

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ МАШИН

До захисту допущено

Завідувач кафедри

Юрій Данильченко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проєкт**

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Технології комп'ютерного

конструювання верстатів, роботів та машин»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

на тему Розробка промислового робота для обслуговування токарного верстата

Виконав студент групи

IV курсу, групи МВ-71

Савичев Антон Васильович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Керівник проєкту

к.т.н., доцент, Новік М.А.

(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

КОНСУЛЬТАНТИ:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

РЕЦЕНЗЕНТ:

к.т.н., доцент Кореньков В.М

(посада, наукова ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ - 2021 року

# **Пояснювальна записка до дипломного проекту**

на тему: Розробка промислового робота для обслуговування токарного верстата

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут**  
**ім. Ігоря Сікорського”**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра конструювання машин**

Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ перший (бакалаврський) \_\_\_\_\_

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_  
Савичев Антон Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Розробка промислового робота для обслуговування токарного верстата

керівник проекту Новік Микола Андрійович к.т.н. доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «18» травня 2021 року №1203-с

2. Термін подання студентом проекту «17» червня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту: матеріал заготовки сталь; параметри: довжина- $l=120$ мм діаметр заготовки- $D_3=30$ мм; розміщення заготовок у палеті- $35*35$  мм; діаметр поршня і штока КПП-  $D=63$  мм і  $d=36$ мм; коефіцієнт тертя-  $f=0,3$ ; модуль пружності  $E=120$ кг/см<sup>2</sup>; вага палети- 10кг; тиск живлення- $P_ж=0,6$ МПа; максимальна величина переміщення штока-  $X_{max}=435$ мм.

4. Зміст пояснювальної записки Патентний аналіз існуючих цифрових гідроприводів, Компонування РТК, Розрахунок основних статичних характеристик приводів РТК, оснащення руки робота.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Схема розміщення РТК, Схема пневмогідролічного робота, складальний кресленик циліндру поворотно-

поступальної дії, конструкція об'ємний цифровий дозатор, конструкція гідравлічного дозатора, деталювання ЦППД.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання **«16» травня 2021 року**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
	Виконання патентного пошуку та аналізу вже існуючих приводів.	16.05.21	
	Розробка схеми розташування РТК	23.05.21	
	Розрахунок основних статичних характеристик приводів РТК	30.05.21	
	Оснащення руки робота	07.06.21	

Студент \_\_\_\_\_ **Савичев А.В.** \_\_\_\_\_  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ **к.т.н. доцент Новік М.А.**

## Реферат

Структура і обсяг роботи Бакалаврський проєкт складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку використаних джерел, додатків. Робота містить 97 сторінок, 11 рисунків і 1 таблицю, список літератури 18 джерел.

Актуальність теми. Розвиток мікропроцесорної і комп'ютерної техніки обумовив створення новітніх пневматичних гідравлічних, електричних і комбінованих приводів, керування якими здійснюється в цифровому, унітарному або комбінованих кодів. Так звані цифрові, пневматичні, гідравлічні, електричні та комбіновані приводи приходять на зміну слідкуючим приводам. Цифрові приводи значно простіші за слідкуючі вони не викликають тонкої очистки робочого тіла, позиціонування вихідної ланки у них здійснюється по жорсткому механічному або гідравлічному упору, що обумовлює високу точність позиціонування і повторюваність виходу в задану точку вихідної ланки. Такі цифрові приводи не мають елементів зворотного зв'язку і дорогих дроселюючих розподільників. Але поряд з безсумнівними перевагами перед слідкуючими приводами вони мають і деякі недоліки, що обмежує область застосування таких приводів. Тому розробка і дослідження новітніх цифрових приводів є актуальною проблемою, рішення якої дасть можливість значно розширити область застосування таких приводів в якості виконавчих пристроїв промислових роботів, верстатів та інших пристроїв систем з автоматичним керуванням.

### Мета і задачі бакалаврського проєкту

Метою проєкта є створення РТК на базі токарного верстата з ЧПК і промислового робота. Основним пристроєм промислового робота є рука, до функціонування якої пред'являються обґрунтовані вимоги. Необхідно щоб конструкція руки була нескладною, щоб рука мала незначні осьові габаритні розміри, щоб вона забезпечувала високу точність позиціонування вихідної ланки, можливість як лінійного переміщення, так і поворот вихідної ланки

навколо осі штока, щоб забезпечувалась можливість інтенсивного руху і гальмування при підході до заданої точки позиціонування.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі задачі:

1. Проведений патентний пошук і аналіз існуючих багатопозиційних приводів з цифровим керуванням.
2. Розробка принципової схеми гідравлічного багатопозиційного привода руки промислового робота з цифровим керуванням.
3. Розробка конструкції руки поворотно-поступальної дії.
4. Розробка гідравлічного цифрового об'ємного дозатора
5. Розробка пневматичного цифрового привода повороту вихідної ланки(схвата)

Розробка алгоритмів і математичних моделей розрахунку оригінальних виконавчих пристроїв: виконавчого циліндра, гідравлічного цифрового дозатора, поворотного пневматичного двигуна і крокового приводу переміщення палети.

Практичне значення отриманих результатів запропонована компоновка РТК. Розроблена оригінальна конструкція цифрового приводу поворотно-поступальної дії і подана заявка на корисну модель та винахід. Матеріалами бакалаврського проекту можуть скористатися спеціалісти по розробці і експлуатації цифрових приводів, які використовуються в якості виконавчих пристроїв промислових роботів, верстатів та інших автоматичних системах.

**Ключові слова:** Цифрові приводи, промислові роботи, верстати, позиціонування, кодова комбінація керуючих сигналів, двійковий код.

## Реферат

Структура и объем работы бакалаврского проекта состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, приложений. Работа содержит 97 страниц 11 рисунков и 1 таблицу, список литературы 18 источников.

Актуальность темы. Развитие микропроцессорной и компьютерной техники обусловило создание новейших пневматических гидравлических, электрических и комбинированных приводов, управляемых в цифровом, унитарному или комбинированных кодов. Так называемые цифровые, пневматические, гидравлические, электрические и комбинированные приводы приходят на смену следящим приводам. Цифровые приводы значительно проще по следящие они не вызывают тонкой очистки рабочего тела, позиционирования выходного звена в них осуществляется по жесткому механическому или гидравлическом упора, обуславливает высокую точность позиционирования и повторяемость выхода в заданную точку выходного звена. Такие цифровые приводы не имеют элементов обратной связи и дорогих дросселирующих распределителей. Но наряду с несомненными преимуществами перед следящими приводами они имеют и некоторые недостатки, ограничивает область применения таких приводов. Поэтому разработка и исследование новых цифровых приводов является актуальной проблемой, решение которой позволит значительно расширить область применения таких приводов в качестве исполнительных устройств промышленных роботов, станков и других устройств систем с автоматическим управлением.

### Цель и задачи бакалаврского проекта

Целью Проекта является создание РТК на базе токарного станка с ЧПУ и промышленного робота. Основным устройством промышленного робота есть рука, к функционированию которой предъявляются обоснованные требования. Необходимо, чтобы конструкция руки была несложной, чтобы

рука была незначительные осевые габаритные размеры, чтобы она обеспечивала высокую точность позиционирования выходного звена, возможность как линейного перемещения, так и поворот выходного звена вокруг оси штока, чтобы обеспечивалась возможность интенсивного движения и торможения при подходе к заданной точке позиционирования.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проведенный патентный поиск и анализ существующих многопозиционных приводов с цифровым управлением.
2. Разработка принципиальной схемы гидравлического многопозиционного привода руки промышленного робота с цифровым управлением.
3. Разработка конструкции руки поворотно-поступательного действия.
4. Разработка гидравлического цифрового объемного дозатора
5. Разработка пневматического цифрового привода поворота выходного звена (схвата)

Разработка алгоритмов и математических моделей расчета оригинальных исполнительных устройств: исполнительного цилиндра, гидравлического цифрового дозатора, поворотного пневматического двигателя и шагового привода перемещения паллеты.

Практическое значение полученных результатов предложена компоновка РТК. Разработана оригинальная конструкция цифрового поворотно-поступательного действия и подана заявка на полезную модель и изобретение. Материалами бакалаврской проекта могут воспользоваться специалисты по разработке и эксплуатации цифровых приводов, используемых в качестве исполнительных устройств промышленных роботов, станков и других автоматических системах.

**Ключевые слова:** Цифровые приводы, промышленные роботы, станки, позиционирование, кодовая комбинация управляющих сигналов, двоичный код.

## **Annotation**

The structure and scope of work of the bachelor's project consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of sources used, annexes. The work contains 97 pages 11 figures and 1 table, a list of references 18 sources.

Relevance of the topic. The development of microprocessor and computer technology led to the creation of the latest pneumatic, hydraulic, electric and combined drives, controlled in digital, unitary or combined codes. The so-called digital, pneumatic, hydraulic, electric and combined drives are replacing the servo drives. Digital drives are much easier to follow, they do not cause fine cleaning of the working fluid, the positioning of the output link in them is carried out along a rigid mechanical or hydraulic stop, determines the high positioning accuracy and repeatability of reaching the specified point of the output link. Such digital actuators do not have feedback elements and expensive throttling valves. But along with the undoubted advantages over servo drives, they also have some disadvantages, limiting the scope of such drives. Therefore, the development and study of new digital drives is an urgent problem, the solution of which will significantly expand the field of application of such reasons as actuators of industrial robots, machine tools and other devices of systems with automatic control.

### **Purpose and objectives of the bachelor project**

The goal of the Project is to create an RTK based on a CNC lathe and an industrial robot. The main device of an industrial robot is a hand, the functioning of which is subject to reasonable requirements. It is necessary that the design of the hand is simple, so that the hand has small axial dimensions, so that it provides high positioning accuracy of the output link, the possibility of both linear movement and rotation of the output link around the axis of the rod, to ensure the possibility of intensive movement and braking when approaching a given positioning point.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

1. Conducted patent search and analysis of existing digital multi-position actuators.

2. Development of a conceptual diagram of a hydraulic multi-position drive of an industrial robot arm with digital control.
3. Development of the design of a rotary-translational arm.
4. Development of hydraulic digital volumetric dispenser
5. Development of a pneumatic digital drive for turning the output link (gripper)

Development of algorithms and mathematical models for calculating original executive devices: an executive cylinder, a hydraulic digital dispenser, a rotary pneumatic motor and a stepper drive for moving a pallet.

The practical significance of the results obtained is proposed by the layout of the RTK. An original design of a digital rotary-translational action has been developed and an application for a useful model and invention has been submitted. The materials of the bachelor's project can be used by specialists in the development and operation of digital drives used as actuators of industrial robots, machine tools and other automatic systems.

**Key words:** Digital drives, industrial robots, machine tools, positioning, code combination of control signals, binary cod



Розділ 4. Оснащення руки робота.....	67
4.1 Пристрій схвату .....	67
4.2 Пристрій поперечного переміщення.....	70
4.3 Оснащення руки робота пристроєм поперечного переміщення схвату. ....	74
Висновок до розділу 4 .....	75
Загальні висновки .....	76
Список використаної літератури .....	77
Додатки.....	79

					<i>МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

## Вступ

Сучасне виробництво і не тільки виробництво, а і інші галузі характеризуються широким втіленням робототехніки. Втілення робототехніки в різноманітні сфери дає можливість звільнити людину від шкідливої, важкої і монотонної роботи. Особливо важливе застосування робототехніки у верстатобудуванні. Поєднання у виробництві деталей можливостей робототехніки обумовлює як підвищення культури виробництва, так і продуктивність праці. Стримуючим фактором в оснащенні металорізальних верстатів робототехнікою є те, що застосовують верстати і роботи проектуються окремо, при цьому верстатобудівники не звертають уваги на вимоги проєктантів роботів, а проєктанти роботів не звертають уваги на вимоги верстатобудівників. Таке неузгодження часто призводить до того що є роботи і є верстат, але немає можливості об'єднати їх функціональні можливості. Стримуючим фактором в оснащенні металообробки робототехнікою є те, що традиційні приводи не забезпечують задані технічні характеристики і функціональні можливості обладнання. Розвиток мікропроцесорної техніки обумовлює створення різноманітних, новітніх електричних, гідравлічних, пневматичних і комбінованих приводів. У такого привода інформація у вигляді цифрового, унітарного і комбінованого кодів перетворюються в задане зусилля, швидкість, прискорення, переміщення, точність при цьому всіма цими технічними характеристиками можна кодувати в процесі роботи.

В бакалаврському проєкті на тему «Розробка промислового робота для обслуговування токарного верстата» розглянута можливість обслуговування процесу обробки деталі роботом.

В процесі створення робота вирішуються наступні задачі:

1. Проведений патентний пошук і аналіз існуючих багатопозиційних приводів з цифровим керуванням.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

2. Розробка принципової схеми гідравлічного багатопозиційного привода руки промислового робота з цифровим керуванням.
3. Розробка конструкції руки поворотно-поступальної дії.
4. Розробка гідравлічного цифрового об'ємного дозатора
5. Розробка пневматичного цифрового привода вихідної ланки(схвата)
6. Розробка алгоритмів і математичних моделей розрахунку оригінальних виконавчих пристроїв: виконавчого циліндра, гідравлічного цифрового дозатора, поворотного пневматичного двигуна і крокового приводу переміщення палети.

					<i>МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14





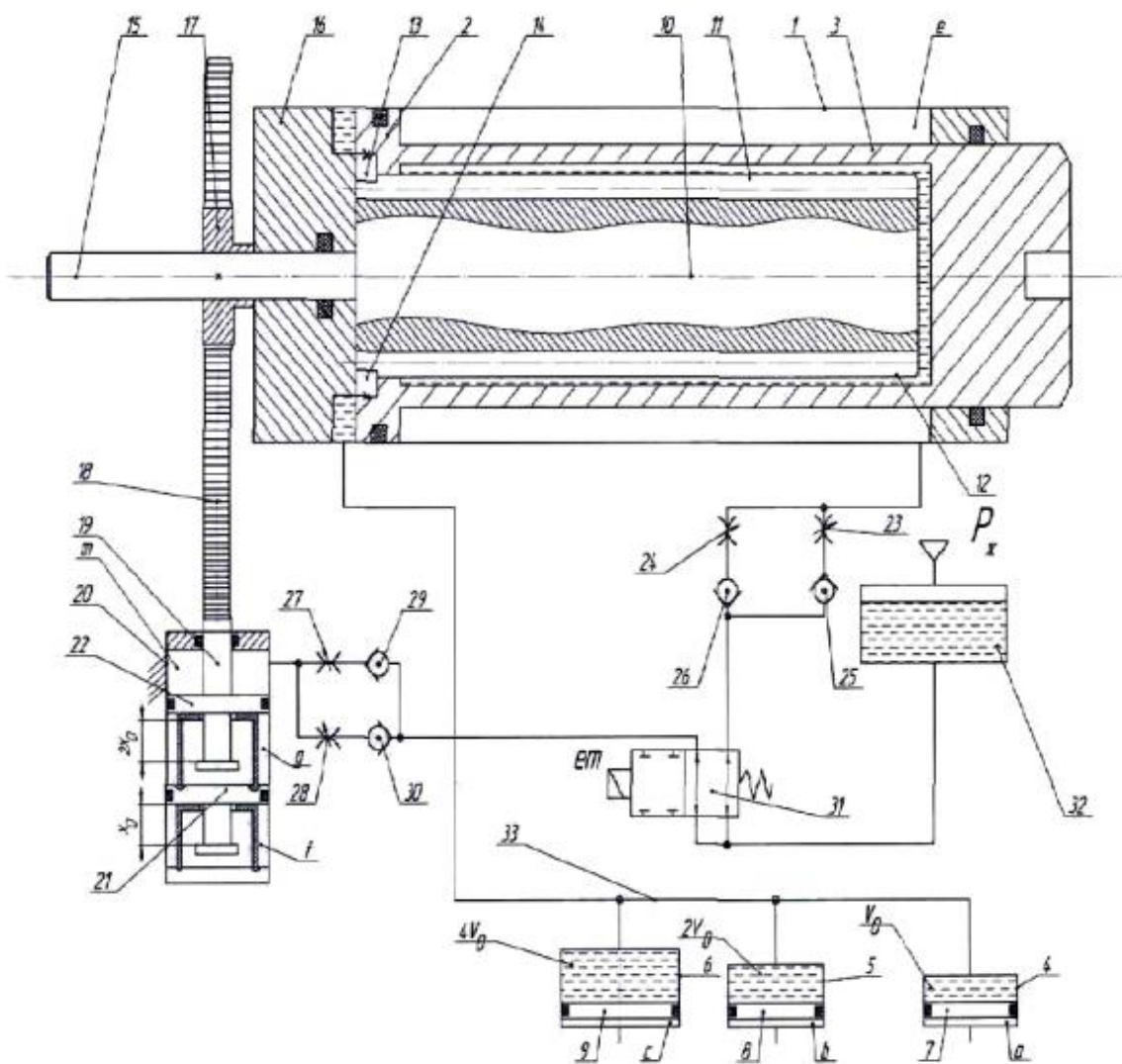
переміщення. На задній кришці встановлений кроковий двигун вихідний вал якого кріпиться до додаткового валу через зубчасту передачу. При чому додатковий вал розміщений геометрично з можливістю повороту в осьових розточках задньої кришки та поршнів молодших розрядів.

Другий шліцевий кінець вала, довжина якого більша за загальний рух розрядного поршня, розміщений у осьовому отворі верхнього напірного поршня та вихідного штока і рухомо з'єднаний із шліцевою втулкою, а шліцева гільза закріплена в осьовому отворі поршня старшого розряду.

Недоліком цього пристрою є те, що він забезпечує лише лінійне переміщення вихідного штока, що обмежує спектр застосувань цього приводу.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

**1.3 Цифровий привод поворотно-поступальної дії(Патент України №124672 МПК F15B 9/03, Бюл. №8, 2018р.)**



*Рис. 1.2 принципова схема цифрового приводу поворотно-поступальної дії.*

Цифровий поршневий привід поворотно поступальної дії включає поршневий циліндр. Поршень і вихідний шток розміщені в поршневому циліндрі для утворення порожнин поршня і штока. Шток спарений кінематично з вихідною ланкою крокового двигуна. В свою чергу КД відрізняється тим, що КД повороту вихідного штока представлений у даному випадку як послідовно розташовані поршні що утворюють штокові і розрядні порожнини, в свою чергу порожнина поршня сполучена з вихідним каналом дозаторів за допомогою каналу

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

живлення. Штокові порожнини циліндрів поступального та поворотного рухів спряжені за допомогою зворотно орієнтованих та паралельно ввімкнених дроселюючих елементів із клапанами зворотної дії з вихідним каналом двопозиційного чотирилінійного гідравлічного розподільника, в свою чергу вихідні канали якого спряжені із вихідним каналом пневмогідравлічного акумулятора.

Недоліком даного приводу є те що у таких приводах відсутня можливість здійснювати інтенсивне гальмування при підході вихідного штока до заданої позиції. Хоча і на тлі цих недоліків є вагомі переваги вони полягають в простоті конструкції даного приводу, а також унеможливлення «викидів і проковзувань».

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



розміщений з проміжною втулкою, а на його кінці є вихідний фланець з направляючим пристроєм, який може рухатися в осьовому напрямку. У отворі (з прорізом на торцевому вихідному валу) зовнішня циліндрична поверхня проміжної втулки має різьбу, вкручену в різьбу на кінці вихідного стрижня, і відкривається поздовжній паз (шпоночний паз) на внутрішній циліндричній поверхні, яку можна переміщати і відкривати на зовнішній поверхні Осьове зчеплення прорізів. Кінцева поверхня приводного вала, вал, який виходить із задньої кришки і з'єднаний з вихідним валом крокового двигуна. Кінець вихідного штока оснащений напрямною, яку можна переміщати в осьовому напрямку і розміщений у отворі (прорізі) передньої кришки.

Недоліком даного пристрою є складність конструкції. Також те, що на ньому встановлено два види приводів: гідравлічний та електричний кроковий, що значно збільшує вірогідність виникнення «викидів» та «проковзувань»

### **Висновки до розділу 1**

Загальним недоліком розглянутих цифрових приводів, по патентам №66811, №124672, №128599 є те, що у них при перемиканні розрядних камер в русі вихідного штока, можуть виникати незапрограмовані так звані «викиди», «провали». У таких приводах відсутня можливість здійснювати інтенсивне гальмування при підході вихідного штока до заданої позиції. Крім того приводи по патентам №66811 і №128599 мають складну конструкцію виконавчого циліндра. Все це значно обмежує область застосування таких багатопозиційних приводів поворотно-поступальної дії в якості приводів рук промислових роботів, верстатів і в інших пристроях з автоматичним, керуванням.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21





заготовки в патроні захват відводиться в зону лотка і вмикається верстат на обробку. Після закінчення обробки деталі(заготовки) цикл повторюється. Після обробки заготовок в ряду 1-1 палети 9 переміщується вперед(за кресленням) на крок, тобто в позицію завантаження переміщуються заготовки розміщені в ряду 2-2. Переміщення палети на крок X1 здійснюється таким чином подається напруга на електромагніт ем2, при цьому розподільник Р2 перемикається ліворуч і тиск живлення від нього поступає в камеру 23 циліндра. Під дією тиску в камері 23 упор 21 переміщується ліворуч при цьому зубець 26 (правий) звільняється від упору 21, а лівий зубець 27 під дією тиску в камері 13 рейка 15 рухається вперед і зубець 27 упирається в упор 21. Таким чином палета переміщується на крок X1 вперед. Після цього іде вилучення заготовки 8 із ряду 2-2. Після закінчення заготовок в ряді 2-2 подається команда на переміщення палети на наступний крок. При цьому стає нерухомим ем2 розподільника Р2, який перемикається праворуч і камера 23 з'єднується з атмосферою. Під дією тиску в камері 24 упор 21 переміщується праворуч і рейка 15 з палетою 9 переміщується вперед на крок X1 і так далі. Після закінчення всіх заготовок на палеті 9 тиск живлення підводиться до камери 14 циліндра 10, а камера 13 з'єднується з атмосферою. В цей час подається напруга на ем1 розподільника Р1, який перемикається і камера 22 з'єднується з атмосферою. Під дією тиску в камері 24 упор 21 переміщується праворуч, тобто упор 21 виходить за межі зубців рейки 15. Під дією тиску в камері 14 поршень 11 зі штоком 12 зубчастою рейкою 15 і палетою 9 повертається у вихідне положення. Після чого палету або замінюють, або завантажують заготовками.

В цьому проекті робот має тільки одну руку і 1 захват. У наступній роботі буде розглядатися дворукий робот, що суттєво підвищить продуктивність РТК.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.2 Схема пневмогідравлічного робота МАН.

В розділі 2.1 розглянуто схему розміщення РТК і послідовність виконання циклограми при обробці деталі. В цьому розділі представлення принципова схема пневмогідравлічного робота МАН. Такий робот забезпечує виконання заданої циклограми обслуговування токарного верстата, тобто забезпечується автоматична робота без участі людини.

На рис.2.2 , представлена принципова схема пневмогідравлічного робота МАН.

