

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут
ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проекування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)
«__» _____ 20__р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Микола ЯКИМЧУК
(ім'я та прізвище)
«__» _____ 20__р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв
на тему: Удосконалення автомату фірми «Zanasi» для наповнення желатинових
капсул сипкими речовинами продуктивністю 40000 шт./год.

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-7ск

Мороз Станіслав Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник: Якобчук Роман Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

“ _____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Мороза Станіслава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення автомату фірми «Zanasi» для наповнення желатинових капсул сипкими речовинами продуктивністю 40000 шт./год.

Керівник проекту (роботи) Якобчук Роман Леонідович, доц., кандидат тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2025 р. № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» червня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; кресленики обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація; зміст; перелік умовних позначень, термінів; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень, техніко-економічне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи; розрахункова частина; вибір конструкційних матеріалів; технологічний маршрут виготовлення деталі; вимоги щодо монтажу і технічного сервісу; опис системи управління; заходи щодо охорони праці; загальні висновки, список використаних літературних джерел, специфікація.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Складальні одиниці обладнання, вузли, деталі – 3 аркуш; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>			

6. Дата видачі завдання: «11» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>	<i>12.04.2025р.</i>	
2	<i>Вступ</i>	<i>13.04.2025р.</i>	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>14.04.2025р.</i>	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>15.04.2025р.</i>	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	<i>18.04.2025р.</i>	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	<i>22.04.2025р.</i>	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>24.04.2025р.</i>	
8	<i>Розрахункова частина</i>	<i>30.04.2025р.</i>	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	<i>7.05.2025р.</i>	
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	<i>12.05.2025р.</i>	
11	<i>Опис системи управління</i>	<i>18.05.2025р.</i>	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	<i>23.05.2025р.</i>	
13	<i>Висновки</i>	<i>27.05.2025р.</i>	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	<i>27.05.2025р.</i>	
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	<i>27.05.2025р.</i>	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	<i>01.06.2025р.</i>	

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Станіслав МОРОЗ

Роман ЯКОБЧУК

Анотація

Кваліфікаційна робота бакалавра передбачає модернізацію автомату наповнення желатинових капсул сипкими речовинами фірми «Zanasi», що використовується на ПРАТ “Фармацевтична фірма Дарниця”, м. Київ.

З метою покращення вихідного продукту, модернізація передбачає встановлення ще одного додаткового блоку наповнення, що дає змогу понизити процент відхилення при дозування порошку в капсули, виробляти капсули подвійного наповнення, а також суттєво зменшити затрати часу на переналаштування автомату на другі режими роботи. Метою є підвищення ефективності роботи автомату.

Розрахунково-пояснювальна записка містить розділи, в яких дається опис аналогічного обладнання з їх характеристиками, наводиться ТЕО доцільності модернізації преса-гранулятора, підбираються матеріали, розроблено технологічний маршрут виготовлення деталі, розраховуються основні вузли та параметри, наведені правила монтажу, безпечної експлуатації та ремонту обладнання, охорони праці.

Графічна частина розкриває будову автомату наповнення желатинових капсул, показує окремі вузли та деталі, зокрема модернізований вузол, а також їх взаємне розміщення, розміри та будову.

У цій роботі зроблені висновки щодо покращення показників роботи обладнання після модернізації і підтвердження доцільності її проведення.

Ключові слова: желатинові капсули, автомат для наповнення, модернізація, вузли, фармацевтична галузь.

Annotation

This bachelor's qualification thesis involves the modernization of the gelatin capsule filling machine for bulk substances manufactured by "Zanasi", which is used at PrJSC "Pharmaceutical Firm Darnitsa", Kyiv.

With the aim of improving the final product, the modernization includes the installation of an additional filling unit. This upgrade allows for a reduction in the dosage deviation of powder into the capsules, enables the production of dual-filled capsules, and significantly reduces the time required for reconfiguring the machine to alternate operating modes. The main objective is to increase the operational efficiency of the machine.

The design and explanatory note includes sections describing similar equipment and their specifications, provides a techno-economic justification for the modernization of the press-granulator, selects suitable materials, and outlines the technological process for manufacturing the part. It also includes calculations of the main components and parameters, installation guidelines, safe operation and maintenance procedures, economic efficiency assessments of the modernization, and sections on automation and occupational safety.

The graphic part illustrates the structure of the gelatin capsule filling machine, shows individual units and components, especially the modernized unit, along with their mutual arrangement, dimensions, and design.

The thesis concludes with an assessment of improved equipment performance indicators following modernization and confirms the feasibility of its implementation.

Keywords: gelatin capsules, automatic filling machine, modernization, components, pharmaceutical industry.

Зміст

	<u>стор.</u>
Анотація.....	3
Перелік умовних позначень, термінів.....	6
Вступ.....	7
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	9
2. Техніко-економічне обґрунтування.....	22
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	23
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	25
5. Вибір конструкційних матеріалів.....	34
6. Розрахункова частина.....	36
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	57
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.....	82
9. Опис системи управління.....	87
10. Заходи щодо охорони праці.....	89
Висновки.....	97
Список використаних літературних джерел.....	98
Специфікації.....	100

Перелік умовних позначень, термінів

ДК – дозувальна камера

ЖК – желатинова капсула

ЗА – завантажувальний апарат

ККД – коефіцієнт корисної дії

МП – модернізований пристрій

ОП – операційна панель

ПЧ – порошкоподібна речовина (сипкий матеріал)

РЦ – робочий цикл

САУ – система автоматичного управління

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування

ШВ – швидкість виробництва (од./год)

Z-40000 – умовне позначення модернізованого автомату фірми «Zanasi» із продуктивністю 40000 капсул/год

ТП – технологічний процес

РПР - ремонтно-профілактичних робіт

ПНР - пуско-налагоджувальних робіт

ЗПР - запірно-регулювальної арматури

ЖО – желатинова оболонка

ЖС – желатинова стрічка

Вступ

З розвитком науки та техніки дедалі швидше розвивається промисловість в Україні, особливо фармацевтична галузь.

В останні роки фармацевтична промисловість мала величезний успіх. Розроблені більш перспективні технології для основ та медичних продуктів. У виробництві сучасних технічних пристроїв, медичних та СНІДу нових груп.

В Україні фармацевтична сфера вже сформувалась, її основою є вітчизняна фармацевтична промисловість. Найбільші українські підприємства створюють центри розробки новітніх лікарських засобів. Такі центри вже діють на базі «Борщагівський ХФЗ», «Фармацевтична фірма Дарниця», «Фармак».

Виробничі потужності фармацевтичної галузі України щорічно забезпечують випуск 1,9 мільярда упаковок таблетованих лікарських засобів, 840 мільйонів одиниць ін'єкційних розчинів та 480 мільйонів капсул. Підприємства, що займаються виробництвом медичного скла, покривають близько 80% внутрішнього попиту на цю продукцію. У фармацевтичному секторі працює близько 17 тисяч осіб, при цьому протягом останнього року кількість робочих місць збільшилася на 0,8%. Підприємства здійснюють реконструкцію виробничих ділянок, закупають та впроваджують імпортне обладнання, яке дозволяє виготовляти продукцію відповідно до стандартів ISO та GMP і забезпечує можливість виходу на зовнішні ринки.

