

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
магістра  
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Автоматизована завантажувально-розвантажувальна система безцентрового шліфувального верстата»

08-27.МКР.09.000.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу за ОПП «Магістра»,  
групи ІГМ-18м  
спеціальності 133

Галузеве машинобудування  
(шифр і назва напрямку підготовки)

Рекало Олександр Сергійович  
(прізвище та ініціали)

Керівник Слабкий Андрій Валентинович  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Смирнов Євгеній Валерійович  
(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 року

## АНОТАЦІЯ

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено автоматизована завантажувально-розвантажувальна система безцентрового шліфувального верстата.

Наведено розроблену конструкція верстатного комплексу.

Шляхом схемного пошуку з урахуванням відомих результатів досліджень процесів завантаження-розвантаження обладнання обрано конструктивну схему обладнання та виконанні проектні розрахунки для побудови необхідного обладнання

Проведене логістичне моделювання під час вибору апаратних складових автоматизованої завантажувально-розвантажувальної системи безцентрового шліфувального верстата виконане із врахуванням доступної на ринку України номенклатури технічних засобів та програмного забезпечення, що підвищує можливість впровадження пропонованої системи на вітчизняних підприємствах.

У економічній частині виконано розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження, а також оцінено економічну ефективність впровадження автоматизованої системи у виробництво.

У розділі з охорони праці було проаналізовано шкідливі фактори та небезпеки під час експлуатації пристрою та розроблено заходи та засоби з їх усунення.

## ABSTRACT

In the master's qualification work developed a hydraulic impulse device for vibrating turning with a built-in single-stage pressure pulse generator.

The design of the device for vibrating turning is presented.

Dynamic and mathematical models of the device's hydraulic drive have been developed on the basis of the structure and calculation scheme of a hydro-pulse device for vibrating turning with a built-in single-stage pressure pulse generator and a detailed analysis of the cycle of operation of the device.

The conceptual scheme of the test bench was developed, the sensors were selected for recording the change of energy carrier pressure and the displacement of the movable units and the scheme of their installation on the prototype of the device, as well as the main provisions of the method of experimental studies of the actuator of the device.

In the economic part, the calculation of the cost of capital costs for the development of a new technical solution, its production and implementation, as well as evaluated the economic efficiency of the device in production.

The section on occupational safety has analyzed the harmful factors and non-safety during the operation of the device and developed measures and remedies for their elimination.

## ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1	ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ БЕЗЦЕНТРОВИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ.....	10
2	СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ- РОЗВАНТАЖЕННЯ ЗАГОТОВОК.....	20
2.1	Дискові пристрої з поворотними механізмами.....	21
2.2	Бункерний завантажувальний пристрій елеваторного типу.....	23
2.3	Кишенькові бункерно-орієнтуювальні пристрої з профільними вирізами.....	23
2.4	Вібраційні бункери.....	24
3	КОМПОЗИЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА ЛОГІСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛУ ОБРОБЛЕННЯ	30
3.1	Обґрунтування вибору верстата.....	30
3.2	Проектування допоміжного обладнання.....	32
3.2.1	Розрахунок клинопасової передачі приводу бункера.....	39
3.2.2	Вибір електродвигуна для приводу бункера.....	43
3.2.3	Вибір частотного перетворювача для електродвигуна.....	43
3.2.4	Розрахунок магазина.....	50
3.2.5	Розрахунок штовхача.....	54
3.2.6	Вибір програмованого логічного контролера для керування компресором штовхача.....	56
3.2.7	Вибір датчика присутності.....	63
3.2.8	Вибір пристрою активного контролю.....	66
3.2.9	Вибір подавального конвеєра.....	67
3.3	Логічне моделювання циклограми роботи основного і допоміжного обладнання.....	69
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙШИХ СИТУАЦІЯХ.....	75



## ВСТУП

Безцентрове зовнішнє шліфування відрізняється тим, що оброблювані заготовки отримують обертання і шліфуються без кріплення в центрах, причому базою при шліфуванні є оброблювана поверхня. Безцентрове шліфування – є найбільш механізований і продуктивний процес, який легко може бути автоматизовано.

При безцентровому зовнішньому шліфуванні обидва інструментальних круга обертаються в одну сторону з різними швидкостями: робочий круг – зі швидкістю 30-35 м /с, ведучий – зі швидкістю, в 60-100 разів меншою. Опорою для шліфованої заготовки є ніж зі скошеним краєм, що знаходиться між робочим і провідним кругами. Ніж встановлюється так, щоб центр заготовки знаходився вище або нижче лінії центрів кіл. Заготовки, розташовані на одній осі з кругами, будуть виходити круглої форми. Більшість заготовок шліфується при їх установці вище лінії центрів, за винятком довгих тонких деталей типу прутків, центр яких розташовується нижче лінії центрів. В цьому випадку заготовки силами різання притискаються до поверхні ножа, і процес шліфування протікає більш спокійно, без викидання заготовок із зони шліфування.

Положення ведучого круга по відношенню до робочого круга можна змінювати, встановлюючи ведучий круг під різними кутами (0-6°). Це дає можливість ведучому кругові при наскрізному шліфуванні (кут повороту ведучого крузі при попередньому шліфуванні 2,5-6°, при остаточному 1-2°) виконувати роль механізму, що подає, а при врізному шліфуванні (кут повороту ведучого кола не більше 0,5°) забезпечувати щільний притиск заготовки до упору.

Оброблювана заготовка, розташована між кругами і спирається на поверхню ножа, обертається зі швидкістю ведучого круга. Обертання заготовки відбувається завдяки силам тертя між нею і ведучим кругом в напрямку, протилежному обертанню ведучого кола. Різниця швидкостей робочого круга і

оброблюваної заготовки забезпечує процес шліфування. При безцентровому зовнішньому шліфуванні обробка проводиться з поздовжньою подачею заготовки врізним шліфуванням, а також шліфуванням з поздовжньою подачею до упору.

Жорсткість технологічної системи (верстат – шліфувальний круг – заготовка – ведучий інструментальний круг) при безцентровому шліфуванні в 1,5-2 рази вище, ніж при круговому шліфуванні заготовок, встановлених в центрах, і тим більше в патроні. Тому при безцентровому шліфуванні режими різання відповідно підвищуються в 1,5-2 рази, значно полегшується обробка нежорстких заготовок (тонких валів, свердел і т. п.), забезпечується висока стабільність розмірів партії оброблених заготовок, зменшуються припуски на шліфування через базування заготовок по оброблюваній поверхні і їх самоцентрування при обробці. При безцентровому шліфуванні значно зменшується допоміжний час, пов'язане з установкою, вивірки на верстаті і зняттям заготовки; при шліфуванні з поздовжньої подачею допоміжне час практично зводиться до нуля, так як процес обробки заготовок здійснюється безперервним потоком. Все це робить безцентрове шліфування одним з найпродуктивніших і ефективних видів зовнішнього шліфування заготовок.

В даний час безцентрове шліфування отримує ще більшого розвитку і застосування завдяки збільшенню робочої швидкості круга до 60 м/с. Так, збільшення робочої швидкості круга з 30 до 60 м/с при врізному шліфуванні зменшує шорсткість оброблених поверхонь приблизно на один клас, це дозволяє збільшити до 2 разів швидкість поперечної подачі ведучого круга і відповідно збільшити глибину різання, підвищується за рахунок зменшення зносу круга коефіцієнт шліфування в 1,5-3 рази. З підвищенням робочої швидкості круга спостерігається зниження похибок геометричної форми оброблених поверхонь за рахунок зменшення сил різання і збільшення стійкості процесу шліфування. Підвищення робочої швидкості круга дозволяє скоротити цикл безцентрового шліфування до 2-4 разів у порівнянні з звичайно застосовуваним процесом шліфування при робочій швидкості круга ~ 30 м/с.

Переваги безцентрових шліфувальних верстатів:

- за допомогою лінійного способу підтримки заготовки можна шліфувати м'які або ламкі заготовки (низьке крутне навантаження);
- немає необхідності готувати заготовку до фіксації в шліфувальному верстаті (причини помилок фіксації усунені);
- завантаження-розвантаження заготовки просто і легко автоматизується;
- при виконанні транзитного шліфування не втрачається час на зміну заготовок;
- довгі заготовки можуть оброблятися верстатами невеликих розмірів;
- може бути досягнута дуже висока периферична швидкість шліфувальних кругів.

Тому розробка систем автоматизації безцентрових шліфувальних верстатів є актуальною інженерною, а оптимізація та раціоналізація цих систем методами логічного моделювання є актуальною науковою задачею.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи (далі МКР) – автоматизувати процес завантаження-розвантаження безцентрального шліфувального верстата заготовками типу «вісь».**

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- Виконати теоретичний аналіз існуючих безцентрових шліфувальних верстатів та ґрунтуючись на його результатах вибрати модель та марку верстата;
- Проаналізувати існуючі конструкції обладнання для автоматизації процесу завантаження-розвантаження заготовок;
- Ґрунтуючись на теоретичних дослідженнях розробити автоматизований комплекс для завантаження-розвантаження виробів типу «вісь»;
- Проаналізувати умови праці при використанні автоматизованої системи та розробити заходи безпеки життєдіяльності, зокрема заходів віброзахисту під час роботи установки.
- Економічне обґрунтування застосування засобів автоматизації.



**Об'єкт дослідження** – процеси, що використовуються для визначення та аналізу найбільш раціональної схеми роботи автоматизованої системи завантаження-розвантаження безцентрового-шліфувального верстата.

**Предмет дослідження** – автоматизований комплекс оброблення деталі типу «вісь».

**Методи дослідження** – методи логічного моделювання раціоналізації та оптимізації автоматизації виробничого комплексу.

**Наукова новизна МКР** – застосоване логічне моделювання для вирішення виробничої проблеми – автоматизації верстатного комплексу, а саме завантажувально-розвантажувальних операції безцентрово-шліфувального верстата.

**Практична цінність роботи** – розроблено автоматизована система завантаження-розвантаження безцентрово шліфувального верстата деталі типу «вісь».

**Публікації.** Основні матеріали МКР доповідались на наукових семінарах кафедри Галузевого машинобудування (ГМ) ВНТУ, на щорічній НТК ВНТУ та опубліковані тези на всеукраїнській науково-практичній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи».

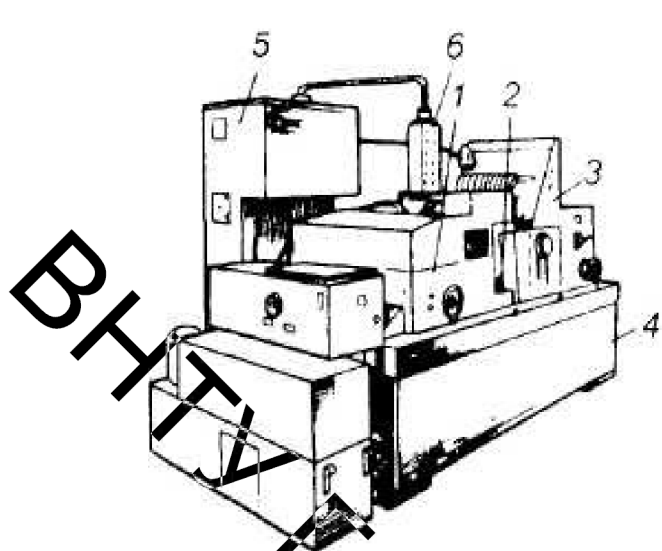
# 1 ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ БЕЗЦЕНТРОВИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

Для аналізу обираємо найбільш поширені шліфувальні безцентрові верстати моделей: 3M184, 3M182, Jainnher JHC-12BN/12S та SuperTec STC 12S NC. Виріб, що обробляється – деталь типу «вісь» діаметром 25 мм.

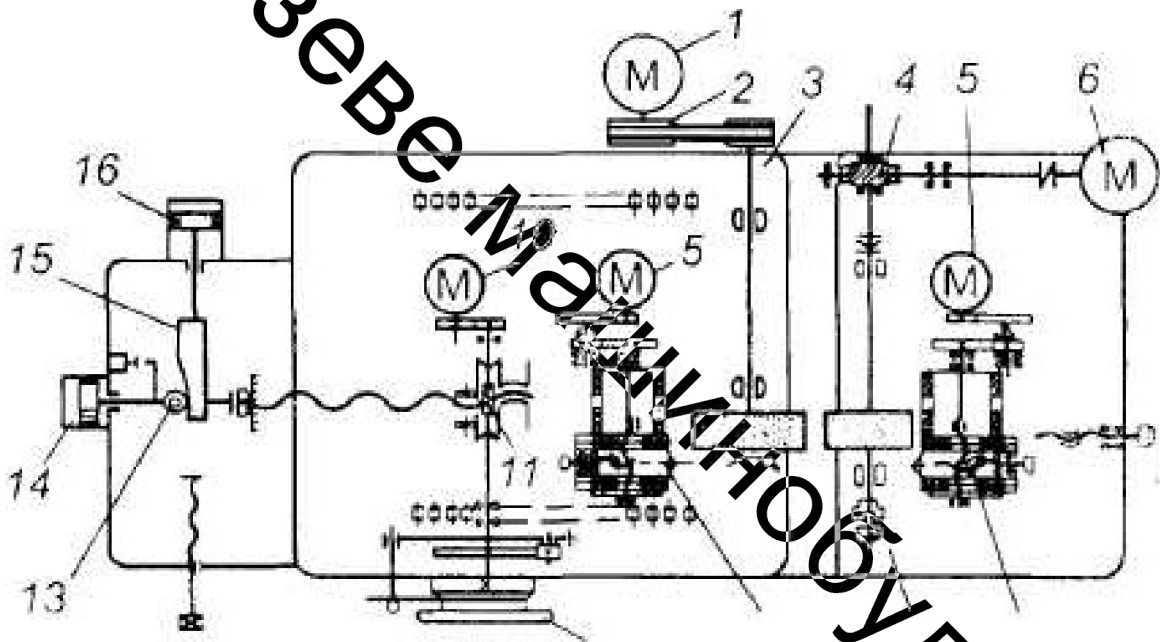
Вид та кінематична схема безцентрово-шліфувального верстата 3M184 представлена на рисунок 1.1. Універсальний безцентровий верстат призначений для шліфування гладких, східчастих, конічних, а також різноманітних фасонних поверхонь, що представляють тіла обертання, методом наскрізного і врізного шліфування. Шліфуванню можуть піддаватися вироби з чавуну, сталі, кольорових металів та їх сплавів, вироби з різних неметалевих матеріалів (текстоліт, пластмаси, скло), при відповідному підборі абразивного інструменту та матеріалу опорного ножа.

Основними вузлами безцентрового круглошліфувального верстата є [1, 2]: станина 4, на якій розміщені шліфувальна бабка 1, нерухома опора з ножем 2 і бабка 3. За командами від органів управління, що знаходяться на панелі 6, здійснюється переміщення бабки 1 і бабки 3 за відповідними направляючими.

Обертання шліфувального круга здійснюється від електродвигуна 5 (рисунок 1.1, б) через клинопасову передачу 2. Шліфувальна бабка 3 переміщається по роликівих напрямних щодо станини. Шпindel шліфувального круга встановлений на гідродинамічних підшипниках ковзання. Електродвигун 6 через черв'ячний редуктор 4 приводить в обертання шпindel ведучого круга. Бабка 8 ведучого кола встановлена на напрямних ковзання. Прискорення налагоджувальних переміщень бабки 3 здійснюють від електродвигуна 10 через гвинтову передачу з кульковою гайкою 11. Ручне переміщення бабки 3 виконують від маховика 12 через передачу. Механізм 13 врізної подачі виконує форсовану подачу від гідроциліндра 14 і робочі подачі від гідроциліндра 16 і копіра 15. Пристрої 9 і 7 служать для правки шліфувального і ведучого круга.



а)



б)

а – загальний вигляд (1 – шліфувальна бабка; 2 – нерухома опора з ножем; 3 – бабка ведучого круга; 4 – станина; 5 – шафа з електрообладнанням; 6 – панель управління); б – кінематична схема (1, 5, 6, 10 електродвигуни; 2 – клинопасова передача; 3 – шліфувальна бабка; 4 – черв'ячний редуктор; 7, 9 – пристрої для правки; 8 – бабка ведучого круга; 11 – кулькова гайка; 12 – маховик; 13- механізм врізної подачі; 14, 16 – гідроциліндри; 15- копір).

Рисунок 1 – Бесцентровий-шліфувальний верстат мод. 3М184

Каретки приладів отримують поздовжні переміщення від електродвигунів 5 через зубчасті передачі та передачу гвинт-гайка. Поперечні каретки пристроїв 9 і 7 переміщуються по копірам.

Підготовка верстата до роботи багато в чому залежить від застосовуваного методу шліфування: на прохід або врізного. При шліфуванні на прохід поздовжня подача досягається шляхом повороту осі ведучого кола на деякий кут. Окружна швидкість ведучого кола розділяється на дві складові: швидкість обертання деталі (кругову) і поздовжню – подачі. Щоб забезпечити лінійний контакт ведучого кола з циліндричною поверхнею деталі, йому в процесі ведучого кола надають форму гіперболоїда. При врізаному методі шліфування провідний коло повідомляє деталі тільки обертальний рух [3].

Технічна характеристика верстата:

Діаметр встановлюваних виробів:

- найбільший ..... 80 мм;
- найменший ..... 3 мм.

Довжина оброблюваних виробів:

- при наскрізному шліфуванні до ..... 250 мм;
- при врізаному шліфуванні до ..... 145 мм.

Висота від фундаменту верстата до осі кругів ..... 1060 мм.

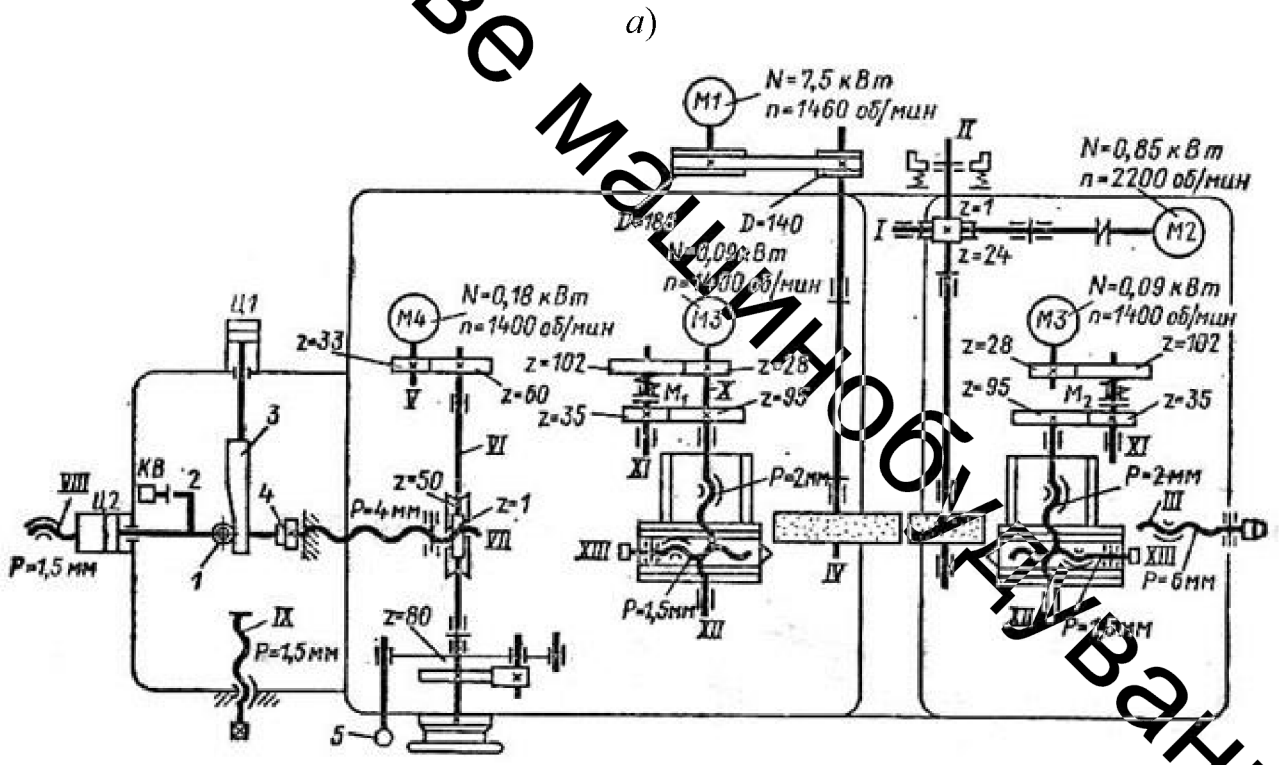
Зовнішній діаметр шліфувального круга:

- найбільший ..... 500 мм;
- найменший ..... 400 мм.

Число оборотів в хвилину ..... 1380.

Безцентровий шліфувальний верстат моделі 3М182 (див. рисунок 1.2) призначений для обробки методами поздовжнього або врізного шліфування гладких, сідчастих, конічних і фасонних поверхонь тіл обертання.

Привід головного руху: обертання шліфувального круга здійснюється від асинхронного електродвигуна М1 через пасову передачу. Електродвигун встановлений на окремій плиті з індивідуальним фундаментом [4].



b)

а) загальний вид; б) кінематична схема

Рисунок 1.2 – Безцентровий шліфувальний верстат моделі 3М182

Обертання ведучого круга здійснюється від електродвигуна постійного струму М2 типу ПБСТ-22 через черв'ячну передачу І.

Ручне переміщення шліфувальної бабки здійснюється від маховика через черв'ячну передачу на ходовий гвинт VII з кроком  $p=4$  мм. Швидке переміщення шліфувальної бабки здійснюється від електродвигуна М4 через циліндричну передачу і черв'ячну передачу на ходовий гвинт VII з кроком  $p=4$  мм.

Переміщення салазок механізмів правки шліфувального і ведучого кіл здійснюється по ланцюгу з кроком  $p=2$  мм.

Штовхну подачу шліфувальної бабки виконується важелем 3 через храпову собачку і храпове колесо  $2=80$  і далі по кінематичного ланцюга переміщення шліфувальної бабки.

Рух врізання шліфувальна бабка отримує від гідроциліндрів Ц1 і Ц2. Поперечна подача здійснюється від гідроциліндра Ц1, який переміщує клин 1, контактує зі штоком гідроциліндра Ц2, що є продовженням гвинта VII. Прискорений привід здійснюється штоком гідроциліндра Гц2. Виходжування відбувається на упорі 2 в кінці поперечної подачі, коли переривається контакт між клином і штоком гідроциліндра Ц2.

Внутрішньошліфувальні верстати призначені для шліфування отворів методами поздовжньої і поперечної подачі. Найбільшого поширення набули верстати, у яких головним рухом є обертання шліфувального круга, кругова подача забезпечується обертанням заготовки, а поздовжня і поперечна подачі забезпечуються переміщенням шліфувального шпинделя або бабки виробу. Верстати цієї групи можуть бути патронними або без центрів. У першому випадку деталь базується в патронах різних конструкцій, у другому - на роликах або «черевиках».

Існують також верстати планетарного типу, на яких обробляють великі деталі, встановлені нерухомо, а шліфувальний шпиндель робить обертовий рух навколо осі оброблюваного отвору і обертається навколо своєї осі

### Технічна характеристика верстата:

Діаметр шліфування, мм .....	0,8-25
Найбільша довжина шліфованих деталей, мм .....	170
Розмір (діаметр × ширина) кола, мм:	
шліфувального .....	200×40
провідного.....	150×40
Частота обертання ведучого круга, об/хв .....	11-150
Потужність електродвигуна приводу шліфувального круга, кВт ..	7,5
Габаритні розміри, мм:	
довжина.....	2230
висота .....	1455
ширина .....	2120
Відхилення від округлості після шліфування, мкм .....	0,6

Модель SuperTec STC 12S NC (рисунок 1.3) використовується в промисловості, які вимагає максимально можливу чисту поверхню: автомобільна, авіаційна і кораблебудування [4, 5].

Устаткування компанії знаходиться в експлуатації у таких виробників як: Boeing, Airbus industry, Toyota, Mercedes, BMW, Fiat, Renault, Deutz і багато інших. Моделі STP мають гідравлічний повздовжній привід, поперечний АС електропривод з інвертором на ШВП, що забезпечує перехресну оброблення з високою точністю і кроковий привід по осі Z – конструкція машин дозволяє виконати завдання з різними вимогами, забезпечуючи високу якість обробки.

Шпиндель верстата виконаний у вигляді картриджа – така конструкція забезпечує достатню жорсткість при різних режимах обробки при дотриманні всіх параметрів точності.

Чотири підшипника класу 7 (P4) дозволяють проводити чорнову обробку з режимами великих подач, а також високоточну чистову обробку. Напрямні виконані з урахуванням всіх сучасних вимог – міцність, високоякісна обробка,

геометрія розташування, система мащення дозволяють експлуатувати машину в різних режимах без відхилення від паспортних технічних характеристик. «Плаваюча» конструкція на мастильній подушці забезпечує рівномірне навантаження на станину – знос направляючих системи мінімальний.



Рисунок 1.3 – Бесцентрово– шліфовальний верстат SuperTec STC 12S NC

Автоматична система мащення підтримує напрямні в «підвішеному» стані, мінімізуючи знос і підвищуючи експлуатаційні характеристики машини. У разі несправностей системи змазки передбачена система сигналізації помилок.

Система подач виконана комбінацією електро- і гідроприводу – забезпечується надійність і точність подач при різних режимах.

Пульт керування простий і зручний в експлуатації, блок індикації дозволяє відстежувати всі переміщення робочого шліфувального круга, дозволяючи своєчасно вносити корективи в процесі обробки складної деталі.



Гідросистема і система охолодження відокремлені від машини – таким чином істотно занижений рівень вібрацій і, як наслідок, підвищена практична точність машини.

Технічна характеристика верстата:

Діаметр обробки (зі стандартною державкою опорного ножа), мм....	1-30
Діаметр обробки (зі спеціальною державкою опорного ножа), мм....	30-50
Швидкість обертання шліфувального круга, (об/хв.) ... ..	1900
Подача на розподіл шліфувального круга, (мм). .....	0,02
Подача на оборот шліфувального круга, (мм).....	2
Швидкість обертання підтримує кола, (мм).....	15-310
Подача на розподіл підтримує кола, (мм) .....	0,04
Подача на оборот підтримує кола, (мм) .....	4
Кут повороту, (град.) .....	5
Кут нахилу, (град.) .....	5-3
Двигун сервопривода подачі, (кВт).....	1
Двигун шліфувального круга, кВт.....	5,5
Двигун гідростанції, кВт.....	0,74
Вага нетто, кг.....	1800

Безцентрові-шліфувальні верстати Jainnher JHC-12BN/12S (рисунок 1.4) призначені для шліфування гладких, східчастих, конічних, а також фасонних поверхонь тіл обертання методом врізного шліфування і шліфування «напрохід» [5, 6]. Шпиндель шліфувального круга обертається на гідростатичних підшипниках, мастильна плівка, що утворюється на ньому під великим тиском, забезпечує високу точність навіть при великих навантаженнях. Це істотно скорочує знос і зберігає точність роботи шпинделя. Матеріал – сталь, загартована до твердості більш 60 HRC, гарантує високу стійкість до деформацій.