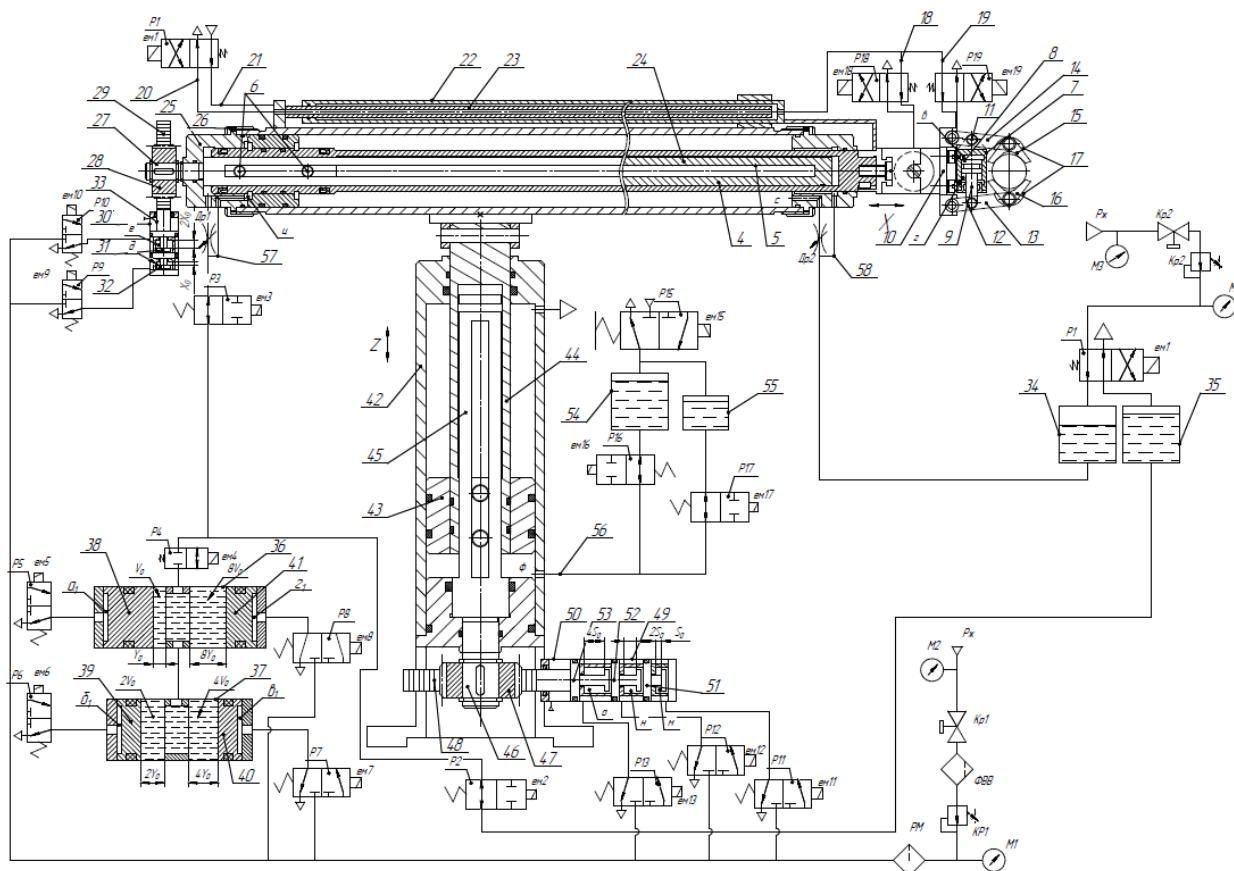


Рис.2.2 принципова схема пневмогідравлічного робота МАН

Структура пневмогідравлічного робота МАН (ПГР) містить привод руки, який виконаний у вигляді цифрового приводу поворотно-поступальної дії, гідравлічного цифрового об'ємного дозатора(ЦОД), привод повороту колони, який теж виконаний у вигляді цифрового приводу поворотно-поступальної дії, захватного пристрою(кисті) гідроємкості (акумулятори) і контрольно регулюючу апаратуру.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

Лист

25

Привод руки виконаний у вигляді виконавчого циліндра 1, в якому розміщені з утворенням камери  $a$  і  $b$  поршень 2 і вихідний шток 3. В розточці штока розміщений хвостовик 24 в якому виконані 2 поздовжні шпоночні пази 4 і 5, які спряжені рухомо зі шпонкою 6, яка закріплена в поршні 2. До штока 3 прикріплений захватний пристрій, який складається пневмоциліндра 7, в якому розміщені з утворенням пневматичних камер  $v$  і  $z$  поршень 8 зі штоком 9, на якому закріплений конус 10. Конус 10 взаємодіє з роликками 11 і 12, встановлені на важелях 13 і 14 з губками 15 і 16 і пружиною 17. Тиск живлення до камер  $v$  і  $z$  підводиться по каналам 18 і 19. До каналів 18 і 19 тиск живлення подається від розподільника Р1 по каналам 20 і 21. Вихідний шток 3 від повороту утримують напрямними 22 і 23 (напрямна 23 на рисунку не показана) Хвостовик 24 від осьового зміщення закріплений кришкою 25 і шайбою 26 на валу 27 хвостовика 24 закріплена шестерня 28, яка зчіплюється з зубчастою рейкою 29. Зубчаста рейка 29 приводиться в рух від цифрового двигуна, який виконаний в вигляді циліндра 30, в якому розміщені розрядні поршні 31, 32 з ходами  $X_0$  і  $2X_0$ , які утворюють розрядні камери  $d$  і  $e$  і камеру зворотного руху  $ж$  в циліндрі 30. Тиск живлення до поршневої камери 3 циліндра 22 підводиться через дросель Д1 і канал 34 від гідроємкості 35 через розподільники Р2, Р3 і через розподільник Р4 від гідравлічного об'ємного дозатора. Гідравлічний об'ємний цифровий дозатор складається з циліндрів 36 і 37, в яких розміщені розрядні поршні 38, 39, 40 і 41, які утворюють розрядні камери  $a_1, b_1, v_1, z_1$  і гідравлічні камери об'ємами:  $V_0, 2V_0, 4V_0$ , і  $8V_0$ . Тиск живлення до розрядних камер  $a_1, b_1, v_1$  і  $z_1$ , підводяться через розподільники Р5 Р6 Р7 і Р8. Тиск живлення до камер  $d$  і  $e$  підводиться від розподільників Р9 і Р10.

Привод повороту і підйому руки робота виконаний у вигляді циліндра 42, в якому розміщений поршень 43 зі штоком 44, який прикріплений до циліндра 1. В осьовій розточці штока розміщений шліцевий хвостовик 45, який спряжений зі шліцами, виконаними в поршні 43. Вихідний кінець 46 хвостовика 45 через шестерню 47 і зубчасту рейку 48 приводиться в рух від

						МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			26

цифрового двигуна, який виконаний у вигляді циліндрів 49 і 50. В циліндрі розміщені розрядні поршня 51, 52 і 53, які мають переміщення  $S_0$ ,  $2S_0$  і  $4S_0$  і утворюють розрядні камери  $m$ ,  $h$ ,  $o$ , і камеру зворотного руху  $n$ . Тиск живлення до розрядних камер  $m$ ,  $h$ ,  $o$ , підводиться від розподільників P11, P12, і P13. Тиск живлення до розподільників P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12 і P13 підводиться від блока підготовки повітря, який складається з крана Kp1, ФВВ(фільтр вологовідокремлювач, редукційний клапан KP1 і масло розпилювач РМ. Тиск живлення до гідроємкостей 35 і 34 підводиться від джерела живлення через кран Kp2, редукційний клапан Kp2 і розподільник P14.

До камери  $c$  циліндра 1 тиск живлення підводиться від гідроємкостей 54 через дросель Др2. Тиск живлення до камери  $\phi$  циліндра 42 підводиться від розподільника P15 через гідроємкості 55, 56 і розподільники P16 і P17.

Принцип дії робота полягає в наступному. У вихідному положенні всі електромагніти ем1-ем17 знеструмлені. При цьому губки 15 і 16 захвата розведені(розтиснуті) під дією зусилля пружини 17. Шток 3 циліндра 1 задвинутий, шток 44 циліндра 42 знаходиться в нижньому положенні. При подачі напруги на електромагніт ем4 розподільник P14 перемикається ліворуч і рідина під тиском із гідроємкості 35 через розподільники P2, P3, дросель Др1 і канал 58 поступає в камеру  $\psi$  циліндра 1, а камера  $c$  через дросель 2 канал 59 з'єднаний з гідрокамерою циліндра 34. Під дією тиску в гідроємкості 35 рідина поступає в камеру  $\psi$  циліндра 1 і поршень 2 зі штоком 3 рухаються праворуч з високою швидкістю, при цьому рідина із камери  $c$  витісняється через дросель Др2 і канал 59 в гідроємкість 34. В кінці переміщення виток рідини із камери  $c$  через канал 59 перекривається, витісняється рідина тільки через дросель Др2, яким регулюється швидкість гальмування штока 3 в кінці руху. Після переміщення схвата в кінцеве положення подається команда на ем1 розподільника P1, який перемикається і тиск живлення передається в камеру 8. Під дією цього тиску поршень 8 з конусом 10 рухаються вперед і деталь затискується між губками 15 і 16. Після затиску деталі в губках 15, 16

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





## 2.3 Принципова схема цифрового приводу поворотно-поступальної дії руки робота.

На рис.2.3 показана принципова схема приводу поворотно-поступальної дії руки робота.

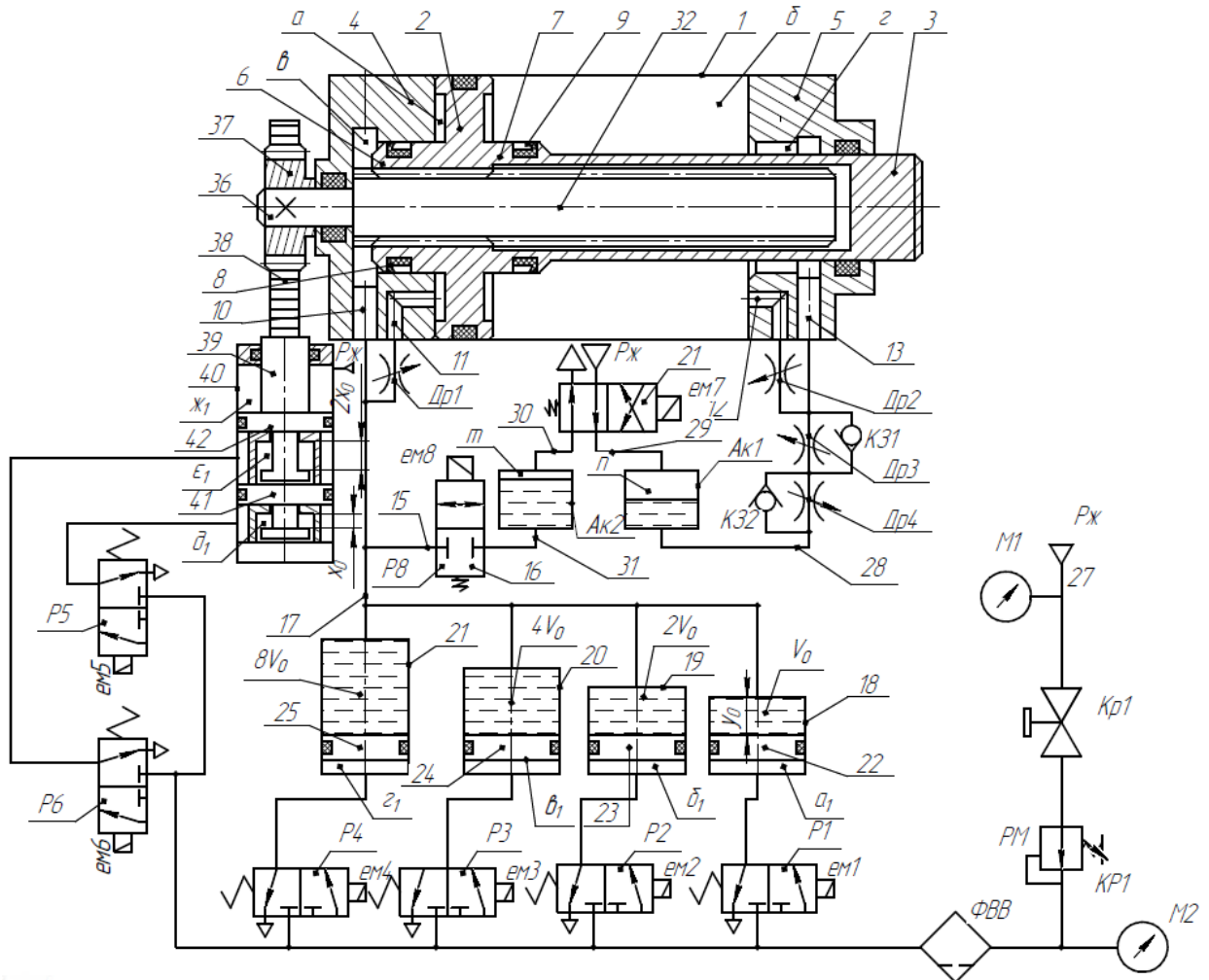


Рис.2.3 принципова схема приводу поворотно-поступальної дії руки робота.

Цифровий привод поворотно-поступальної дії (ЦППД) руки робота (РР) призначений для перетворення інформації двійкового коду в поступальне і обертове переміщення вихідного штока.

Цифровий привод поворотно-поступальної дії складається із виконавчого циліндра 1, в якому розміщений поршень 2 з вихідним штоком 3. До торців циліндра 1 прикріплені задня кришка 4 і передня кришка 5. З двох сторін на торцевих поверхнях поршня 2 виконані додаткові поршні 6 і 7, в яких розміщені манжетні ущільнення 8 і 9. Додаткові поршні 6, 7, поршень 2, шток

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

3, задня кришка 4 і передня 5 утворюють поршневу камеру  $a$ , штокову  $b$  і додаткові гальмівні камери  $v$  і  $z$ . В задній кришці 4 виконані канали 10 і 11, а в передній кришці 5 виконані канали 12 і 13. Канал 10 безпосередньо, а канал 11 через регульований гальмівний дросель 14 з'єднані з вихідним каналом 15 двопозиційного дволінійного гідравлічного запираючого розподільника 16 і вихідним каналом 17 гідравлічного розподільника 16 і вихідним каналом 17 гідравлічного об'ємного цифрового дозатора. Цифровий об'ємний гідравлічний дозатор виконаний у вигляді циліндрів 18, 19, 20 і 21, в яких розміщені розрядні поршні 22, 23, 24 і 25. Розрядні поршні 22, 23, 24 і 25, які розміщені в циліндрах 18, 19, 20 і 21 утворюють гідравлічні камери з об'ємами рідини  $V_0, 2V_0, 4V_0, 8V_0$  і розрядні пневматичні камери  $a_1, b_1, v_1$  і  $z_1$ . Розрядні пневматичні камери  $a_1, b_1, v_1$  і  $z_1$  з'єднані відповідно з вихідними каналами розрядних пневматичних розподільників P1, P2, P3, P4, тиск живлення до яких підводиться по каналу 26 від блока підготовки повітря. Блок підготовки повітря складається з редукційного клапана РК, фільтра волого-відокремлювача ФВВ. Тиск живлення до редукційного (компресора) через кран Кр. Налаштовується пневматичний тиск живлення в пневмосистемі редукційним клапаном РК по манометрам M1 та M2.

Канали 12 і 13 через гальмуючий дросель Др2, регульовані дроселем Др3, Др4, зворотні клапани К31 і К32 з'єднані каналом 28 з гідравлічною камерою пневмогідравлічного акумулятора Ак1. Тиск живлення до акумулятора Ак1 і до акумулятора Ак2 підводиться від пневматичного двопозиційного чотирилінійного розподільника P6, вихідні канали 29 і 30 якого з'єднані відповідно з пневматичними камерами  $n$  і  $t$  акумуляторів Ак1 і Ак2 гідравлічна камера акумулятора Ак2 з'єднана каналом 31 вхідним каналом розподільника P5.

В осьовій циліндричній розточці поршня 2 зі штоком 3 концентрично розміщений шліцевий вал 32, хвостовик 36 якого через шестірню 37, зубчасту рейку 38 сполучений зі штоком 39 цифрового дворозрядного пневматичного двигуна. Цифровий дворозрядний пневматичний двигун виконаний у вигляді

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

циліндра 40, в якому послідовно розміщені розрядні поршні 41 і 42 з утворенням розрядних пневматичних камер  $d_1$  і  $e_1$  і ходами  $X_0$  і  $2X_0$ . Тиск живлення розрядних камер  $d_1$  і  $e_1$  підводиться від розподільників P5 і P6. До камери  $ж_1$  постійно підводиться тиск живлення  $P_{ж}$ . Шліцевий вал 32 рухомо в осьовому напрямку спряжений зі шліцями, виконаними в поршні 2.

Принцип дії цифрового приводу поворотно-поступальної дії полягає в наступному. У вихідному положенні електромагніти ем1, ем2, ем3, ем4, ем5, ем6, ем7 і ем8 розподільників P1 ... P8 знеструмлені. При цьому тиск живлення підводиться до камери б циліндра 1 і до камери  $ж_1$  циліндра 40. Розрядні камери  $a_1, b_1, c_1$  і  $d_1$  гідравлічного об'ємного дозатора з'єднані з атмосферою, що відповідає кодовій комбінації керуючих сигналів 0000, Розрядні камери  $d_1$  і  $e_1$  пневматичного цифрового приводу повороту теж з'єднані з атмосферою. При цьому розрядні поршні об'ємного дозатора 22, 23, 24 і 25 займають нижнє(за кресленням) вихідне положення. Гідравлічні камери об'ємного дозатора заповнені рідиною. Пневмогідравлічні акумулятори Ак1 і Ак2 теж заповнені необхідним об'ємом рідини.

Цифровий привод поворотно-поступальної дії може працювати в наступних режимах: в режимі В1, В2, В3 і В4. Робота приводу в режимі В1 доцільна у випадках, коли вихідний шток 3 мусить переміщуватися на максимальну величину, тобто як пневмоциліндр двосторонньої дії. В режимі В2 привод працює як цифровий, тобто величина переміщення вихідного штока 3 визначається опрацьованою комбінацією керуючих сигналів, які подаються у вигляді напруги на електромагніти ем1, ем2, ем3 і ем4 розподільників P1, P2, P3 і P4. В режимі В3 привод працює як поворотний, при цьому кут повороту вихідного штока 3 визначається опрацьованою комбінацією керуючих сигналів, що подаються у вигляді напруги на електромагніти ем5 і ем6 розподільників P5 і P6. Режим В4 характеризується, як поступальне переміщення вихідного штока 3, так і його поворот навколо осі.

Розглянемо роботу приводу в режимі В1. У вихідному положенні електромагніт ем7 знеструмлений, при цьому тиск живлення  $P_{ж}$  через

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ					

розподільник Р7 поступає в пневматичну камеру п акумулятора Ак1 під діє цього тиску рідина із акумулятора Ак1 через послідовно увімкнені дросель Др4, зворотний клапан К31 поступає в камери б і г циліндра 1. Під дією тиску в камері б поршень 2 з вихідним штоком 3 знаходиться в крайньому лівому положенні(у вихідному положенні). При одночасній подачі напруги на ем7 і ем8 розподільники Р7 і Р8 перемикаються, при цьому рідина під тиском із акумулятора Ак2 через запираючий розподільник Р8 і дросель Др1 поступає в камери а і б циліндра 1, а камери б і г через дроселі Др2, Др3 і зворотний клапан К32 з'єднуються з гідравлічною камерою акумулятора Ак1. Під дією тиску в камерах а і б поршень 2 з вихідним штоком 3 рухаються праворуч на великій швидкості яка регулюється дроселем Др3. При входженні поршня 7 в камеру 2 рідина із камери б витісняється через гальмівний дросель Др2, яким регулюється швидкість гальмування вихідного штока в кінці руху. Зворотний рух вихідного штока 3 здійснюється при перемиканні розподільника Р7, тобто при знеструмленні електромагніту ем7. При цьому тиск живлення Р<sub>ж</sub> через розподільник Р7 акумулятор Ак1, дросель Др4 зворотний клапан К31 і дросель Др2 поступає в камери б і г циліндра 1. Під дією цього тиску поршень 2 з вихідним штоком 3 на великій швидкості рухаються ліворуч. При цьому рідина із камер а і б витісняється через розподільник Р8 в акумулятор Ак2. Швидкість руху штока ліворуч регулюється дроселем Др4. В кінці переміщення штока 3 ліворуч поршень б входить в камеру в і рідина із камери а витісняється через гальмівний дросель Др1 яким регулюється швидкість руху штока 3 в кінці ходу. Таким чином в режимі В1 забезпечується швидкий рух вихідного штока як праворуч так і ліворуч і надійне гальмування в кінці ходу.

Розглянемо роботу ЦПППД в режимі В2. Робота привода в режимі В2 характеризується тим. Що величина переміщення вихідного штока визначається опрацьованою комбінацією керуючих сигналів гідравлічним об'ємним цифровим дозатором, при цьому величина переміщення вихідного штока 3 може визначатися як таблично, так і аналітично.

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

Табличний спосіб визначення величини переміщення вихідного штока в залежності від опрацювання кодової комбінації керуючих сигналів.

№ n/n	ем4	ем3	ем2	ем1	$X_3 = \frac{D_d^2}{D_c^2}, Y_0 = k \cdot y_0$
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	$k \cdot y_0$
2	0	0	1	0	$2 k \cdot y_0$
3	0	0	1	1	$3 k \cdot y_0$
4	0	1	0	0	$4 k \cdot y_0$
5	0	1	0	1	$5 k \cdot y_0$
6	0	1	1	0	$6 k \cdot y_0$
7	0	1	1	1	$7 k \cdot y_0$
8	1	0	0	0	$8 k \cdot y_0$
9	1	0	0	1	$9 k \cdot y_0$
10	1	0	1	0	$10 k \cdot y_0$
11	1	0	1	1	$11 k \cdot y_0$
12	1	1	0	0	$12 k \cdot y_0$
13	1	1	0	1	$13 k \cdot y_0$
14	1	1	1	0	$14 k \cdot y_0$
15	1	1	1	1	$15 k \cdot y_0$

де  $D_d$  – діаметр дозатора;  $D_c$  – діаметр циліндра; ем-електромагніт; «1» - електромагніт увімкнений; «0» - електромагніт вимкнений;  $y_0$  – переміщення поршня молодшого розряду дозатора.

Аналітично переміщення вихідного штока 3 приводу визначається по залежності

$$X_3 = \frac{D_d^2}{D_c^2} \cdot y_0 \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot 2^{i-1},$$

Де  $b_i$  – значуща цифра, яка приймає значення – «1» коли до  $i$ -тої камери підводиться тиск живлення і значення – «0», коли  $i$ -та камера з'єднана з атмосферою;  $i$  – порядковий номер камери(розрядного поршня).

Величина переміщення  $i$ -го розрядного поршня визначається по формулі геометричної прогресії:

$$y_i = y_0 \cdot 2^{i-1},$$

де  $y_0$  – дискретність об'ємного гідродозатора;

$i$  – порядковий номер розрядного поршня.

Число доз об'ємного гідродозатора

$$N_d = 2^{n_d}$$

де  $n_d$  – число розрядів дозатора.

Максимальний об'єм рідини дозатора

$$V_{max} = V_0 \cdot (2^{n_d} - 1)$$

де  $V_0$  – об'єм рідини дозатора молодшого розряду.

Об'єм рідини дозатора в залежності від опрацювання кодової комбінації керуючих сигналів

$$V = V_0 \cdot \sum_{i=1}^{n_d} b_i \cdot 2^{i-1}$$

Приклади визначення об'єму рідини дозатора, що витісняється при опрацюванні кодової комбінації керуючих сигналів 0101 об'єм рідини визначається по формулі

$$\begin{aligned} V &= V_0 \cdot \sum_{i=1}^{n_d} b_i \cdot 2^{i-1} = V_0(1 \cdot 2^{1-1} + 0 \cdot 2^{2-1} + 1 \cdot 2^{3-1} + 0 \cdot 2^{4-1}) = \\ &= V_0(1 + 4) = 5V_0 \end{aligned}$$

При опрацюванні кодової комбінації керуючих сигналів 1110 об'єм рідини дорівнює

$$\begin{aligned} V &= V_0 \cdot \sum_{i=1}^{n_d} b_i \cdot 2^{i-1} = V_0(0 \cdot 2^{1-1} + 1 \cdot 2^{2-1} + 1 \cdot 2^{3-1} + 1 \cdot 2^{4-1}) = \\ &= V_0(0 + 2 + 4 + 8) = 5V_0 \end{aligned}$$

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



$$= \frac{D_d^2}{D_{ц}^2} \cdot y_0(1 + 2 - 4 - 8) = -9 \frac{D_d^2}{D_{ц}^2} \cdot y_0$$

Тобто вихідний шток від переднього положення переміститься ліворуч на величину

$$X = -9 \frac{D_d^2}{D_{ц}^2} \cdot y_0$$

При опрацюванні керуючих сигналів в режимі В2 гальмування вихідного штока відбувається тільки тоді коли вихідний шток повертається у вихідне ліве крайнє положення. Демпфування вихідного штока 3 при його переміщенні праворуч відбувається за рахунок присутності тиску  $P_{ж}$  в камері б циліндра 1.

Розглянемо роботу привода в режимі ІЗ, тобто коли здійснюється поворот вихідного штока 3. Поворот вихідного штока 3 здійснюється від дворозрядного цифрового двигуна, який складається з циліндра 40, в якому розміщені з утворенням розрядних камер  $\partial_i$  і  $\epsilon_i$  розрядні поршні 41 і 42 з ходами  $X_0$  і  $2X_0$ . Кут повороту вихідного штока 3 визначається опрацюванням цифровим двигуном кодової комбінації керуючих сигналів визначається по формулі:

$$\varphi = \frac{360^\circ \cdot X_0}{\pi \cdot m \cdot Z} \cdot \sum_{i=1}^n b_i \cdot 2^{i-1}$$

де  $n$  – число розрядів цифрового двигуна,  $m$  – модуль зубчастого зачеплення;  $Z$  – число зубців шестерні 37.

Мінімальний кут повороту вихідного штока 3

$$\varphi_{min} = \frac{360^\circ \cdot X_0}{\pi \cdot m \cdot Z}$$

Максимальний кут повороту

$$\varphi_{max} = \varphi_{min} (2^n - 1)$$

де  $n$  – число розрядів цифрового двигуна.

Число позицій

$$N_n = 2^n$$

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Робота привода в режимі В4 полягає в наступному, комбінації керуючих сигналів одночасно можуть подаватися як на поворот, так і на поступальне переміщення вихідного штока 3, що розширює функціональні можливості привода.

В процесі роботи ЦППД автоматично здійснюється долив втраченої рідини із об'ємного дозатора. Долив рідини в дозатора здійснюється коли привод працює в режимі В1, тобто коли подана напруга на електромагніти ем7 розподільника Р7 і ем8 розподільника Р8. При цьому розподільники Р7 і Р8 перемикаються і рідина під тиском з акумулятора Ак2 через розподільник Р8 поступає як в камери *a* і *b* циліндра 1, так і в гідравлічні об'ємні дозатори. Під дією цього тиску всі розрядні поршні 22, 23, 24 і 25 переміщуються вниз до упору в кришки. Об'єм рідини акумулятора Ак2 мусить бути більшим за об'єм камери *b* і *г* циліндра 1.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38



закріплені штифти 19 і 20 з пружинними кільцями 21. У хвостовику 8 виконаний поздовжній паз 22, який рухомо в осьовому напрямку спряжений зі штифтами 19 і 20. На правому кінці хвостовика 8 встановлена розрізна текстолитова втулка 23. В передній кришці 6 і в задній кришці 7 відповідно виконані канали 24 і 25.