Найбільші за об'ємом випущеної продукції, а відповідно і володіння долею фармацевтичного ринку України та сучасно обладнані фармацевтичні підприємства галузі розподіляються наступним чином

1. Закрите акціонерне товариство «Фармацевтична фірма «Дарниця», м. Київ – 15%;
2. Відкрите акціонерне товариство «Київмедпрепарат», м. Київ – 14,5%
3. Товариство з обмеженою відповідальністю «Фармацевтична компанія «Здоров'я», м. Харків – 13%;
4. Відкрите акціонерне товариство «Фармак», м. Київ – 11%;

5. Закрите акціонерне товариство НВЦ “Борщагівський хіміко - фармацевтичний завод”, м. Київ – 8%;
6. Закрите акціонерне товариство “Індар”, м. Київ – 5,5%;
7. Дочірнє підприємство “Біостимулятор”, м. Одеса – 5%;
8. Відкрите акціонерне товариство «Галичфарм», м. Львів – 4,0%
9. Відкрите акціонерне товариство «Київський вітамінний завод», м. Київ - 3,5%.

На ринку представлені 31 різні фармакологічні групи лікарських засобів у вигляді таблеток, капсул, інфузійних розчинів, мазі, кремів та гелів.

На сучасному етапі розвитку фармацевтична промисловість демонструє високі темпи зростання та потребує все більш універсального і технологічно досконалого обладнання. Найновіші моделі техніки для фармацевтичного виробництва відзначаються гнучкістю виробничих циклів, можливістю адаптації до різних типів лікарських засобів, повною комп'ютеризацією та підтримкою дистанційного контролю через комп'ютерну мережу, а в окремих випадках — автономною роботою без участі оператора. Деякі підприємства володіють достатніми матеріальними, технічними, кадровими ресурсами, щоб розширити свої позиції у фармацевтичній промисловості України, випускати продукцію, яка відповідає вимогам світового рівня і в кінцевому підсумку - своєю діяльністю активно сприяти охороні здоров'я людей.

Задача сучасного фармацевтичного підприємства – виготовлення в оптимальних умовах високоякісних фармацевтичних препаратів та доставка, яка гарантує їх якість, до споживача. При виготовленні нестерильної продукції ставляться високі вимоги до капсул.

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

Особливим випадком при виготовленні лікарських форм є наповнення ЖК, яке проводиться на капсулюючих установках.

При проведенні літературного пошуку та аналіз існуючих автоматів було встановлено, що це автомати нового покоління. Автомати для наповнення капсул є результатом багаторічних експериментів та технічного «Ноу-Хау» в галузі технологічного обладнання для фармацевтичної промисловості. Найбільшими виробниками обладнання для наповнення капсул на сьогоднішній день є фірми країн Південної Кореї, Італії, Америки, Франції.

Всі види цих автоматів відповідають вимогам «Good Manufacturing Practice» (GMP).

Капсульне виробництво і застосування лікарських препаратів з високою продуктивністю у сипучій формі на фармацевтичному ринку України займає приблизно 20%.

Наповнення капсул – одна з самих відповідальних стадій капсульного виробництва.

Загальноприйнята класифікація ЖК (желатинова капсула) базується на технології їх виготовлення та поділяє їх на тверді (двостулкові) та м'які (цільні). М'які капсули, у свою чергу, поділяються на шовні (зі зварним поздовжнім швом, утвореним з'єднанням двох рівних половинок), капсули з крапельним запаюванням, а також безшовні.

Назва «м'які капсули» пов'язана з тим, що на етапі виробництва діюча речовина вводиться у м'яку, еластичну оболонку. У подальших технологічних процесах формування капсули ця еластичність частково або повністю втрачається. ЖК найширше розповсюдження знайшов метод наповнення дозатором твердих капсул, він має значний ряд переваг порівняно з вище наведеними, а саме точність наповнення, більша продуктивність та висока ступінь стерильності.

В фармацевтичній промисловості широко використовуються автомати для наповнення твердих капсул.

Як свідчить практика експлуатації подібних автоматів на підприємствах фармацевтичної промисловості вони ще потребують подальшого удосконалення конструкцій для збільшення терміну експлуатації, покращення якості та підвищення продуктивності.

Аналіз конструкції обладнання аналогічного призначення

Отримання капсул крапельним методом "Clobex"

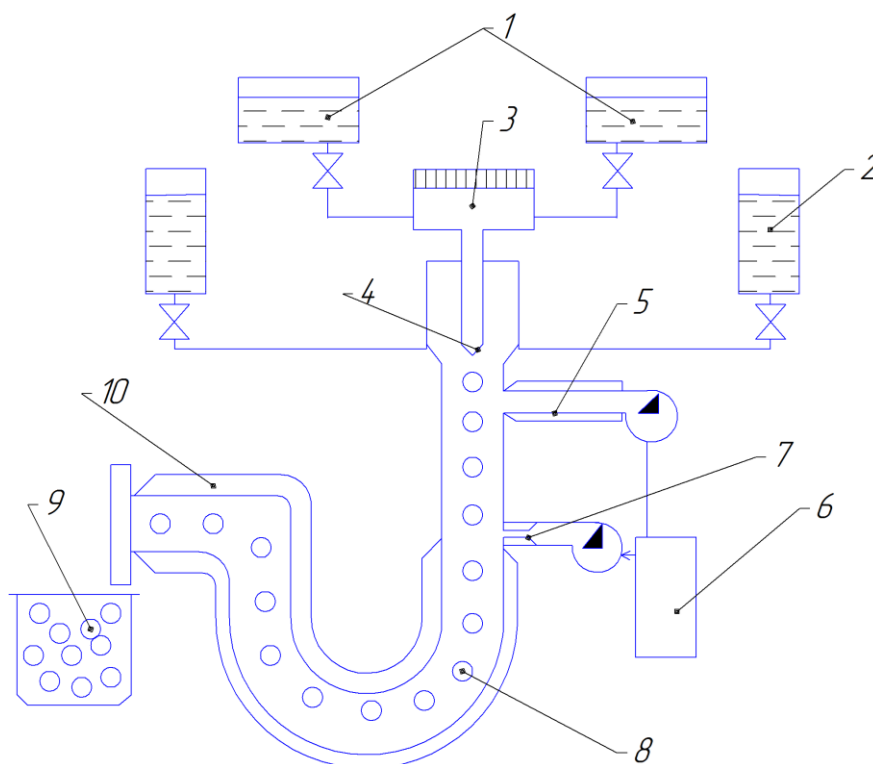


Рис. 1.1 - Отримання капсул крапельним методом "Clobex".

Основні вузли:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| 1. резервуар. | 6. ємність олії з системою насосів. |
| 2. ємність желатинової маси. | 7. транспортує трубопровід. |
| 3. дозувальний пристрій. | 8. корпус |
| 4. дозувальний вузол. | 9. ємність готових капсул. |
| 5. пульсатор. | 10. сорочка. |

Крапельний метод заснований на одночасному отриманні ЖО та заповненні її дозою лікарської речовини.

Лікарський препарат з резервуару 1 за допомогою поршня 3 дозується у вузол 4, куди одночасно надходить желатин. На виході з вузла 4 відбувається формування капсули і крапель. Відокремлення проходить за допомогою олії, яка подається пульсатором 5. капсули переміщуються в посуді 8 разом з олією, яка повністю заповнює посуд і подається з ємності 6 через трубопровід 7, Також можливо використовувати рідкий парафін. Сорочка служить для охолодження та підтримки $t = (4 - 5 \text{ C})$. Готові капсули зливаються з ємності 9, промиваються сушаться та пакуються.

Для безперервного процесу встановлюють дві ємності 9.

Переваги:

1. Висока продуктивність (30 - 100) тисяч капсул/год.
2. Точність дозування речовини.
3. Міцність капсул.
4. Гігієнічність та стерильність

Недоліки:

1. Неможливість використання капсульованих речовин, густина яких близька або дорівнює густині транспортуючих речовин.
2. Велика витрата транспортуючої речовини (олії, парафіну).