Привід круга подачі складається з японського серводвигуна з діапазоном швидкостей від 10 до 250 об/хв. При зміні діаметра інструментального круга

лінійна швидкість підтримується на тому ж рівні, завдяки чому якість шліфування залишається незмінно високим. Для зниження рівня вібрації і шуму в приводі використовується зубчастий пас. Оскільки картери шпинделя і двигуна об'єднані, при нахилі оброблювальний круг та двигун приймають однаковий кут. Це виключає ризик появи проблем, пов'язаних з порушенням паралельності і занадто сильним натягом шківів та пасів приводу.



Рисунок 1.4 – Безцентровий-шліфувальний верстат моделі Jainnher JHC-12BN/12S

Нижня направляюча супорта складається з двох U-образних напрямних ковзаня з внутрішнім кріпленням і клиновидного протектора, який забезпечує плавність руху, стабільність роботи та запобігає потраплянню на напрямні стружки і мастила з робочої зони. Поворотна частина супорта встановлена на направляючої типу «ластівчин хвіст» і повертається на  $\pm 5$  градусів. Для точної настройки призначений маховичок тонкого регулювання. Точність калібрування 0,001 мм в діаметрі гарантує високу точність і легкість в управлінні.

Технічні характеристики верстата Jainnher JHC-12BN/12S

Діаметр оброблювальної деталі (стандартна робоча опора), мм.....1-25;

Діаметр оброблювальної деталі (спеціальна робоча опора), мм.....	25-40;
Розмір шліфувального круга (діаметр × ширина × розмір отвору), мм.....	305×150×120
Потужність двигуна шліфувального круга, кВт.....	7,5
Потужність двигуна подачі, кВт.....	0,75
Потужність двигуна гідросистеми, кВт.....	0,75
Вага нетто, кг.....	1600
Габарити (Д×Ш×В), мм.....	2300×1100×1800

Вище згадані верстати можуть бути оснащені механізмами завантаження-вивантаження заготовок, що уможлиблює їх використання в автоматизованих виробничих лініях. Верстати моделей 3М182 і 3М184 оснащені ручним керуванням, що є недоліком для масового виробництва. Після порівнянь техніко-економічних показників обираємо верстат моделі SuperTec STC 12S NC, який має більш кращі показники – більший розмірний діапазон оброблювальних деталей та більш енергоефективний (5,5 кВт у порівнянні з 7,5 кВт).

## 2 СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ- РОЗВАНТАЖЕННЯ ЗАГОТОВОК

Завантаження заготовок на верстати, преси, складальні і інші машини – частина операції обробки та складання деталей. Аналіз допоміжного часу показує, що на універсальних верстатах витрати часу на завантаження і розвантаження заготовок є самими значними і становлять від 20 до 70% всього допоміжного часу [7, 8].

Завдання механізації та автоматизації завантаження різних заготовок – одні з найбільш складних в загальному комплексі робіт по автоматизації технологічних процесів. Складність полягає у великій різноманітності технологічних процесів обробки і збірки, форм і розмірів заготовок. Впровадження у виробництво твердосплавних ріжучих і вимірювальних інструментів, пуансонів і матриць, алмазних ріжучих інструментів призвело до створення швидкохідних верстатів, пресів і інших машин. На таких машинах основне ( машинне) час обробки деталей зменшується в кілька разів, однак, це не призводить до значного підвищення продуктивності праці, якщо не зменшується допоміжний час. Наприклад, до використання високопродуктивних інструментів машинний час  $T_m = 120$  с, допоміжний час  $T_{вс} = 120$  с, оперативний час  $T_{опер} = 120 + 120 = 240$  с, після впровадження твердосплавного інструменту машинний час  $T_m = 30$  с, тобто зменшилася в 4 рази, а оперативний час  $T_{опер} = 30 + 120 = 150$  с, тобто зменшилася 2,5 рази. З прикладу випливає, що для підвищення продуктивності необхідно зменшити і допоміжний час. Скорочення допоміжного часу за рахунок прискорення завантаження і розвантаження заготовок може бути досягнуто шляхом впровадження автоматичних швидкодіючих завантажувальних пристроїв. Крім того, автоматизація завантаження і розвантаження звільняє робітника від виконання одноманітних монотонних дій, а отже, полегшує працю і покращує умови його праці, значно підвищує продуктивність як за рахунок прискорення рухів при завантаженні та розвантаженні, що виробляються спеціальними

пристроями, так і за рахунок вважалася можливості обслуговування робочим декількох верстатів.

Автоматичні завантажувальні пристосування перетворюють напівавтомати в автомати, дозволяють переглянути режими роботи верстатів та інших машин з метою їх інтенсифікації, створюють умови для раціонального компонування автоматичних поточкових ліній, підвищують культуру виробництва і покращують охорону праці працюючих. У масовому і великосерійному виробництвах створюють спеціальні завантажувальні і розвантажувальні пристосування у відповідності з формою, видом і розмірами заготовки. У серійному і дрібносерійному виробництвах іноді доводиться протягом однієї зміни обробляти всілякі деталі з різних заготовок. Тому застосування різних завантажувально-розвантажувальних пристосувань, відповідних кожній з заготовок, вимагало б тривалого часу на установку і наладку таких пристроїв. У серійному виробництві слід використовувати універсально-налагоджувальні пристрої, що дозволяють швидко їх переналагодити під кожну з різних за формою і розмірами заготовок. Таким чином, завантажувально-розвантажувальні пристрої рекомендують як у масовому і великосерійному, так і в серійному і дрібносерійному виробництвах.

## 2.1 Дискові пристрої з поворотними механізмами

Завантажувальні пристрої цієї групи застосовують для подачі циліндричних і фігурних заготовок, у яких центр ваги зміщений з осі симетрії. Завантажувальні пристрої з кишнями і зубчасті роблять багатопозиційними, тому вони є високопродуктивними.

Кишеньковий завантажувальний пристрій, що застосовується для подачі циліндричних заготовок, зі зміщеним з осі симетрії центром тяжіння, як показано на рисунку 2.1 [8].

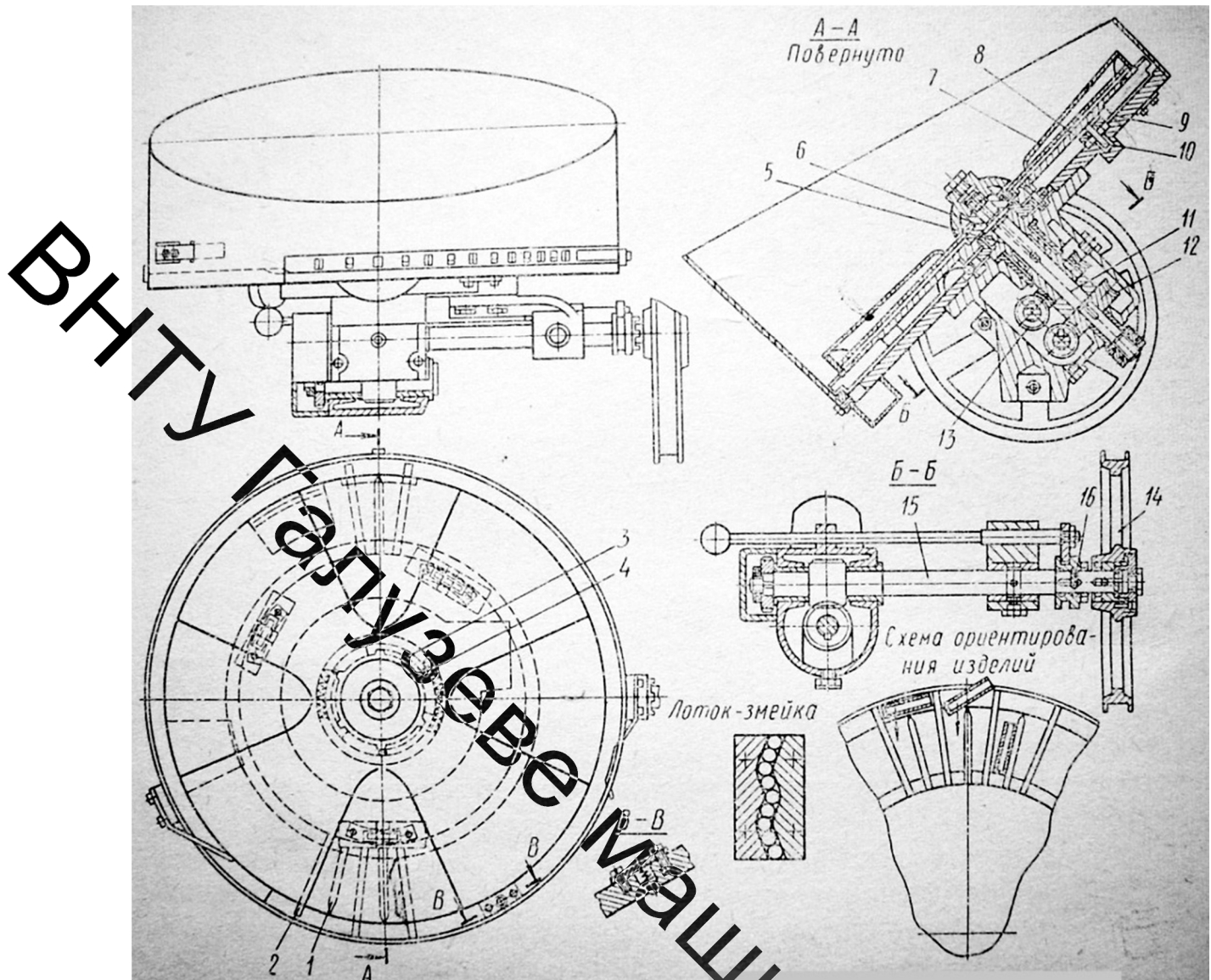


Рисунок 2.1 – Завантажувальний пристрій з карманами

Область застосування – для подачі циліндричних заготовок з центром ваги, зміщеним з осі симетрії (по довжині).

Технічна характеристика:

Середня продуктивність ..... 180-250 шт/хв;  
 Число орієнтувальних гнізд .. .....20-32;  
 Частота обертання диска ..... 8-12 об/хв.

## 2.2 Бункерний завантажувальний пристрій елеваторного типу

Бункерно-орієнтувальний пристрій цього типу (рисунок 2.2) часто застосовується на практиці. Конструкція лопатей залежить від форми подавальних заготовок. Наприклад, для гладких валів лопаті встановлюють так, щоб виключити розміщення двох валиків один над одним; для заготовок типу дисків встановлюють козирок, що сприяє повороту заготовки на ребро і т. д. Елеваторні бункерно-орієнтувальні пристрої призначені для подачі заготовок діаметром 10-30 мм і довжиною до 220 мм. У елеваторних пристроях бункер розташований на невеликій висоті, має велику ємність і зручний для завантаження — в цьому їх перевага. Елеваторні пристрої мають просту конструкцію, велику продуктивність, працюють надійно і можуть бути використані для підйому важких заготовок.

## 2.3 Кишенькові бункерно-орієнтувальні пристрої з профільними вирізами

Кишенькові пристрої служать для подачі ковпачків зі сферичною зовнішньою поверхнею денця і довжиною  $l \ll d$  застосовують завантажувальний пристрій з розташуванням кишеньок на кільці (рисунок 2.3).

Число кишеньок в диску залежить від продуктивності і діаметра подавальних ковпачків, зазвичай воно дорівнює 24 - 36. Даний завантажувальний пристрій надійний в роботі і завжди забезпечує подачу заготовок в правильно орієнтованому положенні. Середня продуктивність такого пристрою 100-200 шт./хв, частота обертання робочого диска 20-25 об/хв, число орієнтувальних гнізд 20-40, діаметр диска по орієнтувальним гніздам 350 - 400 мм.

ВНТУ Галузеве

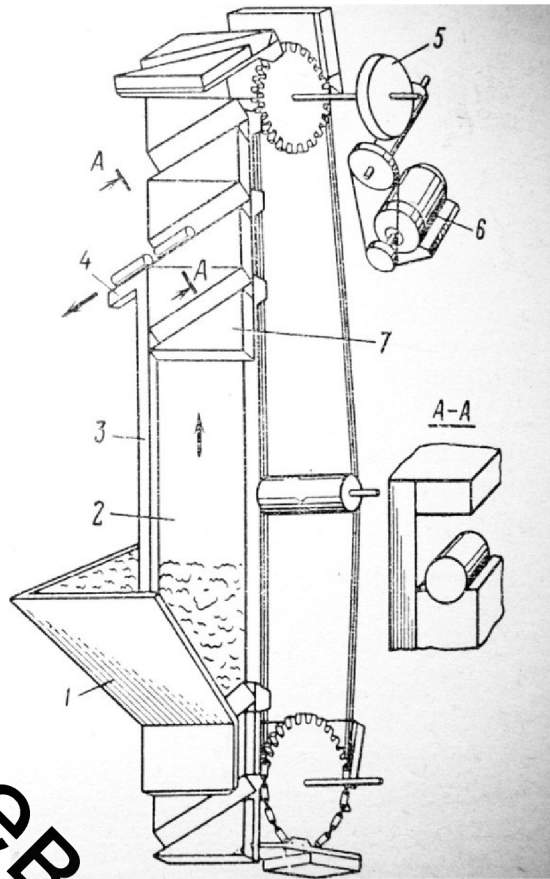


Рисунок 2.2– Бункерний завантажувальний пристрій елеваторного типу

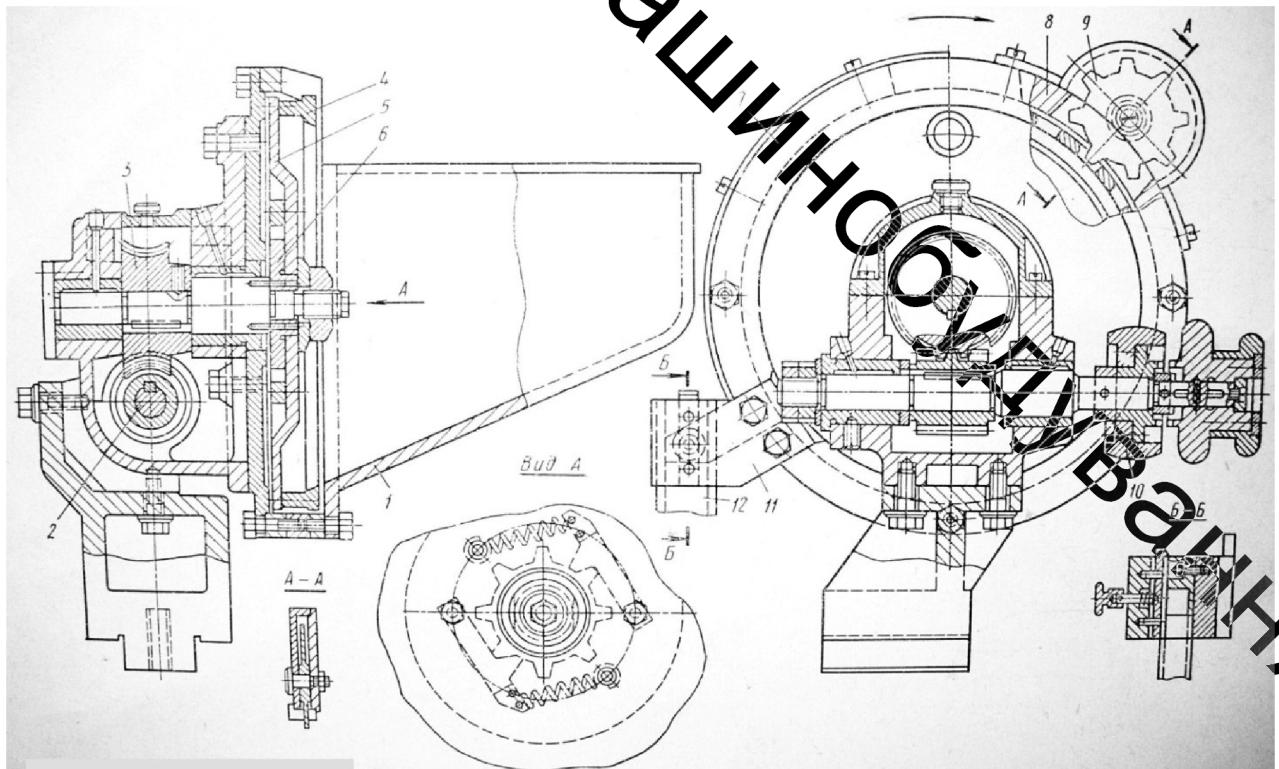


Рисунок 2.3 – Завантажувальний пристрій з карманами



## 2.4 Вібраційні бункери

Конструкція вібраційного завантажувального пристрою (ВЗУ) зі спіральним лотком і трьома електромагнітами в приводі, розробленого в МВТУ ім. Н.Е. Баумана наведена на рисунок 2.4 [8, 9].

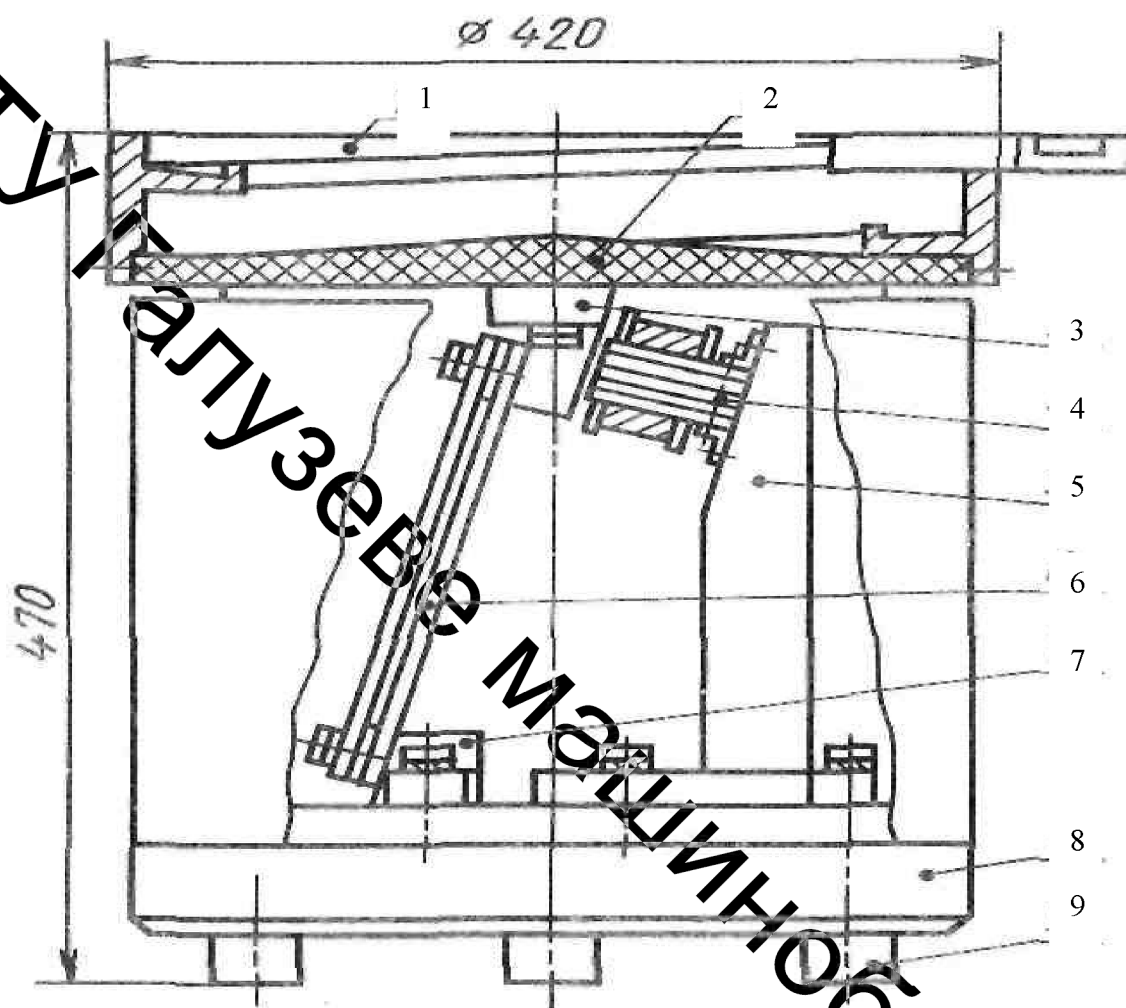


Рисунок 2.4 – Вібраційний завантажувальний пристрій

Пристрій складається з бункера 1 зі спіральним лотком (кут нахилу спіралі лотка, матеріал – алюміній) підстави бункера 2, виконаною з текстоліту; трьох кронштейнів з якорями 3; трьох електромагнітних вібраторів 4, закріплених на кронштейнах 5; трьох підвісок (пружин) 6, які прикріплені до кронштейнів з якорями 3 і кронштейнів 7. Кронштейни 5 з електромагнітними вібраторами і кронштейни 7 встановлені на масивному підставі 8. Для того щоб вібрації не передавалися на верстат, завантажувальний пристрій встановлено на

гумових амортизаторах 9. Підвіски 6 являють собою набір плоских пружин. Зазор між якорем і електромагнітом вібратора змінюють переміщенням кронштейна 5 щодо підстави 8. Живляться електромагніти вібраторів від однонапівперіодного випрямляча. Частота коливань спірального лотка 3000 коливань / хв.

Деталі повинні бути подані до верстатів, робочим органам складального автомата або до захоплення робота в певному необхідному, орієнтованому положенні. Якщо деталі потрапляють на збірку в орієнтованому положенні, то додаткових коштів орієнтації, як правило, не потрібно, за винятком тих випадків, коли становище деталі, в якому вона знаходиться в касеті, має бути змінено. Якщо деталі подаються на складання або заготовки на обробку в неврегульованих положенні, то для їх установки необхідно насамперед надати їм необхідну становище в просторі. Для цієї мети використовують різні орієнтують пристрою.

Заготовки засипаються в бункер навалом. Завдяки спрямованим коливанням бункера зі спіральним лотком заготівлі переміщуються по конусному дну до периферії, а потім – по спіральному лотку вгору. Особливість роботи ВЗП полягає в тому, що заготовки в них орієнтуються в процесі переміщення по вібруючому лотку. Вибір способу орієнтування залежить від форми переміщуються заготовок. На рисунок 2.5 наведені деякі способи орієнтування заготовок простої форми. Заготовки деталей типу дисків, кілець, квадратних або прямокутних пластин можна орієнтувати і подавати в один шар по спіральному лотку, нахиленому до центру під кутом  $3-5^\circ$  (рисунок 2.5, а). Висота буртика лотка менше висоти заготовки. При переміщенні двох шарів заготовок заготовки верхнього шару зісковзують в бункер. Ковпачки, висота яких дорівнює діаметру або менше його, орієнтуються на плоскому лотку з допомогою вирізу з язичком (рисунок 2.5, б). Заготовки, що переміщуються отвором вгору, проходять над язичком, а заготовки, розташовані отвором вниз, випадають у виріз лотка. На рисунок 2.5, в показаний спосіб орієнтування двоступеневих заготовок. Заготовки, у яких циліндрична частина більшого



Пристрої пасивної орієнтації показані на рисунку 2.6. Найпростіші орієнтуючі пристрої являють собою різні перепони на шляху потоку різноорієнтованих деталей, пройти які можуть тільки деталі в необхідному положенні.

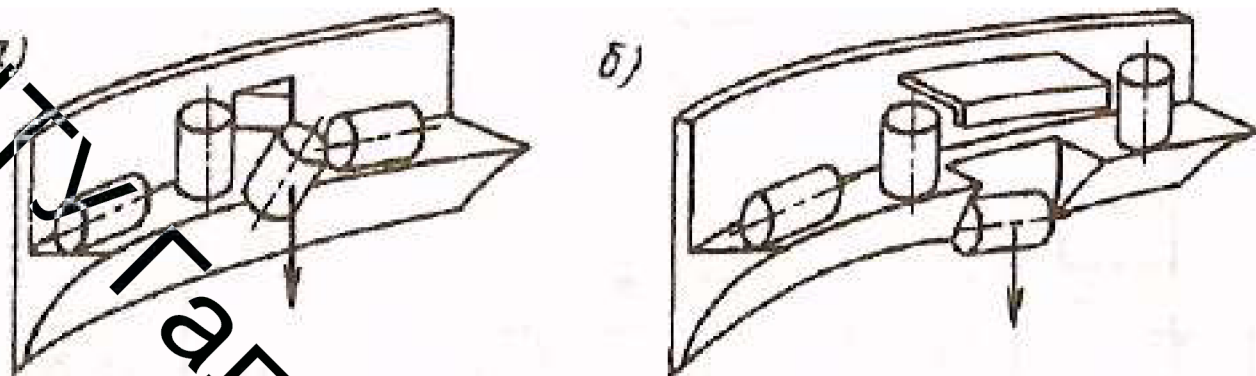


Рисунок 2.6 – Пристрої пасивної орієнтації

На рисунку 2.6, б показано пристрій, що пропускає тільки вертикально рухаються валики, які підтримуються верхньої скобою. Деталі з горизонтально розташованої віссю скочуються в виїмку.

Пристрій активного орієнтації переорієнтує неправильно орієнтовані деталі. Прикладом є пристрій, орієнтуючий гвинти головками вперед (рисунку 2.7). Гвинти по лотку ковзають головками і вперед і назад, але тіло болта провалюється в паз, болт приймає майже вертикальне положення, продовжуючи рухатися на нижньому торці головки. Ударяючись про уступ, болти повертаються і рухаються лише головками вперед.