Принцип дії ЦППД полягає в наступному. У вихідному положенні тиск живлення підводиться через різьбові канали  $K1/8''$  і  $K1/4''$  до штокової камери *b*, а поршнева камера *a* через різьбові канали  $K1/8''$  і  $K1/4''$  з'єднана з атмосферою(зливом). При цьому вихідний шток 3 займає ліве вихідне положення. При подачі тиску живлення через різьбові канали  $K1/8''$  і  $K1/4''$  в поршневу камеру *a* і з'єднанні камери *b* з атмосферою(зливом) поршень 2 з вихідним штоком 3 на великій швидкості рухаються праворуч (за кресленням). В кінці переміщення праворуч буртик 14 входить в кільцеву проточку *c* і перекриває вихід повітря(рідина) в атмосферу (на злив) через канал  $1/4''$ . Повітря(рідина) із штокової камери *b* може витіснятися через канал 24 і різьбовий канал  $1/8''$ , який сполучений з вихідним каналом гальмівного дроселя(на рисунку гальмівний дросель не показаний), яким регулюється швидкість гальмування вихідного штока 3 в кінці переміщення праворуч. При подачі тиску живлення в камеру *b* і з'єднанні камери *a* зі зливом (атмосферою) вихідний шток 3 з поршнем 2 на високій швидкості рухається ліворуч(за кресленням).

При входженні буртика 15 в камеру *a* повітря(рідина) із поршневої камери *d* може витіснятися в атмосферу(на злив) через канал 25 і різьбовий канал  $K1/8''$ , який з'єднаний з вихідним каналом гальмівного дроселя(на рисунку не показаний), яким регулюється швидкість гальмування в кінці переміщення вихідного штока 3 праворуч. Таким чином в циліндрі поворотно-поступальної дії забезпечується швидкий рух і гальмування як ліворуч, так і праворуч.

При передачі крутного моменту на вал 9, наприклад від електричного крокового двигуна, або від цифрового двигуна вихідний шток 3 теж буде

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ				

обертатися. При цьому обертання вихідного штока 3 може здійснюватися як з одночасним його переміщення в осьовому напрямку, так і при відсутності осьового руху.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

## 2.5 Чотирирозрядний пневмогідравлічний об'ємний цифровий дозатор

Чотирирозрядний пневмогідравлічний об'ємний дозатор (ЧРПГОД) призначений для перетворення двійкової інформації в об'ємне дозування рідини.

На рис. 2.5, представлена конструкція чотирирозрядного пневмогідравлічного об'ємного цифрового дозатора.

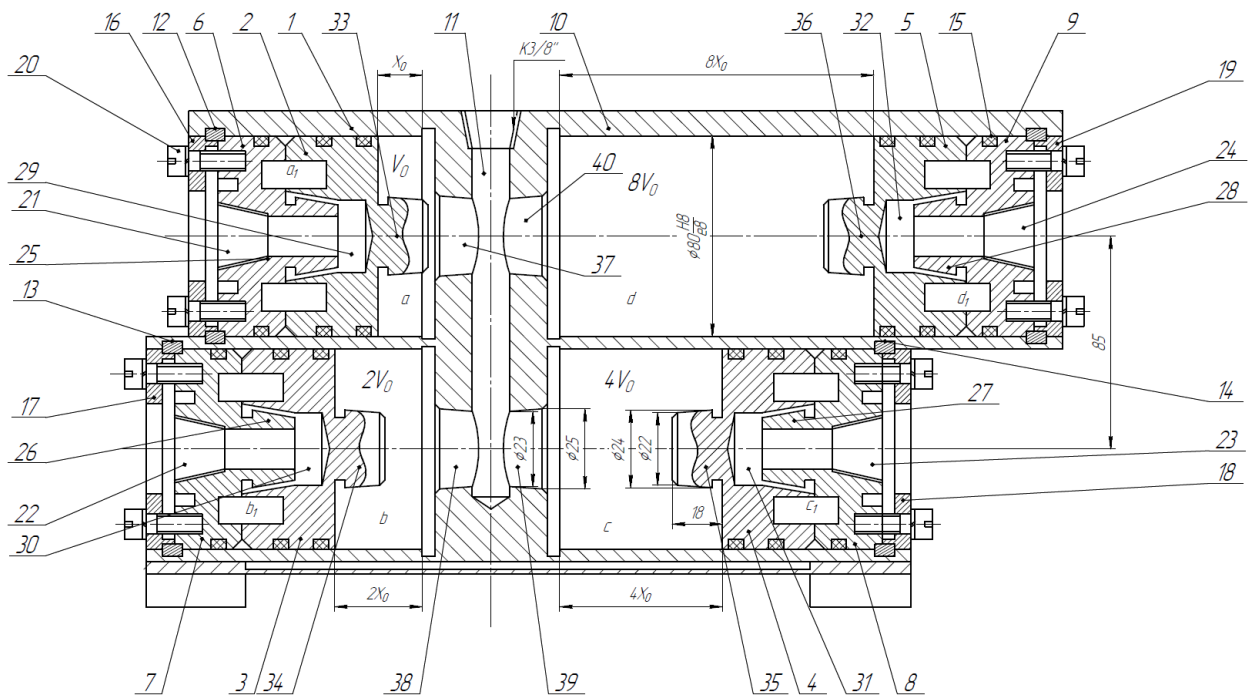


Рис.2.5 Чотирирозрядний пневмогідравлічний об'ємний цифровий дозатор.

Чотирирозрядний пневмогідравлічний об'ємний цифровий дозатор (ЧРПГОД) містить корпус 1, в циліндричних розточках якого розміщені рухомо в осьовому напрямку розрядні поршні 2, 3, 4 і 5 з величинами переміщення  $X_0$ ,  $2X_0$ ,  $4X_0$ ,  $8X_0$  із утворенням герметичних гідравлічних камер об'ємами  $V_0$ ,  $2V_0$ ,  $4V_0$ ,  $8V_0$ . Торцеві кришки 6, 7, 8 і 9 з розрядними поршнями 2, 3, 4 і 5 утворюють розрядні герметичні пневматичні камери  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$  і  $d_2$  з каналами живлення 21, 22, 23 і 24. Гідравлічні камери а, б, с, d, з'єднані з вихідним каналом 11. Кришки 6, 7, 8, 9 прикріплюються до корпусу 1 за допомогою напів-кілець 13, 14, 15, 16 і фланців 16, 17, 18 і 19 та

					Лист
МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ					42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

гвинтів 20. На кришках 6, 7, 8 і 9 відповідно виконані перекриваючі конічні поверхні 25, 26, 27, 28, а які в процесі переміщення розрядних поршнів входять в конічні камери 29, 30, 31 і 32 і забезпечують їх гальмування.

На розрядних поршнях 6, 7, 8 і 9 теж виконані конічні поверхні 33, 34, 35, 36, які в кінці руху поршнів входять в конічні розточки 37, 38, 39 і 40, при цьому відбувається гальмування розрядних поршнів.

Принцип дії (ЧРПГОД) полягає в наступному. У вихідному положенні розрядні пневматичні камери  $a_1 b_1 c_1 d_1$  з'єднані з атмосферою, гідравлічні камери  $a, b, c$  і  $d$  заповнені рідиною (мастилом). При цьому поршні 1-го і 2-го розрядів (поршень 2 і поршень 3) займають ліве крайнє положення(упираються у кришки 6 і 7), а поршні 3-го і 4-го розрядів(поршень 4 і поршень 5) займають праве крайнє положення(упираються в кришки 8 і 9). Вихідне положення ЧРПГОД характеризується опрацьованою комбінацією керуючих сигналів в 0000, тобто в цьому випадку розрядні камери  $a_1 b_1 c_1$  і  $d_1$  з'єднані з атмосферою. При опрацюванні комбінації керуючих сигналів 0001 (тиск живлення подається в камеру молодшого розряду  $a_1$ ) поршень молодого розряду 2 рухається праворуч і витісняє робочу рідину об'ємом  $V_0$  у вихідний канал 11, який з'єднаний з камерами  $a$  і  $b$  виконавчого циліндра 1(див. рис. 2.5). В кінці руху розрядного поршня 2 конус 33 входить в конічний отвір 37 при цьому рідина із камери  $a$  витісняється через кільцеву щілину між конічними поверхнями, що зумовлює інтенсивне гальмування поршня 2. При подачі тиску живлення в камеру  $b_1$ , що відповідає кодовій комбінації керуючих сигналів 0010 поршень 2-го розряду 7 рухається праворуч і витісняє об'єм рідини  $2V_0$  у вихідний канал 11. В кінці переміщення конус 34 входить в конічний отвір 38 і рідина із камери витісняється в канал 11 через кільцеву щілину малого перерізу. При цьому тиск в камері  $b$  підвищується і гальмується швидкість руху поршня 3 праворуч. При опрацюванні, наприклад, комбінації керуючих сигналів 1101( тиск живлення одночасно подається до камер  $a_1 c_1$  і  $d_1$ ) поршні 4 і 5 рухаються ліворуч, а поршень 2

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ



3. Величини об'ємів рідини, що витісняються розрядними поршнями.

$$V_i = V_0 \cdot 2^{i-1} = \frac{\pi \cdot D_D^2}{4} \cdot 2^{i-1} \cdot X_0,$$

4. Величина дози, що витісняється об'ємним цифровим гідравлічним дозатором в залежності від опрацювання комбінації і керуючих сигналів визначаються або табличним способом, або аналітичним по залежності.

$$V = V_0 \cdot \sum_{i=1}^{n_d} b_i \cdot 2^{i-1} = \frac{\pi \cdot D_D^2}{4} \cdot X_0 \cdot \sum_{i=1}^{n_d} b_i \cdot 2^{i-1},$$

де  $n_g$  – число розрядних поршнів(камер);  $b_i$  – значуща цифра, яка приймає значення – «0», коли  $i$ -та розрядна камера з'єднана з атмосферою і значення – «1», коли до  $i$ -тої розрядної камери підводиться тиск живлення.

5. Визначення величини дози, яка витісняється гідравлічним цифровим об'ємним дозатором при перемиканні комбінацій керуючих сигналів.

$$V = \frac{\pi \cdot D_D^2}{4} \cdot X_0 \left( \sum_{i=1}^{n_d} b_{i,H} \cdot 2^{i-1} - \sum_{i=1}^{n_d} b_{i,n} \cdot 2^{i-1} \right)$$

де  $b_{i,H}$  – значення значущої цифри наступної кодової комбінації;  $b_{i,n}$  – значення значущої цифри попередньої комбінації керуючих сигналів.

6. Максимальний об'єм гідравлічного об'ємного цифрового дозатора.

$$V_{max} = V_0(2^{n_d} - 1) = \frac{\pi \cdot D_D^2}{4} \cdot X_0(2^{n_d} - 1)$$

7. Число доз об'ємного цифрового гідродозатора

$$N_d = 2^{n_d} - 1$$

8. Визначення числа розрядів по заданим  $V_0$  і  $V_{max}$

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$n_d = \frac{\ln\left(\frac{V_{max} - V_0}{V_0}\right)}{\ln 2},$$

Якщо  $n_d$  отримуємо не цілим числом, то його необхідно заокруглити до більшого цілого числа.

9. Визначення дискретності дозатора

$$V_0 = \frac{V_{max}}{2^{n_d} - 1}$$

10. Визначення витрати рідини гідравлічним об'ємним цифровим дозатором для випадку, коли всі розрядні поршні рухаються одночасно і з однаковою швидкістю, але на різні величини, наприклад  $X_i = X_0 \cdot 2^{i-1}$

$$Q_i = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot v \cdot i,$$

де  $v$  – швидкість руху розрядних поршнів;  $i$  – кількість дозаторів з яких одночасно витісняється рідина.

Для чотирирозрядного гідравлічного дозатора витрата рідини буде ступінчасто мінатися в такій послідовності:

$$Q_4 = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot v \cdot 4 = \pi \cdot D_d^2 \cdot v; \quad (1)$$

$$Q_3 = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot v \cdot 3 = \frac{3}{4} \pi \cdot D_d^2 \cdot v; \quad (2)$$

$$Q_2 = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot v \cdot 2 = \frac{\pi \cdot D_d^2}{2} \cdot v; \quad (3)$$

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot v \cdot 1 = \frac{\pi}{4} \cdot D_d^2 \cdot v. \quad (4)$$

Із формули (1) – (4) випливає, що витрати  $Q_4$  визначаються, коли всі чотирирозрядні поршні рухаються з однаковою швидкістю  $V$ , при цьому кожен поршень переміщується на величину  $X_0$ .

Витрата  $Q_3$  визначається у випадку, коли трирозрядні поршні (2-го 3-го 4-го розрядів) рухаються з однаковою швидкістю  $V$ , при цьому кожен поршень переміщується на величину  $X_0$ .

Витрата  $Q_2$  визначається для одночасного руху поршнів 3-го і 4-го розрядів на величини  $2X_0$ .

Витрата  $Q_1$  визначається для автономного руху поршня 4-го розряду на величину  $4X_0$ .

Із залежностей (1) – (4) випливає, що при подачі керуючих сигналів, одночасно на всі розрядні камери, тобто при опрацюванні комбінації керуючих сигналів 1111 і при умові, що всі розрядні поршні рухаються з однаковою сталою швидкістю, витрата рідини ступінчасто буде зменшуватися. Тобто при з'єднанні вихідного каналу 11 гідродозатора з гідравлічними камерами,  $a$  і  $b$  виконавчого циліндра 1 (див. рис. 2.4) при опрацюванні гідравлічним дозатором комбінації керуючих сигналів, наприклад, 1111 рух вихідного поршня 3 (див. рис. 2.4) буде ступінчастим, спочатку швидкість руху вихідного штока буде найбільшою, а в кінці найменшою.

Такий рух вихідного штока виконавчого циліндра в цілому погіршує динаміку. Для поліпшення динаміки руху вихідного штока доцільно до вихідного каналу 11 гідродозатора підключати або регульований дросель, або регулятор витрати рідини. Звичайний регульований дросель забезпечує стабільний заданий рух(швидкість) вихідного штока виконавчого циліндра при постійному навантаженні. У випадку коли в процесі роботи привода навантаження змінюється як по величині, так і напрямку дії доцільно використовувати регулятори потоку рідини, який являє собою комбінацію двох апаратів: редуційного клапана і регульованого дроселя.

										Лист
										47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ					

## Висновок до розділу 2.

Запропонований цифровий привод поворотно-поступальної дії в процесі роботи забезпечує як позиціонування з заданою дискретністю лінійного і поворотного руху вихідного штока, так і максимальне переміщення. При цьому забезпечується регулювання в широкому діапазоні як транзитну швидкість, так і швидкість гальмування вихідної ланки(штока). При цьому в приводі унеможливаються незапрограмовані рухи вихідного штока при перемиканні розрядних камер гідродозатора. Крім того в процесі роботи здійснюється автоматично компенсація втраченої рідини із гідродозатора. Все це обумовлює розширення області застосування таких приводів в якості виконавчих пристроїв промислових роботів, верстатів і інших системах автоматичного керування.

Розглянутий в роботі чотирирозрядний пневмогідролічний об'ємний цифровий дозатор. Забезпечує отримання 15 доз рідини з заданою дискретністю. В ньому забезпечується найдійне гальмування розрядних поршнів, можливість регулювання витрати рідини і унеможливлення появи незапрограмованих рухів при перемиканні розрядних камер. Для цього необхідно у вихідний канал 11 увімкнути регульований дросель(або регулятор потоку рідини) і запірний двопозиційний дволінійний запираючий гідророзподільник з одностороннім електричним керуванням.

Дозатори такого типу доцільно застосовувати з пневмогідролічними виконавчими циліндрами рук промислових роботів. Таке поєднання дає можливість отримувати багатопозиційні малогабаритні приводи рук промислових роботів.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

## Розділ 3. Розрахунок основних статичних характеристик приводів РТК

### 3.1 Аналіз структурних схем виконавчих пристроїв побудованих на базі двигунів з рівним кроком.

Клас виконавчих пристроїв побудованих на базі крокових двигунів (КД) з рівним кроком достатньо широкий. Їх можна поділяти на приводи з однотоктним і багатотактним керуванням. При однотоктному керуванні кожному керуючому імпульсу відповідає переміщення (лінійне або кутове) на крок. При багатотактному керуванні кожному керуючому імпульсу відповідає переміщення вихідної ланки на величину

$$S_0 = \frac{S}{m};$$

де  $m$  – кількість тактів керування,  $S$  – крок.

З однотоктним керуванням широкого розповсюдження отримали імпульси двигуни храпового типу. Крокові двигуни храпового типу періодичний рух на крок отримують за допомогою храпового механізму, який складається із храпового колеса, фіксуючої собачки, штовхаючої собачки, як приводиться в зворотньо-поступальний рух двопозиційним пневмоциліндром. Двигуни храпового типу отримали широке застосування в якості приводів зчитуючих пристроїв [3, 4, 5], крокових командоапаратів [6,7], лічильників імпульсів крокових шукачів та інших. Частота спрацювання храпових механізмів не перевищує 15 Гц, що обмежує область їх застосування. Крім того у таких пристроях відсутня можливість реверса, можливі пропуски керуючих сигналів при знакоперемінному навантаженні на вихідну ланку. У таких механізмів неможливо змінювати крок в процесі роботи.

В роботах [3,4,8] розглянуті пневматичні крокові двигуни стріляючого типу, які виконані у вигляді приводів поступального або обертового руху. Такі приводи характеризуються підвищеною швидкістю, можливістю покрокового переміщення при реверсі і високою точністю позиціонування.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Недоліком таких приводів є те, що у них відсутня можливість гальмування, що призводить до удару і відсутня можливість регулювання в процесі роботи величини кроку. Пневматичні КД стріляючого типу знаходять застосування в системах автоматики в якості приводів задаючих, зчитуючих часових пристроїв і лічильників імпульсів[9,10].

Із цифрових виконавчих пристроїв (ЦВП) побудованих на базі двигунів з багатотактним керуванням широке застосування отримали приводи з тритактним керуванням[11,12]. Недоліком таких приводів є те, що структура таких приводів складна. Складність структури обумовлюється тим, що в контур керування часово-імпульсний модулятор (ЧІМ), так і комутуючий пристрій.

Останнім часом в якості виконавчих пристроїв промислових роботів(ПР) застосовуються крокові приводи, які виконані у вигляді циліндрів з рівномірно розміщеними випускними вікнами і перекриваючими вікна клапанами[13,14,15].

Розглянуті і проаналізовані відомі крокові приводи мають загальні недоліки – це неможливість регулювання в процесі роботи величини кроку і здійснення регулювання як швидкості руху, так і швидкості гальмування в кінці переміщення.

В бакалаврському проекті розглянутий оригінальний пневмогідравлічний кроковий привод, який характеризується спрощеною конструкцією і системою керування. Крім того, такий кроковий пневмогідравлічний привод забезпечує як зміну величини кроку в широкому діапазоні, та і заданий закон руху вихідної ланки(штока), тобто в запропонованому кроковому приводі є можливість регулювання як шляхової швидкості, так і гальмування.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

### 3.2 Кроковий пневмогідрравлічний привод палети.

Кроковий пневмогідрравлічний привод (КПП) палети призначений для покрокового переміщення палети з деталями (заготовками), які знаходяться в робочій зоні завантаження – розвантаження робототехнічного комплексу (РТК).

На рис. 3.1 показана принципова схема КПП палети 4

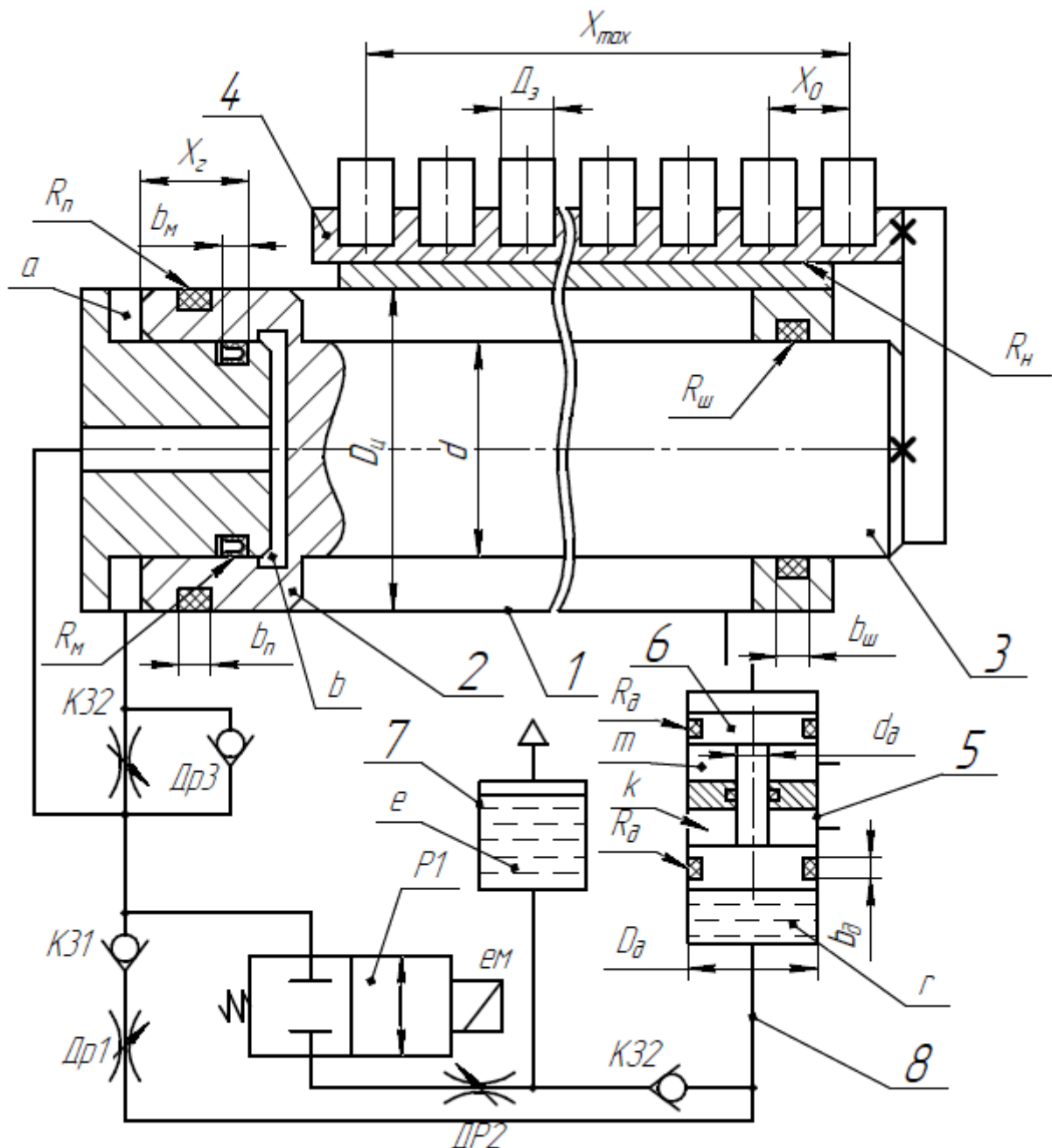


Рис.3.1 принципова схема крокового пневмогідрравлічного приводу палети

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Кроковий пневмогідравлічний привод палети складається з виконавчого циліндра 1, в якому розміщений поршень 2 з вихідним штоком 3. До торців циліндра 1 прикріплені передня кришка 4 і задня кришка 5. Розміщені в циліндрі 1 поршень 2, шток 3 і торцеві кришки 4 і 5 утворюють герметичні камери: поршневі  $a$ ,  $b$  і штокову  $c$ . До штокової камери  $c$  підводиться тиск живлення  $P_{ж}$  від двопозиційного трилінійного пневматичного розподільника  $P1$ . Поршнева камера  $a$  через регульований гальмівний дросель  $Др1$ , зворотній клапан  $К31$ , гідравлічний розподільник  $P2$  і через дросель  $Др2$  зі зворотним клапаном  $К32$  з'єднана з гідравлічною камерою  $e$  гідравлічної ємкості 6. Поршнева камера  $b$  через канал 7, зворотній клапан  $К33$  і регульований дросель  $Др3$  з'єднана з гідравлічною камерою  $f$  акумулятора, який виконаний у вигляді циліндра 8, в якому розміщені поршні 9, 10 і вгвинчений в кришку 11 гвинт 12. Поршні 9, 10 розміщені в циліндрі 8 утворюють герметичні камери: гідравлічну  $f$  і пневматичні камери  $k$  і  $m$ , до яких підводиться тиск живлення від пневматичного розподільника  $P3$ . Гідравлічна камера  $f$  через зворотній клапан  $К34$  з'єднана з камерою  $e$  гідроємкості 6. Вихідний шток 3 циліндра 1 водилом 13 з'єднаний з палетою 14 в якій розміщені з кроком  $X_0$  заготовки(деталі) 15. Палета 14 встановлена на напрямних ковзання 16. В кришці 5 встановлена коміркова манжета 17.