Установка для виготовлення м'яких желатинових капсул типу CS-J1 (Корея).

Установка для виготовлення м'яких ЖК об'єднує в собі: автомат CS-J1 та барабану сушилку. Барабана сушилка складається з шести горизонтальних барабанів, з'єднаних послідовно.

Автомат CS-J1 призначений для виробництва м'яких ЖК різної форми (овальні, повздовжні, круглі та ін.) без використання розчинника.

Зигзагоподібний рисунок матричних роликів дозволяє досягнути високої продуктивності при малих відходах желатина. Барабана сушилка призначена для попередньої просушки капсул, виготовлених на капсульному автоматі CS-J1, до їх потрапляння в сушильну камеру.

Технічна характеристика:

Габаритні розміри: 1820*810*1870 мм.

Вага: 2000 кг.

Споживча потужність: 13 кВт.

Джерело живлення: 380 В, 50/60 Гц.

Швидкість автомата: 2,3 об/хв.

Автомат обладнаний роликami протяжки відходів, які забезпечують безперервність процесу та запобігають розриву ЖС (желатинова стрічка). Швидкість протяжки регулюється з панелі керування.

Принцип дії:

Рідкий желатин, з термостатної ємності 1, подається за допомогою стисненого повітря через силіконові шланги 2, які обігріваються, у правий та лівий розподільчі бункери 3. З розподільчих бункерів 3 рідкий желатин потрапляє на відповідно правий та лівий барабани 5. Сформовані ЖС проходять через масляні ролики, направляючі ролики 6, тверда стрічка більш гнучкою ті на обидві стрічки наноситься масло або рідкий парафін, для швидкого ковзання. При набіганні ЖС на барабани 8, які обігріваються з середини, стрічки розм'якають та заповнюють собою комірки 9, матричних барабанів, а в момент притискання лівого та правого барабанів відбувається дозування лікарської речовини з ємності 12 насосом 13 через ін'єкційний вузол 7. Готові капсули вирізаються виступами 10. після утворення капсул ЖС проходить через ролики протяжки 11 і збирається в збірник, а заповнені капсули змітаються з матричних роликів лівою та правою щітками на конвеєр. Рухаючись по конвеєру капсули потрапляють в воронки пневмотранспортера та повітряним потоком переносяться в першу центрифугу для попередньої підсушки. Через деякий час, встановлений на панелі керування, капсули вільно переміщуються в наступну центрифугу. Направлення послідуєчої центрифуги - протилежне. Після попередньої сушки капсул на шести об'єднаних центрифугах капсули вручну викладають на лотки для подачі в сушильну камеру.

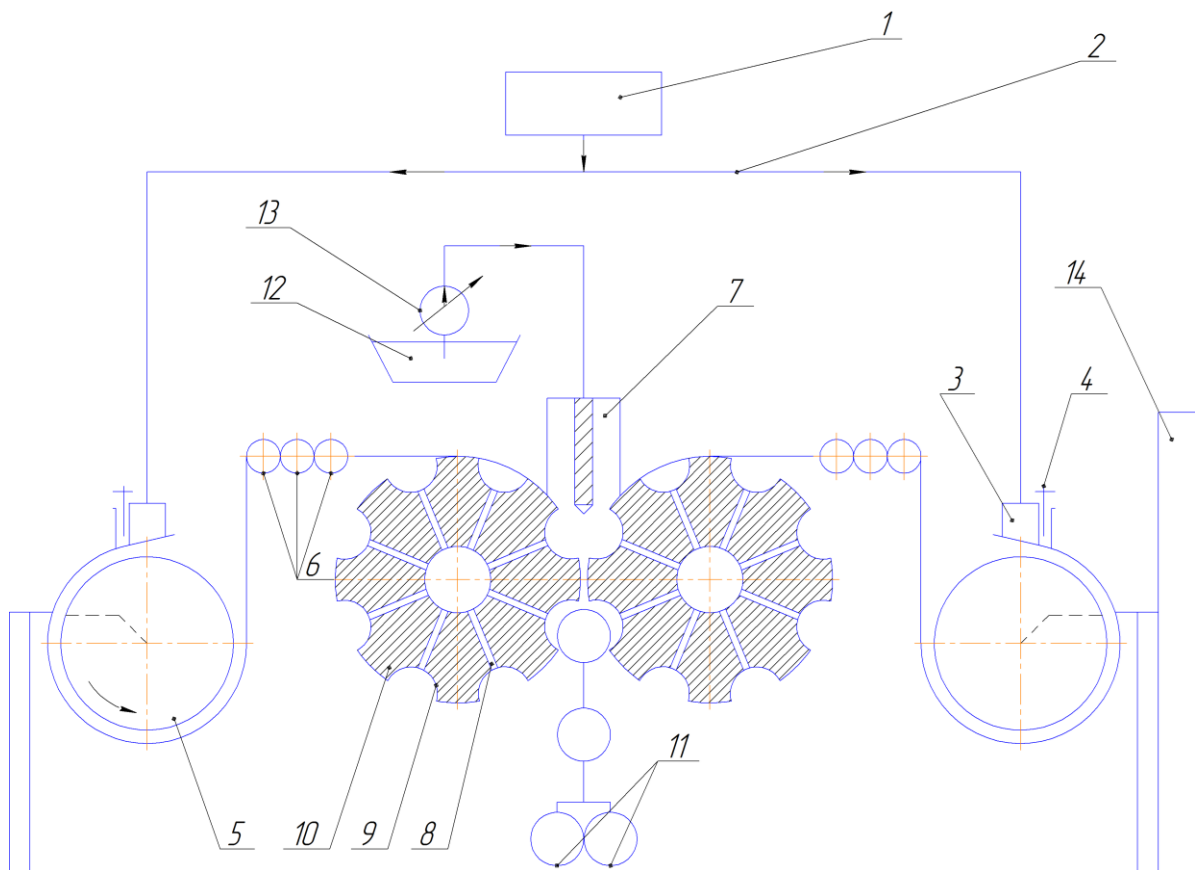


Рис 1.2 - Автомат CS-J1.

Основні частини автомата.

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. ємність для желатину з обігрівом. | 8. формуючий барабан. |
| 2. обігрівальні шланги. | 9. комірки. |
| 3. розподільчі бункери. | 10. виступи. |
| 4. затвори. | 11. притискувальні валки. |
| 5. барабан <u>желатинозації</u> . | 12. ємність з лікарською речовиною. |
| 6. валки. | 13. насос. |
| 7. ін'єкційний вузол. | 14. ресивер з повітрям. |

Автомат для наповнення твердих желатинових капсул KSF - 40 (п. Корея).

Технічні характеристики: Продуктивність 40000 капсул/год. Потужність двигуна 1,5 кВт. Напруга 380 В, 50 Гц. Розміри 807*996*1800. Вага нетто 900 кг.

Існують модифікації KSF - 90, KSF - 160.

Технічні характеристики цих автоматів такі ж самі, як KSF 40, різниця тільки в продуктивності - 90000 та 135000 капсул/год, потужності мотора 3,5 кВт, та 7,0 кВт, розміри 1205*1205*1940 мм та 1200*1300*2050 мм, вага нетто 2000 кг та 3000 кг відповідно.

Автомати серії KSF економічні по ціні, мають високу точність та продуктивність, прості в обслуговуванні та експлуатації, відповідають вимогам GMP.