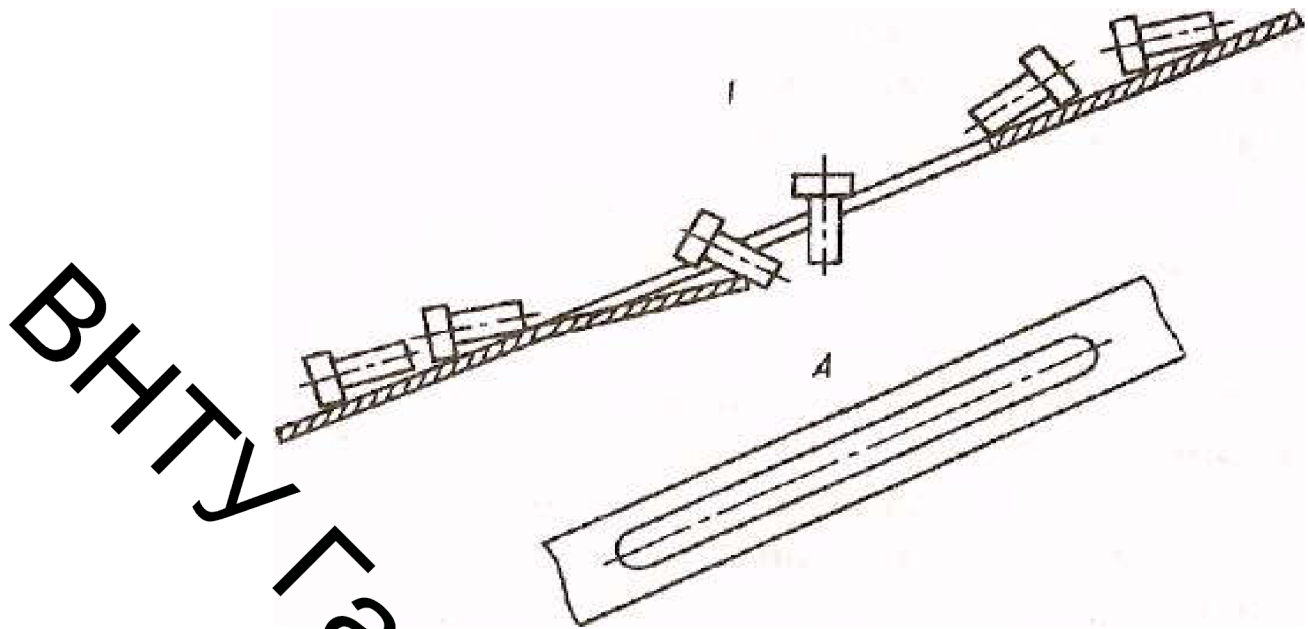


Рисунок 2.7 – Пристрій активної орієнтації

**Висновки:** виходячи з потрібної продуктивності, необхідності орієнтування, маси і габаритних розмірів заготовки, доцільно застосувати дискові пристрої з поворотними механізмами. А саме завантажувальні пристрої для подачі циліндричних і фігурних заготовок, у яких центр ваги зміщений з осі симетрії (по довжині).

### 3 КОМПОНОВКА ОБЛАДНАННЯ ТА ЛОГІСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛУ ОБРОБЛЕННЯ

#### 3.1 Обґрунтування вибору верстата

Безцентрувальні круглошліфувальні верстати ефективно застосовують при обробці деталей малого і великого діаметрів без обмеження довжини, або тонкостінних деталей, а також деталей, що мають складні зовнішні профілі (поршень, кулак і т.д.). В умовах масового виробництва ці верстати характеризуються високою продуктивністю і точністю обробки. У дрібносерійному і індивідуальному виробництві застосування таких верстатів обмежена через трудомісткість переналагодження. Розширення областей застосування безцентрових круглошліфувальних верстатів стримують два чинники: великі витрати часу на правку кругів і складність налагодження верстата, що вимагає значних витрат часу і високої кваліфікації персоналу. Це пояснюється тим, що в конструкції цих верстатів існують шліфувальний і ведучий кола; пристрою правки, що забезпечують надання відповідної форми поверхонь шліфувального і ведучого колі; можливість установки положення опорного ножа; механізми компенсаційних подач шліфувального круга на оброблювану деталь і на правку, а також провідного кола на деталь і правку; установка положення завантажувального і розвантажувального пристроїв.

Застосування систем ЧПК дозволило управляти багатокординатно функціонуванням безцентрових круглошліфувальних верстатів. В системі управління верстатом використовують програмні модулі, які розраховують траєкторії інструменту (круга, алмаза), його корекцію і взаємодія з людиною. Для обробки деталей з різними геометричними формами (конус, куля та ін.) Створюється програмне забезпечення: диспетчер режимів, інтерполятор і модуль управління приводами.

При обробці і виправленні число поєднаних керованих координат може доходити до 19, в тому числі по дві-три координати окремо для правки шліфувального і ведучого кіл.

В умовах серійного виробництва застосування систем ЧПК забезпечує гнучке побудова циклу шліфування і правки, що дозволяє швидко переналагоджувати верстати на обробку інших виробів.

Наявність багатокординатної системи ЧПК забезпечує більшу універсальність верстата, малі величини подачі кіл, що дозволяє ефективно управляти процесами шліфування і редагування.

Системи ЧПК безцентрових круглошліфувальних верстатів будується по агрегатному принципу (наприклад, на верстатах японських фірм). На верстаті можлива установка будь-якого з чотирьох варіантів управління верстатом від системи ЧПУ:

- одна керована координата – поперечна подача шліфувального круга;
- дві керовані координати – поперечна подача шліфувального круга і правлячого алмазу з метою їх синхронізації;
- три керовані координати – поперечна подача шліфувального круга, а також поперечна і поздовжня подача алмаза при його виправленні;
- п'ять керованих координат – поперечна подача шліфувального круга, а також поперечна і поздовжня подача алмазів при правці шліфувального і ведучого круга.

Компанія SUPERTEC MACHINERY INC. (Тайвань) була заснована в 1954 році як виробник різного роду шліфувальних машин. Устаткування використовується в промисловості, які вимагає ідеально чистої поверхню: автомобільна, авіаційна і кораблебудівна промисловості (рисунок 1/3) [5].

Устаткування компанії знаходиться в експлуатації у таких виробників як: Boeing, Airbus industry, Toyota, Mercedes, BMW, Fiat, Renault, Deutz і у багатьох інших. Моделі STP мають гідравлічний поздовжній привід, поперечний АС електропривод з інвертором на ШВП, що забезпечує перехресну обробку з

високою точністю і кроковий привід по осі Z – конструкція машин дозволяє виконати завдання з різними вимогами, забезпечуючи високу якість обробки.

Для автоматизації процесу завантаження-розвантаження шліфувального верстата деталями типу «Вісь» використовуємо наступні елементи автоматизації: бункер, конвеєр, система давачів, які є допоміжним обладнанням.

Дана система автоматизації орієнтована на безцентрово-шліфувальний верстат SuperTec STC 12S NC. Технічні характеристики обрано верстата вказані в попередньому підрозділі.

Компонування засобів автоматизації та основного обладнання показана на рисунку 3.1.

### 3.2 Проектування допоміжного обладнання

Розрахунок бункерного дискового завантажувального пристрою (БЗП) виконуємо по методиці, що представлена в роботі [4].

До бункерних завантажувальних пристроям висувають такі вимоги: продуктивність їх повинна бути на 25-30% більше продуктивності технологічного устаткування; заготовки не повинні міняти в БЗП своїх властивостей; БЗП повинні мати властивість самовідновлення працездатності в разі виникнення відхилень в роботі; коливання продуктивності їх повинні бути мінімальними, щоб уникнути збільшення ємності лотка магазину та ін.

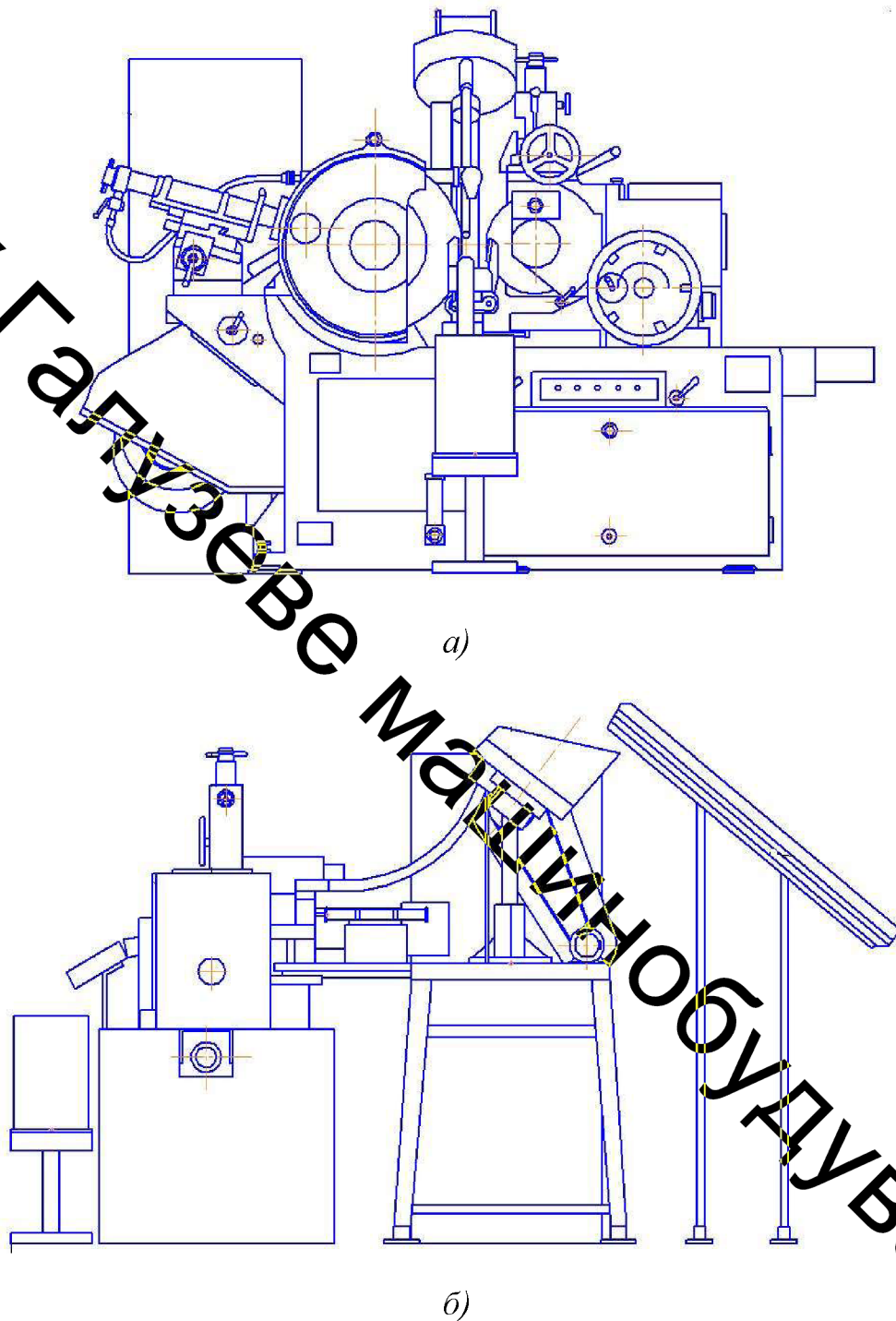
Принцип дії БЗП розглянемо на кількох прикладах.

Дисковий БЗП (рисунок 3.2) з захватними органами типу кишень представляє собою ємність-бункер 2, в якому розміщені всі необхідні робочі органи і накопичений певний запас заготовок.

Захоплення заготовок – відділення одного або порції заготовок від загальної маси, проводиться кишенею 11, причому заготовки можуть бути захоплені в двох положеннях, показаних на рисунку штриховими лініями. Так як в загальному випадку вірогідність захоплення заготовок кишенею мала, то в



конструкції передбачений ряд заходів, що забезпечують сприятливе для захоплення положення заготовок в бункері



*a)* – вид спереду; *б)* – (вид справа)

Рисунок 3.1 – Верстат з автоматизованою системою завантаження-розвантаження

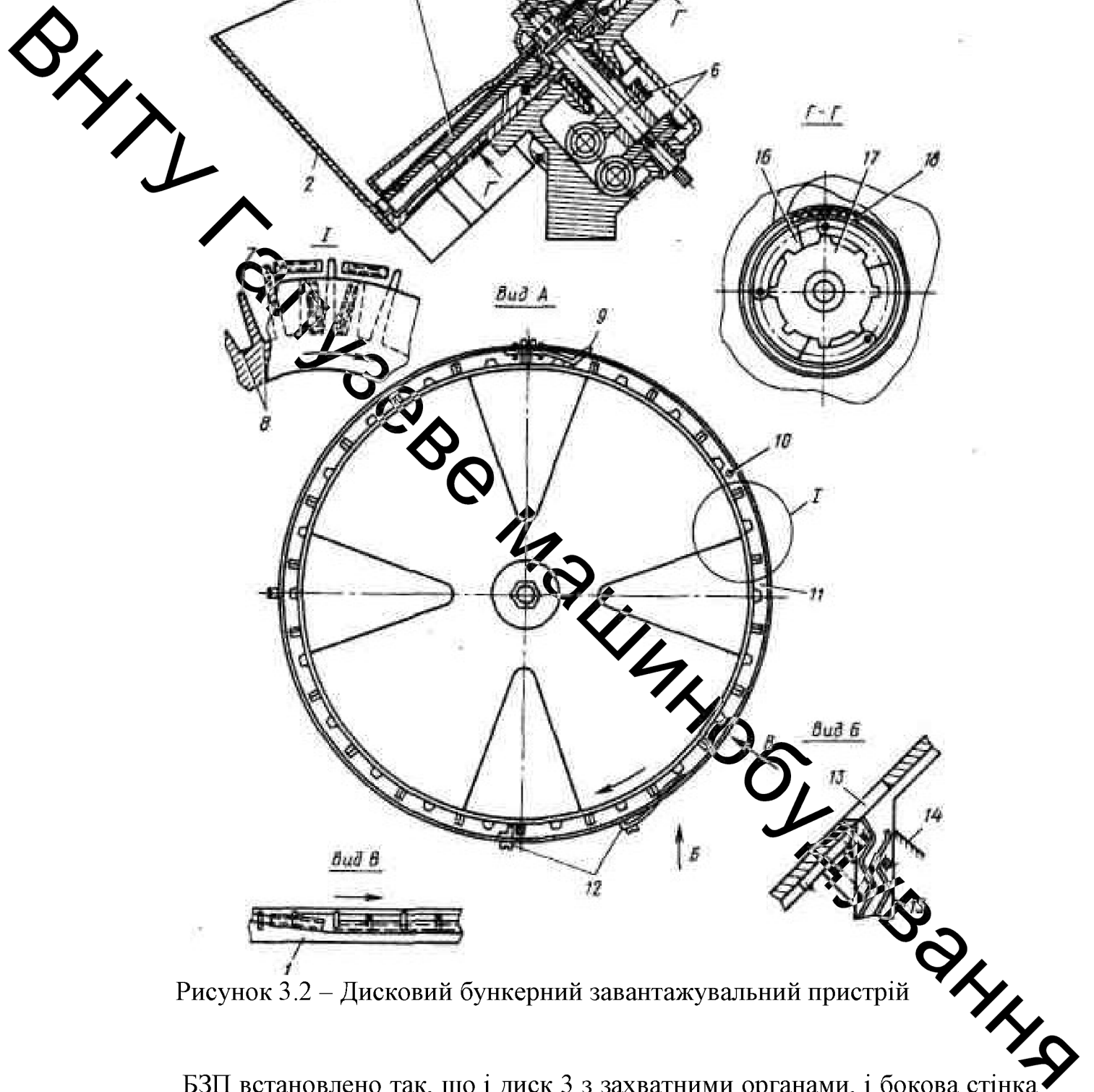


Рисунок 3.2 – Дисківий бункерний завантажувальний пристрій

БЗП встановлено так, що і диск 3 з захватними органами, і бокова стінка бункера мають нахил до горизонту  $45^\circ$ . Завдяки цьому заготовки, рухаючись до захватним органам, займають певні положення. Крім того, в БЗП

передбачений другий диск-зворушувач 4, що обертається в протилежному напрямку, ніж диск з захватними органами. Завдяки цим двом обертанням - заготовки займають положення, паралельне захватному органу – сприятливе для захоплення. Всі ці дії для забезпечення певного, сприятливого для захоплення положення заготовок отримали найменування підготовки до захоплення.

Захоплені заготовки повинні бути переведені з двох положень в одне потрібне. Процес перекладу заготовок з декількох положень в одне певне називають орієнтуванням. В даному пристрої це буде відбуватися в спеціальному орієнтаторі, розташованому в захватному органі і представляє собою призму і два радіальних кишені 8, в одну з яких в залежності від розташування центру мас і потрапить орієнтуються заготовки. Однак перш ніж приступити до орієнтування, необхідно виконати цільову дію – підготовку до орієнтування, тобто створити необхідні для орієнтування умови. З цією метою, по-перше, з захватного органу видаляють всі зайві заготовки за допомогою пружин 12, встановлених на стінці бункера, а, по-друге, опускають заготовки, що ковзають по торця кулачку / змінної висоти опорного диска 5 на орієнтувальну призму, розташовану в іншій площині.

Для прискорення процесу орієнтування в опорному диску встановлена підпружинена кнопка 10, що зменшує сили тертя між заготовками і опорним диском 5. У обечайці бункера передбачений спеціальний виріз, завдяки чому не створюється перешкод заготівлях при його повороті. Якщо проте процес орієнтування затягнувся, то він буде прискорений пружиною 9, встановленої на бункері. Якщо ж процес орієнтування з якої-небудь причини не відбувся, то та ж пружина 9 розгорне заготовку в захватному органі таким чином, що він залишиться в ньому до наступного циклу орієнтування.

Наступним функціональним дією в БЗП є видача зорієнтованих заготовок в лоток-магазин. Однак попередньо необхідно виконати підготовку до видачі, тобто необхідно забезпечити доставку до пристрою видачі тільки одного (порції) зорієнтованих заготовок. В даному пристрої за допомогою торцевого

кулачка на іншому його ділянці відбувається закривання радіальних кишень, в яких знаходяться орієнтовані заготовки.

Видача в БЗП відбувається під дією сил тяжіння в вікно 13, поєднане з лотком-магазином 15.

Обидва диска (захватний і ворушильний) наводяться в рух від одного приводу через черв'ячні передачі 6, диск з захватними органами отримує обертання від приводу через амортизатор-вібратор, що складається з зірочки 17, зубчастих важелів 16 і пружин 18. За нормальних умов зірочка діє на важіль і диск з захватними органами обертається. Якщо ж з яких-небудь причин диск зупинився (наприклад, заготовки заклинило під пружиною 12) і на диску з захватними органами зріс крутний момент, диск зупиняється, важелі повертаються обертається зірочкою і пружина розтягується. Коли ж вершини зубів зірочки пройдуть вершини зубів важелів, пружина, впливаючи на важелі, поверне диск з захватними органами в зворотному напрямку і тим самим будуть створені передумови для самовідновлення працездатності БЗП. Іноді амортизатор-вібратор спрацьовує кілька разів, перш ніж БЗП почне працювати в нормальному режимі.

Так як продуктивність БЗП більше продуктивності технологічного обладнання, то періодично лоток-магазин буде повністю заповнитися заготовками. І тоді заготовки, що подаються не можуть бути прийняті в лоток. Але він не може бути і залишений в захватному органі, так як при подальшому русі диска в захватний орган може надійти нова заготовка. Захоплену заготовку необхідно обов'язково видалити з захватного органу. Для цього призначений спеціальний відвідний лоток 14, який виконує функцію запобіжника від переповнення заготовками.

Бункер, як конструктивний елемент БЗП, виконує три основні функції: перша – забезпечення запасу заготовок в кількості, необхідній для безперервної роботи БЗП протягом заданого проміжку часу без поповнення (зазвичай для дрібних заготовок цей час задається від 10 хв до 1 год), друга – забезпечення руху заготовок в напрямку до захватним органам в кількості, що забезпечує

задану продуктивність і третя – забезпечення підготовки заготовок до захоплення.

Рациональним робочим об'ємом бункера слід вважати той обсяг, в якому здійснюється заданий рух заготовок з бункера до захватним органам, їх нормальне захоплення, відсутні склепіння і мертві зони.

Діаметр диска, мм:

$$D = (16 \dots 20)l, \quad (1.1)$$

де  $l$  – довжина деталі.

$$D = 20 \cdot 26 = 520 \text{ мм}$$

Ширина килевої диска для деталей, розташованих перпендикулярно площині диска, мм:

$$B = 1.6d, \quad (1.2)$$

де  $d$  – діаметр деталі в мм.

$$B = 1.6 \cdot 12 \approx 19 \text{ мм}$$

Товщина диска, мм:

$$H = (0.9 \dots 1)l, \quad (1.3)$$

$$H = 26 \text{ мм}$$

Крок карманів диска, мм:

$$m = B + (1 \dots 1.5)d, \quad (1.4)$$

$$m = 19 + 1.5 \cdot 12 = 37 \text{ мм}$$

Чим довше деталі або чим складніше їх форма, тим менший буде коефіцієнт заповнення. Наприклад, для циліндричних заготовок довжиною  $L = 10 \dots 25$  мм і діаметром  $d = 8 \dots 12$  мм при різних співвідношеннях довжини до діаметру експериментально було отримано:

$l : d$	. . . . .	1,00	1,40	1,60	3,00
$\epsilon'$	. . . . .	0,73	0,65	0,60	0,57

Вибираємо коефіцієнт заповнення  $k = 0,6$ .

Якщо необхідно збільшити обсяг бункера, то його конструкцію можна змінити декількома способами. Перший спосіб – збільшити радіус захватних органів, в зв'язку з чим збільшиться і підстава підкови, а значить, і обсяг бункера. Але цей спосіб не завжди зручний, так як зі збільшенням радіуса захватних органів збільшуються всі розміри БЗП і витрата потужності. Другий спосіб – змінити форму бункера за рахунок подовження його передньої частини. Кут нахилу стінки подовженою частини можна брати менше кута нахилу основної частини, так як подовжена частина виконує функції сховища заготовок і в меншій мірі функції БЗП. Кут нахилу стінки подовженою частини досить взяти рівним або на кілька градусів більше кута тертя. Третій спосіб – надбудувати до основного бункера додатковий бункер, так званий предбункер.

Частота обертання диска, об/хв:

$$n = \frac{30 \cdot V}{\pi} \tag{1.5}$$

$$n = \frac{30 \cdot 4}{\pi} = 38,2 \text{ об/хв.}$$

де  $V$  – окружна швидкість деталей, що переміщуються в бункері обертовим диском (по хорді диска), м / хв.  $V = 4$  м / хв.

Продуктивність, шт./хв:

$$Q = \frac{1000V}{m} k, \tag{1.6}$$

$$Q = \frac{1000 \cdot 4}{37} 0,6 \approx 65 \text{ шт/хв.}$$

Максимальна потужність (кВт) електродвигуна для приводу дискових кишенькових бункерів:

$$N = 0,005D, \tag{1.7}$$

$$N = 0,005 \cdot 520 = 2,6 \text{ кВт.}$$

### 3.2.1 Розрахунок клинопасової передачі приводу бункера

Розрахунок клинопасової передачі виконаємо за методикою, представленою в [10, 11].

Момент, що обертає на валу ведучого шківів знаходять за формулою:

$$T = \frac{30P}{\pi n_1},$$

де  $P$  – потужність, Вт;  $n_1$  – в об/хв.

$$T = \frac{30 \cdot 2600}{\pi \cdot 30} = 827,6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Діаметр ведучого шківів (мм) обчислюють за емпіричною залежністю:

$$d_1 = 4\sqrt[3]{T},$$
$$d_1 = 4\sqrt[3]{827,6} = 37,5 \text{ мм}.$$

По знайденому значенню підбираємо діаметр шківів зі стандартного ряду по ГОСТ 17383-73. Вибираємо  $d = 40$ .

$$d_2 = d_1 \cdot i \cdot (1 - \varepsilon).$$

Для передач, з регульованим натягом паса,  $\varepsilon = 0,01$

$$d_2 = 40 \cdot 2,5 \cdot (1 - 0,01) = 99 \text{ мм}.$$

Вибираємо по ГОСТ 17383-73  $d_2 = 100$  мм.

Міжосьова відстань, мм

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + T_0,$$

де  $T_0$  – висота перетину паса.

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (40 + 100) + 6 = 82,4,$$

$$a_{\max} = d_1 + d_2,$$

$$a_{\max} = 40 + 100 = 140 \text{ мм.}$$

Уточнення міжосьової відстані:

$$a = 0.25 \left[ (L_p - w) + \sqrt{(L_p - w)^2 - 2y} \right],$$

де

$$y = (d_2 + d_1)^2,$$

$$w = 0.5\pi(d_1 + d_2),$$

$$a = 0.25 \left[ (450 - 205) + \sqrt{(450 - 205)^2 - 1.7 \cdot 10^4} \right] = 101.5 \text{ мм.}$$

$L_p$  – розрахункова довжина паса, вибирається зі стандартного ряду довжин  $L_p$  по ГОСТ 1284.1-80

$$L = 2a + 0.5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a},$$

$$L = 2 \cdot 101.5 + 0.5\pi(40 + 100) + \frac{(100 - 40)^2}{4 \cdot 101.5} = 415.6 \text{ мм.}$$

Розраховуємо кут обхвату:

$$\alpha = 180 - 57 \frac{d_2 - d_1}{4a},$$

$$\alpha = 180 - 57 \frac{100 - 40}{4 \cdot 101.5} = 148.9^\circ$$

### 3.2.2 Вибір електродвигуна для приводу бункера

З конструктивних міркувань приймаємо двигун АДМ100S2. Станини і підшипникові щити електродвигунів АДМ100 виконані з алюмінію, АДМ100ПР з чавуну. Коробка виводів розташована зверху і дозволяє



підключати електродвигун з будь-якого боку. Кожух вентилятора сталевий. Вентилятор литий з пластмаси (рисунок 3.3) [13, 14].

Конструкція електродвигунів АДМ відрізняється:

- зниженим рівнем шуму, (конструкція ротора і спеціальний підшипниковий вузол);
- передбачено з будь-якого боку цанговим кабельним виводом, забезпечено підвищений ступінь захисту коробки висновків і фіксування кабелю;
- дзеркальна обробкою спряжених поверхонь вала;
- термічної обробка магнітопровода;
- вакуумним монолітним пропитуванням обмотки статора;
- гарантованими механічними з'єднаннями, що виключають самовідгвинчування і вібрацію;
- полімерним покриттям зовнішніх деталей порошковими фарбами;
- використанням при виробництві матеріалів від постачальників, сертифікованих за системою якості.