Принцип дії КПП палети полягає в наступному. У вихідному положенні електромагніти  $ем1$ ,  $ем2$  і  $ем3$  розподільників  $P1$ ,  $P2$ ,  $P3$  знеструмлені. При цьому гідравлічний розподільник  $P2$  запертий від пневматичного розподільника  $P3$  тиск живлення до камери  $m$ . Під дією тиску в камері  $m$  циліндра 8 поршень 10 знаходиться у верхньому крайньому положенні(за кресленням), а камера  $k$  з'єднана з атмосферою. При цьому гідравлічна камера  $f$  наповнена рідиною. Камера  $c$  циліндра 1 з'єднана з атмосферою. Поршень 2 з вихідним штоком 3 і палетою 14 знаходяться в крайньому лівому положенні. Для переміщення палети праворуч на крок  $X_0$  необхідно подати напругу на електромагніт  $ем3$ , при цьому розподільник  $P3$

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

перемикається і повітря під тиском від нього поступає в камеру  $k$ , а камера з'єднується з атмосферою. Під дією тиску в камері  $k$  поршень 9 рухається вниз і витісняє рідину із камери  $f$  через послідовно увімкнені дросель Др3, зворотний клапан КЗ3, дросель Др1, зворотний клапан КЗ1 і канал 7 в камері  $a$  і в циліндрі 1. При цьому поршень 2 з вихідним штоком 3 і палетою 14 рухаються праворуч на крок  $X_0$ . Величина переміщення палети на крок  $X_0$  визначається по залежності.

$$X_0 = \frac{4 \cdot V_d}{\pi \cdot D_{ц}^2},$$

де  $D_{ц}$  – діаметр поршня 2 циліндра;  $V_d$  – об'єм рідини гідравлічного дозатора.

Об'єм рідини гідравлічного дозатора визначається по залежності:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_d^2}{4} \cdot y,$$

де  $D_d$  - діаметр поршня 9 гідродозатора;  $y$  – величина переміщення поршня 9.

Після переміщення заготовки(деталі) на величину  $X_0$  (на крок) вона вилучається з палети і переноситься роботом до верстата на обробку(робот і верстат на схемі не показані). Наступне переміщення палети 14 на крок  $X_0$  відбувається таким чином. Спочатку знеструмлюється електромагніт ем3 при цьому розподільник РЗ перемикається і рідина під тиском від нього поступає в камеру  $m$ , а камера  $k$  з'єднується з атмосферою. Під дією тиску повітря в камері  $m$  поршень 9 рухається вгору при цьому рідина із гідроємкості 6 через зворотний клапан КЗ4 всмоктується в камеру  $f$  циліндра 8. Об'єм рідини, що всмоктується(витісняється) в камеру  $f$  регулюється обертанням гвинта 12. Після заповнення камери  $f$  подаються команди на чергове переміщення палети на крок  $X_0$ . Швидкість переміщення палети 14 праворуч регулюється дроселем Др3. Після виборки всіх заготовок роботом, тобто після переміщення палети на величину  $X_{max}$  подається команда на її реверс. Зворотній рух палети у вихідне ліве положення здійснюється в такій послідовності. Спочатку знеструмлюється електромагніт ем3 розподільника

						МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			53

РЗ після цього подається напруга на магніти ем2 і ем1, розподільників Р2 і Р1, які перемикаються. При цьому тиск живлення  $P_{ж}$  від розподільника Р1 поступає в камеру  $c$  циліндра 1. Під дією цього тиску поршень 2 з вихідним штоком 3 і палетою 14 швидко рухаються ліворуч. При цьому рідина із камер  $a$  і  $b$  витісняється через канал 7, дросель Др1, відкритий розподільник Р2 і дросель Др2 в камеру  $e$  гідроємкості 6 і в камеру  $f$  циліндра 8. При цьому спочатку швидкість руху палети ліворуч регулюється дроселем Др2. В кінці переміщення ліворуч в циліндричну осьову розточку поршня 2 входить плунжер кришки 5. При цьому рідина із камери може витіснятися тільки через регульований гальмівний дросель Др1. Змінюючи прохідний переріз дроселя Др1 можна в процесі роботи налагодити без ударну зупинку палети в кінці руху.

При переміщенні палети праворуч в разі виникнення інерційного перебігу необхідно короткочасно подавити напругу на електромагніт ем1 розподільника Р1, який перемикається і тиск живлення подається до камери  $c$ .

Крок позиціонування палети(приводу) аналогово в широкому діапазоні може змінюватися обертанням гвинта 12, тобто переміщення поршня 9.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

### 3.3 Алгоритм розрахунку статичних характеристик пневмогідравлічного крокового приводу (ПГКП)

1. В наслідок того, що на вихідний шток 3 не діють зовнішні сили, опором уху вихідного штока є тільки зусилля тертя в рухомих з'єднаннях і тертя рідини в трубопроводах, якими з'єднані гідравлічні камери.

2. Сумарне зусилля тертя при русі праворуч визначається по залежності(1)

$$R_c = R_n + R_m + R_{ш} + 2R_d + R_H;$$

де  $R_n, R_m, R_{ш}, R_d$  і  $R_H$  – відповідно зусилля, тертя поршня, манжети, штока, поршня дозатора 5, пари напрямна 4 і палети на якій розміщенні заготовки.

3. Зусилля тертя визначаються по залежностям:

а.  $R_n = f_{тер} \cdot \pi \cdot D_{ц} \cdot b_n \cdot P_K$ , (кг);

б.  $R_m = f_{тер} \cdot \pi \cdot D_m \cdot b_m \cdot P_{км}$ , (кг);

в.  $R_{ш} = f_{тер} \cdot \pi \cdot d \cdot b_{ш} \cdot P_K$ , (кг);

г.  $R_d = f_{тер} \cdot \pi \cdot D_d \cdot b_d \cdot P_K \cdot 2$ , (кг);

д.  $R_H = f_H \cdot G$ , (кг);

де  $f_{тер}$  – коефіцієнт тертя, гумових ущільнень;  $b_n$  – ширина контакту ущільнення з циліндром;  $b_m$  – ширина контакту манжети;  $b_{ш}$  – ширина контакту ущільнення штока;  $b_d$  – ширина контакту ущільнень дозатора;  $P_K$  – контактний тиск ущільнення(гумових кілець);  $P_{км}$  – контактний тиск манжети;  $D_d$  – діаметр поршнів гідродозатора;  $G$  – вага палети з заготовками;  $f_H$  – коефіцієнт тертя в парі напрямна-палета.

4. Визначення контактного тиску гумових кілець на циліндр(шток):  
(2)



$$V_0 = \frac{y_0 \cdot \pi \cdot D_d^2}{4} = \frac{x_0 \cdot \pi \cdot D_d^2}{4};$$

8. Швидкість руху вихідного штока 3 праворуч регулюється дроселем Др1 і визначається по формулі

$$\dot{X} = \frac{\mu \cdot f_1 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{S_{ц}} = \frac{4 \cdot \mu \cdot f_1 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\pi D_{ц}^2};$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати рідини лежить в межах  $\mu = (0.5 \dots 0.6)$ ;  $S_{ц}$  – площа поршня 2;  $\rho$  – густина робочої рідини;  $\Delta P$  – перепад тисків на дроселі Др1;  $f_1$  – площа прохідного перерізу дроселя Др1.

9. Задаючи значення перерізу  $f_{др}$  і значення перепаду тиску на дроселі можна визначити швидкість руху вихідного штока 3.

10. Час переміщення вихідного штока 3 з палетою 4 визначається по залежності

$$t_1 = \frac{X_0}{\dot{X}} = \frac{X_0 \cdot \pi \cdot D_{ц}^2}{4 \cdot \mu \cdot f_{др1} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}};$$

11. При переміщенні палети 4 на крок  $X_0$  тиск живлення подається до камери  $m$  при цьому поршень 6 дозатора 5 переміщується вгору і рідина із ємкості 7(з камери  $e$ ) всмоктується в камеру  $r$  дозатора.

12. Швидкість переміщення поршня 6 вгору визначається по залежності

$$\dot{y} = \frac{4 \cdot Q}{\pi D_d^2} = \frac{4\alpha \cdot f_{тр} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\pi D_d^2};$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт витрати рідини;  $f_{тр}$  – площа перетину трубопроводу 8;

$$\Delta P = P_a - \Delta P_e = P_a - \lambda \cdot \frac{l}{d_{тр}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma;$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт тертя рідини у трубопроводі;  $l$  – довжина трубопроводу 8;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $\gamma$  – питома вага мастила;  $v$  – середня швидкість руху рідини у трубопроводі;  $\Delta P_e$  – тиск в камері  $e$ .

Приймаємо:  $\Delta P_e = \lambda \cdot \frac{l}{d_{\text{тр}}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = 0.1 \text{ (кг/см}^2\text{)}.$

$$f_{\text{тр}} = \frac{\pi d_{\text{тр}}^2}{4} = \frac{\pi \cdot 1.2^2}{4} = 1.13 \text{ (см}^2\text{)} \quad \gamma = 9.2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3;$$

$g = 9.81 \text{ М/с}^2$ ;  $l = 0.5 \text{ м}$ ;  $\alpha = 0.72$  і для заданих параметрів визначаєм швидкість руху поршня 6.

13. Час руху на величину  $y_0$  визначається по залежності

$$t_{\text{д}} = \frac{y_0}{\dot{y}} = \frac{y_0 \cdot \pi \cdot D_{\text{д}}^2}{4 \cdot \alpha \cdot f_{\text{тр}} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}};$$

14. Швидкість переміщення штока 3 з палетою 4 регулюється дроселем Др2, при цьому напруга подається на електромагніт ем1 розподільника Р1, який перемикається і рідина із камер  $a$  і  $b$  через дросель Др2 поступає в камеру  $e$  гідроємкості 7.

15. Швидкість руху поршня 2 з вихідним штоком 3 і палетою 4 ліворуч визначається по формулі

$$\dot{X}_{\text{н}} = \frac{4 \cdot Q_2}{\pi D_{\text{ц}}^2} = \frac{4 \cdot \mu \cdot f_2 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2};$$

де  $f_2$  – переріз дроселя Др2;  $\Delta P$  – перепад тисків на дроселі Др2.

16. Вважаємо, що пневматичний тиск в штоковій камері  $c$  постійний тиск ( $P_{\text{ш}} = \text{const}$ ) в процесі руху і тиск в пневматичній камері ємкості 7 теж постійний, тобто  $P_a = \text{const}$ . Нехтуючи витратами тиску в трубопроводі і на розподільнику Р1, задаючись значенням перерізу дроселя  $f_2$  можна визначити середню(сталу) швидкість руху вихідного штока 3.

17. В кінці переміщення поршня 2 ліворуч на ділянці  $X_2$  швидкість руху регулюється гальмівним дроселем Др3

$$\dot{X}_2 = \frac{4 \cdot Q_3}{\pi D_{\text{ц}}^2} = \frac{4 \cdot \mu \cdot f_3 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}}{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2};$$

де  $f_3$  – переріз дроселя Др3;  $\Delta P$  – перепад тисків на дроселі Др3.

										Лист
										58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						





$$\dot{X} = \frac{4 \cdot \mu \cdot f_1 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\gamma}}}{\pi D_{ц}^2} = \frac{4 \cdot 0.68 \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 4 \cdot 10^5}{9.2 \cdot 10^3}}}{\pi \cdot 0.06^2}$$

$$= \frac{2.72 \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 20.06}{0.011} = 0.2425 \left( \frac{M}{c} \right) \sim 0,24 \frac{M}{c}$$

12. Час переміщення палети 4 на крок  $X_0 = 70$  мм.

$$t_1 = \frac{X_0}{\dot{X}} = \frac{X_0 \cdot \pi \cdot D_{ц}^2}{4 \cdot \mu \cdot f_{др1} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\gamma}}} = \frac{70}{240} = 0,290(c)$$

13. Після переміщення палети 4 праворуч на крок  $X_0$  тиск живлення надходить до камери  $m$  і поршень 6 дозатора 5 переміщується вгору. При цьому рідина із ємкості 7 всмоктується в камеру  $r$  гідродозатора 5.

Швидкість руху поршня 6 дозатора 5, що спрямована вгору визначається по формулі

$$\dot{y} = \frac{4 \cdot Q}{\pi D_{д}^2} = \frac{4\alpha \cdot f_{тр} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\gamma}}}{\pi D_{д}^2},$$

$$\text{де } \Delta P = P_a - \Delta P_e = P_a - \lambda \frac{l}{d_{тр}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma$$

$$\text{Приймаємо } \Delta P_e = \lambda \frac{l}{d_{тр}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = 0.1 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$f_{тр} = 9.81 \frac{M}{c^2}; l = 0.5 \text{ м}; \alpha = 0,72;$$

$$\text{Приймаємо } f_{тр} = \frac{\pi d_{тр}^2}{4} = \frac{\pi \cdot (12 \cdot 10^{-3})^2}{4}; \gamma = 9.2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^3; \text{ і визначаємо}$$

швидкість руху поршнів дозатора що направлена вгору.

$$\dot{y} = \frac{4\alpha \cdot f_{тр} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\gamma}}}{\pi D_{д}^2} = \frac{4 \cdot 0,72 \cdot \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 10^{-6}}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 9.81}{9.2 \cdot 10^3}}}{\pi \cdot 0.06^2} =$$

$$= \frac{103.68 \cdot 10^{-6}}{0.06^2} \sqrt{213.2} = 0.0288 \cdot 14.6 = 0.42 \left( \frac{M}{c} \right).$$

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ				

14. Час руху поршня 6 вгору(всмоктування) визначається по залежності:

$$t_d = \frac{y_0}{\dot{y}} = \frac{y_0 \cdot \pi \cdot D_d^2}{4 \cdot \alpha \cdot f_{тр} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\gamma}}} = \frac{70 \cdot 10^{-3}}{0.42} = 0.166 (с)$$

15. Визначення величини максимального ходу  $X_{max}$  вихідного штока 3 (палети 4) циліндра 1

$$X_{max} = X_0(N_p - 1),$$

де  $N_p$  – число рядів заготовок в палеті 4, при  $N_p = 10$  рядів

$$X_{max} = X_0 \cdot N_p 70(10 - 1) = 630(\text{мм}).$$

Приймаємо  $X_{max} = 650$  мм.

16. Сумарний час покрокового переміщення палети 4

$$t_c = t_1(N_p - 1) = 0.290 \cdot (10 - 1) = 2.61 с.$$

17. Визначення швидкості руху штока 3 ліворуч на ділянках  $X_{max}$  –  $X_2$  і на ділянці  $X_2$ . При цьому приймаємо, що перепад тиску на дроселі Др2  $\Delta P_2 = const = 4 \cdot 10^5$  МПа, а площа поперечного перерізу дроселя Др2,  $f_2 = 50 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>

а) на ділянці  $X_{ш} = X_{max} - X_2$

$$\dot{X}_{ш} = \frac{4 \cdot \mu \cdot f_2 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\gamma}}}{\pi \cdot D_d^2} = \frac{4 \cdot 0.68 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{2 \cdot 9.81 \cdot 4 \cdot 10^5}{\gamma}}}{\pi \cdot 0.06^2} =$$

$$= 0.012 \cdot 29.04 = 0.348 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

б) Час руху на ділянці  $X_{ш} = X_{max} - X_2 = 630 - 30 = 600(\text{мм})$

$$t_{ш} = \frac{X_{ш}}{\dot{X}_{ш}} = \frac{0.600}{0.348} = 1.724(\text{с}).$$

в) на ділянці  $X_2$

$$\dot{X}_2 = \frac{4 \cdot \mu \cdot f_3 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\gamma}}}{\pi \cdot D_{ц}^2} = \frac{4 \cdot 0.68 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 9.81}{9.2 \cdot 10^3}}}{\pi \cdot 0.06^2} =$$

$$= 0.0024 \cdot \sqrt{426.52} = 0.049 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right);$$

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

d) Час руху на гальмівному ділянці  $X_2$

$$t_2 = \frac{X_2}{\dot{X}_2} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{0.049} = 0.612(c).$$

18. Статичне зусилля приводу, коли тиск живлення подається у камеру  $k$  дозатора 5 і в камеру  $c$  циліндра 1.

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{\pi(D_d^2 - d_d^2)}{4} \cdot P_{ж} - R_c - R_n - \frac{\pi(D_{ц}^2 - d_{ц}^2)}{4} \cdot P_{ш} = \\ &= \frac{\pi(6^2 - 1^2)}{4} \cdot 6 - 41.2 - \frac{\pi(6^2 - 4^2)}{4} \cdot 2 = \\ &= 164,94 - 41,2 - 31,41 = 92.33(\text{кг}). \end{aligned}$$

19. Статичне зусилля при зворотному русі, коли тиск живлення подається у камеру  $c$  циліндра 1, а пневматична камера гідроємкості 7 сполучена з атмосферою

$$\begin{aligned} P_3 &= \frac{\pi(D_{ц}^2 - d^2)}{4} \cdot P_{ш} - R_{ш} - R_n - R_m = \\ &= \frac{\pi(6^2 - 4^2) \cdot 2.5}{4} - 0.2 - 0.3 - 18.0 - 11.0 = 39.26 - 29.5 = 9.76(\text{кг}). \end{aligned}$$

20. Об'єм рідини у гідроємкості 7

$$V_r = \frac{\pi D_{ц}^2}{4} X_{max} \cdot K_3,$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу рідини на випадок її втрати під час роботи приводу

Приймаємо  $K_3 = 1.2$ , тоді

$$V_r = \frac{\pi D_{ц}^2}{4} X_{max} \cdot K_3 = \frac{\pi \cdot 6^2}{4} \cdot 65 \cdot 1.2 = 2205.39(\text{см}^3) = 2.205 \text{ л.}$$

Приймаємо  $V_r = 2.3 \text{ л}$



Принцип дії гідравлічного дозатора полягає в наступному. У вихідному положенні поршні 7 і 9 знаходяться у верхньому положенні при цьому поршень 9 упирається у кришку 6, а поршень 7 не упирається в кришку 3. Камера *a* заповнена рідиною. При подачі тиску живлення в камеру *b* і з'єднанні камери *c* з атмосферою (зливом) поршень 9 рухається вниз і витісняє рідину із камери *a* в канал 13. В кінці переміщення поршень 9 упирається в кришку 4, при цьому із камери *a* витісняється об'єм рідини

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l,$$

де *D* – діаметр циліндра 2; *l* – хід поршня 9.

Після переміщення поршня 9 на величину *l* подається тиск живлення у камеру *c*, а камера *a* з'єднується з гідравлічною ємкістю (гідроємкість на рисунку не показана). Під дією тиску живлення в камері *c* поршні 7 і 9 переміщуються вгору, при цьому рідина із гідроємкості по каналу 13 всмоктується в камеру *a*. Після заповнення камери *a* рідиною, подається тиск живлення в камеру *b*, а камера *c* з'єднується з атмосферою при цьому поршень 9 рухається вниз і витісняє із камери *a* чергову дозу об'єму рідини.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l,$$

Таким чином, здійснюючи зворотно-поступальний рух тандем поршнів 7 і 9 здійснюють всмоктування і нагнітання рідини.

Для зміни об'єму дози (наприклад зменшити) необхідно загвинчувати гвинт 18.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### Висновки до розділу 3

Запропонований оригінальний КПП забезпечує як хорошу динаміку руху палети, тобто швидкий рух і надійне гальмування, такі можливості регулювання заданого кроку в широкому діапазоні.

Проведені розрахунки статичних характеристик ПГКП дають можливість констатувати:

1. Привод забезпечує регулювання швидкості руху палети, в широкому діапазоні, дроселями як при прямому, так і в зворотному напрямку. Шляхова швидкість може бути встановлена в межах  $\dot{X} = v_{ш} = 0.2 \dots 0.02 \frac{м}{с}$

2. Привод характеризується високою надійністю в роботі, простотою конструкції і керування.

3. В процесі експлуатації привод можна налагоджувати на задану дискретність переміщення палети. Це досягається величиною переміщення поршня 6 гідродозатора 7(на схемі регулювальний гвинт на дозаторі не показаний).

4. При переміщенні на крок палети праворуч унеможлиблюється інерційний перебіг за рахунок постійного підводу пневматичного тиску в штокову камеру с циліндра 1.

5. Забезпечується висока точність і повторюваність переміщення палети на крок. Висока точність позиціонування вихідного штока(палети) обумовлюється тим, що при покроковому переміщенні палети дозатором 5 видається в камери а і б циліндра 1 постійний об'єм рідини і тим, що при поверненні поршня 2 циліндра 1 у вихідне крайнє ліве положення автоматично компенсується втрачена під час роботи рідина.



гвинти 17, за допомогою яких схват прикріплюється до пристрою поперечного переміщення( на рисунку не показаний).

Напрявні 19 і 20 забезпечують здвиg схвату на задану величину. В губках 12 і 13 затиснена деталь 18.

Принцип дії схвата полягає в наступному у вихідному положенні тиск живлення поданий в камеру *a* циліндра 10, а камера *b* з'єднана з атмосферою. Під дією тиску в камері *a* циліндр 10 рухається праворуч, а шток 11 ліворуч, при цьому деталь 1 затискується губками 12 і 13. Для розтиску деталі 18 тиск живлення подається в камеру *b*, а камера *a* з'єднується з атмосферою, при цьому циліндр 10 рухається ліворуч, а шток 11 – праворуч, що призводить до розтиску деталі 18.

Алгоритм розрахунку зусилля затиску

Розрахункова схема



- 1) Приймаємо кут призми  $\alpha = \frac{120^\circ}{2} = 60^\circ$ .
- 2) Коефіцієнт тертя сталь по сталі з насічкою губок  $\mu = 0.25$
- 3) Прискорення вільного падіння –  $g=9.81 \frac{M}{c^2}$ ; лінійне прискорення  $a = 5 \frac{M}{c^2}$ ,
- 4) Визначаємо зусилля утримання деталі

$$P \geq \frac{m(g + a)}{2\mu} \cdot \sin\alpha.$$

- 5) Складаємо рівняння крутних моментів

$$\pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4} \cdot BC \cdot P_{ж} - R_n - R_{ш} - R \geq P \cdot BD,$$

де D – діаметр поршня 16; d – діаметр штока 11.





Принцип дії пристрою поперечного переміщення має таку послідовність. У вихідному положенні тиск живлення підводиться до штокової камери  $a$ , а камера  $b$  з'єднана з атмосферою. Під дією тиску в камері  $a$  корпус 1 переміщується праворуч до упору в напрямку 5. При подачі тиску живлення в камеру  $b$  і з'єднанні камери  $a$  з атмосферою корпус 1 рухається ліворуч до упору кришки 10 в поршень 2. Таким чином привод забезпечує дві позиції корпусу 1. Величину переміщення можна змінювати встановленням кілець на гвинт 4.

Алгоритм розрахунку характеристик приводу поперечного переміщення.

1. Статичне зусилля при русі корпусу 1 праворуч визначається по залежності

$$P_{ст,п} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P_{ж} - R_{п} - R_{ш} - R_{н} \pm R_{ін},$$

де  $D$  і  $d$  – відповідно діаметри поршня 2 і штока 3;  $P_{ж}$  – тиск живлення, який підводиться до камери  $a$ ;  $R_{п}$ ,  $R_{ш}$ ,  $R_{н}$  відповідно зусилля тертя поршня 2, штока 3 і напрямної 5,  $R_{ін}$  – інерційне зусилля приєднаної до корпусу маси.

2. Статичне зусилля при русі корпусу 1 ліворуч визначається по залежності

$$P_{ст,л} = \frac{\pi}{4} D^2 P_{ж} - R_{п} - R_{ш} - R_{н} \pm R_{ін},$$

3. Швидкість руху праворуч при гідравлічному живленні

$$v_{п} = \frac{4 \cdot Q_{н}}{\pi(D^2 - d^2)},$$

де  $Q_{н}$  – витрата насоса, або дроселя.