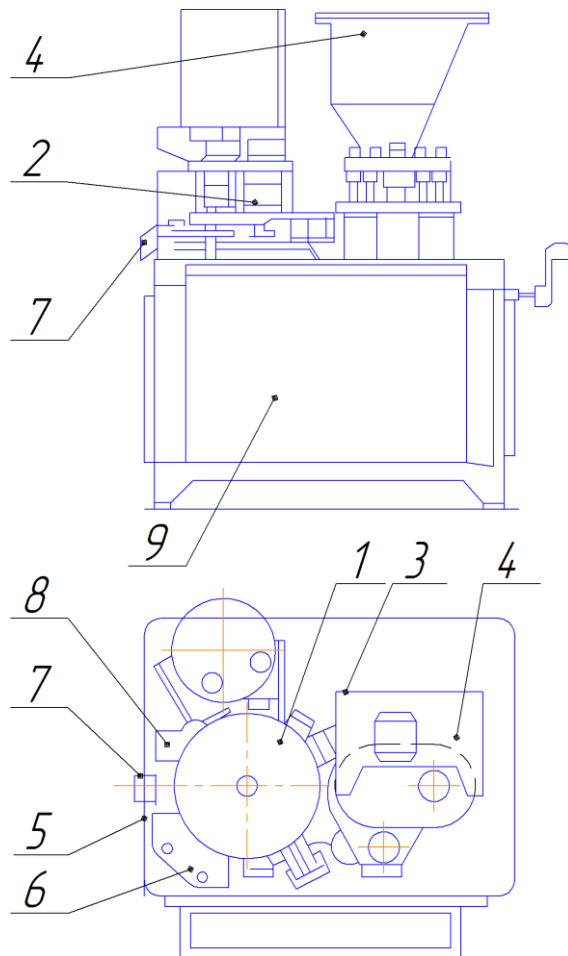


Рис 1.3 - Автомат для наповнення твердих ЖК KSF - 40

Основні вузли:

1 - круглий поворотний стіл, 2 - сортувальний пристрій, 3 - наповнювальна частина, 4 - сховище гранулату (порошку) та дозуючий диск, 5 - закриваюча частина, 6 - передаюча частина 7 - спуск для наповнених капсул, 8 - пристрій очистки, 9 - підставка.

Конструкція та принцип дії автомату серії KSF. Основні частини капсулюючого автомату. Установка складається з підставки (рами), в якій розміщені силові елементи: компресор, вакуум-насос та панель управління. На підставці розташовані функціональні частини: бункер для капсул та сортувальний пристрій, круглий поворотний стіл, тримачі капсул та сортувальний пристрій, бункер для порошку з дозувальним пристроєм, пристрій для видалення дефектних капсул, пристрій для закривання капсул, пристрій для виштовхування капсул та очищаючий пристрій.

Опис роботи автомату.

Тверді закриті капсули з бункера поступають в розташований під ним сортувальний пристрій 2 при повздовжньому русі, капсули примусово вирівнюються, орієнтуються за допомогою вакуум-апарата та вкладаються в затискні комірки сегментів на круглому поворотному столі 1. Сегменти складаються з двох частин.

На круглому поворотному столі 1 знаходиться 12 тримачів сегментів. Для укріплення верхніх частин капсул призначені сегменти, які розташовані на рухомих тримачах. Нерухомі частини сегментів, які тримають нижні частини капсул, знаходяться на плиті тримачів.

Після вкладання капсул здійснюється переміщення сегментів. Відразу після початку роботи починають рухатися (відсуватися) верхні сегменти.

Нижні частини сегментів після відокремлення надходять під дозуючий пристрій, який забезпечує укладання пресованих виробів з активними речовинами у нижню частину капсул. Після розділення сегментів здійснюється контроль правильності роз'єднання капсул. Капсули, які залишилися закритими, автоматично видаляються. Сигнал на їх видалення подають вертикальні підйомники, що виконують контактний контроль. Відбракована капсула за допомогою стисненого повітря направляється до збірника.

Матеріал для наповнення (ліки) з бункера подається гвинтовим транспортером в дозуючий пристрій 4, який розташований під бункером. При

повороті транспортера порошок збивається за допомогою перемішуючих важелів. Гвинтовий транспортер управляється комутаційним пристроєм, який вбудований в дозуюче обладнання.

Матеріал для наповнення зберігається над отворами дозуючого диска та декілька раз притискається пуансоном до цих отворів. Операції пресування проводяться в 5 установках. В момент, коли отвір дозуючого диска знаходиться в передаточному місці, прес виріб за допомогою пуансона виштовхується в нижню частину капсули, яка розташована під ним.

В закриваючому пристрої 5, окремі сегментні частини з'єднуються так, що наповнена нижня частина капсули входить у верхню частину.

Наповнені та закриті капсули виштовхуються стержнями з затискних комірок сегментів у передаточний пристрій 6. Виштовхані капсули за допомогою стисненого повітря переміщуються по нахиленому вихідному жолобу (спуск) 7. Після цього притискні сегменти очищуються за допомогою вакуум-апарат 8.

При класичній конструкції автомату призначені для наповнення капсул порошком. Однак після невеликої модифікації їх можна використовувати для наповнення таблетками та пелетами.

Переваги автомату серії KSF.

1. диск дозування забезпечує високу точність дозування.
2. дозування легко регулюється рівнем ходу пуансона пресування.
3. порошковий сенсор підтримує постійний рівень порошку в дозувальній камері.
 4. всі частини автомату, з якими контактує порошок, виконані з нержавіючої сталі.
 5. конструкції поворотного диска відрізняються виключною надійністю.
 6. вакуумні магістралі, розташовані під диском дозування, запобігають накопиченню порошку.

Недоліки.

1. Установка змінного комплекту для заповнення капсул іншого розміру проводиться протягом 40-60 хв.
2. Точність дозування прямо пропорційно залежить від ефективності пресування, тобто від таких показників, як коефіцієнти ущільнення та пресування, та робота пресування,
 3. Швидка зношуваність пуансонів.
 4. Необхідність постійного змащування пуансонів.
5. Високі вимоги до наповнювача (визначена вологість, сипучість, реологічні властивості).
6. Необхідність застосування гвинтового транспортера для подачі матеріалу в дозуючий пристрій.

Автомат для наповнення твердих желатинових капсул
«IN-CAP» (Італія)

Технічні характеристики: Розміри капсул: «00», «0», «1», «2», «3», «4».
Продуктивність : до 3000 капсул/год Напруга: 220/240 В, 50 Гц. Габаритні розміри: 800*620*920 мм. Вага нетто: 130 кг.

Автомат IN-CAP - це найсучасніша запатентована розробка фірми Dott.Вонарасе & С. Унікальне рішення, зі всіма перевагами автомату, такими, як: точне дозування, відсутність безпосереднього контакту оператора з субстанцією, повна відповідність вимогам GMP

Принцип дії:

Аналогічний описаному раніше в автомата серії «KSF»,

Деякі особливості конструкції:

1. Вся система працює повністю автоматично.
2. Рама виготовлена з анодованого алюмінію. Зовнішні панелі - з нержавіючої сталі. Частини огорожень - з полі карбонатної пластмаси. Всі частини які контактують з продуктом, виготовлені з нержавіючої сталі марки 316.
3. Компактний автомат забезпечується підставкою, на якій розміщується помпа і все необхідне для роботи. В результаті автомат займає мінімум

площі виробничих приміщень.

4. Низьке енергоспоживання.
5. Проста операція заміни оснастки та переходу на інший розмір капсул.
6. Зона наповнення повністю ізольована та захищена від зовнішнього забруднення.
7. Пневматична система очистки.
8. Захист від пилоутворення та механічні огороження, які забезпечують високий рівень безпеки роботи.
9. Мікропроцесорне керування наступних параметрів:
 - задану кількість капсул для наповнення та швидкість роботи;
 - рахівник наповнення капсул;
 - автоматично зупиняється при знятому огороженні та подає сигнал.