Електродвигуни застосовуються в:

- машинобудуванні – насоси, компресори, вентилятори, мотор-редуктори, транспортери та конвеєри, кран-балки а також для інших підйомно-транспортних і допоміжних механізмів.
- верстатобудування – металорізальні і деревообробні верстати і автомати.
- харчова і переробна промисловість – агрегати з переробки і приготування кормів, для приготування тіста, маслобійні, обладнання для млинів, агрегати з переробки молока, м'яса та ін.
- суднобудування – обладнання на судах морського і річкового флоту, що працюють в умовах соляного туману і підвищеної вологості.
- будівництво та засоби малої механізації – бетонозмішувачі, розчинозмішувачі, будівельно-оздоблювальні машини, віброінструментом.

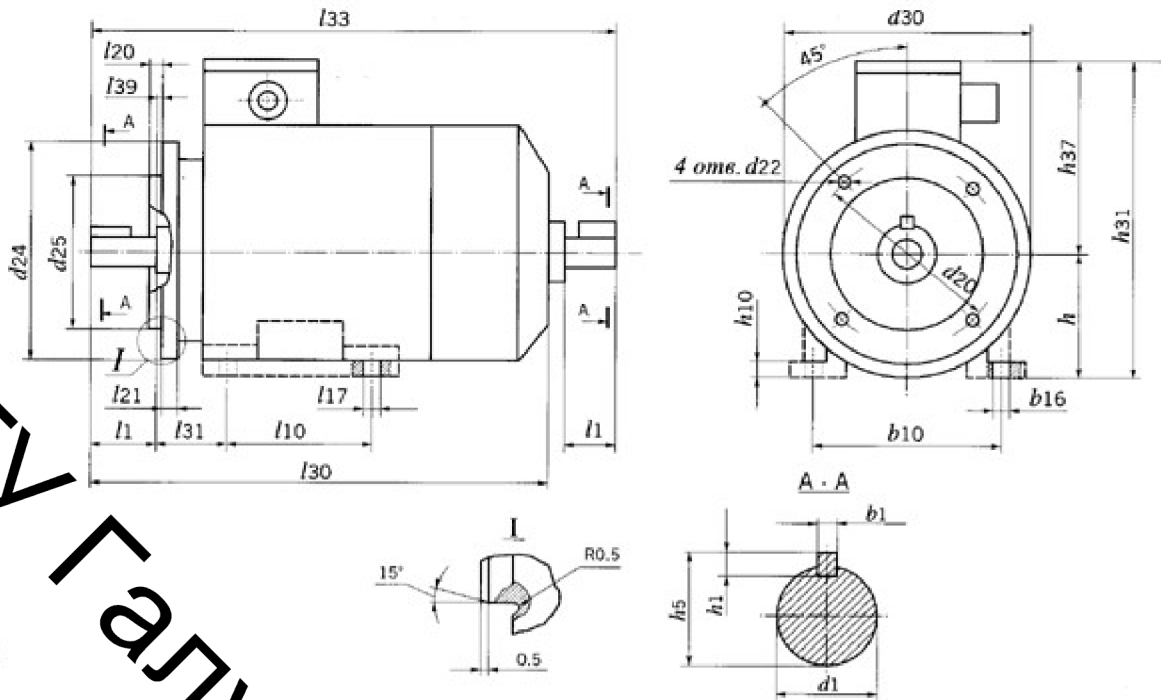


Рисунок 3.3 – Габаритні та установочні-приєднувальні розміри електродвигунів АДМ100

- нафтова промисловість – верстати качалки, станції управління насосами, бурове обладнання.

- сільське господарство – кормоподрібнювачі, зернодробилки, вентиляційне обладнання тваринницького комплексу.

Виходячи з необхідної потужності, вибираємо асинхронний, трифазний двигун моделі АДМ100S4, потужністю 3 кВт (див. таблиці 3.1 і 3.2).

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики електродвигуна

Тип електродвигуна	Номінальна потужність кВт	Частота обертання об/хв	ККД %	Кратність $M_{п}/M_{н}$	Кратність $M_{макс}/M_{н}$	Маса, кг
АДМ100S4	3,0	1500	82	7,0	2,2	26,6

Таблиця 3.2 – Габаритні і установочно-приєднувальні розміри електродвигуна

Тип двигуна	Виконання	$l_{30}$	$l_{33}$	$h_{31}$	$d_{30}$	$l_1$	$l_{10}$	$l_{17}$	$l_{31}$	$b_1$	$b_{10}$	$b_{16}$	$h$
		мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
АДМ100S4	IM2081	360	424	246,5	226	60	112	12	63	8	160	16	100
	IM2082												
Тип двигуна	Виконання	$h_1$	$h_5$	$h_{10}$	$d_1$	$l_{39}$	$l_{20}$	$l_{21}$	$h_{37}$	$d_{20}$	$d_{22}$	$d_{24}$	$d_{25}$
		мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
АДМ100S4	IM2081	7	31	12	28	0	4.0	14	147	215	15	250	180
	IM2082												

### 3.2.3 Вибір частотного перетворювача для електродвигуна

Перетворювачі частоти (ПЧ) серії SFW-09 [14, 15], компанії WEG, використовують для безступінчастого регулювання частоти трьохфазних асинхронних двигунів (рисунок 3.4).

Представлена технологія векторного управління Vectrue Technology дозволила новому поколінню перетворювачів частоти WEG укласти воедино в кожен ПЧ кілька функцій управління – програмувальний скалярний  $v/f$  або векторний контроль, векторний безсенсорний або з шифратором, істотно полегшивши завдання оператора в програмуванні робочих параметрів. Крім того, в цій серії були застосовані нововведення, спрямовані на спрощення завдань з гальмівним моментом. Ця нова функціональна властивість, названа Optimal Braking, дозволило відмовитися від необхідності установки резисторів динамічного гальмування і зробило ряд функціональних рішень більш простими, компактними і економічними (рисунок 3.4, таблиця 3.3).

ВНТУ Галузеве машинобудування



Рисунок 3.4 – Перетворювач частоти серії CFW-09

Технологія, розроблена компанією WEG, для перетворювачів частоти, що регулюють швидкість трифазних асинхронних двигунів, особливо виділяється такими перевагами:

- програмований скалярний  $v/f$  або векторний контроль;
- векторний безсенсорний контроль або з шифратором;
- забезпечення безсенсорним управлінням високого крутного моменту і швидкої реакції навіть на наднизьких швидкостях і при пуску двигуна;
- самонастройка авторегулювання векторного контролю двигуна, яка автоматично визначає характеристики двигуна в процесі роботи.

Для експлуатації двигуна в умовах, що вимагають скорочення часу гальмування або зупинки з високим моментом інерції, в звичайних перетворювачах частоти використовуються схеми динамічного гальмування, де надмірна кінетична енергія регенерується за допомогою DC Link, перетворюючись в розсіяне тепло, нагріваючи резистор динамічного гальма підключений до приводу.

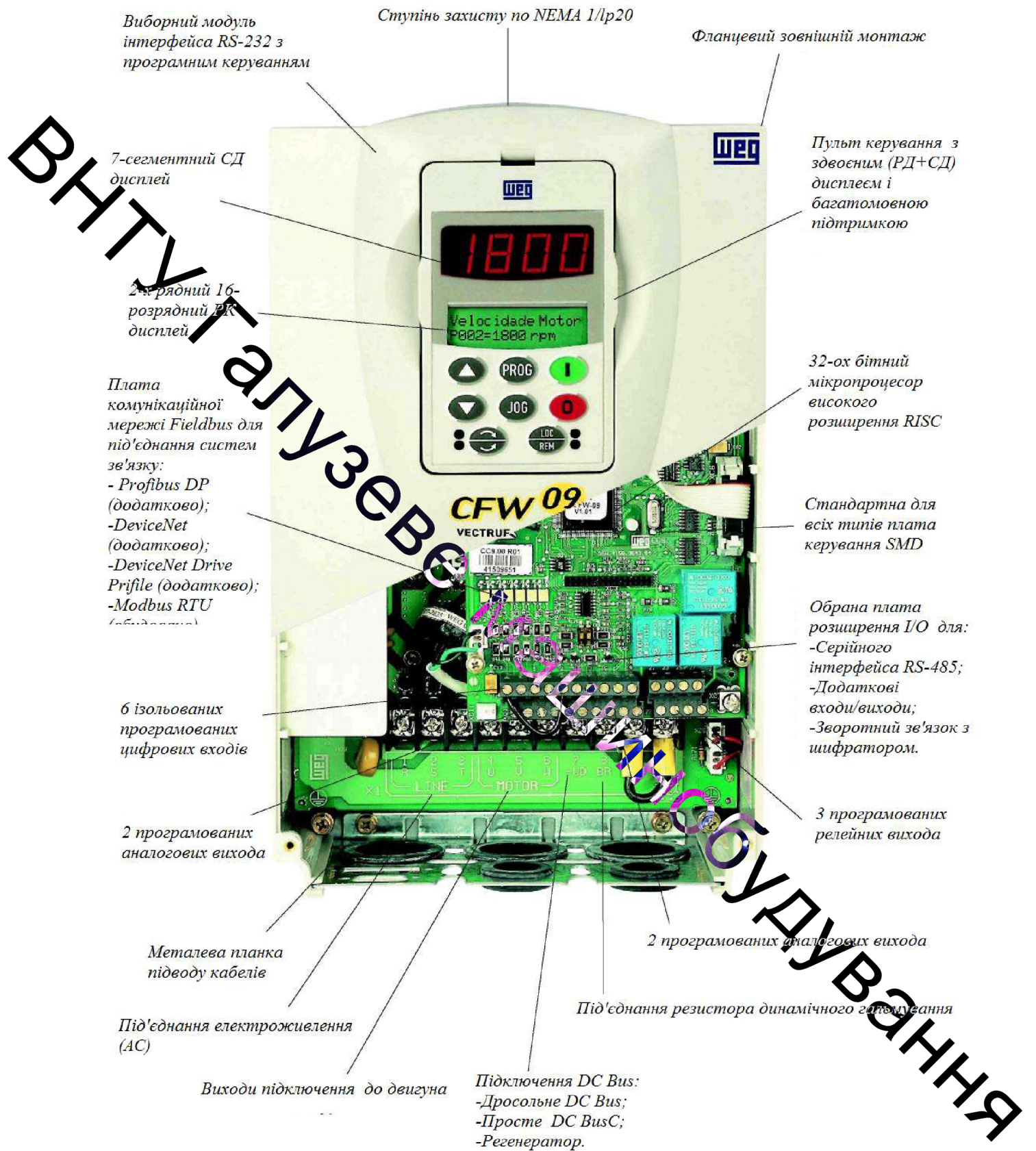


Рисунок 3.5 – Будова перетворювача частоти серії CFW-09

Режим векторного контролю ПЧ CFW-09 включає функцію Optimal Braking, яка дозволяє регулювати гальмівні характеристики для всіх застосовуваних умов необхідного динамічного гальмування. Ця новітня технологія забезпечує в 5 разів кращі показники динамічних характеристик системи приводу в порівнянні зі звичайною схемою DC гальмування. На графіку представлені переваги цього методу гальмування Optimal Braking, що демонструють ідеальність рішення, його оптимальність і значні переваги в зниженні витрат при гальмуванні.

Додаткові переваги:

- 32-х бітний мікропроцесор з високою роздільною здатністю RISC;
- скалярний і векторний контроль з відображенням параметрів;
- пульт керування SMART з подвійним дисплеєм (р/к і з/д);
- широкий діапазон потужностей: від 1,1 кВт до 1100 кВт;
- постійний або змінний крутний момент;
- ступінь захисту згідно NEMA 1 / IP 20 до 132 кВт, IP 20 до 330 кВт і NEMA 4X / IP 56 в закритому металевому виконанні до 7,5 кВт;
- зручно-полегшені установка і програмування;
- пуско-наладка;
- фланцеве монтажу з установкою радіаторного теплообмінника позаду монтажної панелі;

Таблиця 3.3 – Застосування перетворювачів частоти серії CFW-09

Галузь використання	Обладнання, в якому використовується прилад
Хімічна і нафтохімічна промисловість	Вентилятори, витяжки, відцентрові насоси, тех. насоси, дозатори, центрифуги, міксери, компресори, екструдери.
Паперо-деревообробна промисловість	Дозатори, технологічні насоси, вентилятори, витяжки, мішалки, міксери, що обертаються фільтри, обертові печі (сушіння), податчики сировини, бум, машини,

	барабани, намотування паперу, каток (каландри).
Виробництво пластиків і гуми	Штампувальні преси, машинні інжектори, міксери, каток (каландри), мотательні машини, обв'язувальні машини, гранулятори.
Гірська і цементна промисловість	Вентилятори, витяжки, насоси, грохотки (просіювачі), дробарки, динамічні сепаратори, конвеєри, цементні печі.
Текстильна промисловість	Мішалки, міксери, промивачі, сушарки, ткацькі верстати, прядильні машини, чесальні машини, снувальні машини, мотальні машини.
Металургійна промисловість	Вентилятор, витяжки, поворотні столи, прядильні машини, крани, преси, верстати, ламінатори, обрізні лінії, трубопрокатні машини, машини для відливання чушок, прокатні стани, насоси.
Харчова промисловість	Дозаторні, техн. насоси, вентилятори, витяжки, пакувальники, печі, сушильні шафи, міксери, монорейкові тельфери, конвеєри.

- можливість On / off - лайн програмування з підключеного комп'ютера за допомогою програмного забезпечення superdrive;

- можливість підключення DC BUSS;

- FieldBUS зв'язок: ProfiBUS DP або DeviceNET (додатково). Доступний вбудований модуль – ModBUS RTU;

- продукт сертифікований UL і cUL, PC, C-Tick, IRAM.

У CFW-09 використаний гнучкий підхід до системи монтажу. Крім традиційного способу фундаментної установки включена можливість навісного фланцевого монтажу, при якому пластина цинкового теплообмінника монтується позаду кріпильної панелі, як показано на рисунку. В результаті,

тепле повітря, що утворюється гріються енергоносіями всередині панелі, виходить назовні, мінімально нагріваючи інші внутрішні компоненти.

Пульт з високим рівнем можливостей, з подвійним дисплеєм – 7-сегментним світлодіодним і 2-рядковим рідкокристалічним на 16 знаків, виробляє діктантний огляд, включаючи докладний опис всіх параметрів і повідомлень (рисунки 3.6).

Перетворювач частоти CFW 09 може використовувати підключення до мережі в мережі швидкої передачі даних «FieldBus» за допомогою найбільш використовуваних у всьому світі систем зв'язку (рисунки 3.7).

В основному розроблена для інтеграції в автоматизовані лінії великих промислових виробництв, швидкий мережевий зв'язок чудово служить для приватного онлайн і загального повного спостереження, моніторингу та контролю приводів, даючи в результаті високі операційні властивості і прекрасну оперативну гнучкість. Це характеристики, які вкрай необхідні для застосування в комплексних і / або інтегрованих системах.

Для підключення до мережі FieldBus через Profibus або DeviceNet, в CFW-09 допущена можливість внутрішньої установки мережевої карти з відповідним протоколом зв'язку. Підключення до мережі FieldBus через Modbus RTU може бути здійснено через серійний інтерфейс RS-232 (додатково) або RS-485 (на картах EBA або EBB) (рисунки 3.8, 3.9).

Вибираємо перетворювач, ґрунтуючись по потужності двигуна (3 кВт) моделі 0016 T 2223 E S, який має такі характеристики:

- вбудований динамічне гальмо;
- номінальний струм: 16 А;
- потужність (при постійному M): 3,7 кВт;
- потужність (при змінному M): 3,7 кВт;
- типорозмір: 2.





ПЧ «А»

CFW-09 → Пульт



ПЧ «В»

Пульт → CFW-09



Рисунок 3.6 – Пульт керування

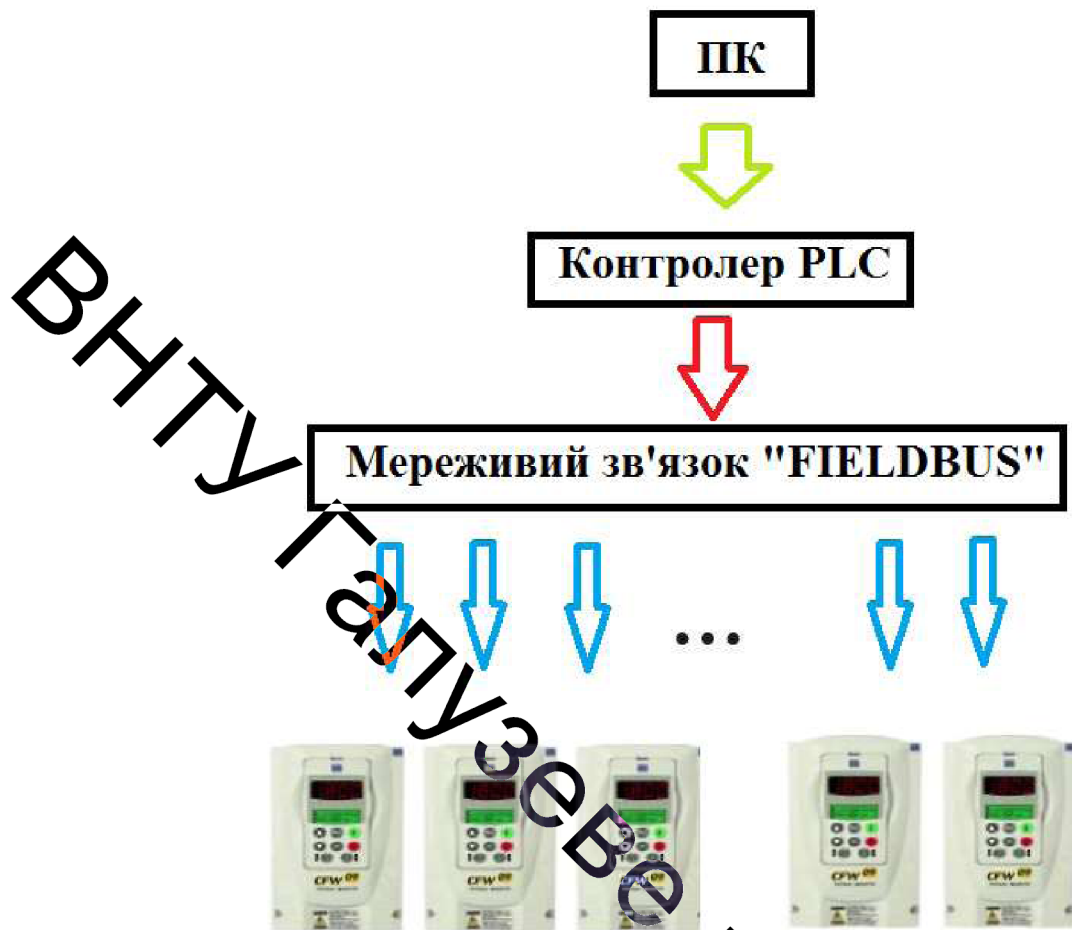


Рисунок 3.7 – Схема мережевого зв'язку

### 3.2.4 Розрахунок магазину

Розрахунок виконаємо за методикою, представленою в [7]. Залежно від способу переміщення заготовок магазини поділяють на самопливні, примусові, або магазини-транспортери, і напівсамопливні. У самопливних магазинах (гравітаційних) заготовки переміщуються під дією сил тяжіння; ці магазини використовують для подачі заготовок впритул, а заготовок спеціальної форми – в розрядку, тобто з інтервалом, для чого кожна заготовка поміщається в окреме гніздо або між захватами транспортуемого елемента.

У самопливних магазинах заготовки переміщуються коченням або ковзанням, а в магазинах-транспортерах – під дією прикладеної сили або сил тяжіння і прикладеної сили. Заготовки в магазинах-транспортерах

транспортуються впритул і в розрядку, поштучно або порціями. У напівсамопливних магазинах заготовки ковзають по площині, розташованій під кутом, значно меншим кута тертя. Заготовки переміщуються внаслідок штучного зменшення сили тертя між поверхнями ковзання при поперечному коливанні або рівномірному русі несучої поверхні або в результаті утворення між поверхнями ковзання повітряної подушки.

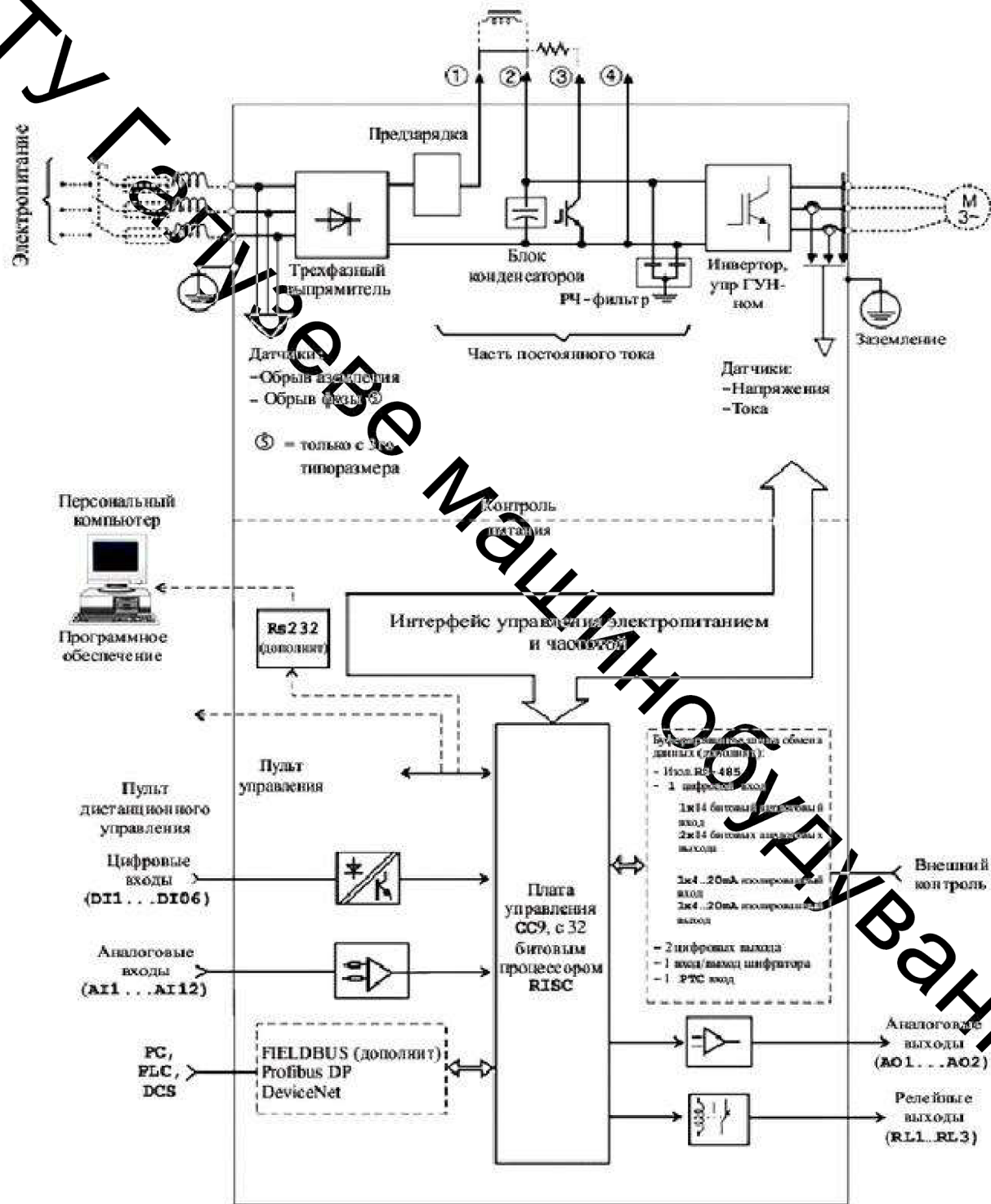


Рисунок 3.8 – Структурна схема перетворювача частоти CFW-09

Трубчасті самопливні магазини виготовляють прямими і вигнутими, а також жорсткими і гнучкими (з дроту або гумового шланга). Трубчасті магазини використовують для кульок і циліндричних заготовок, що відносяться до групи тіл обертання, що переміщуються уздовж осі обертання, а також невеликих плоских заготовок.

Прямі вигнуті і трубчасті магазини можуть бути використані при такому відношенні довжини заготовки  $l$  до його діаметру  $d$ :

$$\frac{l}{d} = 1 \dots 8,$$

$\frac{l}{d} \approx 2$ , отже, ми можемо використовувати трубчасті магазини.

Якщо  $l \approx d$ , то орієнтація заготовок може змінюватися в процесі транспортування, і вони застряють на ділянках вигину трубки. Заклинювання відбувається і в тих випадках, коли заготовка займає положення під кутом меншим або рівним куту тертя.

Діаметр отвору трубки  $d_1$  повинен бути таким, щоб виключалося одночасне потрапляння двох заготовок і заготовки не поверталися в положення, при якому можливе їх заклинювання; зазвичай приймають

$$d_1 = (1.1 \dots 1.15) \cdot d,$$

$$d_1 = 1,1 \cdot 12 = 13,2 \text{ мм.}$$

Якщо трубчастий магазин має вигнуті ділянки, то мінімальне допустимий радіус заокруглення зовнішньої стінки

$$R = \frac{S}{2} + \frac{l^2}{8S},$$

де  $S$  – зазор між заготовкою і стінкою трубки.

$$R = \frac{S}{2} + \frac{l^2}{8S} = \frac{4}{2} + \frac{26^2}{8 \cdot 4} \approx 23.$$

Діаметр отвору в зігнутому ділянці:

$$d_2 = d + c + R - 0.5\sqrt{4 \cdot R^2 - l^2},$$

де  $c$  – зазор між заготовлею і стінкою трубки, він відповідає допуску  $X4 - X7$  при максимальному значенні  $d$  в мм.

$$d_2 = 12 + 1 + 23 - 0.5\sqrt{4 \cdot 23^2 - 26^2} \approx 18 \text{ мм.}$$

На трубчастому магазині закріплюють наконечник для живильника; форми наконечників різноманітні і визначаються в кожному конкретному випадку (рисунок 1.20).