4. Швидкість руху ліворуч

$$v_{л} = \frac{4 \cdot Q_{н}}{\pi D^2}$$

5. Коефіцієнт співвідношення швидкостей

$$c = \frac{v_{п}}{v_{л}} = \frac{4 \cdot Q_{н}}{\pi(D^2 - d^2)} / \frac{4 \cdot Q_{н}}{\pi D^2} = \frac{D^2}{D^2 - d^2}$$

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						





### 4.3 Оснащення руки робота пристроєм поперечного переміщення схвата.

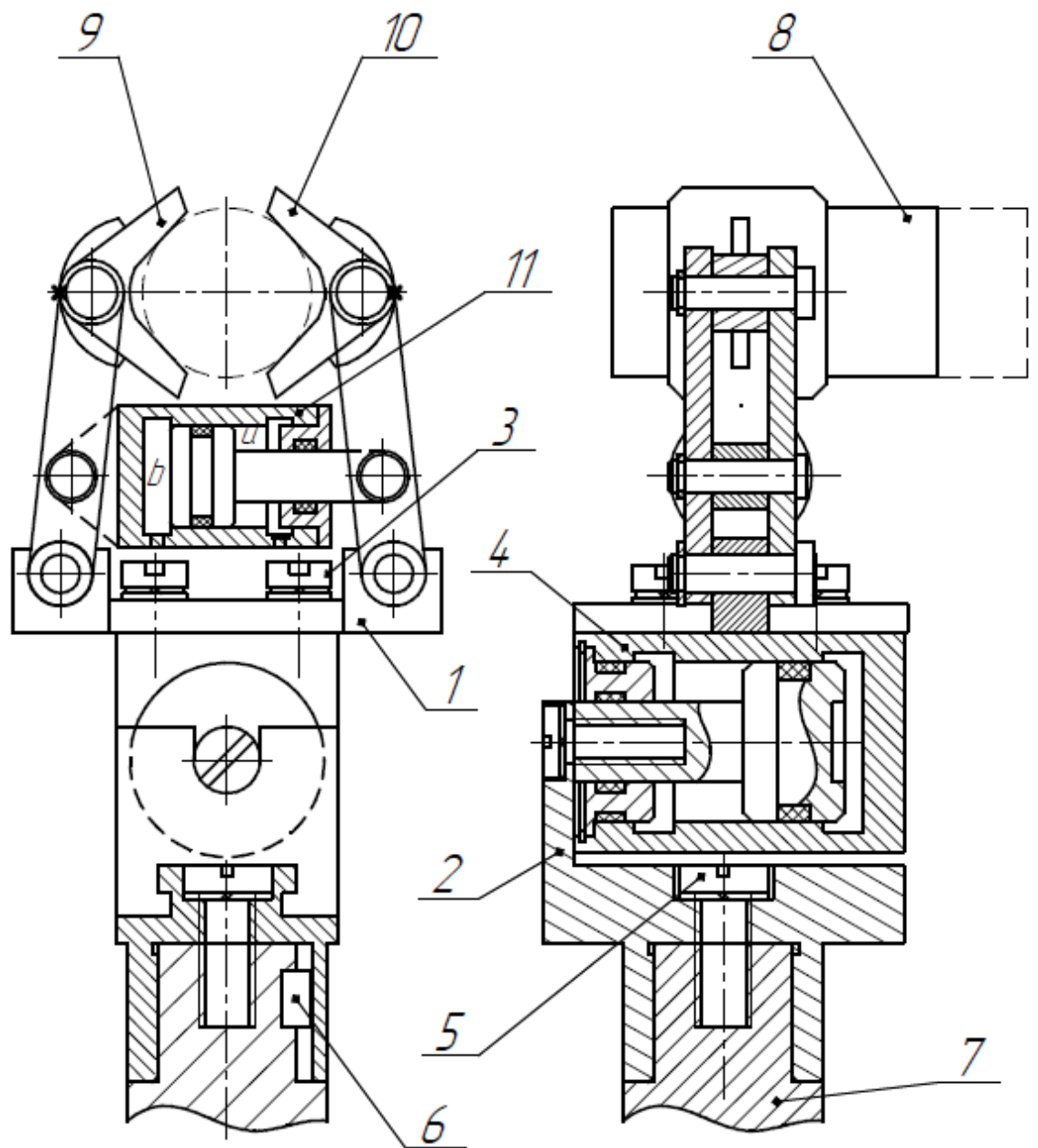


Рис. 4.3 конструкція кисті руки робота

Кисть руки робота складається із схвата і привода поперечного переміщення схвата.

Кисть руки робота містить схват 1 і вузол поперечного переміщення схвата 2. Схват 1 гвинтами 3 кріпиться до циліндра 4 пристрою поперечного переміщення схвата. Напрямна пристрою поперечного переміщення 2 прикріплюється гвинтом 5 і шпонкою 6 до вихідного штока 7 руки робота.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Затиск і розтиск деталі 8 схватом здійснюється губками 9 і 10, які приводяться в рух при подачі тиску живлення в камери  $a$  і  $b$  циліндра 11. При подачі тиску живлення  $P_{ж}$  у камеру  $a$  відбувається затиск деталі, а при подачі тиску живлення в камеру  $b$  відбувається розтиск деталі. Діапазон затиску лежить в межах 25...50 мм.

Здвиг деталі здійснюється при подачі тиску живлення  $P_{ж}$  в камери  $b$  і  $c$  циліндра 4. При подачі тиску живлення в камеру  $b$  і з'єднані камери  $c$  з атмосферою циліндр 4 з деталлю 8 рухаються праворуч на задану величину. Величина переміщення деталі налагоджується регульованим упором (упор на рисунку не показаний). При подачі тиску живлення  $P_{ж}$  в камеру  $c$  і з'єднані камери  $b$  з атмосферою циліндр 4 з деталлю 8 рухаються ліворуч.

#### Висновок до розділу 4

Запропонована кисть руки, яка виконана у вигляді схвату і пристрою поперечного переміщення дозволяє не тільки забезпечувати надійний затиск-розтиск деталі (заготовки) і здійснювати поперечне переміщення на задану величину, що дуже важливо при завантаженні-розвантаженні шпинделя верстата постановки і вилучення деталі із гнізда палети. Простота конструкції дозволяє змінювати за необхідності силу затиску. Представлений алгоритм розрахунку характеристик схвату та пристрою поперечного переміщення для можливості подальшого покращення та модернізації. Також був проведений розрахунок діаметру поршня при вазі заготовки  $P_g = 4 \text{ Н}$  і тиску живлення  $P_{ж} = 5 \text{ МПа}$  і заданих параметрах необхідно діаметр поршня 16 дорівнював 30 мм. При цьому деталь надійно буде затиснута розробленим схватом.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

## Загальні висновки

Представлений робототехнічний комплекс, що включає в себе пристрій палети для подачі заготовок роботу, самого робота, та обслуговуваного токарного верстата. Під час виконання роботи було виконано наступні поставлені задачі: Проведений патентний пошук і аналіз існуючих багатопозиційних приводів з цифровим керуванням. Була розроблена принципова схема пневмогідравлічного багатопозиційного привода руки промислового робота з цифровим керуванням. Розробка приводу повороту руки робота. Також запропонована конструкція гідравлічного цифрового об'ємного дозатора. Розробка алгоритмів і математичних моделей розрахунку оригінальних виконавчих пристроїв: виконавчого циліндра, гідравлічного цифрового дозатора, поворотного пневматичного двигуна і крокового приводу переміщення палети. Основною перевагою даного робота є простота виконання робочих органів, та висока точність позиціонування, яка притаманна цифровим приводам.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

## Список використаної літератури

1. Элементы гидроприводов(Справочник). Изд. 2-е перераб. И доп. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А, Маслов В.Т. Киев, «Техніка», 1977. 320с.
2. Кондаков Л.А. Уплотнение гидравлических систем. «Машиностроение», 1972, 240с.
3. Педченко М.Н., Федорец В.А. Пневматическое программированное реле времени. Сб. «Гидроприводы и гидропневмоавтоматика», вып. 8, к., «Техніка»,1972г.
4. Педченко М.Н., Радченко Г.Ф., Федорец В.А. Динамический анализ шагового пневмопривода - в кн.: Гидроприводы т гидропневмоавтоматика», вып. II, к.,:Техніка, 1975. С. 43-48
5. Розенцвит Ц.И., Эйгенброт В.М. Задающие устройства, м. «Энергия», 1971.
6. Новик Н.А., Федорец В.А. Исполнительное устройство шагового гидро- или пневмопривода. Авт. свид. №620685. – Бюл. Изобр., 1978, №31.
7. Федорец В.А. Пневматический шаговый командоапарат. «Технология и автоматизация машиностроения», Техніка 1972.
8. Федорец В.А. Новик М.А. устройство для шагового перемещения, Авт, свид №696221, Бюл. Изобр. №41, 1979
9. Новик Н.А., Федорец В.А., Педченко М.Н. Пневмомеханическое реле времени. Авт. свид. №868733 – Бюл. №36,1981.
10. Патент Великобританії №1365055, МКП F15B 11/18, ККНІР.
11. Сосонкин В.Л. Дискретная гидроавтоматика, М.: Машиностроение, 1972.
12. Федорец В.А., Новик Н.А. Статический анализ пневматического мембранного шагового двигателя В кн.: Тез. докл. – Киев,1978.
13. Грунауер А.А., Седач В.В. Поворотный шаговый привод пневматических манипуляторов –Тез. докл. Конференция «Робототехнические системы» к., 1980 с.137-139.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

14. Позин Я.М. Элементы дискретных пневматических позиционеров. В сб.: Пневматика и гидравлика, вып 2. Машиностроение 1975.

15. Солнцева К.С. К выбору параметров пневматического дискретного порционера В кн.: Теория пневмо и гидропривода. м., «наука», 1969.

16. Патент України №128599 МПК (2018.01) F15B 7/00 Бюл. №18, 2018р.

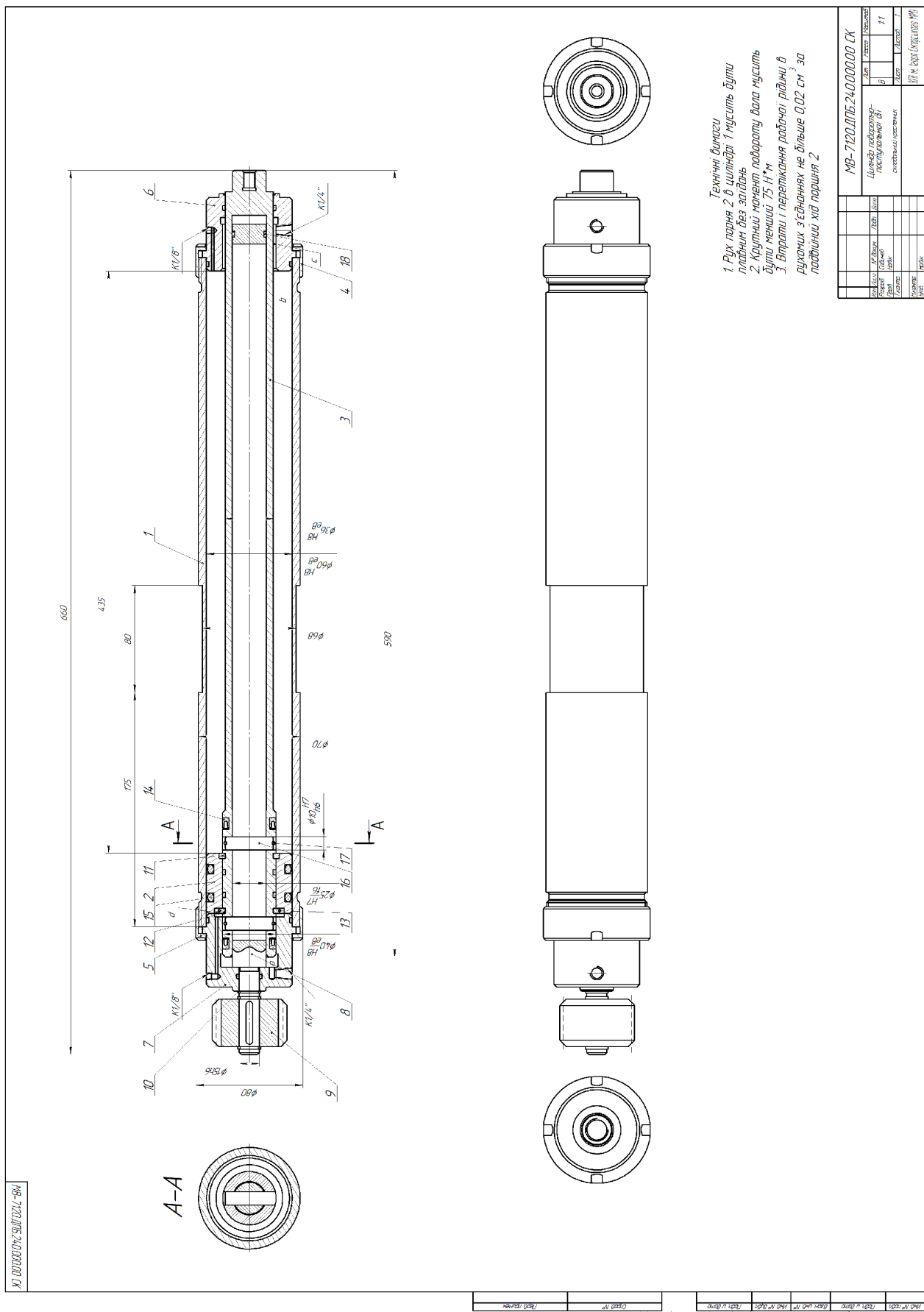
17. Патент України №66811 МПК F15B 9/03, Бюл. №2, 2012р.

18. Патент України №124672 МПК F15B 9/03, Бюл. №8, 2018р.

					<i>МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

# Додатки

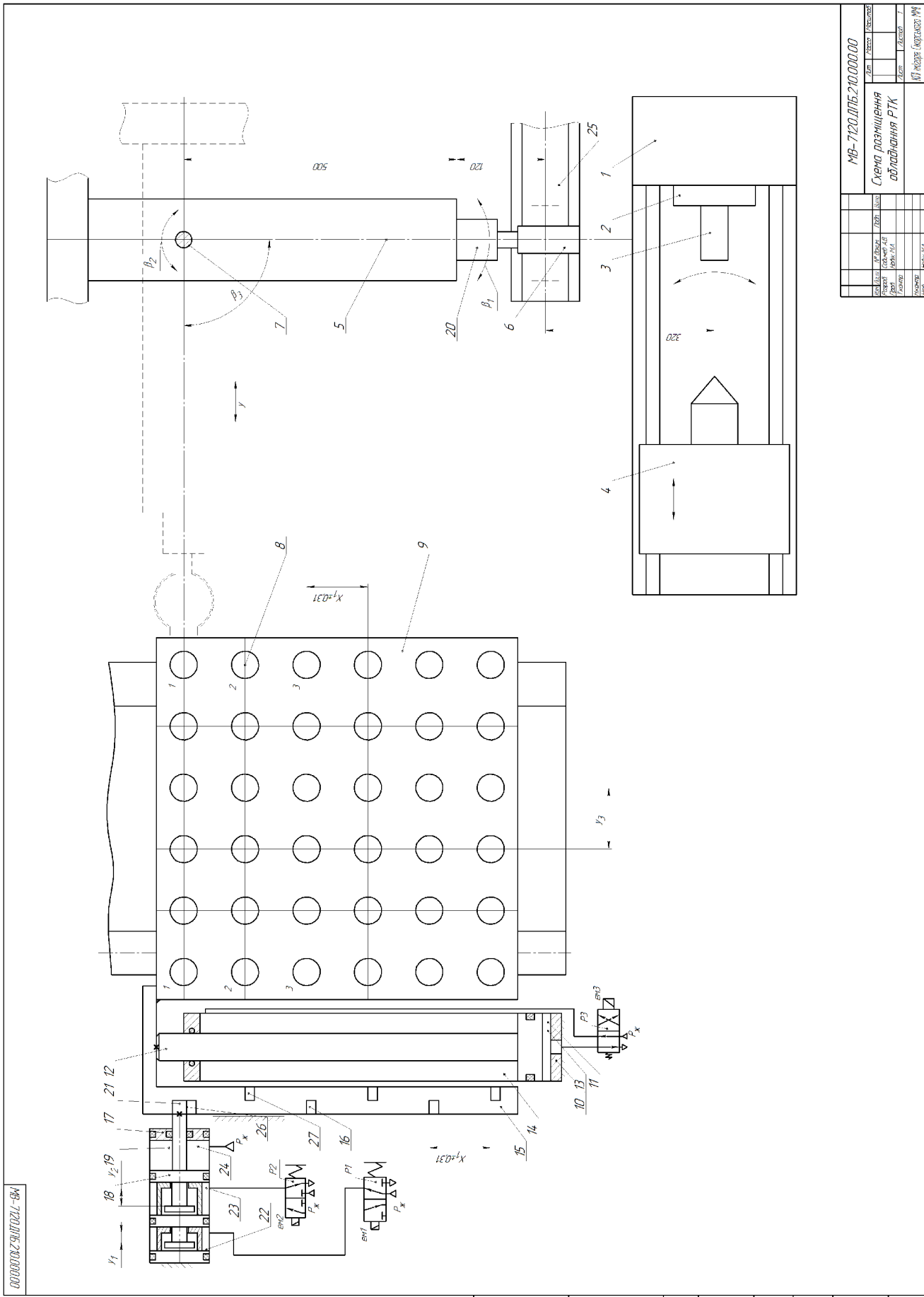
## Додаток 1



Технічні вимоги  
 1. Рух паюча 2 в циліндрі 1 мусить бути  
 плавним без задилянь  
 2. Крутний момент плавовороту вала мусить  
 бути менший 15 Н·м  
 3. Випрати і переткання радіації в  
 рукавках з'єднань не більше 0,02 см<sup>2</sup> за  
 плавдинки хід паропару 2

МБ-7120.ДПБ.240.000.000 SK		Лист	Листів
ІНСТРУКЦІЯ	УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ	В	11
ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	ПАСПОРТНІ ВІСЛІДЖУВАННЯ	Б	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	СЕРІЙНІ ВІСЛІДЖУВАННЯ	Г	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Д	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Е	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ж	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	З	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	И	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Й	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	К	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Л	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	М	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Н	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	О	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	П	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Р	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	С	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Т	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	У	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ф	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Х	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ц	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ч	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ш	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Щ	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ъ	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ы	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ь	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Э	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Ю	1
ВІСЛІДЖУВАННЯ	ВІСЛІДЖУВАННЯ	Я	1

# Додаток 2

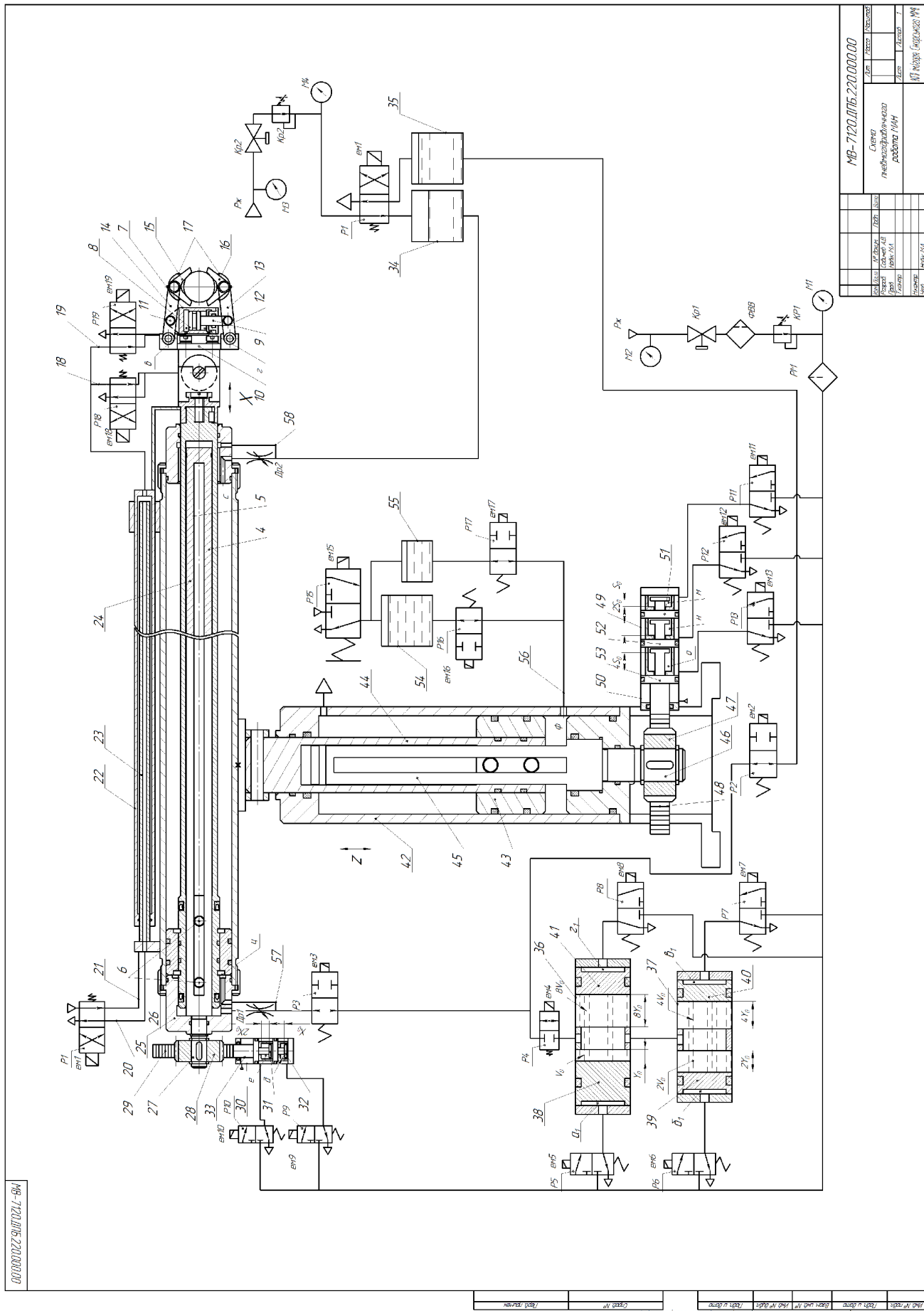


MB-7120.ДПБ.210.000.000		Лист	Зміст	Всього
Склад	Корпус	Соб.мат. А.Б.	Мат. А.Б.	Листів
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	3	3	3	3
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9
10	10	10	10	10
11	11	11	11	11
12	12	12	12	12
13	13	13	13	13
14	14	14	14	14
15	15	15	15	15
16	16	16	16	16
17	17	17	17	17
18	18	18	18	18
19	19	19	19	19
20	20	20	20	20
21	21	21	21	21
22	22	22	22	22
23	23	23	23	23
24	24	24	24	24
25	25	25	25	25
26	26	26	26	26
27	27	27	27	27
28	28	28	28	28
29	29	29	29	29
30	30	30	30	30
31	31	31	31	31
32	32	32	32	32
33	33	33	33	33
34	34	34	34	34
35	35	35	35	35
36	36	36	36	36
37	37	37	37	37
38	38	38	38	38
39	39	39	39	39
40	40	40	40	40
41	41	41	41	41
42	42	42	42	42
43	43	43	43	43
44	44	44	44	44
45	45	45	45	45
46	46	46	46	46
47	47	47	47	47
48	48	48	48	48
49	49	49	49	49
50	50	50	50	50

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

MB-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

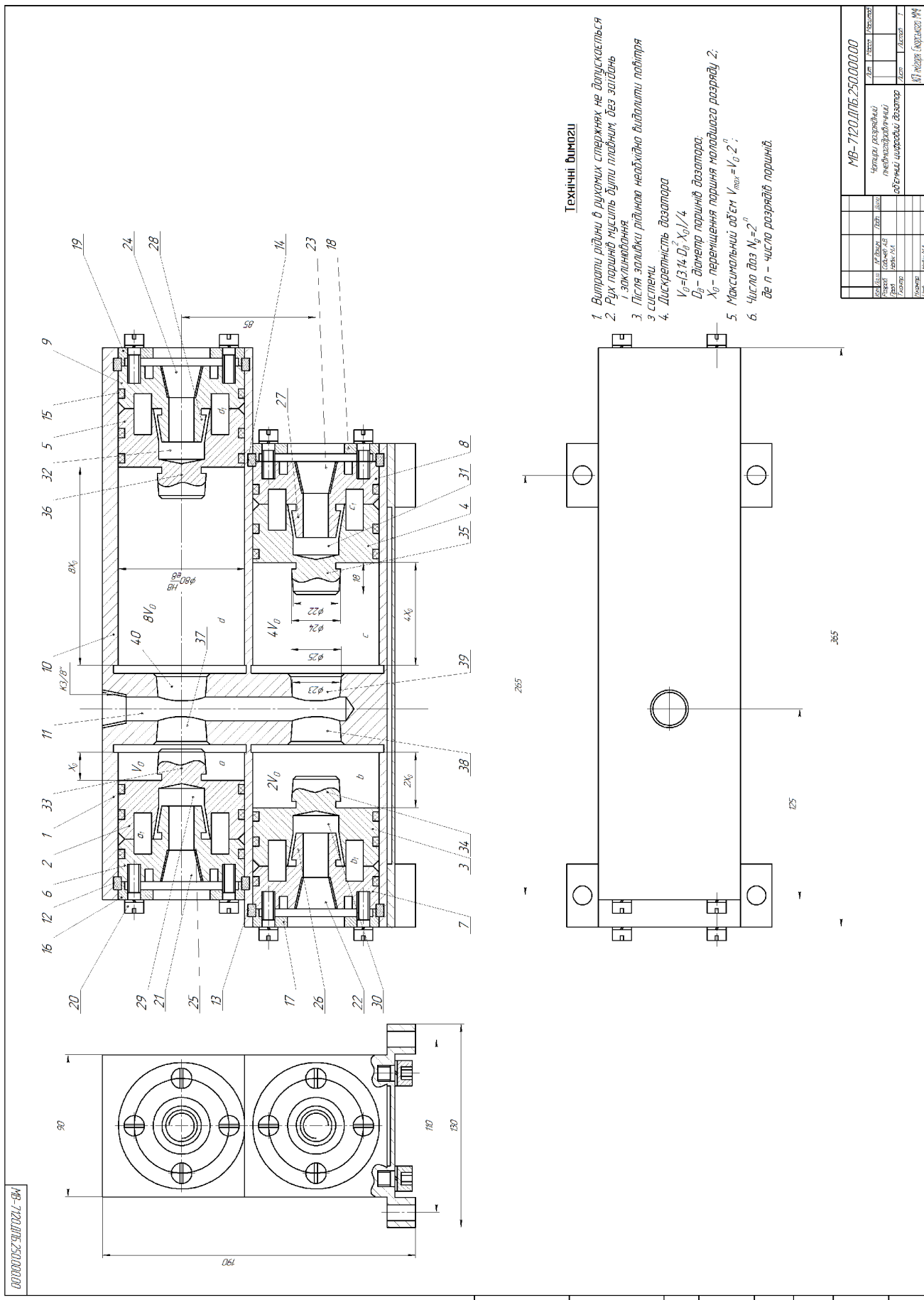
# Додаток 3



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

MB-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

# Додаток 4



MB-7120.DPB.250.000.000	
Діаметр поршнів	40, 41, 42, 43
Число розрядів	2
Переміщення поршнів	27
Об'ємний дозатор	4
Діаметр дозатора	4
Число доз	2
Число розрядів поршнів	2