Автомат дозволяє проводити обробку технології виробництва капсульованих лікарських препаратів з мінімальними затратами.

Технічні характеристики:

Продуктивність 14000 капсул/год. Габаритні розміри : 410*680*860 мм.

Вага нетто: 115кг. Напруга: 220 В, 350 Вт.

Капсули завантажуються в автомат і потім подаються по направляючим та орієнтуються в рамку, яка пізніше передається на капсульний автомат ВВ 6/S .

Вібратор для субстанцій.

Технічні характеристики:

Продуктивність: 8000 капсул/год. Габаритні розміри : 350*490*470 мм.

Вага нетто: 45 кг. Напруга: 220 В, 80 Вт.

Для можливості роботи з важко сипучими продуктами, збільшення продуктивності, а також для покращення якості заповнення ВВ 6/S оснащена електромагнітним вібратором.

Автоматичний капсулятор для наповнення твердих

желатинових капсул К4-120

Принцип роботи моделі К4-120

K4-120 автоматично наповнює ЖК порошковими або гранульованими лікарськими речовинами. Принцип роботи полягає у наступному:

1. Розділення капсул — ЖК розділяються на дві частини: верхню (кришечку) і нижню (корпус).

2. Наповнення — корпус капсули наповнюється лікарським порошком або гранулами через дозувальний механізм.

3. З'єднання — після наповнення корпус і кришечка капсули з'єднуються і ущільнюються.

4. Вивід готових капсул — готові капсули виходять з автомату для подальшої упаковки. Процес відбувається автоматично, що дозволяє досягти високої продуктивності та точності дозування.

Основні елементи автомату:

Подавач капсул — механізм подачі порожніх ЖК у робочу зону.

Роздільник капсул — пристрій, який автоматично розділяє капсули на корпус і кришечку.

Дозувальна система — система для точного дозування порошку або гранул у корпус капсули (часто шнекова або вібраційна).

Пресуючий механізм — забезпечує щільне з'єднання корпусу з кришечкою капсули.

Вивідний транспортер — виводить готові капсули для збору або подальшої обробки.

Електрична панель управління — контролює роботу всього автомату, налаштування параметрів процесу.

Особливості моделі K4-120

Висока продуктивність — автомат здатний наповнювати до 120 тисяч капсул за годину.

Точність дозування — завдяки сучасній дозувальній системі забезпечується стабільна вага наповнення.

Універсальність — можливість роботи з різними типами порошків і гранул.

Автоматизація процесу — мінімальна участь оператора, що знижує ризик помилок.

Компактність і зручність обслуговування — простий дизайн і легкий доступ до робочих вузлів для очищення та ремонту.

Безпека — обладнання відповідає стандартам безпеки та гігієни фармацевтичного виробництва.



Рис 1.4 - Автомат для наповнення твердих ЖК К4-120

Висновок:

Проаналізувавши існуючі конструкції автоматів для наповнення твердих ЖК, було виявлено спільний недолік, характерний для всіх моделей. Цей недолік полягає у відсутності можливості подвійного наповнення капсул різними лікарськими засобами для створення капсул подвійної дії або різними формами одного препарату для виготовлення капсул пролонгованої дії. При фасуванні гранульованих мас відхилення ваги капсул від нормативних показників зводиться до мінімуму.

2. Техніко-економічне обґрунтування

Усі компанії використовують економічні ресурси, землю та капітал у справжніх фінансових формах, а також використовують роботу менеджерів чи власників та підприємницьких можливостей.

У той же час компанія має прибуток для висловлення потреби в прибутку через економічне збільшення обсягу та якості продукції для забезпечення повного використання ресурсів та максимального доходу.

Удосконалення технології наповнення ЖК сипкими лікарськими речовинами напряду залежить від використання сучасного, прогресивного обладнання, що відповідає актуальним вимогам. Автомат марки «Zanasi», модернізація якого розглядається у цій кваліфікаційній роботі, призначений для наповнення твердих ЖК.

Даний автомат в базовому варіанті має:

технічну продуктивність – 40000 капсул/год.

Запропонована в проекті модернізація полягає у встановленні додаткового блоку дозування з системою вакуумної підтримки продукту і дозаторах, що дає змогу виробляти капсули подвійного наповнення, а також суттєво зменшити витрати часу на переналаштування автомату на другі режими роботи.

Представлена модернізація є актуальною і доцільною, так як надає можливість створення нових ліків пролонгованої дії і вийти на нові ринки збуту продукції, в наслідок чого отримувати додатковий прибуток. Дана модернізація створена для потреб фармацевтичної промисловості України.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту



Рис. 3.1. – Приклад сировини і готового продукту

У процесі капсуляції на автоматі фірми «Zanasi», що має продуктивність до 40 000 капсул за годину, надзвичайно важливе значення має правильний вибір та підготовка вихідної сировини. Для отримання стабільного і якісного результату, речовина, якою наповнюють ЖК, повинна мати однорідну сипку структуру, бути добре проточною і не злежуватись під час зберігання чи транспортування по дозувальній системі обладнання.

Зазвичай для наповнення капсул використовують порошки або мікрогранули з розміром частинок у діапазоні від 100 до 500 мікрон. Такі параметри забезпечують рівномірне дозування та точність маси кожної капсули. Оптимальна вологість суміші не повинна перевищувати 5%, оскільки надмірна вологість сприяє злипанню частинок і негативно впливає на ЖО, викликаючи її деформацію або розчинення до моменту запечатування.

Насипна густина сировини також є важливим показником і зазвичай становить близько 0,4–0,8 г/см³. Це дозволяє правильно розраховувати об'єм капсули, що заповнюється, і запобігти надлишковому утворенню пилу під час роботи автомату. До того ж, склад повинен бути хімічно стабільним та інертним щодо матеріалу оболонки капсул, аби виключити можливість взаємодії та погіршення якості кінцевого продукту.

Готовий продукт — тверді ЖК — повинен відповідати ряду критеріїв. По-перше, оболонка повинна залишатися цілісною, рівномірно забарвленою,

без тріщин, плям або механічних пошкоджень. Поверхня має бути гладкою та чистою, без залишків сировини. Всередині капсули речовина повинна бути рівномірно розподілена, без пустот і без надмірного ущільнення. Маса наповнення має перебувати в межах допустимого відхилення, яке зазвичай не перевищує $\pm 5\%$.

Капсули мають легко проковтуватися, не володіючи неприємним смаком чи запахом, а їх оболонка повинна розчинятися у шлунковому соку не пізніше ніж через 15 хвилин після прийому. Важливо також, щоб капсули зберігали свої якісні характеристики протягом усього строку придатності, який зазвичай становить не менше 12 місяців за умови дотримання температурного режиму та рівня вологості.

4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання

Вдосконалення технології наповнення ЖК сипкими лікарськими речовинами залежить від застосування прогресивного, відповідаючого сучасним вимогам, обладнання. Автомат марки «Zanasi», модернізація якого запропонована в курсовому проекті призначений для наповнення твердих ЖК.

Представлена модернізація є актуальною і доцільною, так як надає можливість створення нових ліків пролонгованої дії і вийти на нові ринки збуту продукції, в наслідок чого отримувати додатковий прибуток. Дана модернізація створена для потреб фармацевтичної промисловості України.

Опис обладнання

Автомат для наповнення твердих желатинових капсул

«Zanasi»

Автомат типу «Zanasi» призначена для автоматичного наповнення двохсторонніх твердих ЖК порошкоподібними або гранульованими лікарськими засобами, які мають добру сипучість.