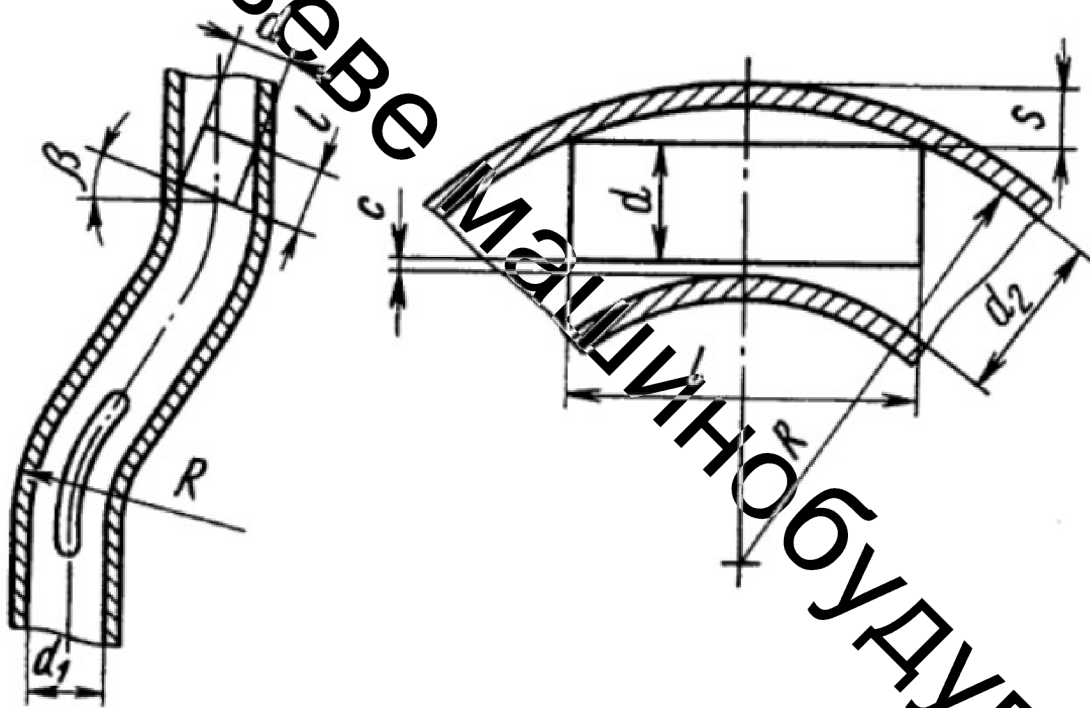


Рисунок 3.9 – Трубчасті самоплині магазини

Для подачі заготовок на обробку використовуємо трубчастий самопливний магазин, що задовольняє параметрам, розрахованим вище.

### 3.2.5 Розрахунок штовхача

Приводом для штовхача є пневмоциліндр. Пневмоциліндри в залежності від характеру застосування умовно поділяють на дві групи:

- затискні циліндри (пружної, що фіксують, притискні та ін.), які забезпечують передачу заданого зусилля після завершення ходу або при дуже малих переміщеннях поршня з «повзучою» швидкістю;

- транспортувальні циліндри, розвиваючі необхідне зусилля на всьому шляху переміщення поршня.

Силу тертя враховують за допомогою коефіцієнтів, як це показано нижче, при розрахунку транспортувальних пневмоциліндрів.

Діаметр транспортувального пневмоциліндра визначимо за такою формулою:

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{P}{\chi \cdot p_m \cdot (1 - k_{mp})}},$$

$$D = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{240}{0.7 \cdot 0.5 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0.15)}} = 0.0321 \text{ м.}$$

де  $\chi$  – безрозмірний параметр навантаження;

$k_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в пневмоциліндрі.

Великі значення  $k_{mp}$  приймають для менших діаметрів пневмоциліндрів.

Приймаємо  $k_{mp} = 0.15$ . Для транспортувальних пневмоциліндрів оптимальне значення  $\chi = 0,4 \div 0,5$ , при  $\chi > 0,5$  час спрацьовування пневмоциліндра значно зросте, малі значення  $\chi = (0,1-0,2)$  свідчать про неефективне використання пневмоциліндра, але можуть бути необхідні для отримання максимальної швидкості спрацьовування.

Виходячи з отриманого діаметра 0,0321 м, Вибираємо модель, діаметром 32 мм.

Діаметр штока  $D_{ш}$  визначається умовами його міцності в найбільш небезпечному перерізі і можливим виходом його зі стійкого положення:

$$D_{ш} = 1.13 \sqrt{\frac{P}{[\sigma_p]}}$$

$$D_{ш} = 1.13 \sqrt{\frac{240}{[100]}} = 0.015 \text{ м,}$$

де  $P$  – зусилля на штоці;

$[\sigma_p]$  – допустиме напруження матеріалу штока на розрив.

Так як граничні швидкості руху поршня на практиці зустрічаються порівняно рідко, немає необхідності у всіх випадках встановлювати трубопроводи і з'єднання номінального розміру. У деяких випадках цей розмір можна зменшити, що дасть економію металу.

Як пневмоциліндра використовуємо модель серії AF (рисунок 3.10), за габаритними та приєднувальними розмірами відповідає стандарту ISO 6431 (VDMA 24562, CNOMO / AFNOR 49003).



Рисунок 3.10 – Пневмоциліндр серії AF

Дані пневматичні циліндри взаємозамінні з продукцією "FESTO", "SMC", "Camozzi", "Parker" та інших виробників, що дозволяє використовувати їх на самому різному обладнанні. Всі пневмоциліндри оснащені переднім і заднім демпфером і магнітним кільцем в поршні. За бажанням замовника пнев-

моціліндр виготовляється з будь-яким вильотом штока і з будь-якою довжиною нарізки, такою можливо виконання внутрішньої різьби на штоку. Шток виготовлений зі сталі С43 з подальшим хромуванням. На замовлення можливе виготовлення пневмоциліндрів без демпфера, магнітного кільця і з штоком зі нержавіючої сталі.

Пневмоциліндри виготовляються зі звичайної труби (серія АF), і пневмоциліндри (серії ВF, СF) з трубою з алюмінієвого профілю складного перетину, що надає пневмоциліндру значно більшу механічну міцність.

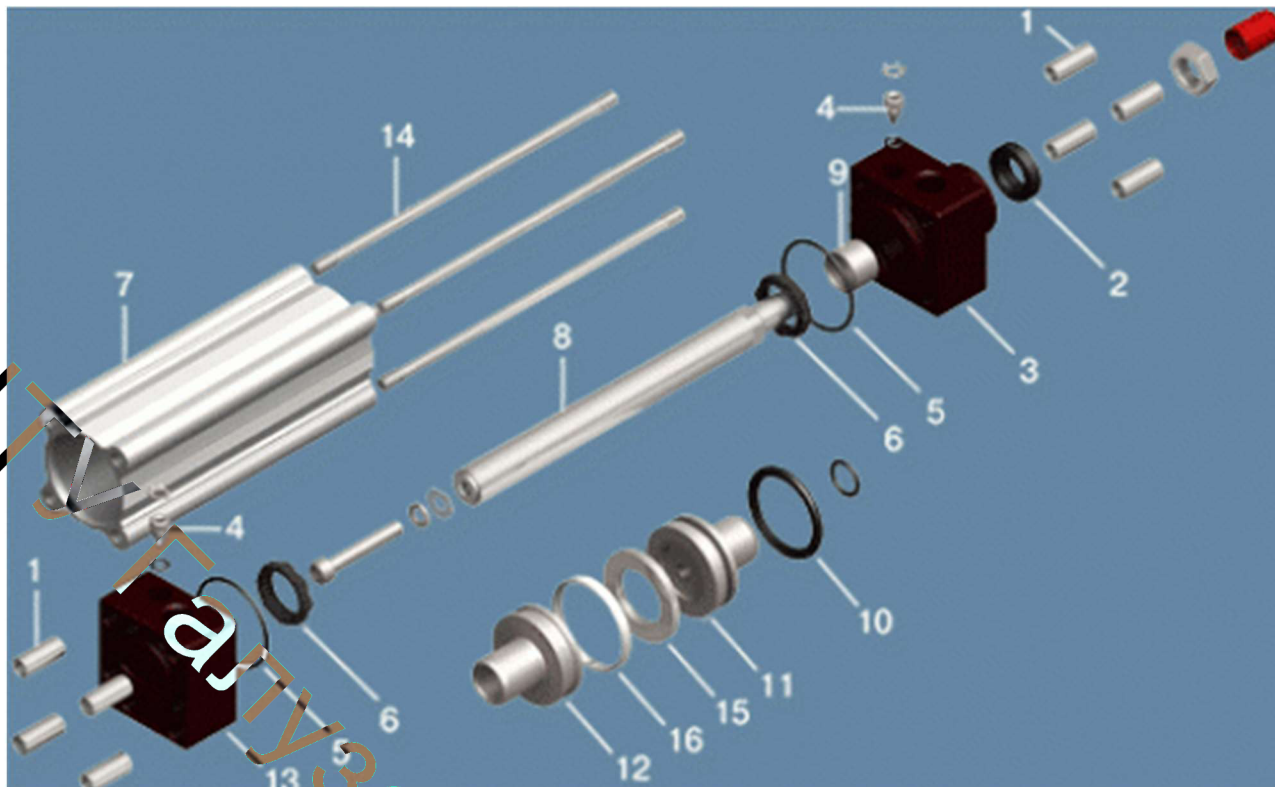
Гільза виготовляється методом екструзії, внаслідок чого вона має високу точність поверхні і спрямовану шорсткість, що зменшує знос поршня. Внутрішня поверхня анодована, для забезпечення низького тертя застосовується спеціальна змазка з добавкою фторопласта (рисунок 3.10).

### **3.2.6 Вибір програмованого логічного контролера для керування компресором штовхача**

Програмний логічний контролер (ПЛК) – це пристрій на базі мікроконтролера, призначене для реалізації алгоритмів логічного управління. ПЛК були створені для заміни рележно-контактних схем, зібраних на дискретних компонентах, тих самих реле, лічильниках і таймерах. Принципова відмінність ПЛК від таких схем полягає в тому, що всі його функції реалізовані програмно. На одному контролері можна реалізувати схему, еквівалентну тисячам логічних елементів. При цьому надійність роботи не залежить від її складності.

Розглянемо особливості використання ПЛК. ПЛК має набір вхідних і вихідних сигналів, при цьому, коли змінюється стан вхідних сигналів, то попередньо запрограмований алгоритм виробляє управління вихідними сигналами. До входів ПЛК, як правило, підключаються давачі, перемикачі та все те, що може бути інформативним про стан об'єкту. До виходів ПЛК зазвичай підключаються керуючі реле, виконавчі і керуючі механізми, і все те, що є об'єктом управління.





- 1 – гайка шпильки;
- 2 – манжета штока (поліуретан);
- 3 – передня кришка (зміцнений алюмінієвий сплав);
- 4 – гвинт регулювання демпфера;
- 5 – кільце ущільнювача (пербунан);
- 6 – манжета демпфера (пербунан);
- 7 – гільза (анодований алюміній);
- 8 – шток (сталь з покриттям хромом);
- 9 – передній поршень демпфера (алюміній);
- 10 – кільце ущільнювача (пербунан);
- 11 – поршень;
- 12 – задній поршень демпфера (алюміній);
- 13 – задня кришка (зміцнений алюмінієвий сплав);
- 14 – шпилька;
- 15 – магнітне кільце;
- 16 – направляє кільце.

Рисунок 3.11 – Будова пневмоциліндра серії AF

Розглянемо особливості використання ПЛК. ПЛК має набір вхідних і вихідних сигналів, при цьому, коли змінюється стан вхідних сигналів, то попередньо запрограмований алгоритм виробляє управління вихідними сигналами. До входів ПЛК, як правило, підключаються давачі, перемикачі та все те, що може бути інформативним про стан об'єкту. До виходів ПЛК зазвичай підключаються керуючі реле, виконавчі і керуючі механізми, і все те, що є об'єктом управління.

Програмування сучасних ПЛК реалізується з використанням стандарту IEC-1131-3, який передбачає, п'ять різних мов, найбільш популярний з яких – мова функціональних блоків (Functional Block Diagram) або скорочено FBD. Це графічна мова, в якому замість реле використовуються функціональні блоки, за зовнішнім виглядом – логічні елементи. Алгоритм роботи деякого пристрою на цій мові виглядає як функціональна схема електронного пристрою: елементи типу "логічне І", "логічне АБО" і т.п., з'єднані лініями. Коріння мови з'ясувати непросто, однак більшість фахівців сходяться на думці, що це не що інше, як перенесення ідей мови релейно-контактних схем на іншу елементну базу.

Крім прямих вигод від застосування ПЛК, через низьку ціну і високої надійності, є і непрямі. Так, наприклад, з'являється можливість реалізувати додаткові функції, не ускладнюючи і не збільшуючи вартість готової продукції, які допоможуть повніше реалізувати можливості обладнання. Швидкий розвиток мікроелектроніки дозволяє очікувати подальшого зниження цін і поліпшення характеристик ПЛК, що є додатковим стимулом до їх застосування.

Сьогодні на ринку чимало пропозицій від виробників і розробників цих пристроїв. Однак, як відомо мети автоматизації завжди повинні виправдовувати затрачені кошти, інакше гроші просто витрачені неефективно. ПЛК контролер для простих завдань не повинен бути дорогим, але зобов'язаний бути надійним. Одним з таких простих і ефективних рішень є ПЛК (або програмовані реле) від

компанії ARRAY Electronic Co (рисунок 3.12). Це молода тайванська компанія, розробляє і виробляє цілу лінійку ПЛК для задач автоматизації.

FAB – це компактний програмований модуль, призначений для створення гнучких і економічних систем управління. FAB замінює велику кількість звичайних комутаційних пристроїв за відносно низькою ціною. Серед найближчих аналогів цих пристроїв можна привести контролери Logo від фірми Siemens, або наприклад Alpha від Mitsubishi Electric, а так само контролери Zelio від компанії Schneider Electric. Однак все вище наведені ПЛК відчутно вище в ціні, за умови схожої апаратної начинки і функціональності цих пристроїв.



Рисунок 3.12 – Програмований логічний контролер серії FAB

Пристрій дуже легкий і компактний, незважаючи на свою функціональну потужність з можливістю дистанційного програмування (моніторингу). Також в пристрої реалізована можливість управління по телефону, подачі керуючих сигналів голосом (мовної модуль AF-MUL). На даний момент контролери FAB широко використовуються в різних галузях промисловості, а також

домашньому господарстві (розумний будинок) і можуть застосовуватися практично де завгодно.

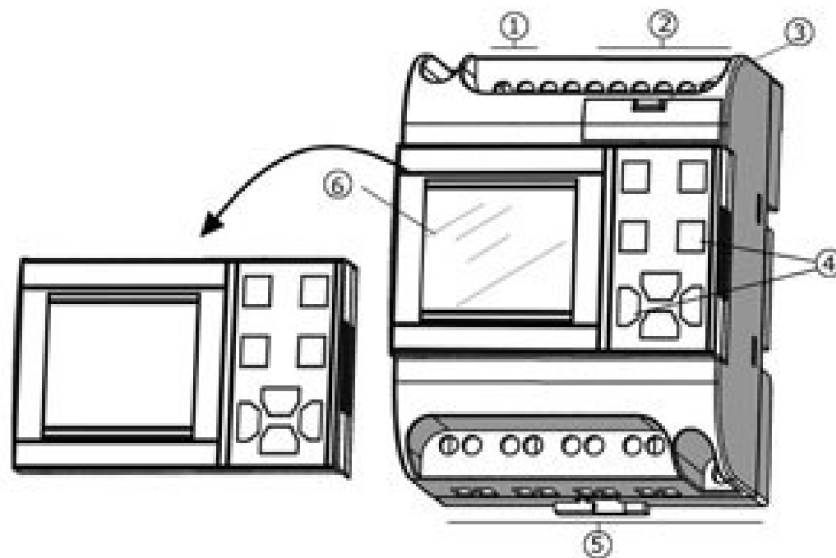
З контролерами FAB безкоштовно поставляється середовище програмування (Quick II) з використанням функціональних блоків (FBD), і безкоштовний OPC сервер. За допомогою OPC сервера контролери можуть бути легко інтегровані в будь-яку сучасну SCADA систему, наприклад Trace Mode, Master SCADA, Genesis-32, InTouch і т.п.

Серія FAB оснащена знімною РК панеллю, яка відображає поточний стан входів/виходів, і може використовуватися для редагування програми за допомогою кнопок, розташованих на РК панелі. Панель можна придбати окремо від контролера, або вона може бути знята з метою безпеки і замінена захисною кришкою (CAP). Розміри контролерів цієї серії всього лише 90×71×58 мм для модулів AF-10, і 90×126×58 мм для модулів AF-20 (рисунок 3.13).

Програмування FAB проводиться з використанням функціональних блоків (логічні, тимчасові, аналогові та ін. всього близько 20 функцій). Об'єднання простих функцій дозволяє створювати досить складні керуючі програми. FAB дозволяє запам'ятовувати до 127 функціональних блоків. Завантаження в незалежну пам'ять програма зберігається там після від'єднання живлення модуля і не вимагає резервного живлення.

QuickII – це програмне забезпечення (ПО), за допомогою якого програма може редагуватися і регламентуватиме безпосередньо на комп'ютері, з наступним завантаженням в контролер через COM порт (RS-232 інтерфейс). QuickII має простий інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і дозволяє не тільки створювати, редагувати і завантажувати на FAB програми, але і відображати поточний стан входів і виходів контролера.

FAB є інтелектуальним пристроєм, оснащений таймерами і може виконувати різні тимчасові функції. Наприклад, можна встановлювати до 127 різних часових інтервалів, які можуть бути застосовані в задачах з реальним часом.



1 – підключення напруги живлення (24V DC; 110-240V AC); 2 – вхідні клеми; 3 – роз'єм підключення кабелю програмування (або мовного модуля); 4 – кнопки управління; 5 – вихідні клеми (релейні або транзисторні виходи); 6 – знімний ПК дисплей.

Рисунок 3.13 – Принципова будова програмованого реле

На додаток до дискретним (дворівневим) входів, FAB дозволяє обробляти аналогові (багаторівневі) сигнали. Це дозволяє спостерігати і контролювати температуру, вологість, тиск, рівень, швидкість потоку і т.п. Отримані дані можуть передаватися на віддалений комп'ютер для додаткового моніторингу.

Для віддаленого програмування, а також записи і зміни програм віддалено, досить підключити FAB через модем до телефонної лінії. Крім того, це дозволить виконувати зчитування даних і управління в реальному часі. Контролер має вбудовану функцію завдання пароля. Наприклад, перед початком написання програми Ви можете встановити власний пароль. Після встановлення пароля зміна програми буде можливо тільки після введення правильного пароля.

FAB дозволяє вводити в програми функціями, які потребують телефонного набору і голосового управління. Наприклад, можна встановлювати з'єднання з FAB безпосередньо по звичайній телефонній лінії. FAB може

автоматично набирати лінію для посилки повідомлення або сигналу тривоги. Більш того, FAB може приймати сигнали управління з віддалених джерел по телефонній лінії чи мобільного телефону.

Додаткові можливості надає мовної модуль AF-MUL. Якщо мовний модуль включений, то FAB може транслювати сигнали тривоги або повідомлення, як через додаткові динаміки, так і через телефонну мережу. Ця унікальна особливість надає безліч додаткових функцій для управління процесами.

Якщо виникає необхідність у побудові розподіленої мережі FAB пристроїв на шині RS-485, то ці контролери можуть бути легко об'єднані в одну загальну мережу. При цьому на одну шину можна підключити до 255 пристроїв, яке можуть працювати спільно для вирішення різних завдань і управлятися при цьому з одного комп'ютера.

Застосування цих простих пристроїв досить різноманітно. Зручність і наочність програмування дозволяють використовувати серію FAB для дуже багатьох завдань:

- побудова систем інтелектуального будинку;
- управління автоматичним відкриванням дверей, воріт і шлагбаумів;
- керування жалюзі і навісами;
- керування зовнішнім і внутрішнім освітленням відповідно до різних заданих алгоритмів (по руху, по часу і т.п.);
- регулювання температури і вентиляції в житлових приміщеннях і на підприємствах, в теплицях і оранжереях;
- управління зовнішнім і внутрішнім водопостачанням будинку, фонтанами, акваріум, насосними станціями;
- управління компресорами і холодильними установками;
- управління транспортерами і змішувачами;
- управління апаратурою на рухомій техніці, на кранах, навантажувачах, і т.п. ;
- забезпечення сигналізації та оповіщення по різним подіям;

- охоронні і аварійні системи;
- системи управління рухом (для транспорту);
- спостереження за багажем;
- управління верстатами, і виробничими лініями.

Виходячи з необхідних умов роботи, вибираємо ПЛК моделі AF-10MR-A, що має 6 дискретних входів АС, і 4 виходи реле. Напряга живлення – 100...240 В.

### 3.2.7 Вибір датчика присутності

Проаналізувавши задані технічні вимоги обираємо індуктивний датчик, що буде фіксувати присутність заготовок у штовхача. (рисунок 3.14). Індуктивний датчик (індуктивний безконтактний вимикач) – безконтактний датчик, призначений для контролю стану об'єктів з металу.

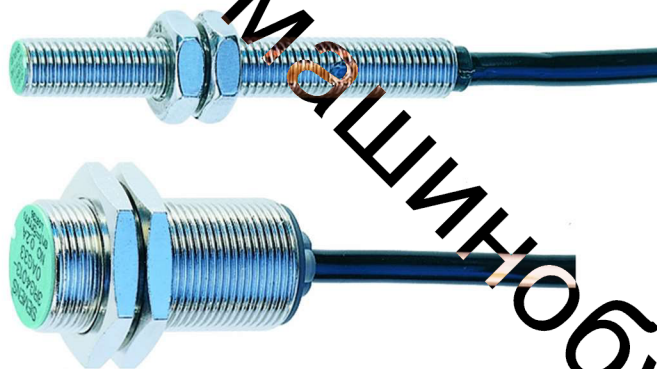


Рисунок 3.15 – Загальний вигляд датчик присутності

Індуктивні датчики широко використовуються для виконання завдань автоматизації. Принципові схеми роботи виконують з нормально розімкненим або нормально замкнутим контактом.

Принцип дії датчика заснований на зміні амплітуди коливань генератора при внесенні в чутливу зону датчика металевого, магнітного, феромагнітного або аморфного матеріалу певних розмірів. При подачі живлення, в області чутливої поверхні датчика утворюється змінне магнітне поле, наводить у внесеному в

зону матеріалі вихрові струми, які призводять до зміни амплітуди коливань генератора. В результаті виробляється аналоговий вихідний сигнал, величина якого змінюється від відстані між датчиком і контрольованим предметом. Тригер перетворює аналоговий сигнал в логічний, встановлюючи рівень перемикачання і величину гістерезису.

Індуктивні безконтактні вимикачі складаються з наступних основних вузлів (рисунок 3.16):

- генератор створює електромагнітне поле взаємодії з об'єктом;
  - тригер забезпечує гістерезис при перемикачнні і необхідну тривалість фронтів сигналу управління;
  - підсилювач збільшує амплітуду сигналу до необхідного значення;
  - світлодіодний індикатор показує стан вимикача, забезпечує контроль працездатності, оперативність настройки;
  - компаунд забезпечує необхідний ступінь захисту від проникнення твердих частинок і води;
  - корпус забезпечує монтаж вимикача, захищає від механічних впливів.
- Виконується з латуні або поліаміду.

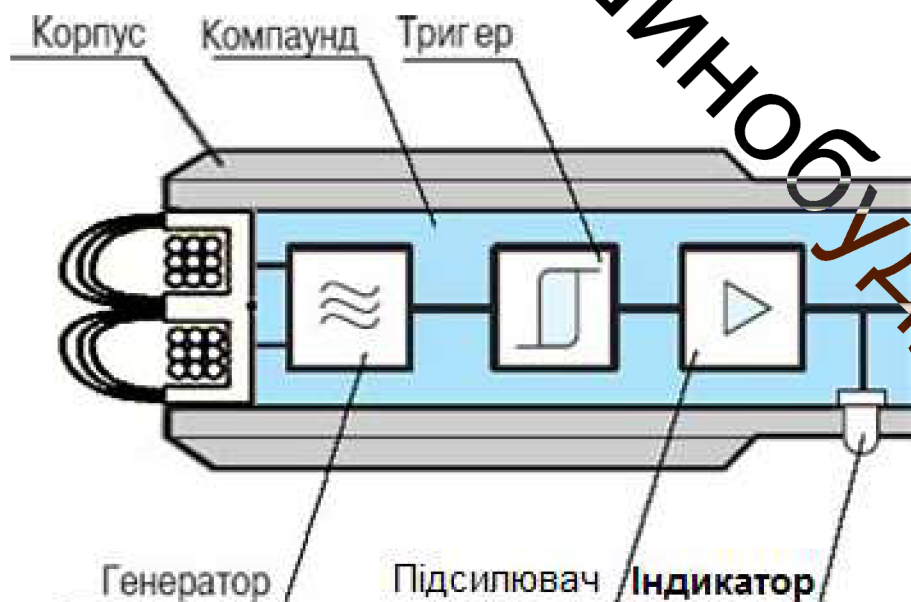


Рисунок 3.16 – Будова індуктивного датчика



Вибираємо індуктивний давач Balluff BES M08MI-PSC40B-S49G в циліндричному корпусі з нарізкою M8. Схеми підключення давачів з трьома виводами показані на рисунку 3.17. Розміщення давача на магазині показано на рисунку 1.28

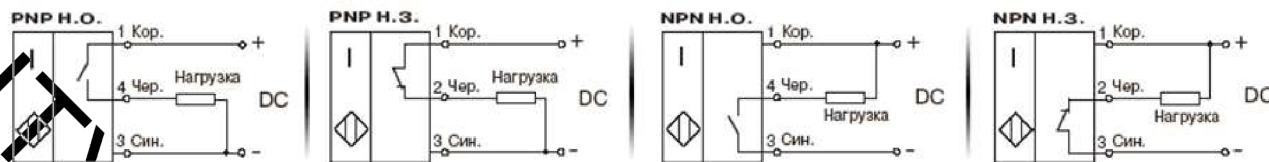


Рисунок 3.17 – Варіанти комутаційних функцій та схем під'єднання

Технічна характеристика давача BES M08MI-PSC40B-S49G:

Відстань спрацьовування: 1,5 ... 6,0 мм.

Тип монтажу: врівень, не врівень.

Температура експлуатації: -25 ... 70 °С.

Функція на виході: PNP (NPN) NO / NC.

Частота перемикачів: 500- 5000 Гц.

Живлення: DC.

Матеріал корпусу: нікельована латунь, нержавіюча сталь.