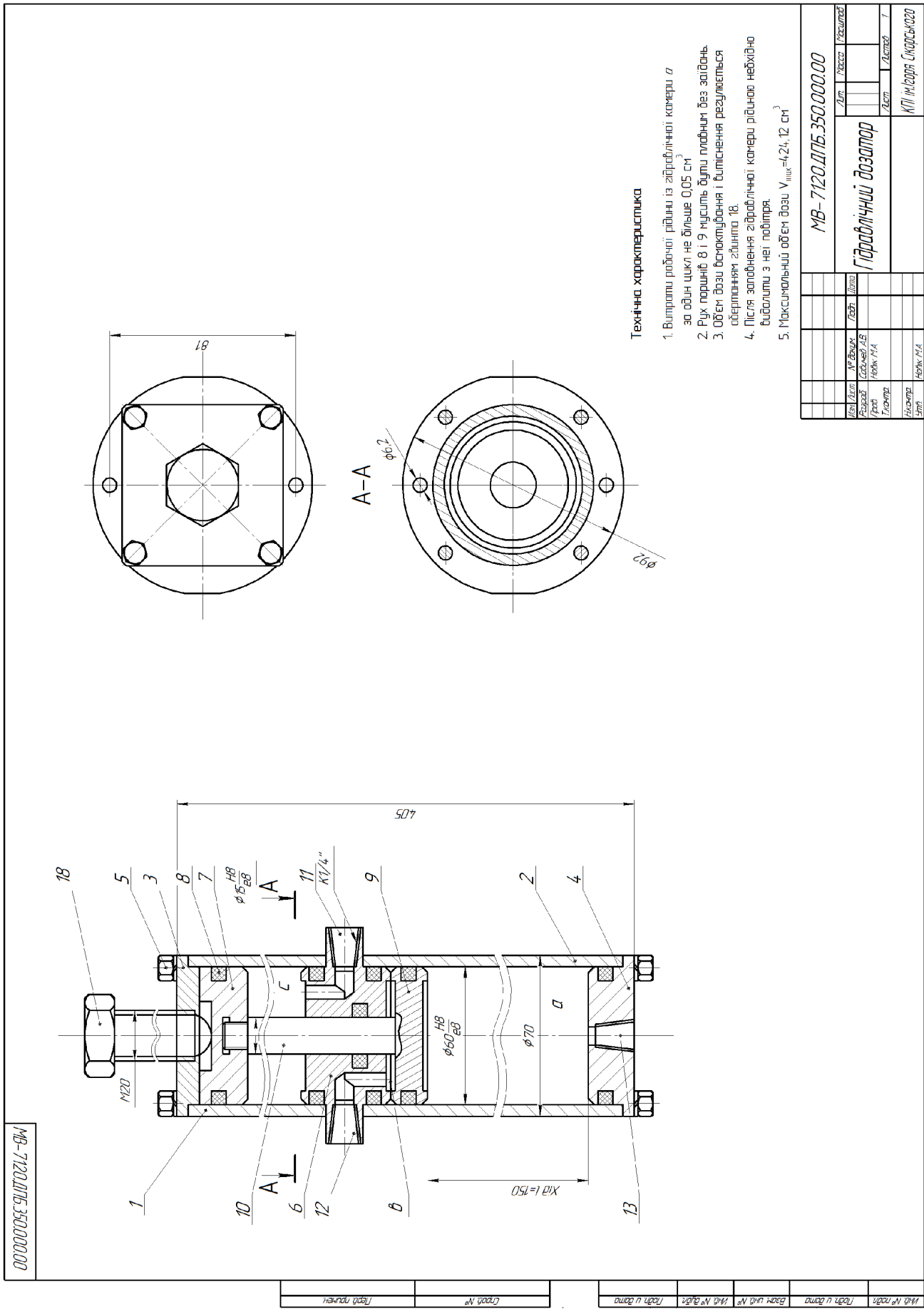
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

MB-7120.DPB.000.000.000 ПЗ

Лист

82

# Додаток 5



### Технічна характеристика

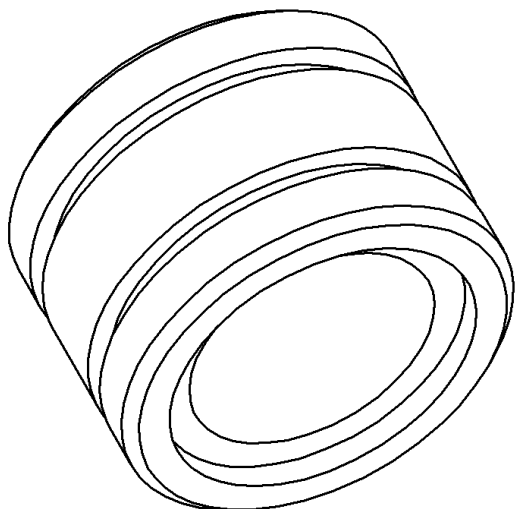
1. Випрати робочі: рідини із зібрання камери  $a$  за один цикл не більше 0,05 см<sup>3</sup>
2. Рух поршнів 8 і 9 мусить бути глибоким без заїдань
3. Об'єм дози всмоктування і витіснення регулюється обертанням з'єднання 18.
4. Після заповнення зібрання камери рідиною необхідно відболити з неї повітря.
5. Максимальний об'єм дози  $V_{\text{пук}} = 424, 12 \text{ см}^3$

МВ-7120.ДПБ-350.000.000		Лист	Листів
Гідравлічний дозатор		Лист	Листів
№ докум. Розроб.	№ змін. док. / дата	Лист	Листів
18	1/4	1	1
М. розроб.	М. викон.	М.П. Інженер С.Корсак	

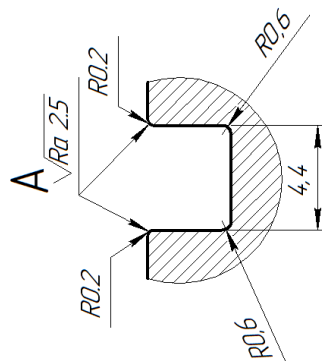
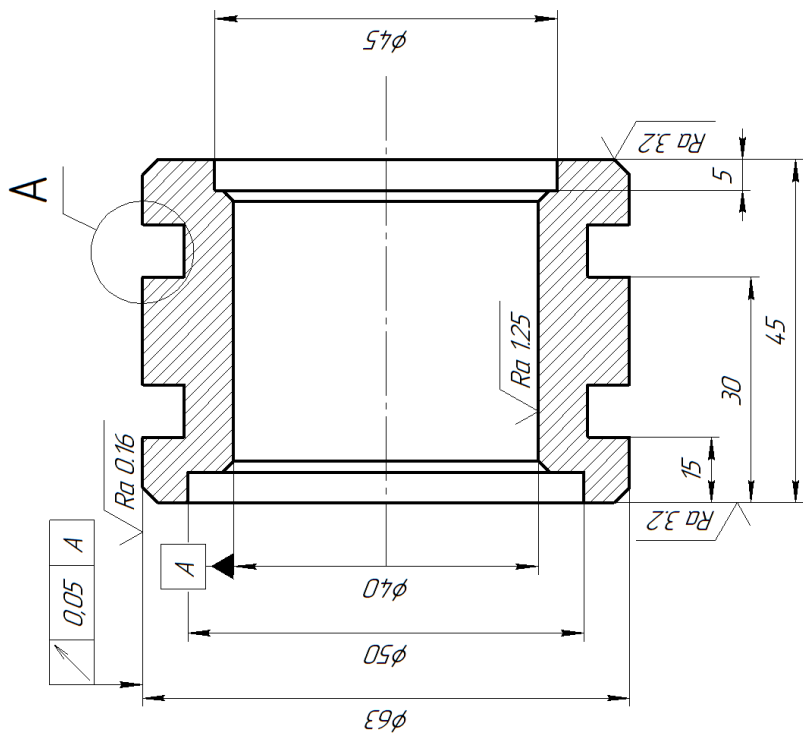
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

Додаток 6



Цементувати на глибину 0,8..1,2 мм.  
Твердість - 56 ... 62 ННС.  
Канавка і посадкове місце під фторопластове кільце -  
по ГОСТ 9833-73



MB-7120.ДПБ.220.000.002

MB-7120.ДПБ.220.000.002		Лист	Масса	Масштаб
Поршень		Лист	Листов	1
Сталь 20Х ГОСТ 8731-74		КПІ ім.горя Сікорського ММ		
Изм/Лист	№ докум	Подп	Дата	
Разработ	Содичев АВ			
Проект	Найлік МА			
Технир				
Инженер				
Упр	Найлік МА			

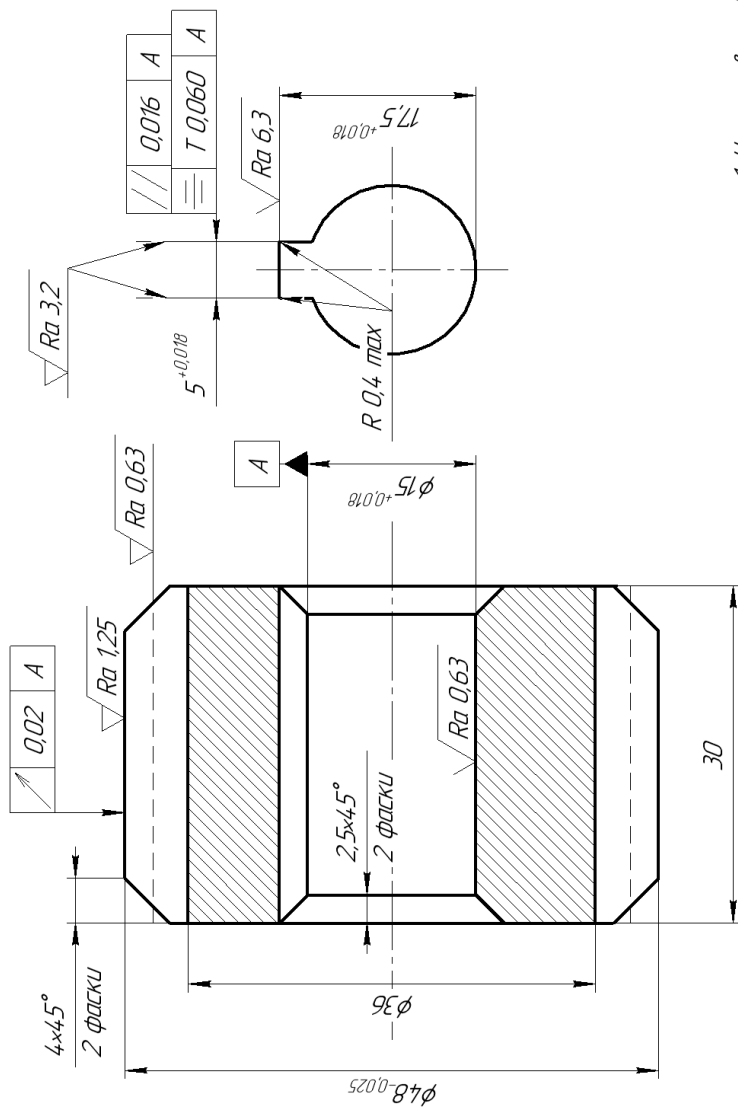
Изд. № разд	Изд. № доку	Изд. № дора	Изд. № дора	Изд. № дора
Изд. № разд	Изд. № доку	Изд. № дора	Изд. № дора	Изд. № дора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

MB-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

Додаток 7

Найменування	Позн
Модуль	m
Число зубів	z
Профіль зуба	- прямиий
Ступінь точності	- 7-С
Дільний діаметр	d
Вихідний контур	ГОСТ 13754-68
Коеф. виміру товщини зуба	x <sub>f</sub>
Коеф. зміщення	x <sub>e</sub>
	0
	0



1. Цементувати h0,7 ... 1,0
2. HRC 45 ... 50
3. ISO 2768 - mK

МВ-7120.ДПБ.220.000.009

МВ-7120.ДПБ.220.000.009

Шестерня

Сталь 40Х ГОСТ 5950-73

КПІ ім.арія Сікорського ММІ

Лист	Масса	Масштаб
№ докум.	Листа	Листа
Собачий АВ.		
Нобак МА		
Т.контр.		
Н.контр.		
С.контр.		
Нобак МА		

№ док. по дн.	№ док. по дн.	№ док. по дн.	№ док. по дн.	№ док. по дн.
№ док. по дн.	№ док. по дн.	№ док. по дн.	№ док. по дн.	№ док. по дн.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

Додаток 8

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
A1			МВ-7120.ДПБ.240.000.00 СК	Складальний кресленник	1	
<i>Детали</i>						
БК	1		МВ-7120.ДПБ.240.000.01	Циліндр	1	
АЗ	2		МВ-7120.ДПБ.240.000.02	Поршень	1	
БК	3		МВ-7120.ДПБ.240.000.03	Шток	1	
БК	4		МВ-7120.ДПБ.240.000.04	Гайка шлицева	1	
БК	5		МВ-7120.ДПБ.240.000.05	Гайка шлицева	1	
БК	6		МВ-7120.ДПБ.240.000.06	Кришка	1	
БК	7		МВ-7120.ДПБ.240.000.07	Кришка	1	
БК	8		МВ-7120.ДПБ.240.000.08	Вал	1	
АЗ	9		МВ-7120.ДПБ.240.000.09	Шестерня	1	
БК	11		МВ-7120.ДПБ.240.000.11	Напівкільця	2	
БК	12		МВ-7120.ДПБ.240.000.12	Напівкільця	2	
БК	18		МВ-7120.ДПБ.240.000.18	Втулка	1	
<i>Стандартные изделия</i>						
		10		Стопорне кільце DIN 471	1	
		15		Гумово-фторопластове ущільнення	2	
		14		Манжетне кільце ДЕСТ 14896-84	2	
<b>МВ-7120.ДПБ.240.000.00 СК</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.					Лит.	Лист
Проб.						1
Н.контр.						2
Утв.						
					Циліндр поворотно- поступальної дії складальний кресленник	



Тема Дипломного проекту  
«Розробка промислового робота для  
обслуговування токарного верстата»

Автор презентації:  
студент 4 курсу  
групи МВ-71  
Савичев Антон Васильович  
Керівник проекту:  
к.т.н. доцент Новік Микола Андрійович



Автоматизація робочого процесу



## Види маніпуляторів за типами робочих зон:



## Мета проєкту

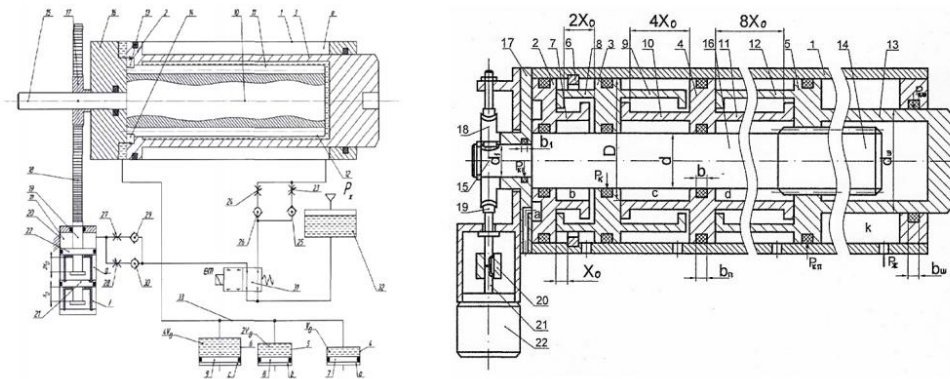
Створення РТК на базі токарного верстата і промислового робота. Основним пристроєм промислового робота є рука, до функціонування якої пред'являються обґрунтовані вимоги. Необхідно щоб конструкція руки була нескладною, щоб рука мала незначні осьові габаритні розміри, щоб вона забезпечувала високу точність позиціонування вихідної ланки, можливість як лінійного переміщення, так і поворот вихідної ланки навколо осі штока, щоб забезпечувалась можливість інтенсивного руху і гальмування при підході до заданої точки.

# Задачі для вирішення мети

- ❖ Проведений патентний пошук і аналіз існуючих багатопозиційних приводів з цифровим керуванням.
- ❖ Розробка принципової схеми гідравлічного багатопозиційного привода руки промислового робота з цифровим керуванням.
- ❖ Розробка конструкції руки поворотно-поступальної дії.
- ❖ Розробка гідравлічного цифрового об'ємного дозатора
- ❖ Розробка пневматичного цифрового привода повороту вихідної ланки(схвата)

## Патентний огляд

Цифровий привод поворотно-поступальної дії

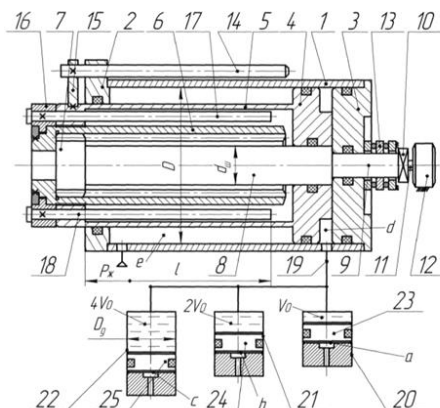


Патент України №124672 МПК F15B 9/03, Бюл. №8, 2018р. Патент України №66811 МПК F15B 9/03, Бюл. №2, 2012р.

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

# Патентний огляд

Комбінований цифровий привод



Патент України №128599 МПК (2018.01) F15 В 7/00 Бюл. №18, 2018 р.

## Графічна частина дипломного проєкту

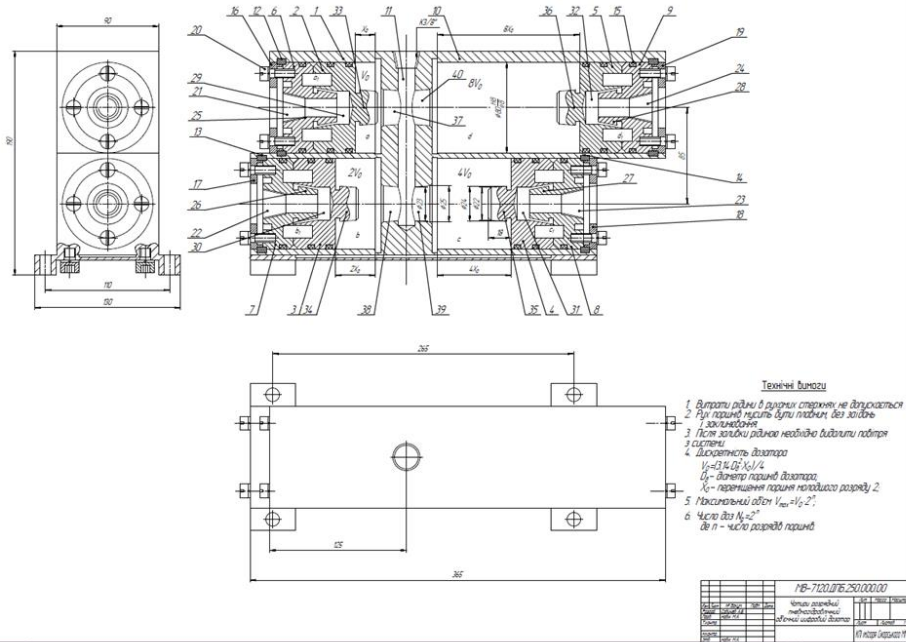
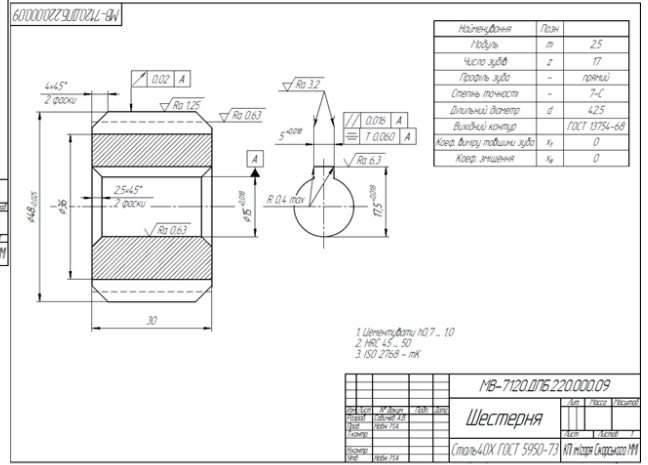
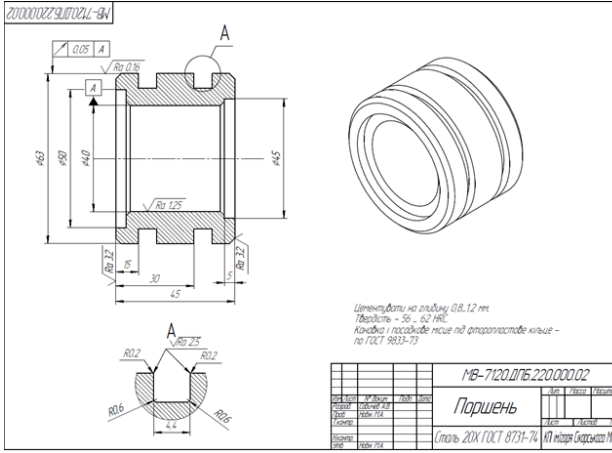
- ❖ Схема розміщення обладнання РТК
- ❖ Схема пневмогидравлічного робота
- ❖ Конструкція циліндру поворотно поступальної дії
- ❖ Конструкція чотирирозрядного пневмогидравлічного об'ємного цифрового дозатора
- ❖ Конструкція гідравлічного дозатора
- ❖ Конструкція «Кисті» робота

					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

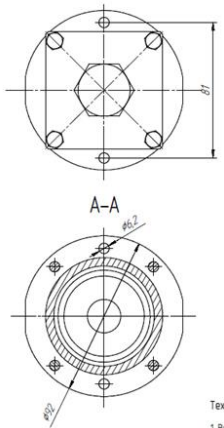
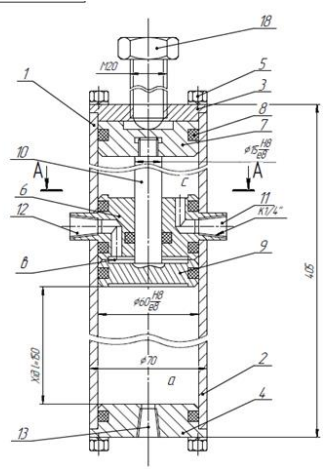
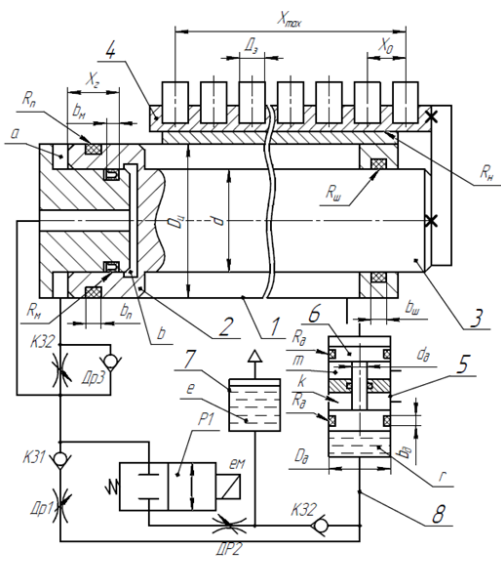




# Деталювання



Принципова схема приводу переміщення палети



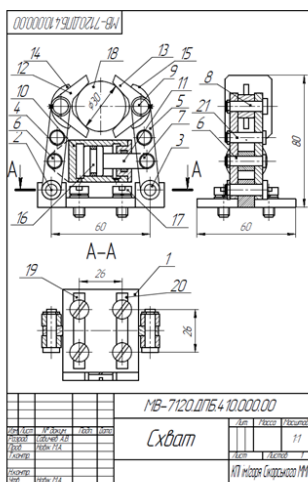
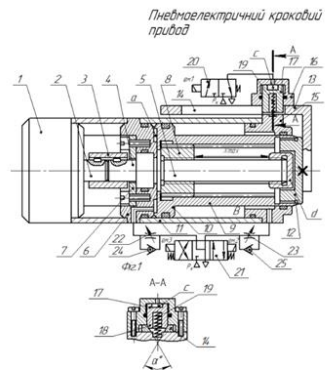
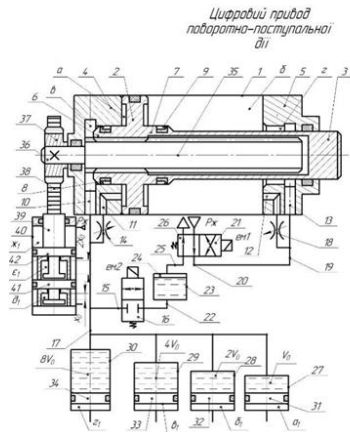
- Технічна характеристика
1. Випрати робочі рідини із зливної камери *a* за один цикл не більше  $0,05 \text{ см}^3$
  2. Рух поршня В і 9 нульові булі повинні бути задані.
  3. Об'єм дози встановлення і бітчення результату обертання об'єкта В.
  4. Після заповнення зливної камери рідиною необхідно відкрити з неї палиця.
  5. Максимальний об'єм дози  $V_{max}=4,24, 12 \text{ см}^3$