«Zanasi 40» представляє собою перемінно-обертаючий автомат для наповнення капсул, яка забезпечена центральною основою і яка обертаючись за годинниковою стрілкою навколо своєї осі, транспортує капсули через 8 робочих станцій.

Технічна характеристика автомату

Продуктивність автомату - 40000 капсул/год. Потужність - 7 кВт. Насос споживча потужність -2,2 кВт. Джерело живлення -380 В, 50 Гц. Споживання вакуума -100 м³/год. Аспірація - 360 м/год. Стиснуте повітря - 3 м/год., 6 бар. Вага - 1400 кг.

Робочий потік.

Автомат виконує операції в наступному порядку, відповідно до станцій:

- I. Орієнтація та відкриття капсул.
- II. Залишається вільною.

- III. Залишається вільною для заміни формата.
- IV. Дозування порошку.
- V. Від браковка не відкритих капсул.
- VI. Закриття капсул.
- VII. Вихід готових капсул

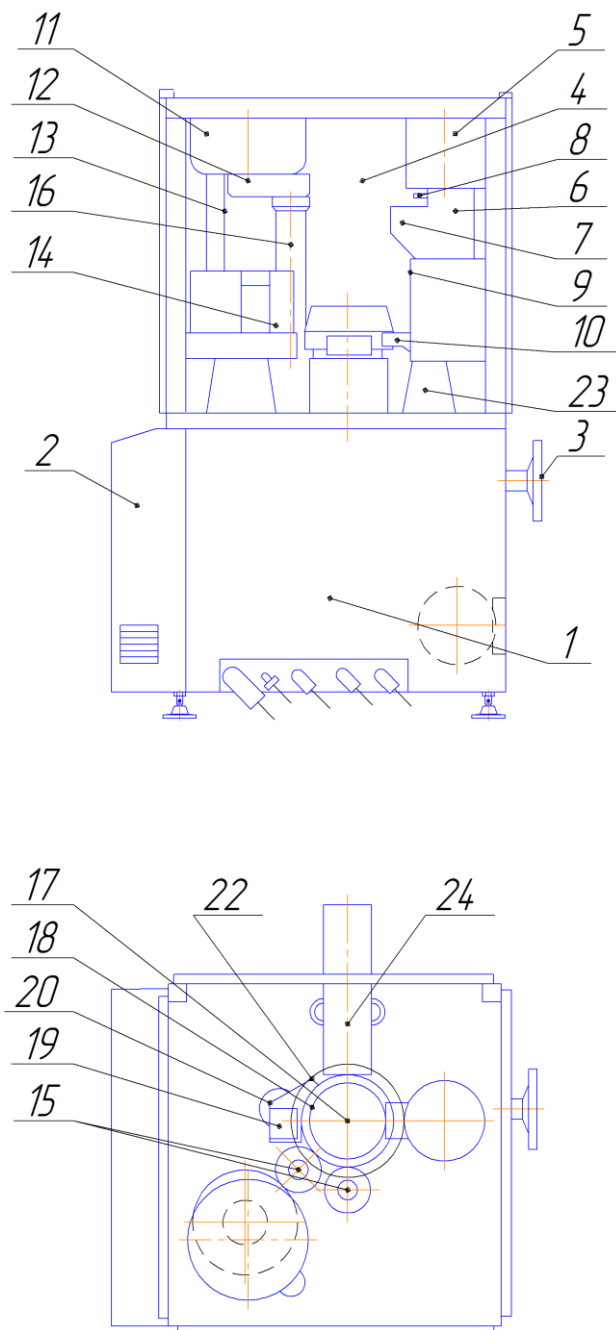


Рис 4.1 - Автомат для наповнення твердих ЖК
«Zanasi 40 E»

Основні конструктивні частини :

1. База,
2. Електричний шкаф та пульт керування,

3. Колесо ручного керування,
4. Захисний прозорий ковпак,
5. Контейнер для капсул,
6. Бункер для капсул,
7. Обмежувач,
8. Ручка,
9. Пристрій подачі та орієнтації капсул,
10. Пристрій відкриття капсул,
11. Контейнер для матеріалу,
12. Міксер,
13. Телескопічна трубка,
14. Циліндр фасуючого матеріалу, забезпечений пристроєм вирівнювання та регулювання висоти шару матеріалу,
15. Дозуюча головка,
16. Механізм компресії та виштовхування,
17. Центральна платформа ,
18. Бухти з гільзами (верхні та нижні) ,
19. Стержневі штовхачі для відбраковки, закриття, виштовхування та продувки, відповідно до станцій,
20. Всмоктуючий пристрій,
21. Контейнер для відбракованих капсул,
22. Пристрій для закриття капсул,
23. Пристрій продувки гільз,
24. Жолоб для виходу готових капсул.

Принцип дії.

Капсули з контейнера 5 під вагою тяжіння падають у бункер 6. Всередині бункера є обмежувач 7, який може регулюватися у вертикальному положенні за допомогою ручки 8. Це регулювання дозволяє регулювати потік капсул у бункер.

Спеціальна форма - наповнювач 1 забезпечена вертикальними направляючими 2 та пружинами 3 для розгрузки капсул. За допомогою вертикальних рухів валу 4 та важеля 5, форма 1 приводиться в рух та заповнює свої канали капсулами.

В нижньому положенні робочого такту контраст 6 ударяє по обмежувачу 7, таким чином відкриваються пружини для розвантаження, дозволяючи капсулам потрапити у направляючий блок, де вилка 9, яка рухається горизонтально, за допомогою важеля 5, переводить та направляє капсули поки вони не досягнуть кінцевого такту під вертикальними направляючими 2.

Останні переміщують капсули вниз та направляють їх чітко у верхні бухти 18 в суворо визначеному положенні (кришкою вверх). Одночасно підіймається платформа 10, яка з'єднана з вакуумною системою. Відкривається електромагнітний клапан та за допомогою створеного вакууму відбувається відкриття капсул.

Корпуси капсул попадають у гільзи нижніх бухт, а кришки тримаються у гільзах верхніх бухт. Це відбувається на станції № I.

При подальшому повороті центральної платформи, бухти з відкритими капсулами зупиняються на наступній станції № II, яка залишається вільною.

На станції № III нижня бухта зміщується від центральної платформи 17, на даній станції є можливість замінити гільзи на інший формат.

При переході платформи на станцію № IV нижня бухта з корпусами капсул знаходиться зміщеною від центра, в цей час дозуюча головка опускається вниз. Чотири дозатора 15 входять в циліндр 14 для забору дози продукту, а з інших чотирьох дозаторів за допомогою пристрою виштовхування та компресії 16 відбувається виштовхування фасованого продукту в корпус капсул.