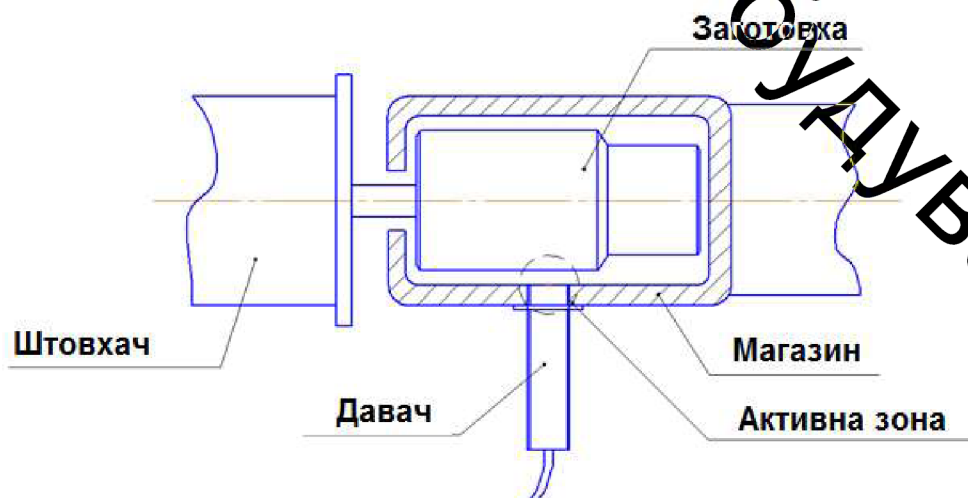


Рисунок 3.18 – План розміщення давача

### 3.2.8 Вибір пристрою активного контролю

Для без центрового-шліфувального верстата вибираємо прилад активного контролю моделі ПКП7М. Прилад встановлюється на вихідному лотку. Прилад моделі ПКП7М призначений для підналагодження верстата за результатами контролю діаметра деталей типу поршневих пальців і роликів підшипників безпосередньо після виходу із зони обробки (рисунок 3.19).

Деталі переміщуються під власною вагою по похилій призмі вимірювальної позиції. Схема вимірювання діаметра – диференціальна, за допомогою двох герметичних індуктивних давачів з твердосплавними сферичними наконечниками.

Команда на підналаштування формується на основі статистичних методів обробки результатів контролю, наприклад, як середньоарифметичне значення з результатів вимірювання «N» послідовно проконтрольованих деталей.

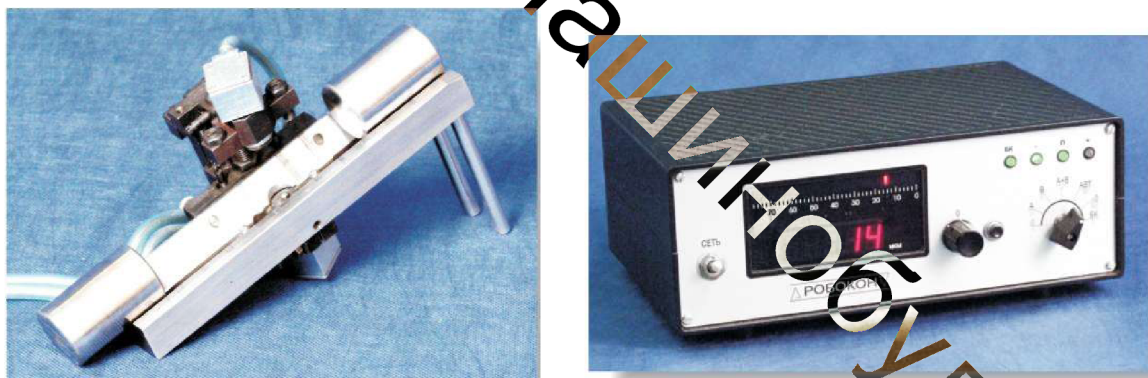


Рисунок 3.19 – Прилад активного контролю для безцентрово-шліфувального верстата

Характеристики моделі ПКП7М:

Діапазон вимірюваних діаметрів, мм:	15 ... 50
Принцип вимірювання:	індуктивний
Дискретність, мм:	0,0001

Діапазон показань, мм: $\pm$	0,2
Контактна зусилля на вимірювальних наконечниках, Н:	0,2
Час проходження контрольованої поверхні деталі під вимірювальними наконечниками, з, не менше:	0,05
Кількість керівників команд: 3	
Межа допустимої похибки спрацьовування команд, мм: 0,0002	

### 3.2.9 Вибір подавального конвеєра

Для транспортування оброблюваних деталей в бункер, використовуємо стрічково-ланцюгової горизонтально-похилій конвеєр (рисунок 3.20). Призначення конвеєра транспортування малосипкого, кускових і штучних вантажів з щільністю до  $1,2 \text{ т/м}^3$  в горизонтально-похилій площині до  $30^\circ$  до горизонту. Можлива транспортування з одночасною термообробкою (сушінням) матеріалу.

Експлуатаційні особливості конвеєра такі:

- висока стабільність руху стрічки,
- відсутність осьового зсуву стрічки і її прослизання на тяговому органі;
- стрічка виконує тільки функцію вантажовесівного органу, що звільняє її від деформації і значно продовжує термін служби.
- тяговим елементом є пластинчастий ланцюг, що витримує значні навантаження. Щоб уникнути зісковзування вантажу стрічка забезпечена перегородками висотою 50 мм.

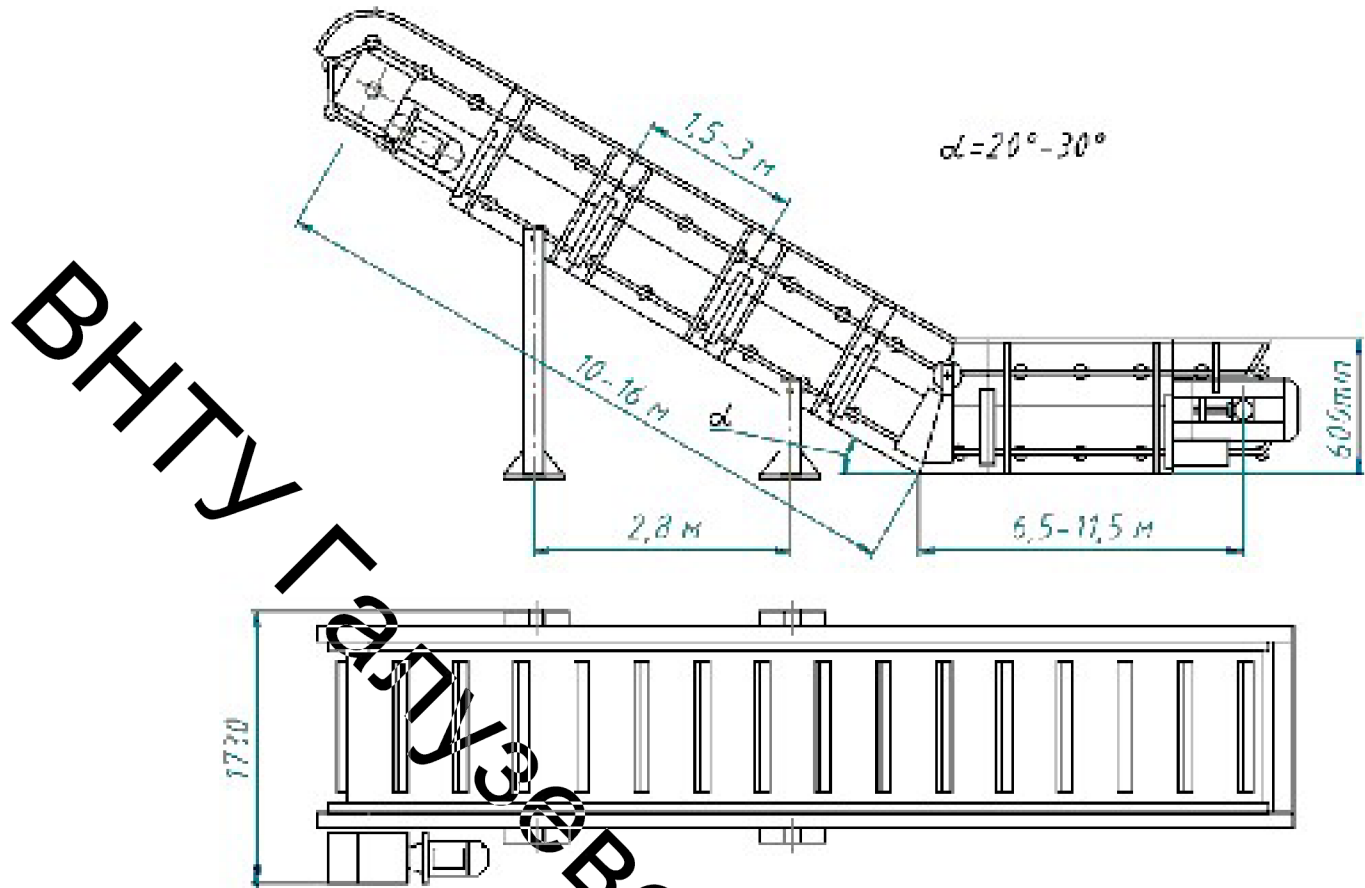


Рисунок 3.20 – Z-подібний стрічково-ланцюговий конвеєр

Технічна характеристика:

Довжина горизонтальної гілки, м ..... 6,5 ... 11,5

Довжина похилої гілки, м ..... 10 ... 16

Ширина конвеєра, мм ..... 300 ... 500

Крок ланцюга, мм ..... 100

Потужність приводу, кВт ..... 5,5

Крутний момент, н м ..... 1023

Швидкість руху стрічки, м / с ..... 0,56

### 3.3 Логічне моделювання циклограми роботи основного і допоміжного обладнання

Будуємо циклограму на підставі наступних розрахунків.

Визначаємо час циклу за формулою:

$$T_{\text{Ц}} = T_{\text{БЗП}} + T_{\text{МАГ}} + T_{\text{ШТОК-ШТОВХАЧ}} + T_{\text{ШЛФ.КРУГА}} + T_{\text{ШЛФ.}}, \text{ с,}$$

де  $T_{\text{БЗП}} = 4 \text{ с}$  – час подачі та орієнтування заготовки на БЗП;

$T_{\text{МАГ}} = 2 \text{ с}$  – час проходження заготовки через магазин під дією сили тяжіння;

$T_{\text{ШТОК-ШТОВХАЧ}} = 3 \text{ с}$  – час подачі заготовки на шліфування за допомогою штока-штовхача;

$T_{\text{ШЛФ.КРУГА}} = 0,3 \text{ с}$  – час подачі шліфувального круга;

$T_{\text{ШЛФ.}} = 4,2 \text{ с}$  – час шліфування одної заготовки.

$$T_{\text{Ц}} = 4 + 2 + 3 + 0,3 + 4,2 = 13,5 \text{ с.}$$

Грунтуючись на час проходження циклу  $T_{\text{Ц}} = 13,5 \text{ с}$ , продуктивність комплексу буде становити:

$$Q_{\text{Ц}} = 1 \cdot 60 / T_{\text{Ц}} = 60 / 13,5 = 4 \text{ шт./хв.}$$

Коефіцієнт завантаження обладнання (шліфувального верстата) дорівнює:

$$K_3 = T_{\text{ОСН}} / T_{\text{Ц}}$$

де  $T_{\text{осн}} = 4,2 \text{ с}$  – час шліфування одної заготовки.

$$K_3 = 4,2/13,5 = 0,3.$$

Виходячи з отриманих даних, зобразимо циклограму роботи основного і допоміжного обладнання (рисунок 1.31).

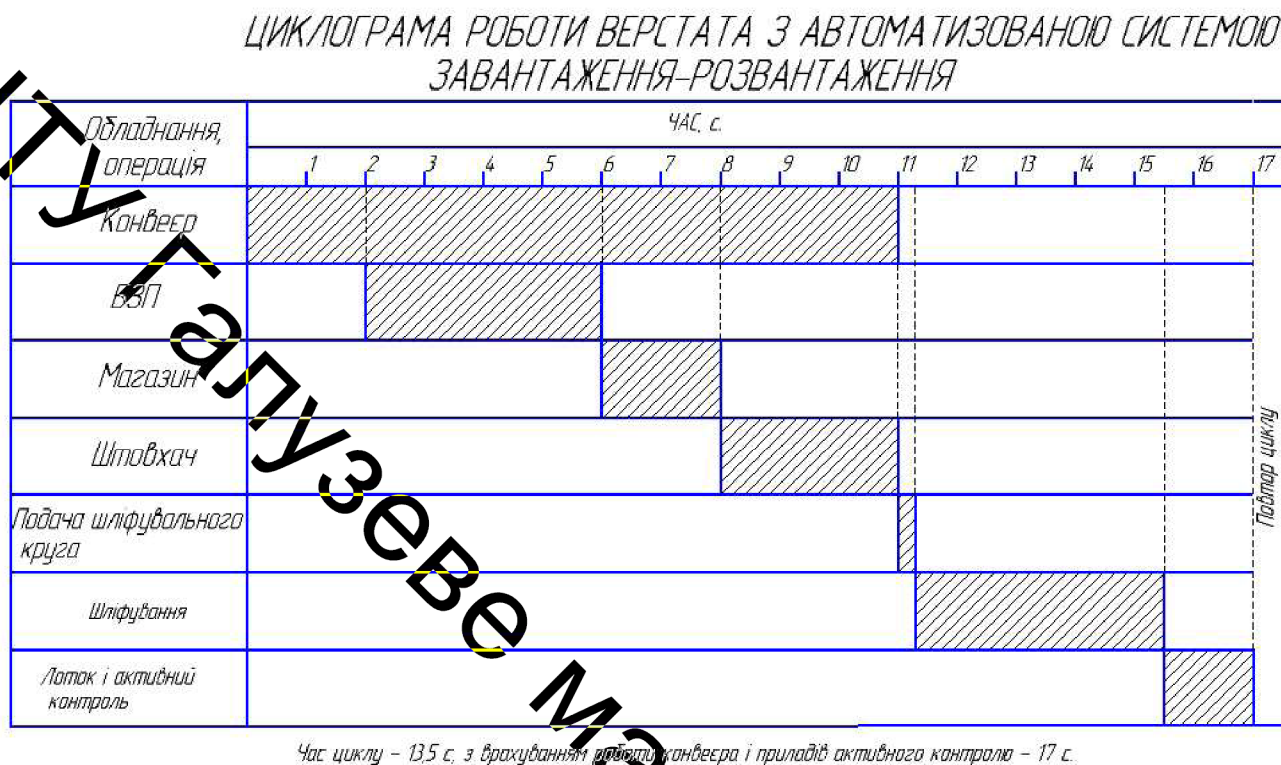


Рисунок 3.21 – Циклограма роботи верстата з автоматизованою системою завантаження-розвантаження

### Система управління обладнанням

Дана автоматизована система завантаження-розвантаження безцентрово-шліфувального верстата складається з основного і допоміжного обладнання. До основного обладнання відносять сам верстат, а до допоміжного – засоби автоматизації, тобто подавального конвеєра, дисковий БЗП, магазин, штовхач, лотки і тару для деталей.

Розглянемо елементну базу основного і допоміжного обладнання. Перш за все, необхідно розділити елементну базу на силову, до якої відносимо

приводи (електричні і гідравлічні), інформаційну, до якої віднесемо давачі і керуючу – компоненти стійки системи управління.

Для центрів шліфувального верстата силовий елементної базою є електроприводи обертання кіл і їх подачі; інформаційної елементної базою – давачі швидкості і положення робочих органів, розміщені на приводах; керуючої елементної базою – стійка управління верстата з системою ЧПК.

Допоміжне обладнання:

- для конвеєра, що подає силовий елементної базою є електропривод переміщення пластин; керуючою елементною базою – стійка управління з ПЛК FAB;

- для дискового БЗП силовий елементної базою є електропривод обертальних дисків з клинопасовою передачею і редуктором; інформаційної елементної базою – давачі струму і напруги, розміщені в частотному перетворювачі; керуючої елементної базою – частотний перетворювач CFW;

- для штовхача силовий елементної базою є пневмопривід, що складається з гвинтового компресора і пневмоциліндра; інформаційної елементної базою – давач присутності заготовок (безконтактний індуктивний давач), розміщений на входному лотку; керуючої елементною базою – стійка управління з ПЛК FAB;

- для відвідного лотка інформаційної елементної базою є прилад активного контролю деталей; керуючою елементною базою – стійка керування зі вбудованим одноплатним промисловим комп'ютером.

Елементна база всього обладнання пов'язана зі стійкою управління верстата через відповідні аналогові і цифрові інтерфейси керуючих мікропроцесорних пристроїв (ПЛК, промисловий комп'ютер і частотний перетворювач).

Подача заготовок на центрів шліфувальний верстат проводиться наступним чином (рисунок 3.22).



Рисунок 3.22 – Алгоритм роботи автоматизованої системи

Оскільки загальним керуючим елементом в цій системі є одноплатний вбудовується промисловий комп'ютер, то всі операції (допоміжні та основні) будуть виконуватися циклічно, тобто для кожної операції в керуючій програмі закладено певний час виконання. Решта керувальних пристроїв – два ПЛК і частотний перетворювач пов'язані з цим комп'ютером за допомогою резервованого інтерфейсу каналами RS232, тобто забезпечується можливість обміну інформацією між усіма керуючими пристроями і узгоджене виконання запрограмованих команд.

Заготовки з попередньої токарної операції завантажуються в конвеєр з урахуванням продуктивності всього комплексу автоматизованої лінії. З нього заготовки потрапляють в БЗП, де відбувається їх подальше орієнтування. Управління приводом БЗП здійснюється від частотного перетворювача CFW, встановленого в стійці управління. За допомогою цього перетворювача підбирається оптимальна частота обертання дисків БЗП, при якій не відбувалося б заклинювання заготовок і забезпечувалася б поштучна їх видача. Оптимальна частота обертання, як правило, підбирається експериментальним шляхом, з оглядкою на давач струму, встановлений в перетворювачі, тобто, наприклад, при заклинювання заготовки, і відповідно, дисків, спостерігається збільшення навантаження на двигун і збільшення струму. Як тільки оптимальну частоту обертання підібрали, зберігають її величину в пам'яті частотного перетворювача, після чого необхідність в налаштування відпадає (для даної номенклатури деталей) і частотний перетворювач завжди буде забезпечувати цю збережену величину частоти обертання. Зорієнтована заготовка, під дією сили тяжіння подається через живильник в магазин, де вона змінює свою орієнтацію по довжині з вертикального положення в горизонтальне і



впирається в упор. Після заготовка падає під дією сили тяжіння в лоток, на якому встановлений давач присутності заготовок (індуктивний безконтактний). Давач реагує на присутність заготовки і подає сигнал на ПЛК, керуючий компресором, який, в свою чергу, включає компресор. Компресор, за допомогою електромагнітного клапана подає стиснене повітря в необхідну порожнину пневмоциліндра штоvhача, який переміщенням штока подає заготовку на обробку по направляючої лотка на центрів шліфувальний верстат, де заготовка, спираючись на ніж, обробляється шліфувальним кругом. Потім при подачі наступної заготовки, оброблювальна заготовка проштоvhується наступною заготовкою і випадає в лоток з встановленим приладом активного контролю. Далі деталь потрапляє в тару для готових деталей. Прилад активного контролю контролює діаметр деталі і зв'язується з вбудованим промисловим комп'ютером за допомогою резервованого інтерфейсу. Внаслідок роботи шліфувальні круги зношуються, що призводить до зміни діаметра деталі, в цьому випадку прилад активного контролю подає сигнал на систему ЧПК (промисловий комп'ютер), яка в свою чергу, виконує підналаштування шліфувальних кругів, тобто регулює їх подачу, тим самим, відновлюючи спочатку задану величину діаметра деталі.

Структура системи управління основним і допоміжним обладнанням приведена на рисунку 3.23.

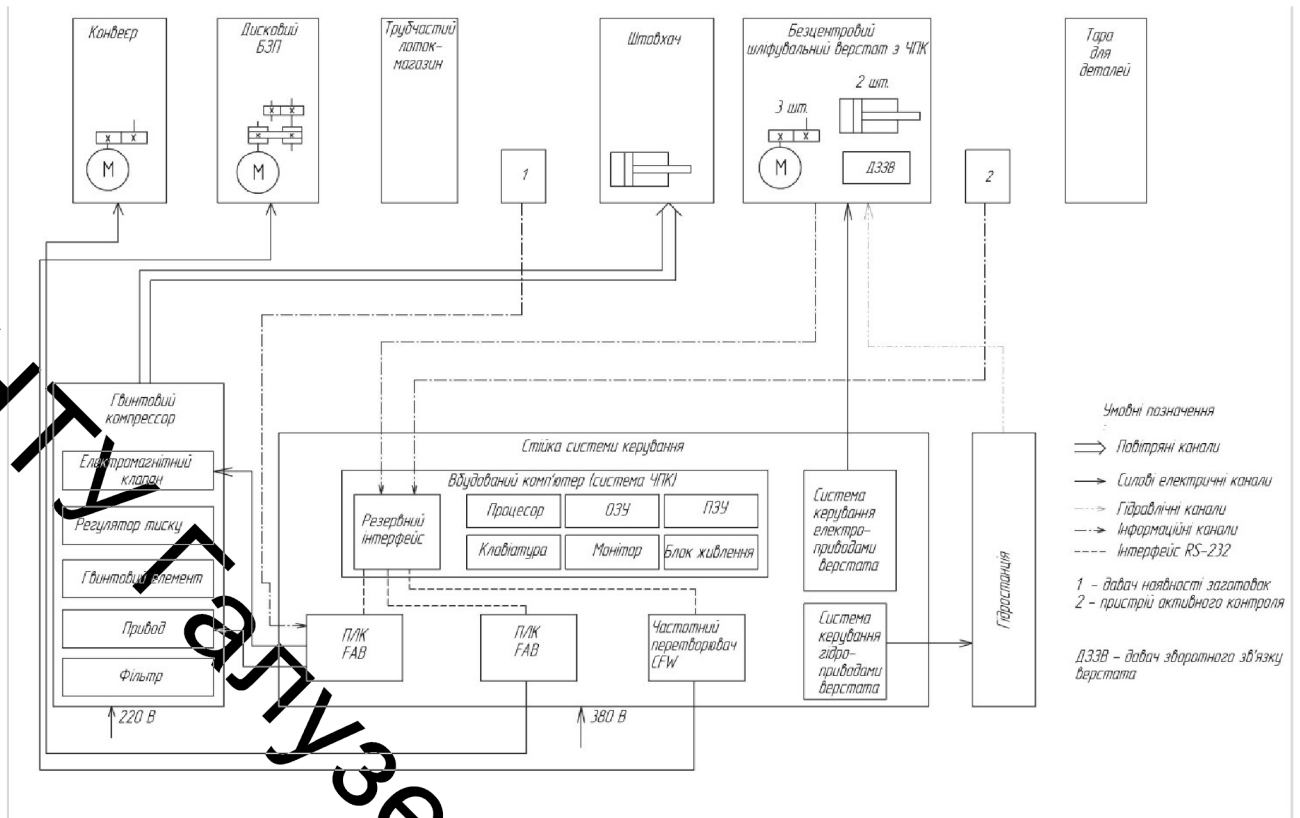


Рисунок 3.23 – Структурна схема системи керування

## Висновки

В даному розділі виконані розрахунки параметрів необхідного обладнання та проведено логістичне моделювання автоматизації безцентрового шліфувального верстата з обґрунтуванням вибору складових системи керування. Також визначено раціональний алгоритм роботи виробничого комплексу.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙШИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці

На дільниці виготовлення системи безцентрового шліфувального верстата на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори [17].

До шкідливих виробничих факторів відносять:

а) підвищена або понижена температура повітря, концентрація в повітрі робочої зони газів;

б) виробничий шум та вібрації.

в) недостатнє освітлення робочої зони.

До небезпечних виробничих факторів відносять:

а) електричний струм;

б) психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

Застосовується 3-х фазна, 3-х провідна мережа з ізолюваною нейтраллю.

Приміщення є вогнестійкими і оснащені приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Робочі місця оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі повина бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні.

Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

## 4.2 Технічно-організаційні рішення щодо безпеки праці

Вимоги до виробничих та допоміжних приміщень. Будівлі повинні відповідати вимогам СН 245 - 71:

- площа виробничого приміщення на одного працюючого - 4,5 м<sup>2</sup>;
- об'єм виробничого приміщення на одного працюючого - 15 м<sup>3</sup>;
- висота цеху - 3,5м.

Ремонтні майстерні, інструментальні кладові, службові приміщення повинні розташовуватись в добудованих до основної будівлі.

Згідно зі СНіП 2.09.04-87 [16] допоміжні приміщення потрібно розташовувати в добудованих до виробничих будівель в місцях з найменшою дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Висота допоміжних приміщень, розташованих в виробничих будівлях, повинна бути не менше 2,4 м.

### 4.2.1 Мікроклімат

Роботи, що виконуються відносяться до категорії робіт Пб – середньої важкості. Вони пов'язані з розбиранням і збиранням вузлів і агрегатів. Ці роботи пов'язані з середнім фізичним навантаженням.

Параметри, що характеризують мікроклімат в приміщенні є наступними: температура, відносна вологість, швидкість руху повітря.

ГОСТ 12.1.005-88 визначає оптимальні і допустимі норми цих параметрів в залежності від категорії робіт, періоду року. Числові значення цих норм додано в таблицю 4.1.

Граничнодопустимі концентрації (ГДК ) шкідливих речовин в повітрі робочої не перевищують допустимих значень.

Для захисту від шкідливих речовин застосовують комплекс організаційно-технічних санітарно-гігієнічних заходів:

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі норми параметрів мікроклімату в приміщені

Період року	Категорія	Температура, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Допустима		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
			Верхня гран.	Нижня гран.				
Холод	Пб	17-19	21	15	40-60	75	0.3	0.4
Тепло	Пб	20-22	27	16	40-60	70	0.4	0.5

- пристрій місцевої витяжної вентиляції для видалення шкідливих речовин від місць їх утворення;
- регулярне прибирання приміщення;
- застосування засобів індивідуального захисту (спеціальний одяг, захисні окуляри, распіратори та інше);
- профілактичні медичні огляди, виконання правил особистої гігієни;
- суворе дотримання правил поведінки з устаткуванням,

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони проводиться на найбільш небезпечних робочих місцях. При однаковому обладнанні, або при виконанні однакових операцій контроль проводиться вибірково на окремих робочих місцях, розташованих в центрі і по периферії приміщення.

Система вентиляції приміщення буде комбінована, тобто буде поєднувати в собі механічну і природну, організовану вентиляцію.

### **Розрахунок місцевої витяжної вентиляції**

Згідно рекомендації застосовується місцевий щілинний пилегазовловлювач, який вловлює пил і гази, що виділяються.

1. В нижній площині вловлювача є щілина змінної ширини довжиною 250 мм.

2. Витрати повітря, що виділяється

$$L = 12\sqrt{I} = 12\sqrt{225} = 200 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.1)$$

3. Призначаємо швидкість руху повітря на ділянках  $V_1 = V_2 = 7 \text{ м/с}$ .