МВ-7120.ДПБ.350.000.000	
Головний конструктор	Головний конструктор
Конструктор	Конструктор
Проєктант	Проєктант
Виконавець	Виконавець
Дата	Дата
Лист	Лист
Місяць	Місяць
Рік	Рік
КП Мікрон Сіарська	

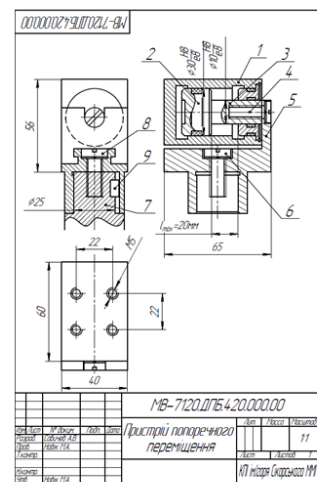
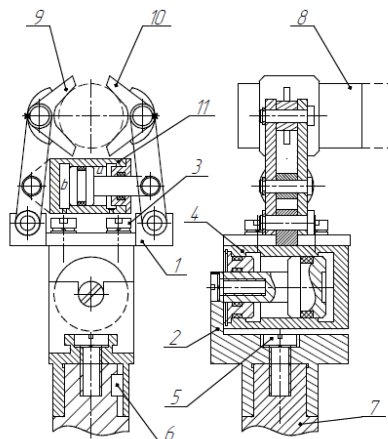
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ

# Заявки на корисну модель та винахід



Пристрій «Схват» руки робота



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

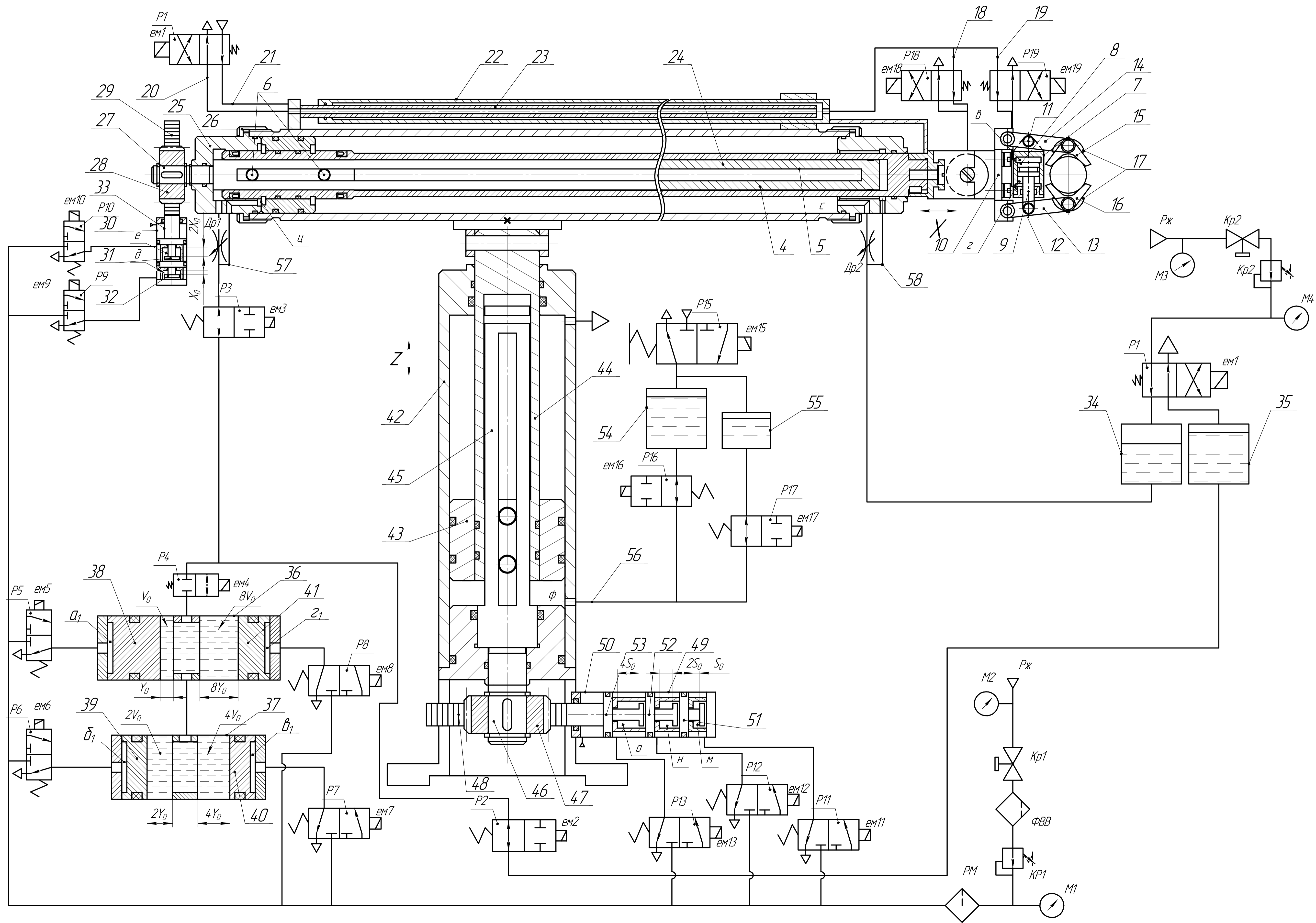
## Висновки:

---

- ❖ Розроблено схему розміщення робота маніпулятора та рухомої палети
- ❖ Розроблено привод поворотно поступальної дії
- ❖ Розроблено об'ємний цифровий дозатор для забезпечення багатопозиційності приводу ППД
- ❖ Розроблено привод переміщення палети
- ❖ Розроблено гідродозатор для приводу переміщення палети
- ❖ Розроблено схват із поперечним переміщенням для руки маніпулятора

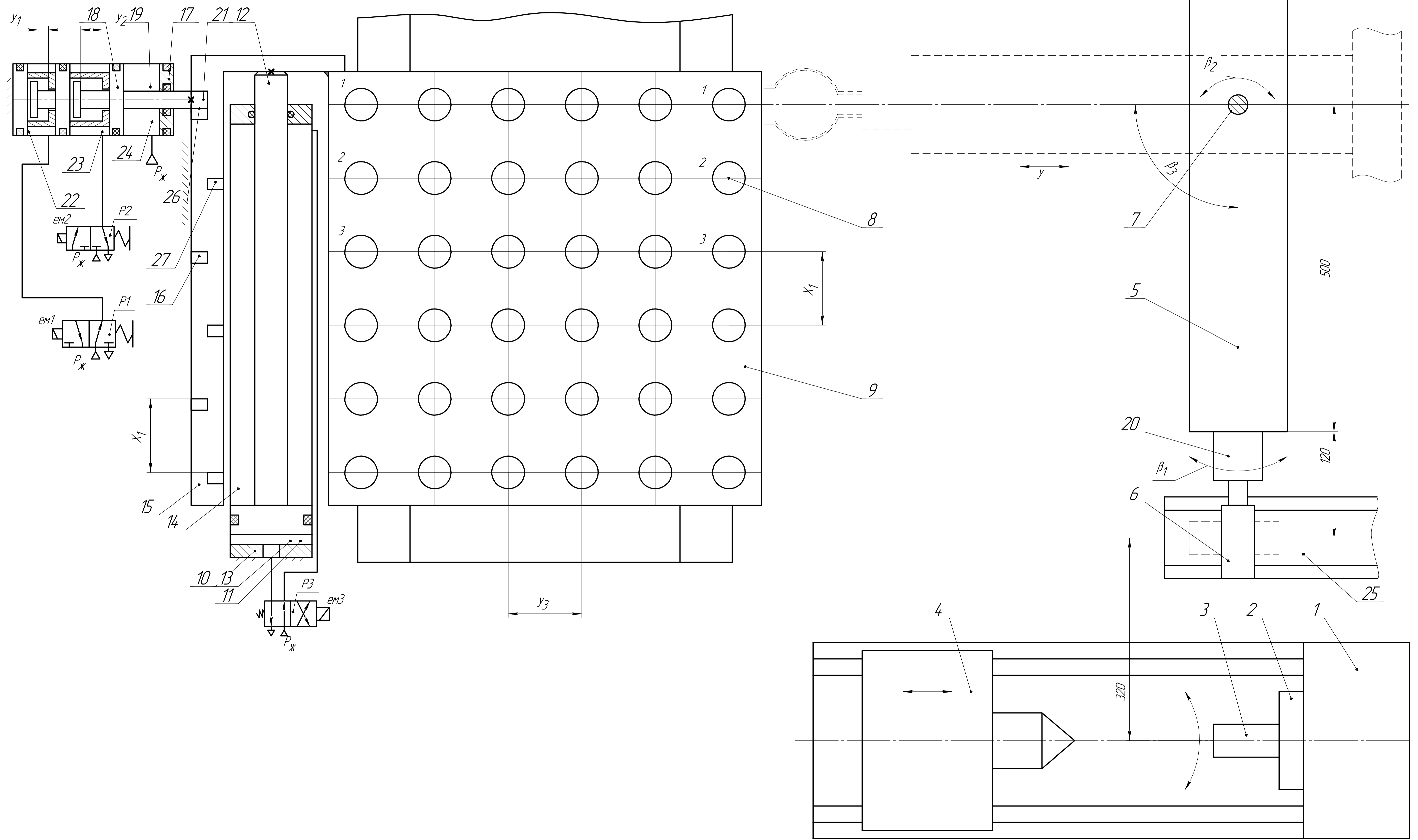


					МВ-7120.ДПБ000.000.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97



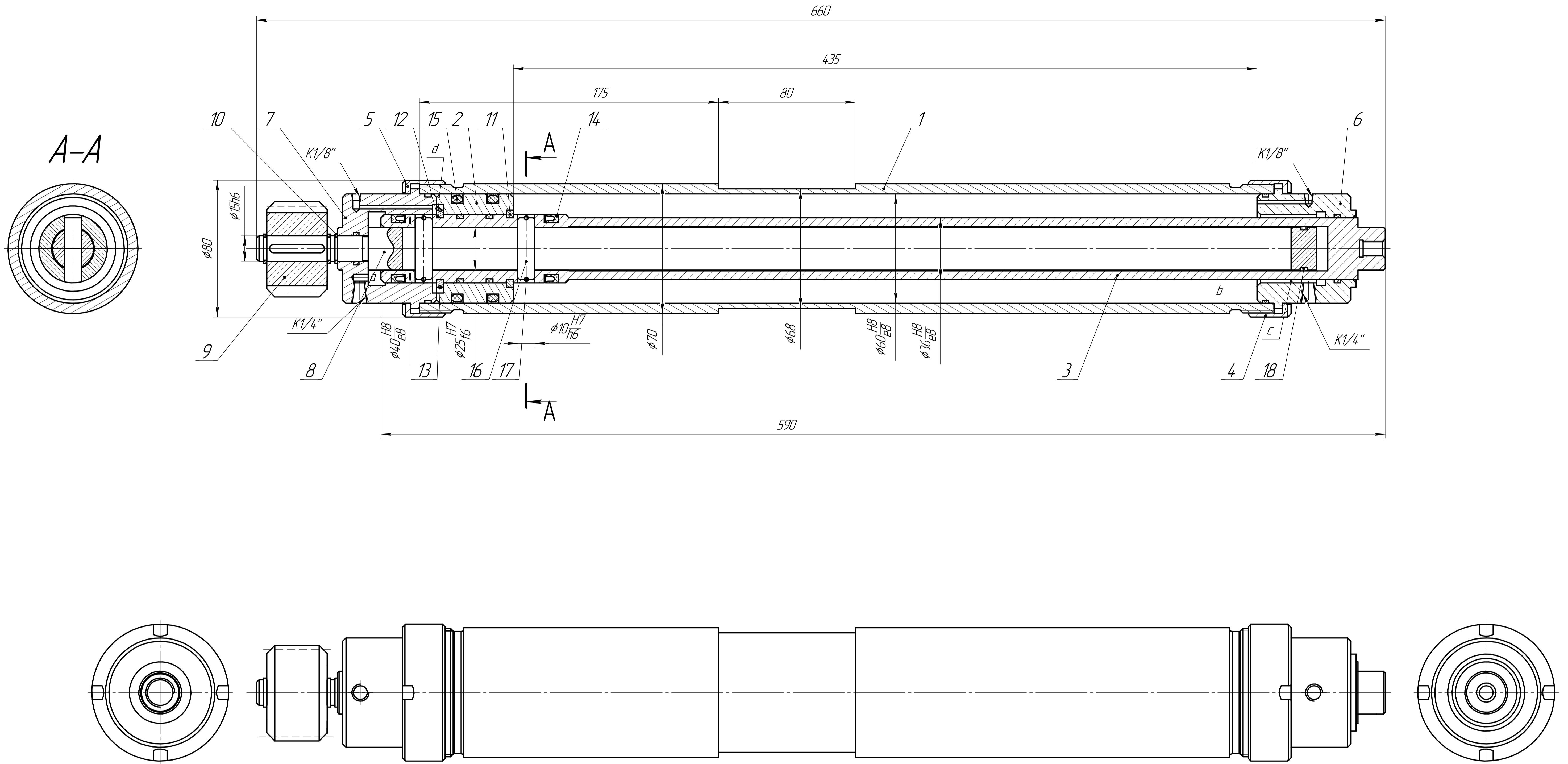
МВ-7120.ДПБ.220.000.00				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Савичев А.В.					
Проб.	Надик М.А.					
Т.контр.						
Исполн.						
Утв.	Надик М.А.					
Схема пневмогидравлического работы МАН				Лист	Листов	1
КПТ инженер Скорського ММ						

КОМПАС-3D v11 Частота версий © 2019 ООО "КОМПАС-СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ". Распространение и использование без разрешения ООО "КОМПАС-СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ" запрещено.  
 Лица, не имеющие права на использование программного обеспечения КОМПАС-СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, несут ответственность за любые нарушения.  
 Лица, не имеющие права на использование программного обеспечения КОМПАС-СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, несут ответственность за любые нарушения.  
 Лица, не имеющие права на использование программного обеспечения КОМПАС-СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, несут ответственность за любые нарушения.



MB-7120.ДПБ.210.000.00				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Схема розміщення обладнання РТК	
		Савичев А.В.			Лист	Листов 1
		Навік М.А.			КТІ ім'єрзя Сікорського ММІ	
Інж.						
Узб.		Навік М.А.				

Копіравал © 2019 ООО "АТРС-Системні програмні рішення". Ресурси: Все права захищені. Не для комерційного використання. Лист № 1 з 1. Дата: 15.08.2019. Підп. і дата: [signature]



*Технічні вимоги*

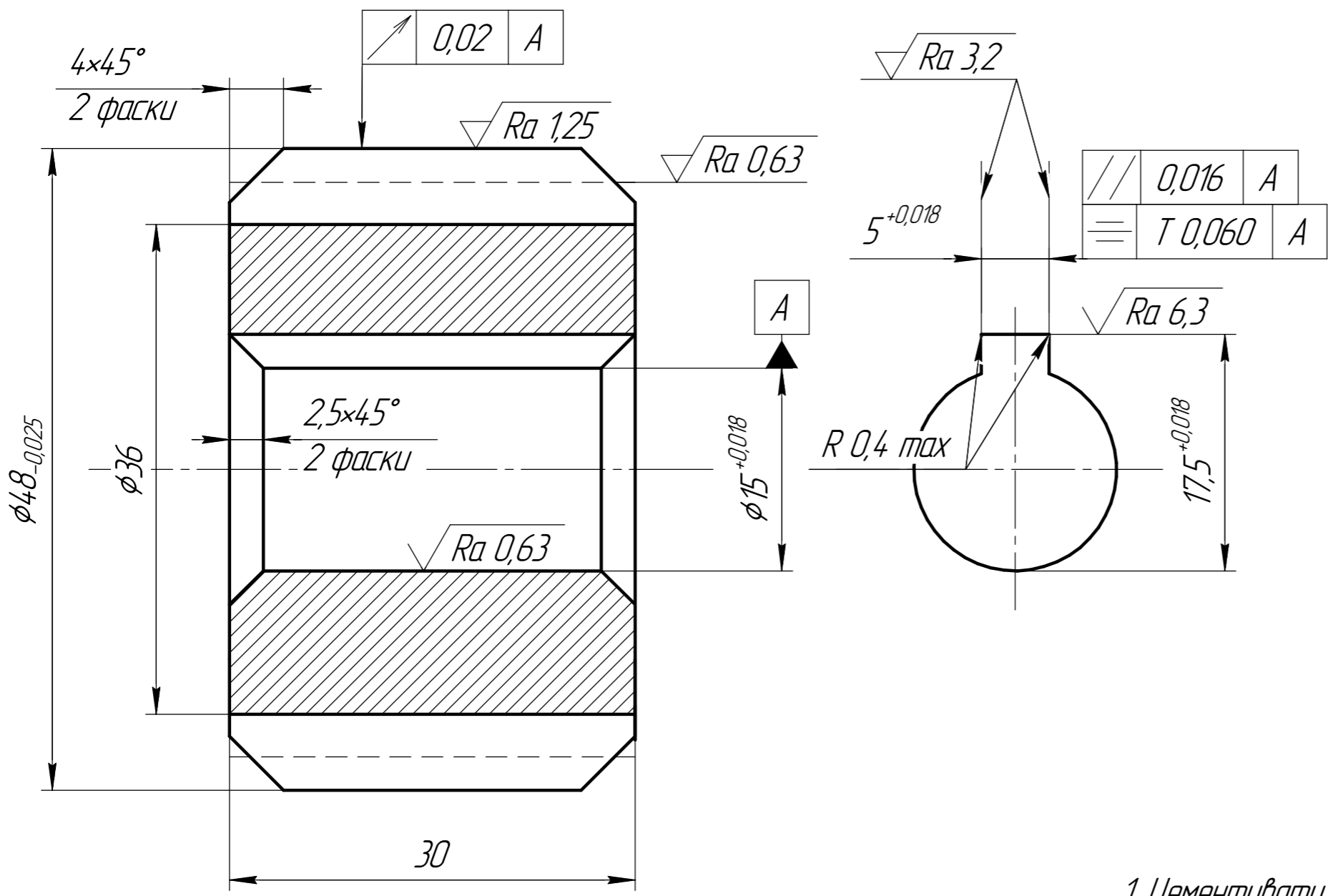
1. Рух порня 2 в циліндрі 1 мусить бути плавним без заїдань
2. Крутний момент повороту вала мусить бути менший 75 Н\*м
3. Втрати і перетікання робочої рідини в рухомих з'єднаннях не більше 0,02 см<sup>3</sup> за подвійний хід поршня 2

				МВ-7120.ДПБ.240.000.00 СК			
Взм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.		Савичев			В		1:1
Проб.		Надик			складальний кресленник		
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					КП ім. Ізоря Сікорського ММ		
Узд.		Надик			Копирайтер		
				Формат А1			

Копіювання та розповсюдження заборонено. © 2019 ООО "АВТО-Система привода поршня". Ресурси: Все права захищено. Підпис і дата. Сторінка №. Перш. примірник.

MB-7120.ДПБ.220.000.09

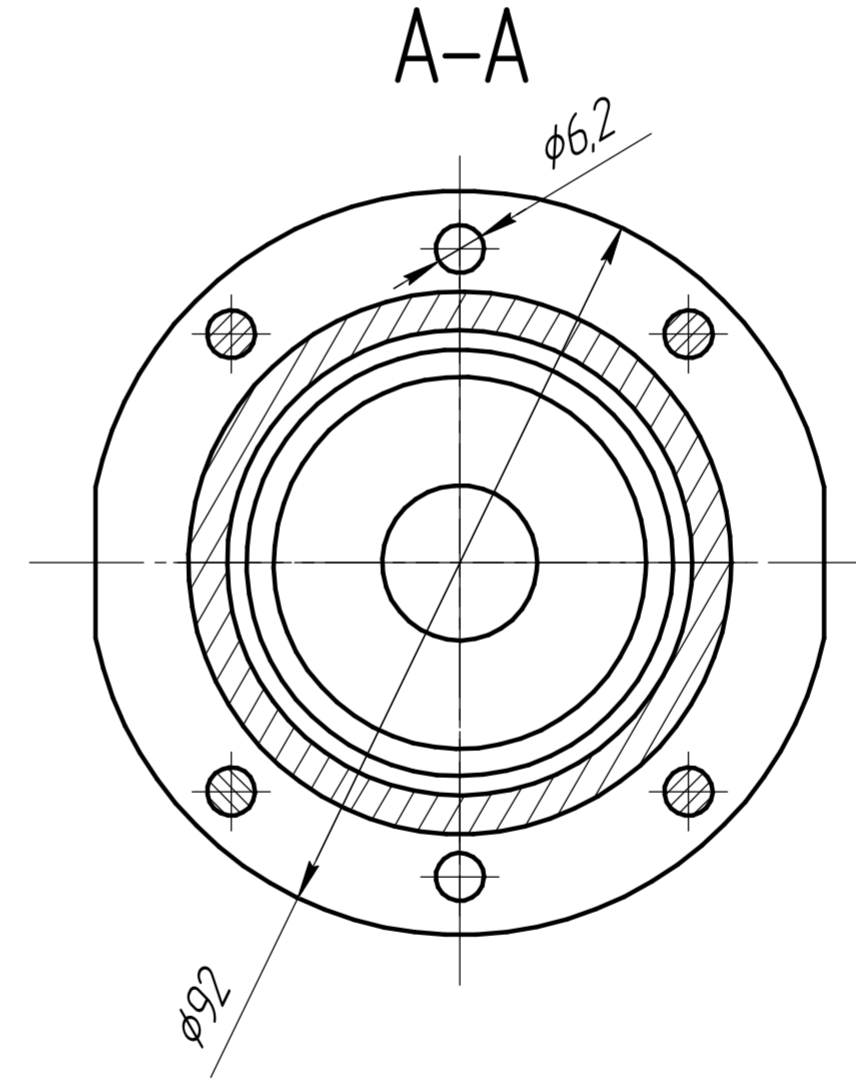
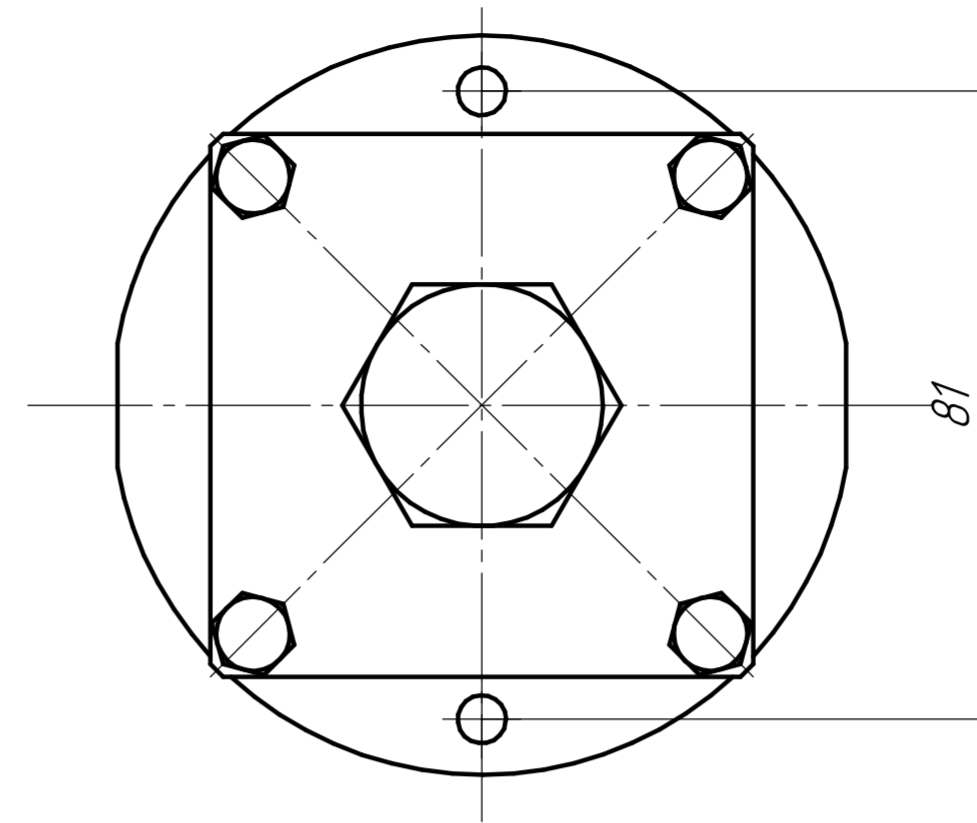
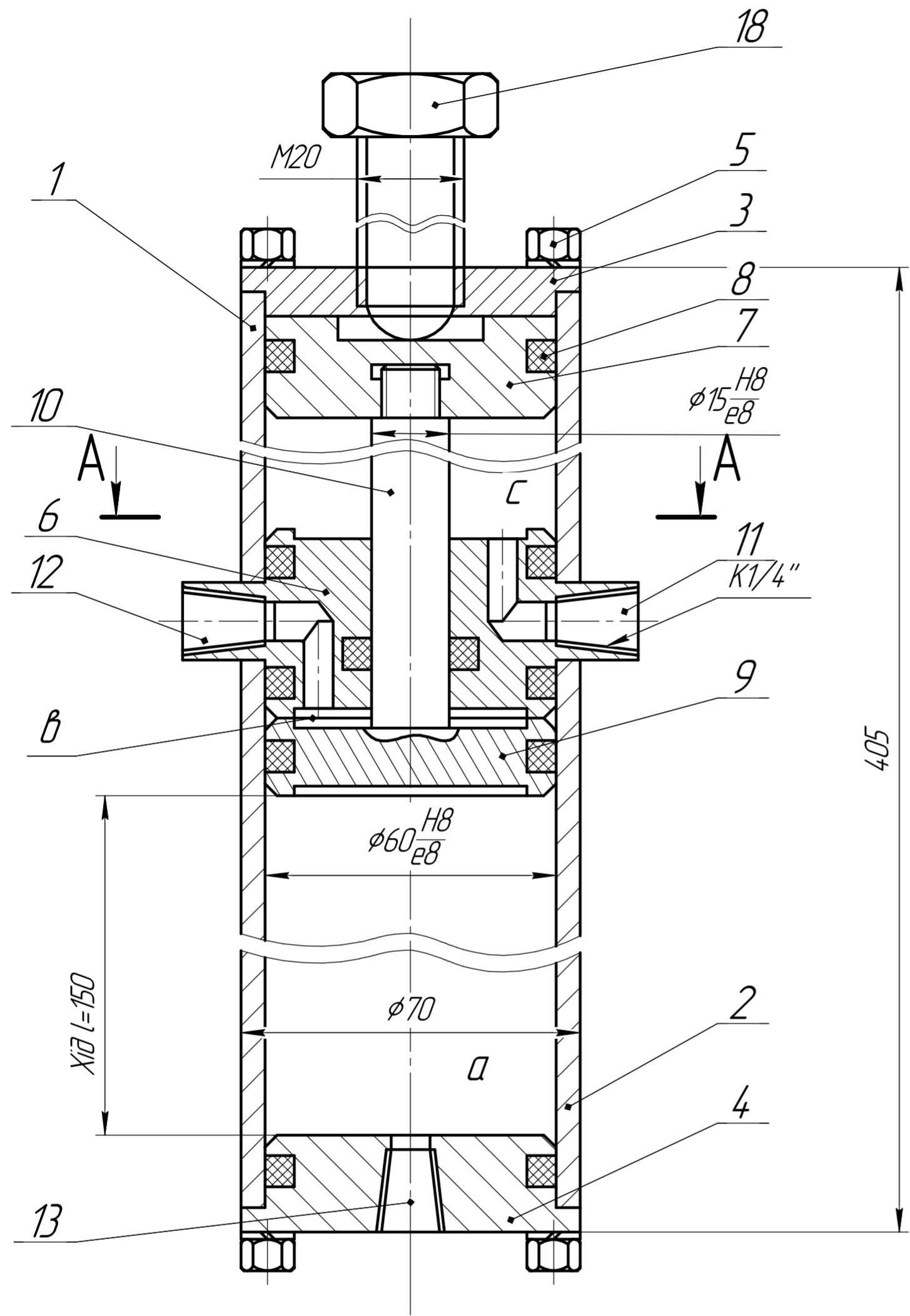
Перв. примен.  
Справ. №  
Взам. инв. №  
Инв. № дубл.  
Подп. и дата  
Изм. № подл.  
Подп. и дата  
Изм. № подл.  
Подп. и дата