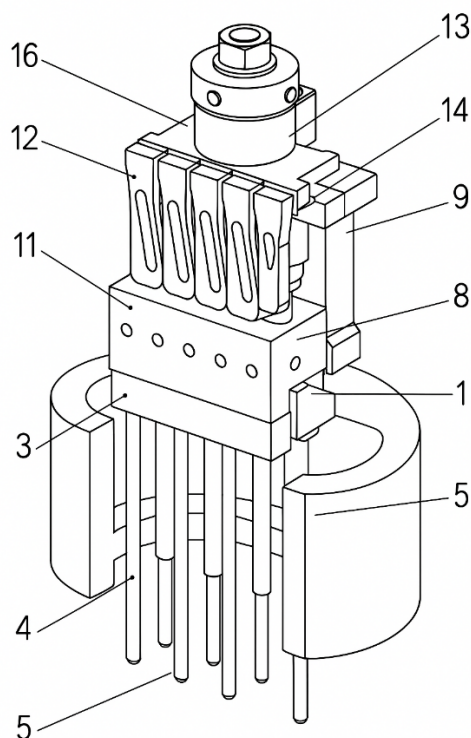


Рис 4.2 – Конструкція модернізованого дозуючого пристрою

Механізм дозаторів пов'язаний з валом, який тримає дозатор та закріплений шурупом 2 на механізмі дозаторів знаходиться нижня плітка 1, фіксує плітка 3, з нарізними отворами, в які вкручені кінці дозаторів 4. Над всіма дозаторами в спареному положенні знаходиться блок 5, який включає корпус дозатора 6 і які фіксуються шурупами 7. Поршень дозатора 8, встановлений всередині корпусу дозатора має обертаючий фіксований штифт 9, який переміщується по осі корпусу дозаторів. Поршень встановлюється у верхньому положенні за допомогою пружин. Верхня плітка 12 спарена з нижньою пліткою 1 направляючою 10 на бухті 11, Верхня плітка регулюється по висоті відносно нижньої плітки 1 шляхом обертання гайки 13 та фіксується шурупом 14. У верхньому положенні штифти опираються на регулюючі шурупи 15, які мають низьку циліндричну головку. Регулювання поршнів визначає об'єм всередині кінців дозаторів 4 та дозувань.

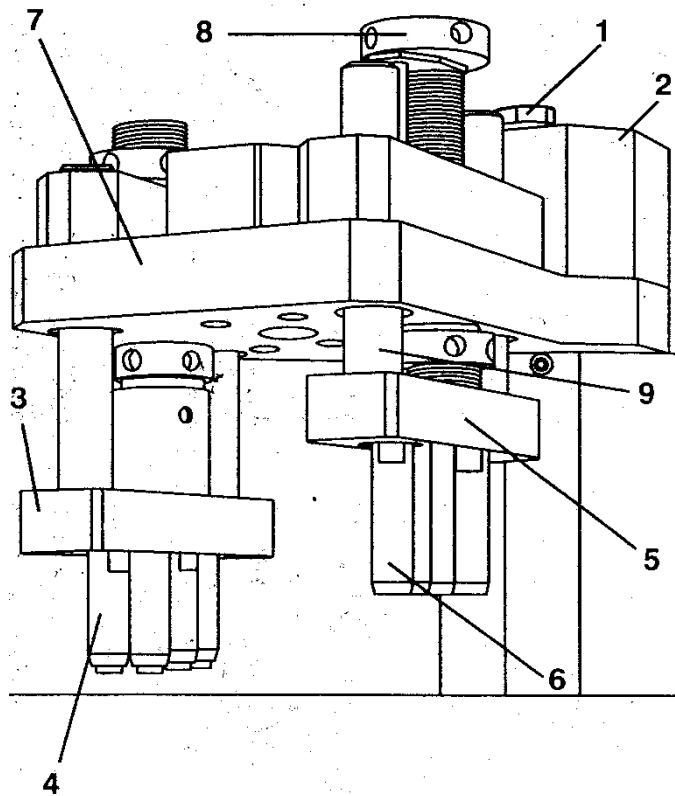


Рис 4.3 - Конструкція головки механізму компресії та виштовхування.

Бухта 7 фіксується на валу за допомогою шурупа 1 та притискувала 2. З лівої сторони бухти є рамка 3 з ежекторами 4, а з правої сторони знаходиться рамка 5 з компресорами 6. Рамка з компресорами 6 може регулюватися за допомогою гайки 8, для того щоб зменшити або збільшити щільність продукту. Направляючі 9 сприяють правильній установці компресійного агрегату. Виштовхувальна рамка 3 регулюється таким же чином. Вся головка рухається в альтернативному вертикальному положенні, а механізм в ході свого нижнього такту з відповідними елементами діє на поршень нижче розташованих дозаторів.

При переході центральної плити 17 нижня бухта з наповненими продуктом корпусами капсул залишається зміщеною від центра, а в гільзи верхньої бухти знизу входять чотири стержневих штовхача 19, які виштовхують капсулу, яка могла не відкритися на станції № 1, в спеціальний контейнер 21 для відбракованих капсул. Це відбувається на станції під № V. Якщо капсула відкрита, штовхачі входять в середину кришки капсули, не торкаючись її на верхній бухті.

Станція № VI служить для закриття наповнених капсул. Нижня бухта переміщується до центра платформи 7, верхні та нижні гільзи розташовуються співвісно і в цей момент чотири стержневих штовхача входять знизу в нижні гільзи, підіймають заповнені корпуси капсул на визначену висоту таким чином, що відбувається закриття капсул. Закриті капсули знаходяться в верхніх бухтах. Під час заключної фази, всмоктуючий пристрій 20 збирає порошок, який міг з'явитися під час закриття корпусу капсули.

Станція № VII служить для викиду заповнених капсул. Чотири стержневих штовхача цієї станції знизу проходять через нижні гільзи, підіймають капсули та подають їх в жолоб, по якому вони летять в ємність, яка знаходиться під жолобом 24. Як тільки капсули вийшли з гільз, вони виштовхуються під великим стисненням повітрям.

Після викиду капсул, гільзи в верхній та нижній бухтах підлягають очистці за допомогою струменя стисненого повітря, яке виходить зі стержневих штовхачів. Можливі часточки порошку всмоктуються пристроєм аспірації на станції № VIII.



Рис 4.4 – Загальний вид автомату



Рис 4.5 – Внутрішній вигляд автомату

5. Вибір конструктивних матеріалів

У процесі проектування або модернізації обладнання для фармацевтичного виробництва, зокрема автоматизованих систем дозування сипких речовин у ЖК, критично важливим є обґрунтований вибір конструкційних матеріалів. Це зумовлено необхідністю забезпечення санітарно-гігієнічних вимог, хімічної інертності до агресивних середовищ, збереження стабільності фізико-хімічних властивостей активних фармацевтичних субстанцій, а також гарантування довговічної та надійної експлуатації технологічного обладнання.

Основні конструктивні елементи автомату і матеріали:

- Корпус дозуючого вузла, контейнери для порошку, елементи, що контактують з лікарськими речовинами виготовляються з корозієстійкої нержавіючої сталі марки 12X18H10T за ДСТУ 7809:2015 або AISI 316L. Цей матеріал характеризується високою хімічною інертністю, допускається до контакту з медичними препаратами, має $\sigma_{\text{в}} \approx 600$ МПа та підвищену стійкість до дії агресивних речовин.

- Механізми подачі капсул, направляючі вузли виготовляються з AISI 304 або 12X18H9, оскільки ці елементи не контактують безпосередньо з лікарськими речовинами, але мають працювати з високою точністю та стабільністю при високій продуктивності.

- Рама обладнання, обшивка, несучі елементи конструкції, які не піддаються хімічному впливу, можуть бути виготовлені із вуглецевої сталі Ст3 за ДСТУ 7809:2015, що дозволяє зменшити вагу і вартість обладнання при достатній міцності.

- Пневматичні і вакуумні трубки, що не контактують з продуктом, можуть бути виконані з алюмінієвих сплавів або сталі 10, що забезпечує достатню міцність при роботі під тиском до 0,6 МПа.

- Передавальні механізми (редуктори, шестерні, вали) – виготовляються із сталі 35 або 45 ДСТУ 7809:2015, загартованої до відповідної твердості, що забезпечує необхідний ресурс роботи.

- Кріпильні елементи (болти, гайки, шайби) – зі сталі 35 або 08X18H10, залежно від зони застосування: у контактних зонах – тільки нержавіюча сталь.