4. По витратах повітря і прийнятих швидкостях знаходимо для кожної ділянки наступні практичні значення:  $V_1$  - швидкість руху повітря; м/с;

$\Delta P_{\text{дин}}$  - динамічний тиск  $\text{кг/м}^3$

$d_i$  - діаметр повітропроводу мм.

$R_i$  - втрати тиску на тертя,  $\text{кг/м}^2$ , на 1 м довжини повітропроводу

$L$  - табличне значення витрати повітря  $\text{м}^3/\text{год}$ .

5. Розрахунок втрат тиску ведемо по методу втрат тиску на одиницю довжини і втрат на місцеві опори за формулою:

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum R_i l_i + \sum \xi \Delta P_{\text{дин}}, \quad (4.2)$$

де  $l_i$  - довжина  $i$ -тої ділянки, м;

$\xi$  - коефіцієнт місцевих опорів.

6. Визначаємо коефіцієнт місцевих опорів:  $\alpha = 90^\circ, R/d = 2$ .

7. Визначимо загальні місцеві опори, втрати тиску в повітропроводах, на місцевих опорах, загальні втрати на ділянці.

8. Визначаємо потрібну потужність для привода вентилятора

$$W_{\text{в}} = \frac{L_d \cdot \Delta P_d}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_d} = \frac{220 \cdot 7,3}{3600 \cdot 102 \cdot 0,66} = 0,07 \text{ кВт.} \quad (4.3)$$

9. Потужність електродвигуна визначаємо за формулою:

$$W_{ед} = \frac{W_e \cdot K_3}{\eta_{н.в.} \cdot \eta_{кп}} = \frac{0,07 \cdot 1,2}{0,97 \cdot 0,95} = 0,1 \text{ кВт}, \quad (4.4)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт запасу;

$\eta_{пв}$  - коефіцієнт корисної дії підшипників вентилятора;

$\eta_{к.п.}$  - коефіцієнт корисної дії клинопасової передачі.

Для вентилятора Ц-7-70 №2,5 вибираємо електродвигун типу АОЛ-4 потужністю 0,12 кВт і числом обертів  $n=1400 \text{ хв}^{-1}$ .

Цього буде достатньо для забезпечення безпечних допустимих умов праці.

#### 4.2.2 Освітленість

Згідно з СНіП II-4-79 роботи що виконуються на даній ділянці відносяться до розряду зорової роботи IV а. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На ділянці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізну об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КПО %
Малої точності	1	IV	а	малий	300	1,5

Природне освітлення на дільниці - бокове одностороннє. Розрахуємо коефіцієнт природної освітленості:

$$e_{л} = e_{н} \oplus m \oplus c_{к} = 1,5 \oplus 0,9 \oplus 0,7 = 0,945 \approx 1\%,$$

де  $m=0,9$  - коефіцієнт світового клімату для IV поясу;

$c_{к}=0,7$  - коефіцієнт сонячності клімату, азимут  $90^{\circ}$ .

Характеристика штучних джерел світла наведено в табл.6.3.

Таблиця 4.3 – Підбір штучних джерел світла

Характеристика зорової роботи	Освітленість при системі заломленого освітлення, лк	Мінімальний індекс кольоропередачі джерела світла для виробничої будівлі	Діапазон кольорової апаратури джерел світла для виробничої будівлі	Наведені типи джерел освітлення будівель
Робота з механічними об'єктами	150-300	30	3000-4500	ЛБ, ДБЛ

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На дільниці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

#### 4.2.3 Виробничий шум



Під час роботи на ділянці робітники піддаються впливу шуму. Джерелами шуму є: верстати, вентиляційна система, трансформатори та інше обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях відповідно до ГОСТ 12.1.003 - 83 приведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівале нтні рівні звуку в дБ(А)
	31 ,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізольованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані з середини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерела шуму проводять акустичну обробку.

#### 4.2.5 Виробничі вібрації

Крім впливу шуму на ділянці робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам ГОСТ 12.1.012-90. Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і

реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підшві, рукавиці з м'якими налодонниками. На робітників може також діяти локальна та загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "З" тип "а", критерії оцінки - границя зниження продуктивності праці.

Нормування вібрацій наведено в таблиці 4.5

Таблиця 4.5 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с <sup>2</sup> ⊕10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup> ⊕10 <sup>-2</sup>	дБ
Локальна	—	Xп, Па, Оп	2,0	12.5	2,0	112
Загальна	З тип "а"	Ø, П <sub>0</sub> , X <sub>0</sub>	0,1	100	0,2	92

Віробезпека праці на підприємстві забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин і введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього ремонту машин і обладнання.

### 4.3 Техніка безпеки

Згідно з ГОСТ 12.1.013-78 дільниця відноситься до особливо небезпечної дільниці, оскільки підлога струмопровідна і в повітрі є струмопровідні гази. Захист проводимо такими методами: електроізоляція струмонесучих частин, системи автоматичного відключення - це такі пристрої, спроможні автоматично відключати установку від мережі у випадку виникнення аварійної ситуації.

Для підводу струму до електротримачів необхідно використовувати ізольовані гнучкі кабелі. При прокладанні або переміщенні дротів необхідно приймати заходи проти пошкодження їх ізоляції. Відстань від дротів до гарячих трубопроводів повинна бути не менша 0,5 м. В джерелах живлення обладнання повинні бути передбачені і встановлені надійні огороження елементів, які знаходяться під напругою. Металеві частини обладнання, які знаходяться під напругою повинні бути заземлені. Дільниця повинна бути відокремлена від суміжних робочих місць і проходів незгораємими екранами висотою не менше 1,8 м.

Джерела струму можуть приєднуватись до розподільчих електричних мереж з напругою не більше 380 В. Усе устаткування повинно бути захищене запобіжниками або автоматичними вимикачами з боку мережі, що живлять.

#### 4.4 Пожежна безпека

Дільниця належить до категорії приміщення з позначкою Г. Категорію Г для будівель застосовані тому, що дільниця характеризується негорючими речовинами і матеріалами в гарячому або розжареному стані з виділенням променевого тепла, іскр, газоподібних речовин.

Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці відображена в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характер речовин та матеріалів, що знаходяться в приміщенні
Г	Негорючі речовини в гарячому або в розжареному стані, в процесі роботи яких виділяється промениста теплота, іскри полум'я, горючі гази, рідини і тверді речовини накопичуються і утилізуються в якості палива

За ступенем вогнестійкості елементів будівля відноситься до групи II.

Ступінь вогнестійкості будівлі II - це будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових матеріалів таблиці 4.7 та 4.8.

Таблиця 4.7 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Коло	Сходчаті площидки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції перекриття	Елементи покриття	
	Несучі	Само несичі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
IIa	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Таблиця 4.8 – Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Роботи можуть спричинити пожежу. Для її запобігання вживаємо ряд протипожежних заходів, найважливішим з яких - суворе дотримання протипожежного режиму роботи, а також правил експлуатації електрообладнання. Неможливе зберігання легкозаймистих та вогненебезпечних матеріалів.

Для запобігання пожежі сигналізацію автоматичної дії та теплові попередники максимальної дії. Вони спрацьовують, коли температура повітря досягає заданого критичного значення. Для локалізації та ліквідації невеликих загорань та пожеж застосовуємо первинні засоби пожежогасіння.

Для гасіння пожежі передбачені:

- щити з пожежним інвентарем;
- ящик з піском, кирки, лопати;
- щит з вогнегасниками ОУ-8.

Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії приміщень Г, незалежно від об'єму, для ступеня вогнестійкості П - не обмежується.

У покритті будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

#### **4.5 Оцінка безпеки роботи апаратної частини автоматизованої системи в умовах дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій**

Критерієм, що визначає безпеку роботи апаратної частини автоматизованої системи в умовах дії іонізуючих випромінювань є максимальне значення потужності дози в умовах експлуатації, яка може зумовити виникнення зміни параметрів елементів системи не порушуючи її працездатність в цілому.

Перелік елементів, що входять до складу електричних схем блоків апаратної частини автоматизованої системи, та граничні значення експозиційних доз іонізуючого випромінювання для них наведені в табл. ...1.

Згідно даних таблиці 4.9 граничне значення дози гамма-випромінювання для апаратної частини автоматизованої системи складає  $D_{гр}=10^4$  Р.

Граничне значення потужності дози іонізуючого випромінювання для системи визначається з формули [18]

$$P_{гр.min} = \frac{D_{гр} \cdot K_{нос}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}, \quad (4.5)$$

де  $t_n=1$ ,  $t_k=5$  років=43800 год – відповідно, час початку і кінця опромінення апаратної частини автоматизованої системи, що визначається її експлуатаційним терміном;

$K_{нос} = 1$  – коефіцієнт послаблення радіації.

Тоді

$$P_{гр.min} = \frac{D_{гр} \cdot K_{нос}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 1}{2(\sqrt{43800} - \sqrt{1})} = 23,11 \text{ Р/год.}$$

Згідно з проведеним розрахунком робота апаратної частини автоматизованої системи в умовах постійної дії іонізуючих випромінювань буде безпечною за умови, що потужність іонізуючих випромінювань не перевищуватиме 23,11 Р/год.

### **Оцінка безпеки роботи апаратної частини автоматизованої системи в умовах дії електромагнітних випромінювань.**

Критерієм, що за яким оцінюватимемо безпеку роботи апаратної частини автоматизованої системи в умовах дії електромагнітних випромінювань є коефіцієнт безпеки:

Таблиця 4.9 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для апаратної частини автоматизованої системи

Елементи і матеріали системи	Гранична доза гамма-випромінювання для елементів системи, $D_{гр,i}$ , Р	Гранична доза гамма-випромінювання для системи в цілому, $D_{гр}$ , Р
Інтегральні схеми	$10^5$	$10^4$
Конденсатори	$10^7 \dots 10^9$	
Резистори	$10^7 \dots 10^9$	
Діелектричні матеріали	$10^{10}$	
Напівпровідники	$10^5 \dots 10^6$	
Магнітні матеріали	$10^{10}$	
Мікропроцесори	$10^4$	
Транзистори, діоди	$10^4$	

$$K_B = 20 \lg \frac{U_D}{U_{B(\Gamma)}} \quad (4.6)$$

де  $U_D$  – допустиме коливання напруги живлення, В;  $U_{B(\Gamma)}$  – напруга наведена електромагнітними випромінюваннями, відповідно, у вертикальних чи горизонтальних струмопровідних частинах системи, В.

Оскільки стійкою, а отже безпечною, робота системи в умовах дії електромагнітних випромінювань вважатиметься коли  $K_B \geq 40$  дБ, розрахунок

гранично допустимого значення вертикальної складової напруженості електричного поля здійснюється за умови, що  $K_{\text{Бmin}} = 40$  дБ.

Допустиме коливання напруги живлення

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N = 12 + \frac{12}{100} \cdot 2 = 12,24 \text{ В}, \quad (4.7)$$

де  $U_{\text{ж}} = 12 \text{ В}$  – мінімальна напруга живлення системи;

$N = 2\%$  – допустимі відхилення напруги.

Максимальна довжина струмопровідних частин в горизонтальній площині  $l_{\Gamma} = 0,3 \text{ м}$ .

Максимально допустиме значення наведеної електромагнітним полем напруги в горизонтальних струмопровідних частинах визначається з рівняння

$$K_{\text{БГ}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}}, \quad (4.8)$$

Тоді

$$40 = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}},$$

$$\frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma}} = 10^{\frac{40}{20}},$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\text{д}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{12,24}{100} = 0,1224 \text{ В},$$

а вертикальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\text{В}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}} = \frac{0,1224}{0,3} \approx 0,41 \text{ В/м}. \quad (4.9)$$



Апаратна частина автоматизованої системи, що використовуються в технологічному процесі розміщена в захисних корпусах товщина яких складає в середньому  $t = 0,1$  см і вище.

Використання сталевго екрана такої товщини забезпечує перехідне гасіння енергії електричного поля

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} = 5,2 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{15000} = 63 \text{ Дб.} \quad (4.10)$$

де  $f = 15000$  – власна частота екрана.

Оскільки перехідне гасіння енергії електричного поля також можна розрахувати, як

$$A = 20 \log \frac{E_{\text{Ввх}}}{E_B} \text{ Дб,} \quad (4.11)$$

де  $E_{\text{Ввх}}$  – вертикальна складова напруження електричного полі на вході в екран, то

$$E_{\text{Ввх}} = E_B \cdot 10^{\frac{A}{20}} = 0,6 \cdot 10^{\frac{63}{20}} = 847,5 \text{ В.} \quad (4.12)$$

Безпечна робота апаратної частини автоматизованої системи в умовах дії електромагнітних випромінювань буде забезпечена в разі, коли вертикальна складова напруженості електричного поля не перевищуватиме 847,5 В/м.

## Висновки

Робота апаратної частини автоматизованої системи в умовах дії іонізуючих та електромагнітних випромінювань згідно проведеного розрахунків разі коли інтенсивність випромінювань не перевищуватиме, відповідно, потужність іонізуючих випромінювань – 23,11 Р/год і вертикальна складова напруженості електричного поля – 847,5 В/м.

## ВИСНОВКИ

1. В результаті теоретичного аналізу обрано раціональний для заданих умов іноземний верстат з числовим програмним керуванням моделі SuperTec STC 12S NC, адже вітчизняні зразки за техніко-економічними показниками не повній мірі відповідають сучасним потребам ринку. Також під час вибору верстату необхідно враховувати технічний стан обладнання та доступність на ринку.

2. Шляхом схемного пошуку з урахуванням відомих результатів досліджень процесів завантаження-розвантаження обладнання обрано конструктивну схему обладнання та виконанні проектні розрахунки для побудови необхідного обладнання.

3. Проведене логістичне моделювання під час вибору апаратних складових автоматизованої завантажувально-розвантажувальної системи безцентрового шліфувального верстата виконане із врахуванням доступної на ринку України номенклатури технічних засобів та програмного забезпечення, що підвищує можливість впровадження запропонованої системи на вітчизняних підприємствах.

4. Розраховано собівартість виготовлення дослідного зразка та оцінку очікуваної техніко-економічної ефективності його використання;

5. Запропоновані заходи з безпечної експлуатації об'єкта та з гігієни праці і виробничої санітарії, освітлення, шумоізоляції та віброізоляції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Режим доступу:  
<http://www.gigant.com/shema/index.php?name=Krugloshlifoval%27nye+stanki&stanok=3M184>
2. Металлорежущие станки. Учеб. Пособие для втузов Н. С. Колев, Л.В. Красниченко, Н. С. Никулин и др.. – 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 500 с., ил.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник Т.2. Расчет и конструирование узлов и элементов станков / Под. ред. А.С. Пронилова - М.: МГТУ им. Баумана; Машиностроение, 1995.-320 с.
4. <http://delta-grup.ru/bibliot/35/147.htm>
5. <http://www.batex.ua/spip.php?article437>
6. <https://alista.org.ua/p32163914-palmary-1820.html>
7. Малов, А.Н. Загрузочные устройства для металлорежущих станков: учебное пособие / А.Н. Малов. – М.: Машиностроение, 1972. – 210 с.
8. Автоматическая загрузка технологических машин: справочник / под ред. И.А. Клусова, - 2 – е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. – 130 с.
9. Режим доступу: <https://vunivere.ru/work89170/pages>
10. Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию по деталям машин для студентов механических специальностей / Роганов Л.Л., Карнаух С.Г. - Краматорск: ДГМА, 2000. - 112 с.
11. Киркач Н., Баласанян Р. Расчет и проектирование деталей машин. Том 2. Киев: “Выща школа”, 1988-140с.
12. Режим доступу: <https://ventilator.ua/product/nasos-h-50-32-125-adm100s2-ispolnenie2/>
13. Режим доступу:  
<https://slemz.com.ua/catalogue/obshchepromyshlennye/elektrodivigatel-adm-100s2>

14. Режим доступу: <https://electrocontrol.com.ua/preobrazovateli-chastoty/preobrazovateli-chastoty-serii-cfw-09-ot-11-do-315-kvt.html>

15. Режим доступу: <https://www.eti.ua/product-search-2?view=search&levelid=152>

16. СНіП 2.09.04-87

17. Терещенко О.П., Кобилянський О.В. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Безпека життєдіяльності” в дипломних проектах і роботах студентів машинобудівельних спеціальностей.–В .: ВНТУ, 2004.–45с.

18. Сакевич В.Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах. Методичні вказівки. – В .: ВНТУ, 2004.

19. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Методичні вказівки. – В .: ВНТУ, 2004.

20. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні: навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Поліщук Л.К,

\_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На розробку Автоматизованої завантажувально-розвантажувальної системи  
безцентрального дифузального верстата

Розробив студент

Спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

Рекало Олександр Сергійович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019

Керівник: к.т.н., доцент

Слабкий Андрій Валентинович

## **1 Найменування і область застосування**

Найменування – автоматизована завантажувально-розвантажувальна система безцентрового шліфувального верстата

## **2 Підстава для виконання роботи**

Підставою для розробки даного дипломного проекту є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

## **3 Мета і призначення дослідження**

Метою є розробка автоматизованої завантажувально-розвантажувальної системи безцентрового шліфувального верстата з використанням новітнього обладнання та програмного забезпечення. Призначення розробки обґрунтування ефективності та переваг нової системи, а також формування алгоритму автоматизації систем верстат-домоміжне обладнання.

## **4 Джерела розробки**

Список використаних джерел розробки

4.1 Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник Т.2: Расчет и конструирование узлов и элементов станков / Под. ред. А.С. Проникова - М.: МГТУ им. Баумана; Машиностроение, 1995.-320 с

4.2 Автоматическая загрузка технологических машин: справочник / под ред. И.А. Клусова, - 2 – е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990.

4.3 Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию по деталям машин для студентов механических специальностей / Роганов Л.Л., Карнаух С.Г. - Краматорск: ДГМА, 2000. - 112 с.

4.4 Киркач Н., Баласанян Р. Расчет и проектирование деталей машин. Том 2. Киев: “Выща школа”, 1988-140с.

4.5. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 томах / В. М. Анурьев; под. ред. И. Н. Жестковой. – [8-е изд. перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 2001 : Т. 1. – 920 с.

## **5 Вихідні дані для розробки пристрою:**

- 1) потужність двигуна верстата не більше – 4 кВт;
- 2) максимальний діаметр заготовки – 15 мм;
- 3) довжина заготовки 26 мм; 4) продуктивність не менше -350 шт/год.

### **5.1 Технічні вимоги**

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажно-приспосабованості до продукції – поставка в зібраному вигляді;
- маса продукції – до 10000 кг;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- складові частини верстатного комплексу взаємозамінні;
- деталі, вузли автоматизованої системи, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила;
- система керування – логістичний контролер.

### **5.2 Вимоги до надійності:**

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність верстатного комплексу в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації – конструкція деталей верстатного комплексу повинна бути такою, щоб

забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час розробки автоматизованої системи завантаження-розвантаження використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу, і ремонті. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі витаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонті пристрою.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні і управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей слід вибирати відповідно до рекомендацій.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

- умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

- час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 1 рік;

- вид обслуговування періодичний;

- періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 4 дні (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

- можливість транспортування на будь – якому виді транспортних засобів

- захист від ударів під час завантаження і розвантаження



- зберігання на складі готової продукції
- зберігання у законсервованому вигляді
- складування на стелажах.

#### **6 Економічні показники:**

- орієнтований термін окупності витрат на розробку – 3,5 роки,
- освоєння виробництва продукції,
- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

**7 Виконавці НДР:** студент спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Рекало Олександр Сергійович

#### **8 Етапи НДР і терміни їх виконання:**

- теоретичний аналіз безцентрових шліфувальних верстатів та систем автоматизованого завантаження-розвантаження;
- обґрунтування вибору обладнання та його компоновка;
- розрахунок технічних параметрів складальних одиниць автоматизованої системи;
- вибір програмного логічного контролера для керування пневмосистемою виконавчої ланки;
- техніко-економічне обґрунтування МКР;
- охорона праці;
- висновки.
- побудова циклограми роботи автоматизованого комплексу;
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

#### **9 Порядок контролю і прийомки**

- попередній захист проекту
- захист проекту перед МКР

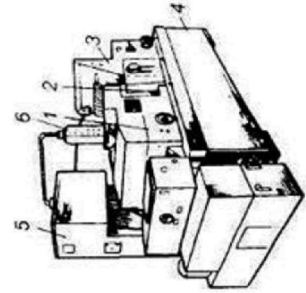
ДОДАТОК Б

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

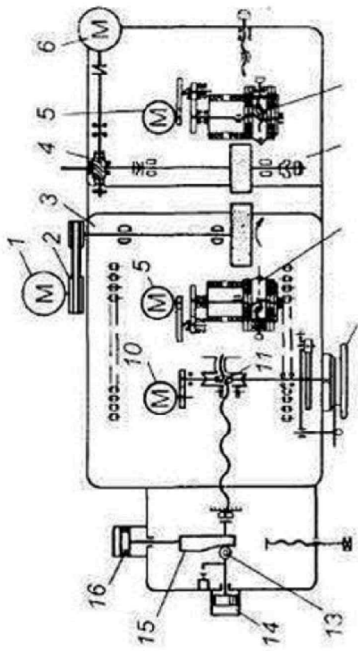
ВНТУ Галузеве машинобудування

# Безцентрові шліфувальні верстати

ВНТКУ ШІФ

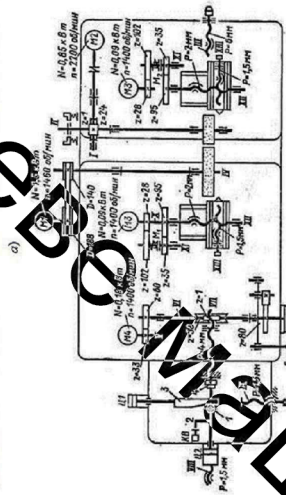


а)



б)

а) загальний вигляд 1 – шліфувальна бабка; 2 – нерухома опора з ножем; 3 – бабка вільного ходу; 4 – спиця; 5 – шара з електрообладнанням; 6 – панель управління;  
 б) кінематична схема 1, 5, 6, 10 – електрообладнання; 2 – клинчаста передача; 3 – шліфувальна бабка; 4 – черв'ячний редуктор; 7, 9 – пристрої для прорізи; 8 – бабка ведучого крила; 11 – шліфувальна заїска; 12 – маховик; 13 – механізм різної подачі; 14, 16 – гідрощлиндри; 15 – клапан;  
 Рисунок 1 – Безцентровий-шліфувальний верстат моделі ЗМ182



б)

а) загальний вид, б) кінематична схема  
 Рисунок 2 – Безцентровий шліфувальний верстат моделі ЗМ182



