, Almaty, ISSN 2224-5278 (Print), ISSN 2518-170X (Online), (Scopus)	9	Askarov E, Absadykov B, Smailova G
	<b>Статьи в изданиях , рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и МОН РК</b>				
2	Кривошипный пресс – проблемы эксплуатации и пути их решения	Печатное	Вестник КазАТК № 4 (99), с.48-53, 2016, г. Алматы, ISSN 1609-1817	6	Аскарров Е.С., Муртазина Б.Т.
3	Кулачково-винтовой пресс – силовой расчет	Печатное	Вестник КазАТК № 2 (101), с.66-71, 2017, г. Алматы, ISSN 1609-1817	6	Аскарров Е.С.
4	Кулачково-винтовой пресс – силовой расчет	Печатное	Вестник КазАТК № 4 (103), с.78-83, 2017, г. Алматы, ISSN 1609-1817	6	Аскарров Е.С., Курмангали Д.К.,

«13» ноября 2018 г.

Докторант

Заверяю:

Главный Ученый Секретарь

Ә.Ж. Жанкелді

Д.К. Наурызбаева



						Мырзахан А.М.
5	Кулачково-винтовой пресс-автомат с нижним расположением привода	с	Печатное		Вестник КазАТК № 1 (104), с.52-57, 2018, г. Алматы, ISSN 1609-1817	6 Аскаров Е.С., Аскаров Ж.Е.
<b>Международные научно-практические конференции, Всемирные Конгрессы, Глобальные Форумы</b>						
6	Анализ недостатков прессов с кривошипным механизмом	с	Печатное		Труды Международных Сатпаевских чтений "Конкурентоспособность технической науки и образования", Том 1, с.149-152, 2016, Алматы, ISBN 978-601-228-807-0	4 -
7	Кулачково-винтовой механический многопозиционный пресс-автомат		Печатное		X International conference for young researchers Technical Sciences and Industrial Management, Volume 29/215, p.25-27, 2016, Borovets, Bulgaria, ISSN 1310-3946	3 Аскаров Е.С., Аринова Д.Б.
8	A new type cam-screw mechanical press		Печатное		Proceedings of 16 <sup>th</sup> International Scientific Conference Engineering for rural development, p.36-41, 2017, Jelgava, Latvia, ISSN 1691-5976	6 Askarov E, Zhauty A, Abilkayir Zh, Naurushev B.



«13» ноября 2018 г.

Докторант

Заверяю:

Главный Ученый Секретарь

Ә.Ж. Жанкелді

Д.К. Наурызбаева