Найменування	Позн	
Модуль	$m$	2,5
Число зубів	$z$	17
Профіль зуба	-	прямий
Степень точності	-	7-Г
Дільний діаметр	$d$	42,5
Вихідний контур		ГОСТ 13754-68
Коеф. виміру товщини зуба	$x_f$	0
Коеф. зміщення	$x_e$	0

1. Цементувати  $h0,7 \dots 1,0$
2. HRC 45 ... 50
3. ISO 2768 - mK

					<b>MB-7120.ДПБ.220.000.09</b>		
					<b>Шестерня</b>		
					Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата			
Разраб.		Савичев А.В.					
Проб.		Новик М.А.					
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.		Новик М.А.					
					Лист		Листов 1
					Сталь 40X ГОСТ 5950-73		КПІ ім.Горького Сікорського ММІ
					Копировал		Формат А3

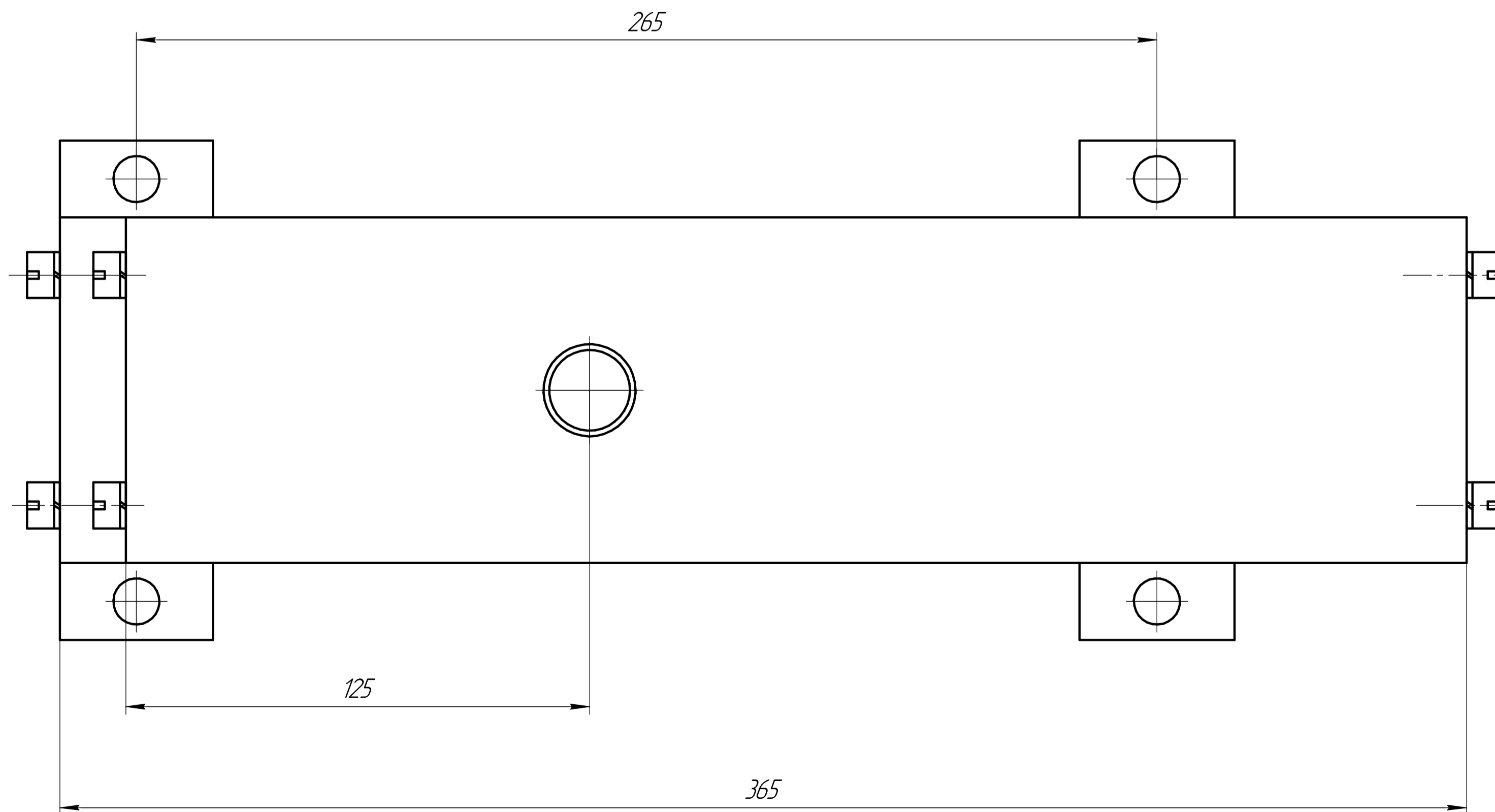
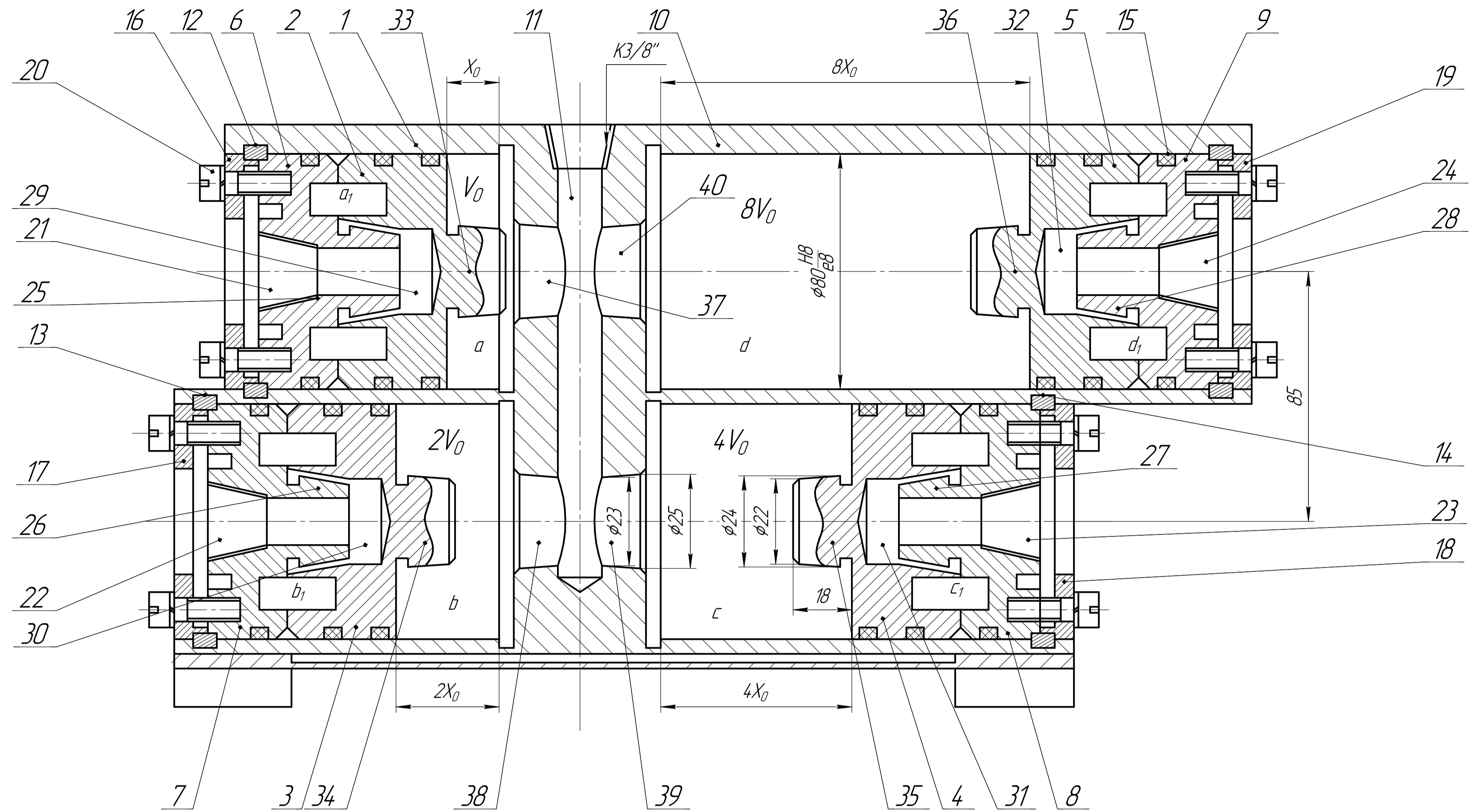
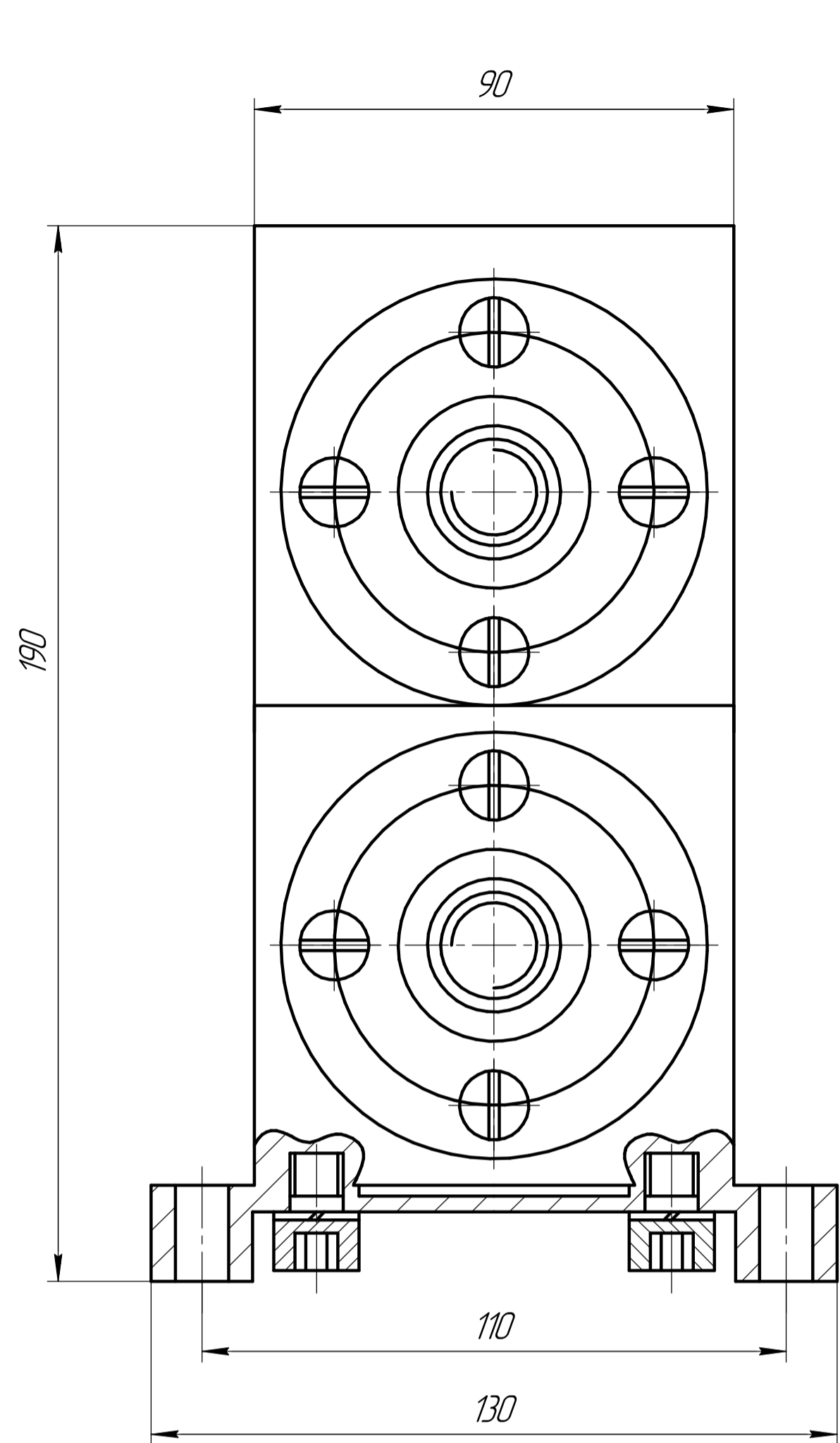


Технічна характеристика

1. Витрати робочої рідини із гідравлічної камери *a* за один цикл не більше 0,05 см<sup>3</sup>
2. Рух поршнів 8 і 9 мусить бути плавним без заїдань.
3. Об'єм дози всмоктування і витіснення регулюється обертанням гвинта 18.
4. Після заповнення гідравлічної камери рідиною необхідно видалити з неї повітря.
5. Максимальний об'єм дози  $V_{max}=424,12 \text{ см}^3$

				<b>MB-7120.ДПБ.350.000.00</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Гідравлічний дозатор</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Савичев А.В.					Лист	Листов	1
Проб.	Навік М.А.				КПІ ім.Горія Сікорського			
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.	Навік М.А.							

КОМПАС-3D v8.1 Україна Версія © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.  
 Инв. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата.



**Технічні вимоги**

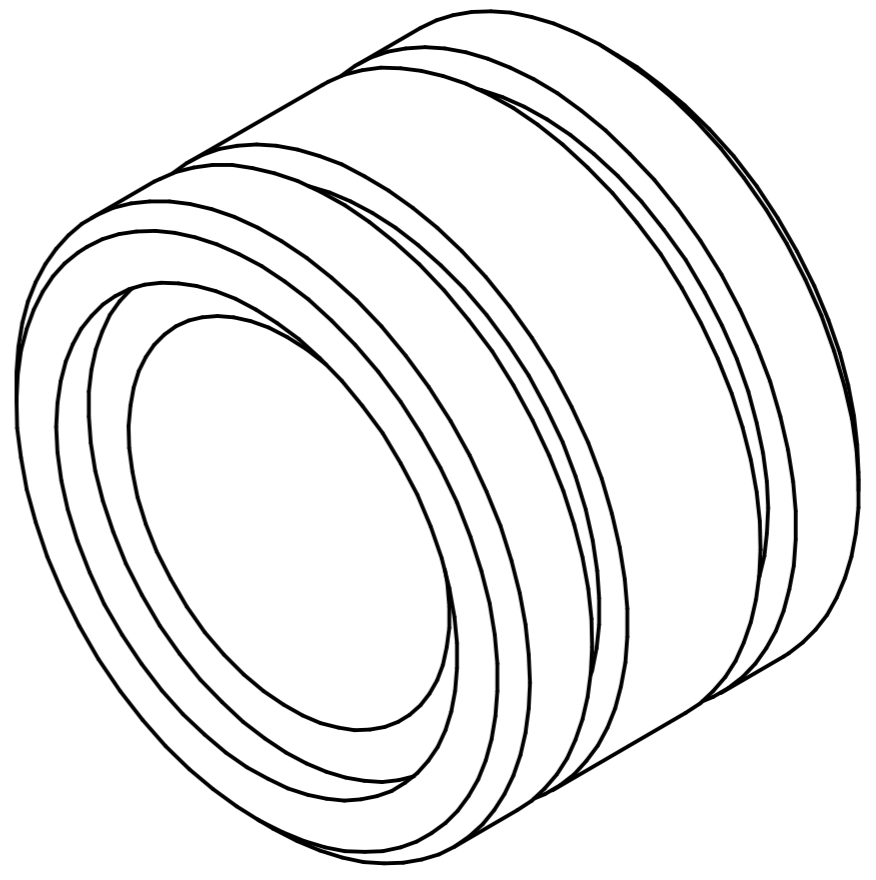
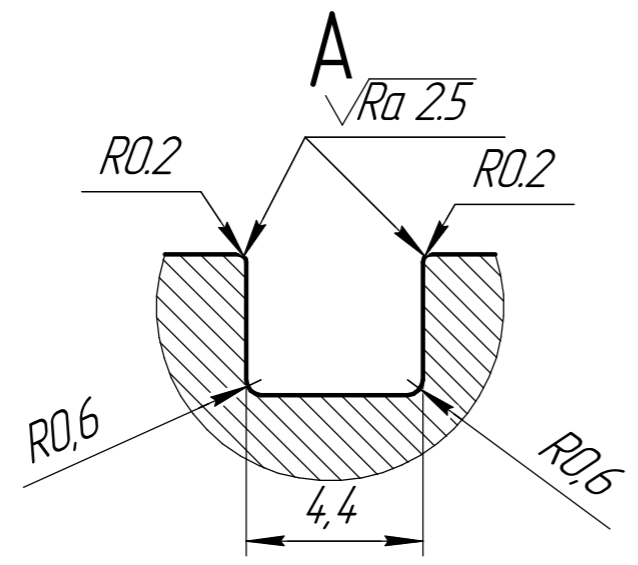
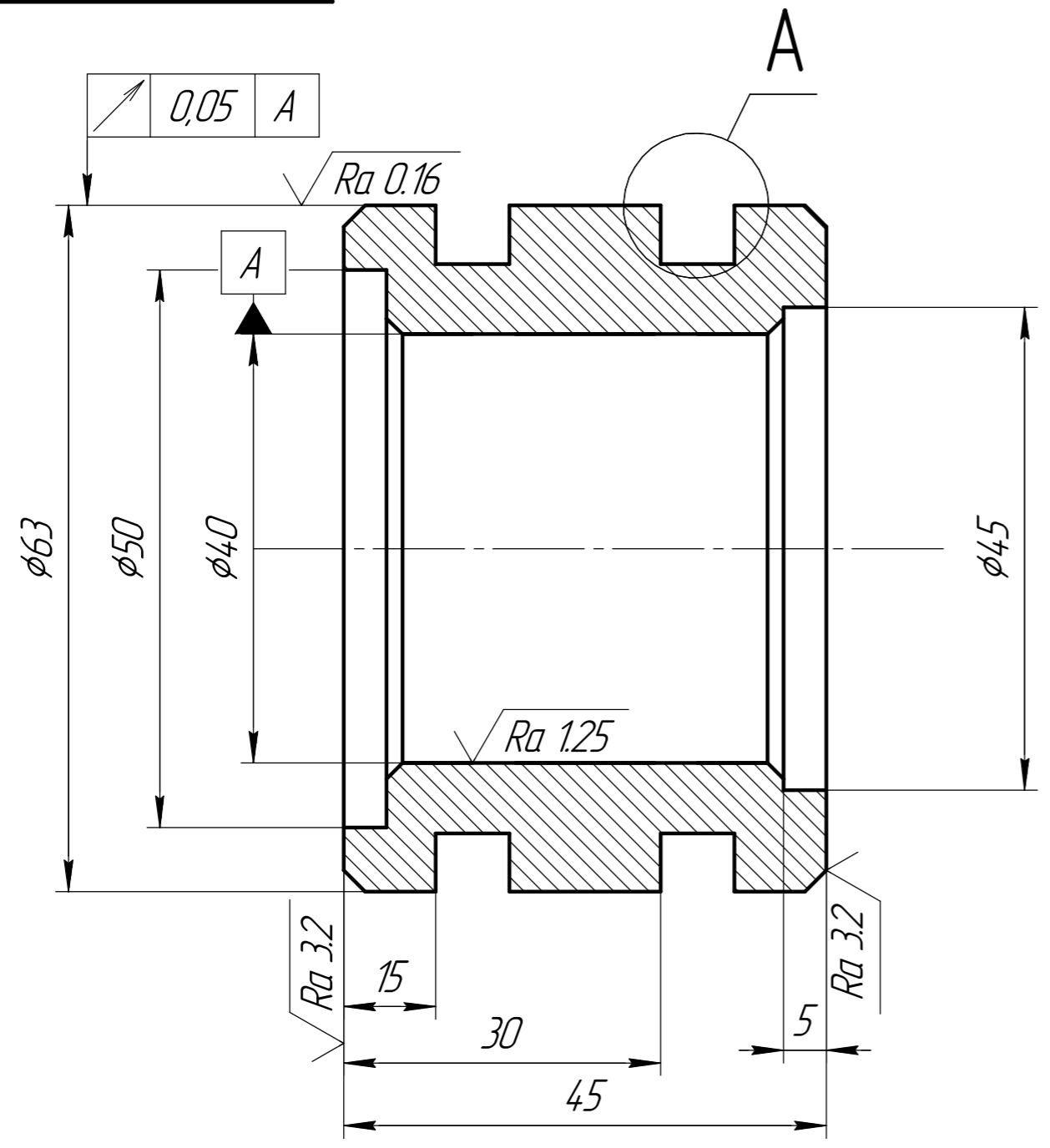
1. Витрати рідини в рухомих стержнях не допускається
2. Рух поршнів мусить бути плавним, без заїдань і заклинювання.
3. Після заливки рідиною необхідно видалити повітря з системи.
4. Дискретність дозатора  
 $V_0 = 3.14 \cdot D_p^2 \cdot X_0 / 4$   
 $D_p$  – діаметр поршнів дозатора;  
 $X_0$  – переміщення поршня молодшого розряду 2;
5. Максимальний об'єм  $V_{max} = V_0 \cdot 2^n$ ;
6. Число доз  $N_d = 2^n$   
де  $n$  – число розрядів поршнів.

				МВ-7120.ДПБ.250.000.00			
Взм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разрад.	Савичев А.В.						
Проб.	Надик М.А.						
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					КТІ ім'ягря Скорського ММ		
Знак.	Надик М.А.				Копирайт		

КОМПАС-3D v11 Частини виробляються на підприємстві "Скорський ММ". Ресурси всієї графіки захищені. Не для комерційного використання.

MB-7120.ДПБ.220.000.02

Перв. примен.  
Справ. №  
Взам. инв. №  
Инв. № подл.  
Подп. и дата  
Подп. и дата  
Изм. № подл.



Цементувати на глибину 0,8...1,2 мм.  
Твердість - 56 ... 62 HRC.  
Канавка і посадкове місце під фторопластове кільце -  
по ГОСТ 9833-73

				MB-7120.ДПБ.220.000.02			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Савичев А.В.					
Проб.		Новик М.А.					
Т.контр.					Лист	Листов	1
Н.контр.					Сталь 20Х ГОСТ 8731-74		
Утв.		Новик М.А.					
					КПІ ім.Горія Сікорського ММІ		
					Формат А3		