Рисунок 4 – Безцентровий-шліфувальний верстат моделі Joiniter JHC-129N/12S

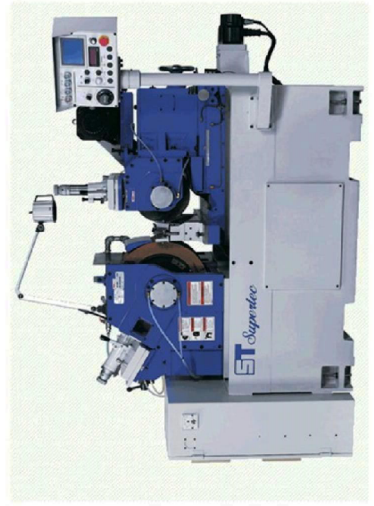
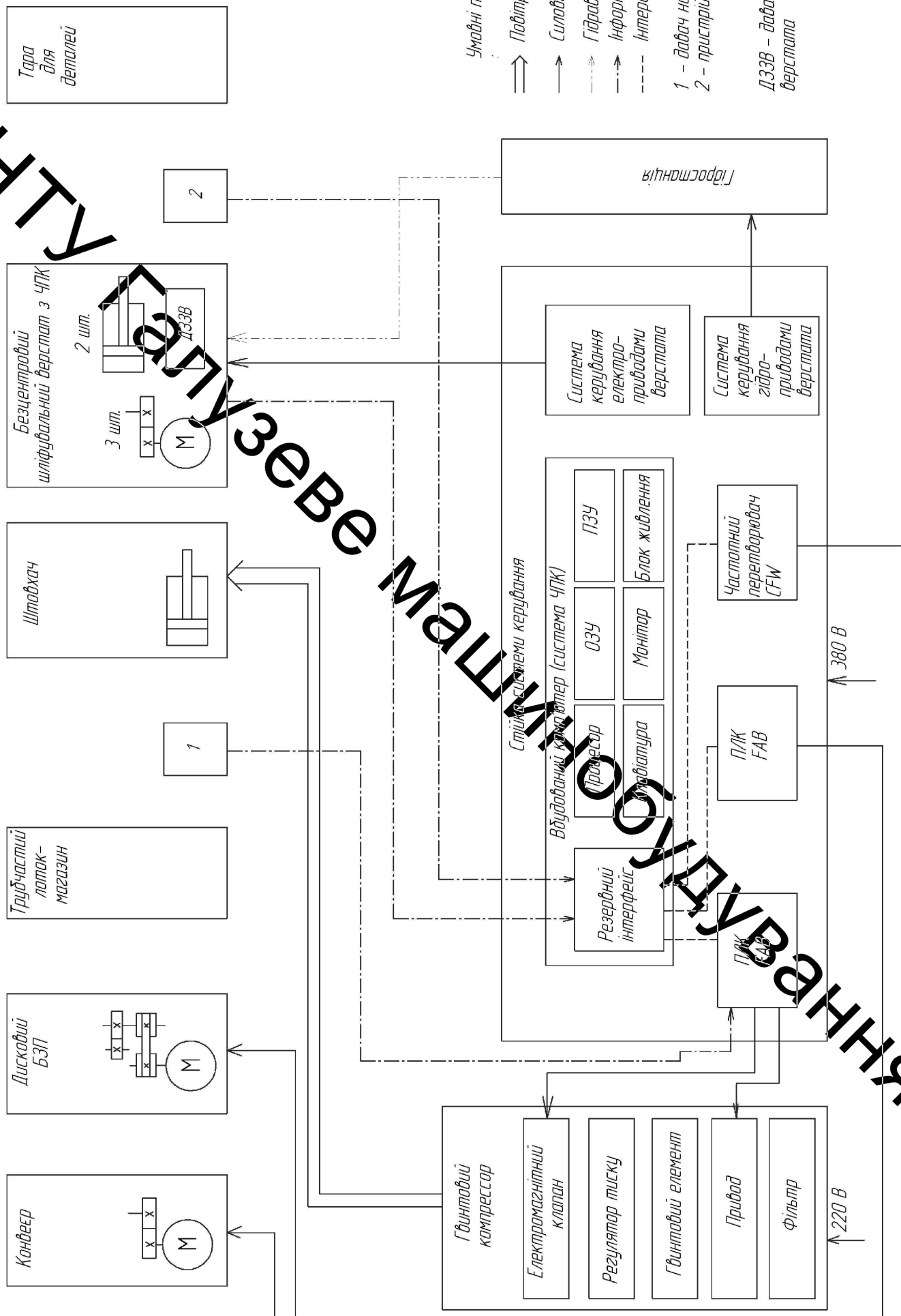
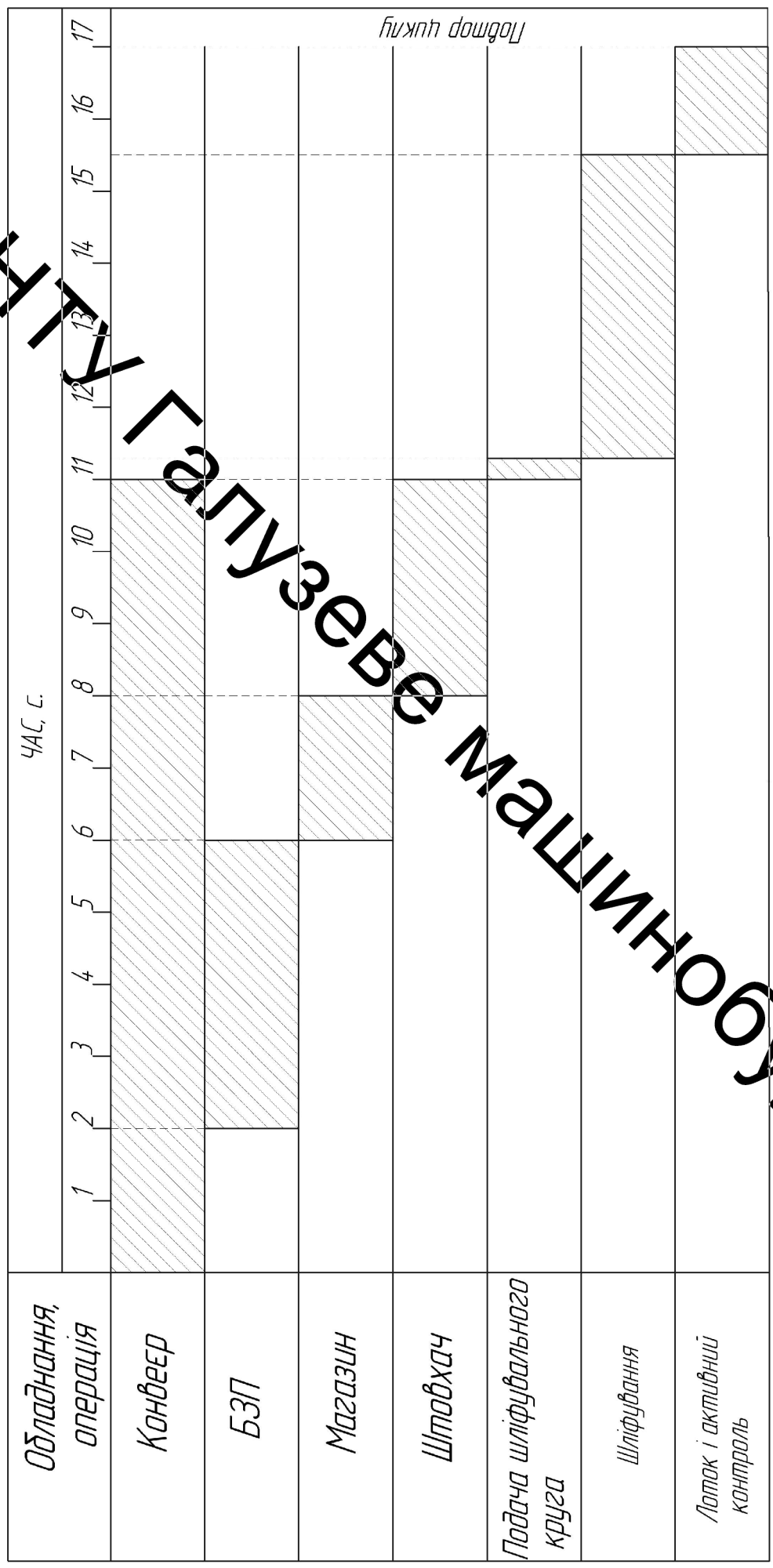


Рисунок 3 – Безцентровий-шліфувальний верстат Super Tec STC 12S NC

# СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

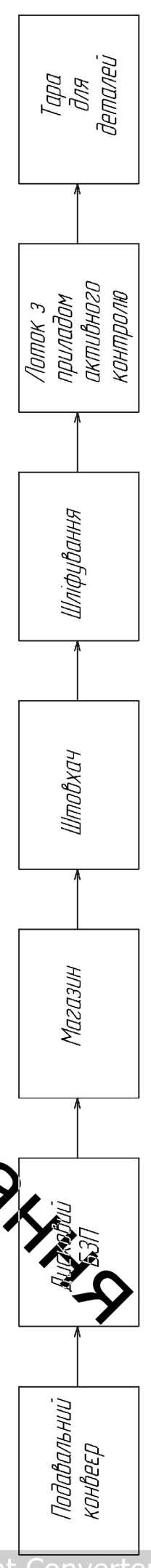


# ЦИКЛОГРАМА РОБОТИ ВЕРСТАТА З АВТОМАТИЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ЗАВАНТАЖЕННЯ-РОЗВАНТАЖЕННЯ

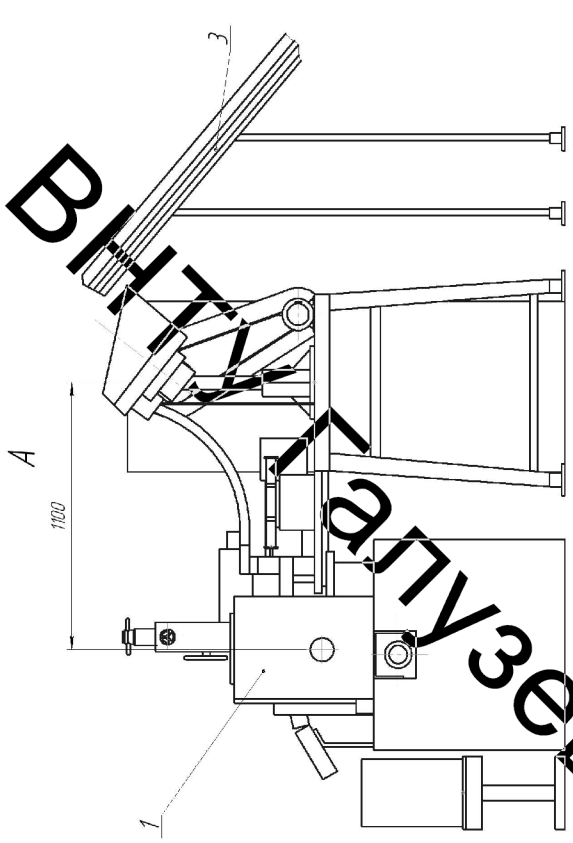


Час циклу - 17,5 с, з врахуванням роботи конвеєра і приладів активного контролю - 17 с.

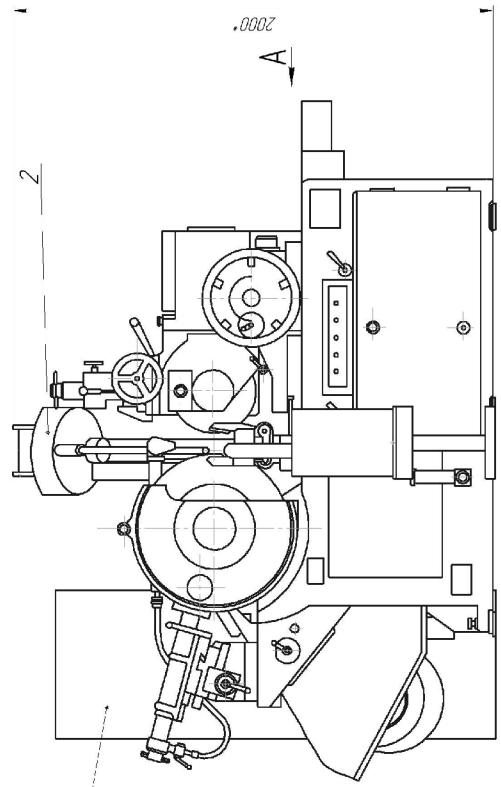
## АЛГОРИТМ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ



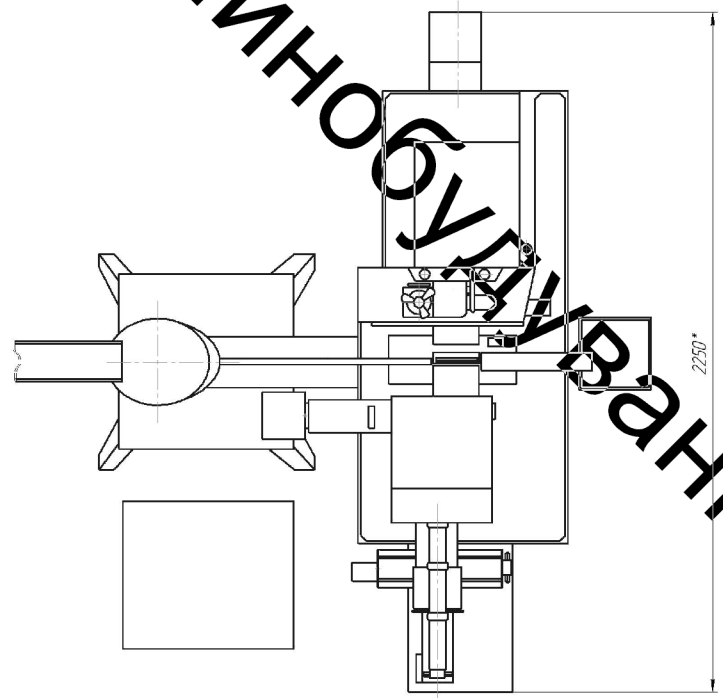




5000\*



2000\*



2250\*

ВНТУ НАУЗЕВЕ МАШИНОБУВАННЯ

Технічні характеристики

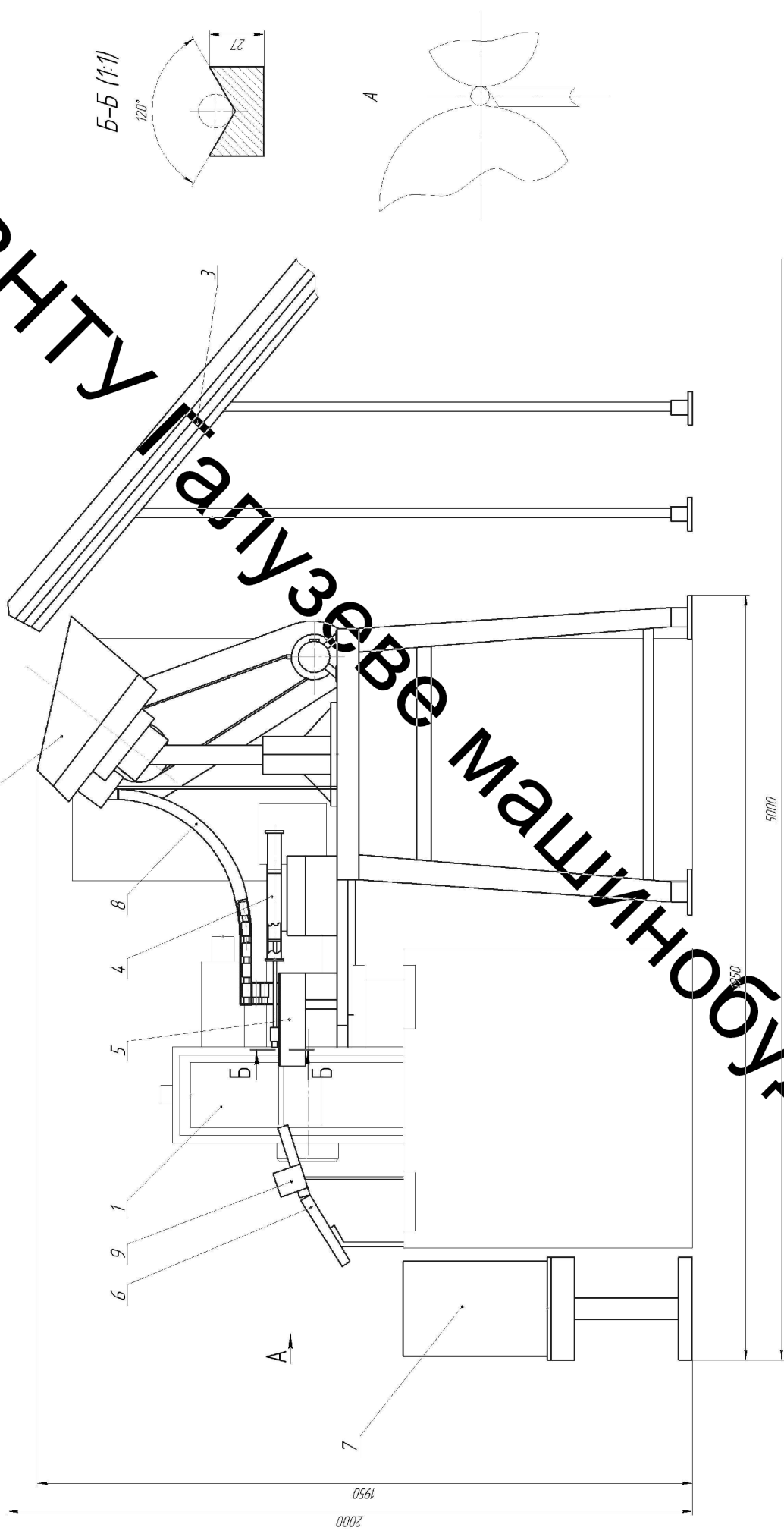
- 1. Безцентрово-шліфувальний верстат моделі Super Tec STC 225 MC
- 2. Продуктивність шліфувального БЗП, шт./хв. .... 65

Технічні вимоги

1 \* Розміри для довідки

08-27.МКР.09.02.001.В3		Дата		Версія	
Відп. за проєкт	Відп. за виконання	1.10	1.10	1	1
Специфікація шліфувальних верстатів з абразивними системами водопіслям'якшення	Листів	1		ВНТУ, ІГМ-18м	
Корисний об'єм	Всього сторінок	1		Формат: А4	
Масштаб	Масштаб	1:1		Креслення	

# ВНТУ ПАЛУЗОВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

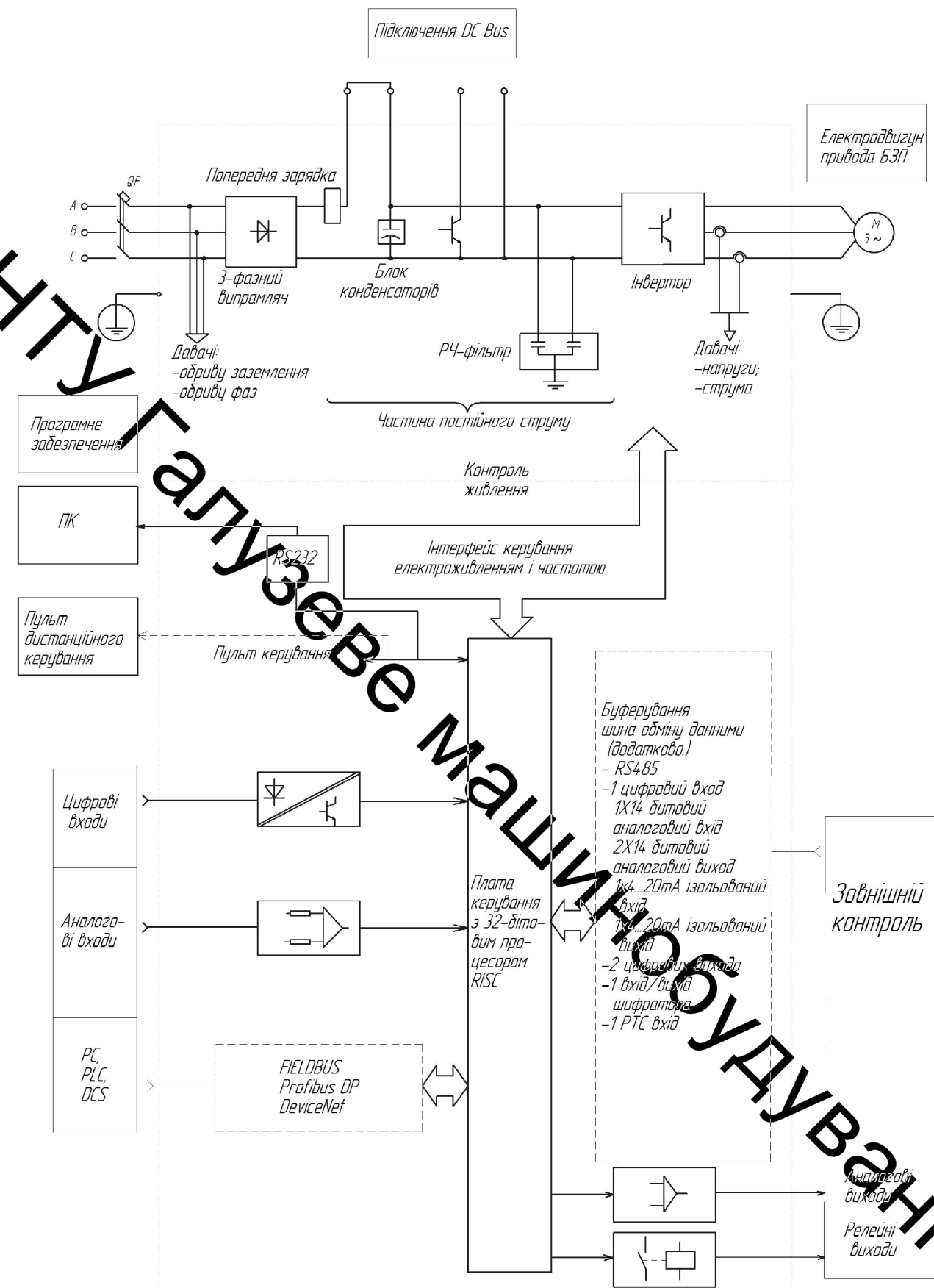


**Технічна характеристика**

- 1. Продуктивність диска БЗП, шт./хв..... 65
- 2. Частота обертання диска диска БЗП, об./хв..... 38,2
- 3. Числ. нахилу диска БЗП, град..... 30
- 4. Електродвигун, 3-фазний, моделі..... АДМ100S4
- 5. Потужність електродвигун, кВт..... 3
- 6. Міжосьова відстань пасової передачі, мм..... 101
- 7. Тиск в пневмоциліндрі, МПа..... 0,1
- 8. Рідкість: зокреплення марказина, мм..... 18
- 9. Діаметр марказина, мм..... 13,2

08-27.МКР.09.03.001.В3		Лист		Кількість		Масштаб	
		15					
		1					
		ВНТУ		ІГМ-18м			
		Формат		A4			





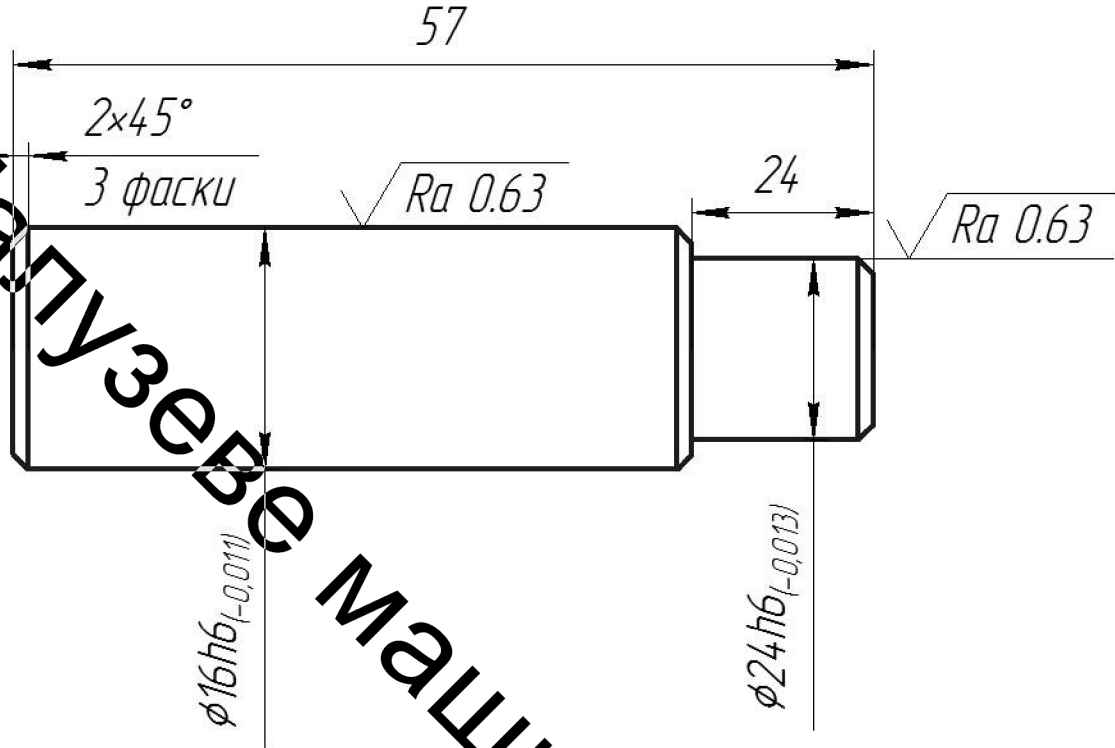
Ім'я	П.І.О.	Посада	Підпис

Код	Найменування	К-ть	Примітки
M	Двигун асинхронний трифазний плавки АЛМГВ024	1	
QF	Вимикач автоматичний диференціальний АБВ S 2036 AS105 2031 E	1	

08-27.МКР.09.04.001 ЄЗ				Лист	Масштаб	Масштаб
Вид	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Вид	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Вид	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб
Вид	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб	Масштаб

08-27.МКР.09.05.001

$\sqrt{Ra\ 1.6\ (\checkmark)}$



1. H14, h14,  $\mp \frac{IT14}{2}$

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Рекало О.С.		
Пров.		Сладкий А.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Манжілевський О.Д.		
Утв.		Поліщук Л.К.		

08-27.МКР.09.05.001

Оброблювальна  
деталь

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1

ДСТУ 7806-2015

ВНТУ, 1ГМ-18М



Вибірний модуль інтерфейса RS-232 з програмним керуванням

Ступінь захисту по NEMA 1/Ip20

Фланцевий зовнішній монтаж

7-сегментний СД дисплей

Пульт керування з з'єдним (РД+СД) дисплеєм і багатомовною підтримкою

2-х рядний 16-розрядний ЖК дисплей

32-ох бітний мікропроцесор високого розширення RISC

Плата комунікаційної мережі Fieldbus для під'єднання систем зв'язку:  
 - Profibus DP (додатково);  
 - DeviceNet (додатково);  
 - DeviceNet Drive Profile (додатково);  
 - Modbus RTU (додатково)

Стандартна для всіх типів плата керування SMD

Обрана плата розширення I/O для:  
 - Серійного інтерфейса RS-485;  
 - Додаткові входи/виходи;  
 - Зворотний зв'язок з шифратором.

6 ізольованих програмованих цифрових входів

3 програмованих релейних вихода

2 програмованих аналогових вихода

2 програмованих аналогових вихода

Металева планка підводу кабелів

Під'єднання резистора динамічного гальмування

Під'єднання електроживлення (AC)

Виходи підключення до двигуна

Підключення DC Bus:  
 - Дросольне DC Bus;  
 - Просте DC BusC;  
 - Регенератор.

Рисунок 1- Будова перетворювача частоти серії CFW-09

ДОДАТОК В

ВНТУ Галузеве машинобудування  
СПЕЦИФІКАЦІЇ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
A1			08-27.МКР.09.01.000СК	Сборочный чертёж	1	
				Сборочные единицы		
		1	08-27.МКР.09.01.001	Бункер	1	
		2	08-27.МКР.09.01.002	Диск	1	
		3	08-27.МКР.09.01.003	Диск	1	
		4	08-27.МКР.09.01.004	Диск нерухомий	1	
		5	08-27.МКР.09.01.005	Ролик	3	
		6	08-27.МКР.09.01.006	Вал в сборі	1	
		7	08-27.МКР.09.01.007	Механізм вмикання муфти	1	
		8	08-27.МКР.09.01.008	Муфта кулачкова	1	
		9	08-27.МКР.09.01.009	Муфта заподіжна	1	
				Деталі		
			08-27.МКР.09.01.010	Шків	1	
		11	08-27.МКР.09.01.011	Вал пустотілий	1	
		12	08-27.МКР.09.01.012	Ковпак		
		13	08-27.МКР.09.01.013	Гайка	1	
		14	08-27.МКР.09.01.014	Вал черв'ячний	1	
		15	08-27.МКР.09.01.015	Втулка	1	
08-27.МКР.09.01.000.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Рекало О.С.			Лит.	Лист
Проб.		Сладкий А.В.				1
Реценз.						2
Н.контр.		Манжілевський О.Д.			ВНТУ, 1ГМ-18М	
Утв.		Поліщук Л.К.				

Бункерний дисковий  
завантажувальний пристрій

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		16	08-27.МКР.09.01.016	Втулка	1	
		17	08-27.МКР.09.01.017	Кулачок	6	
		18	08-27.МКР.09.01.018	Колесо зубчасте	1	
		19	08-27.МКР.09.01.019	Гайка	1	
		20	08-27.МКР.09.01.020	Стінка кішені	32	
		21	08-27.МКР.09.01.021	Опора	16	
		22	08-27.МКР.09.01.022	Планка	1	
		23	08-27.МКР.09.01.023	Пружина	1	
		24	08-27.МКР.09.01.024	Фіксатор	1	
		25	08-27.МКР.09.01.025	Корпус редуктора	1	
		26	208-27.МКР.09.01.026	Колесо черв'ячне	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
				Болты ГОСТ 7805-70		
		27		M6 x 25.58	18	
		28		M10 x 50.58	10	
		29		M16 x 50.58	1	
				Шпонки ГОСТ 8788-68		
		30		6 x 6 x 14	1	
		31		6 x 6 x 20	5	
		32		8 x 7 x 25	1	
				Шплінт 4 x 70-001		
		33		ГОСТ 397-66	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № докл.
Подп. и дата	Подп. и дата