- Прозорі захисні кожухи можуть бути виготовлені з органічного скла (полікарбонату), що дозволяє візуально контролювати процес при збереженні безпеки.

- Ущільнювальні елементи – виготовляються з харчового силікону або тефлону (PTFE), оскільки вони стійкі до зносу, мають добрі герметизуючі властивості і не вступають у хімічні реакції з активними речовинами.

6. Розрахункова частина

Визначення продуктивності автомату наповнення твердих желатинових капсул

Теоретична продуктивність автомату для наповнення капсул:

$$G = \frac{3600 \cdot z}{T_p} \quad (6.1)$$

де : z – кількість гнізд у кожному носії, $z=48$ шт.

T_p – час робочого циклу,

$$T_p = t_3 + t_p = 6,4 \text{ с} \quad (6.2)$$

t_p – робочий час автомату, с;

t_3 – час зупинки, с.

$$G = \frac{3600 \cdot 48}{6,4} = 26584 \text{ шт} / \text{год}$$

Номінальна продуктивність є середнім значенням, тому потрібно вибрати максимальне значення через коефіцієнт запасу K_3 . Тоді:

$$G_{\max} = K_3 \cdot G = 1,5 \cdot 26584 = 39877 \text{ шт} / \text{год} \quad (6.3)$$

Визначення кута повороту платформи з капсулами

При цих умовах для виходу однієї капсули необхідно затратити час t , с:

$$t = \frac{3600}{39877} = 0,09 \text{ с} \quad (6.4)$$

або за одну секунду отримаємо

$$n = \frac{1}{t} = \frac{1}{0,09} = 12 \text{ шт} \quad (6.5)$$

Якщо діаметр капсули $d_{\text{кап}}=7$ мм то шаг S буде:

$$S = 2,2 \cdot 0,007 = 0,0154 \text{ м} \quad (6.6)$$

То швидкість переміщення капсул V , м/с :

$$V = \frac{S}{t} = \frac{0,0154}{0,09} = 0,17 \text{ м} / \text{с} \quad (6.7)$$

де t – час, витрачений на отримання однієї капсули, с.

А шлях, який капсула проходить разом з платформою:

$$S_{\text{шл}} = V \cdot t = 0,17 \cdot 6,5 = 1,1 \text{ м} \quad (6.8)$$

Тоді діаметр розташування платформи з гільзами:

$$D_n = \frac{S_{пл}}{\pi} = \frac{1,1}{3,14} = 0,35 м \quad (6.9)$$

Платформа рухається з зупинками, за допомогою просторового кулачкового механізму, а саме циліндричного пазового кулачка. При обертанні барабанного кулачка його паз протягом одного обороту охоплює один з роликів введеної ланки, повертаючи цю ланку на кут α :

$$\alpha = \frac{2 \cdot 180}{z}; \quad (6.10)$$

де z - кількість роликів;

$$\alpha = \frac{2 \cdot 180}{8} = 45^\circ.$$

Розрахунок швидкості заповнення капсул

При відомому об'ємі частинок визначаємо діаметр еквівалентного:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot W}{\pi}}; \quad (6.11)$$

де W - об'єм капсули, $мм^3$:

$$\begin{aligned} W &= W + 2 \cdot W = \pi R^2 \cdot H + \frac{3}{4} \pi R^3 = \\ &= 3,14 \cdot (3,5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 14 \cdot 10^{-3} + \frac{3}{4} \cdot 3,14 \cdot (3,5 \cdot 10^{-3})^3 = 209,33 мм^3 \end{aligned} \quad (6.12)$$

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 209,33 \cdot 10^{-9}}{3,14}} = 7,37 \cdot 10^{-3} м$$

Визначаємо геометричний коефіцієнт форми капсули:

$$f = \frac{S}{S_e}; \quad (6.13)$$

де S - площа капсули, $м^2$:

S_e - площа еквівалентного шару, $м^2$:

$$S = 2\pi R \cdot H + 4\pi R^2 = 2 \cdot 3,14 \cdot 3,5 \cdot 10^{-3} \cdot 14 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 3,14 \cdot (3,5 \cdot 10^{-3})^2 = 225,08 \cdot 10^{-6} м^2 \quad (3.14)$$

$$S_e = 4\pi R^2 = 4 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{7,37}{2} \cdot 10^{-3}\right)^2 = 170,56 \cdot 10^{-6} м^2 \quad (6.15)$$

$$f = \frac{225,08 \cdot 10^{-6}}{170,56 \cdot 10^{-6}} = 1,32;$$

Визначаємо Ar для шароподібної частинки діаметром d_e

$$Ar = \frac{gd_e^3(\rho - \rho_0)}{\rho_0 \nu} \quad (6.16)$$

де, ρ - густина матеріалу, (кг/м³) => представимо $\frac{m}{W}$

ρ_0 - густина повітря, 1,2(кг/м³);

ν - кінематична в'язкість повітря, $15,06 \cdot 10^{-6}$ м/с²

$$Ar = \frac{9,81 \cdot (7,37 \cdot 10^{-3})^3 \left(\frac{0,047 \cdot 10^{-3}}{209,33 \cdot 10^{-9}} - 1,2 \right)}{1,2 \cdot 15,06 \cdot 10^{-6}} = 371,8 \cdot 10^4$$

За таблицею «Критерій Архімеда і Лященко» визначаємо критерії Лященко => $Ly = 11997,46$;

За рівнянням

$$Re = \sqrt[3]{LyAr}; \quad (6.17)$$

$$Re = \sqrt[3]{11997,46 \cdot 3718179} = 3546,55;$$

З рівняння критерію Рейнольдса знаходимо швидкість заповнення еквівалентного шару U , м/с:

$$Re = \frac{U \cdot d_a}{\nu}; \quad (6.18)$$

$$U = \frac{Re \cdot \nu}{d} = \frac{3546,55 \cdot 15,05 \cdot 10^{-6}}{7,37 \cdot 10^{-3}} = 7,247 \text{ м/с} \quad (6.19)$$

В залежності від значення Re визначаємо динамічний коефіцієнт для частинок

$$Re < 0,2, \quad f_1 = \left(0,843 \cdot \lg \frac{1}{0,065 \cdot f} \right)^{-1},$$

$$0,2 < Re < 2 \cdot 10^3, \quad f_1 = f \cdot Re^{0,15 \cdot \sqrt{f-1}},$$

$$Re > 2 \cdot 10^3, \quad f_1 = 1 + 11,6 \cdot (\sqrt{f} - 1),$$

Так як $Re = 3546,55 > 2 \cdot 10^3$, тоді:

$$f_1 = 1 + 11,6 \cdot (\sqrt{1,32} - 1) = 2,76, \quad (6.20)$$

Визначаємо швидкість заповнення частинок.

$$\frac{V}{U} = \left(\frac{1}{f_1} \right)^{0,5} \rightarrow V = \frac{U}{\sqrt{f_1}}; \quad V = \frac{7,247}{\sqrt{2,76}} = 4,36 \text{ м/с} \quad (6.21)$$

Розрахунок та вибір вакуумної системи

Обираємо для розрахунку вакуумну систему установки, що надає можливість отримання середнього вакууму.

Вихідні дані: 1. сумарна продуктивність газовиділення та натікання $Q = 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 / \text{с}$; 2. робочий тиск у вакуумній камері $p = 10^{-5} \text{ Па}$; 3. Час роботи системи у стаціонарному режимі $t = 3600 \text{ с}$

Вибір вакуумного насосу.

Обираємо серію обертальних насосів типу ВН із граничним тиском $4 \cdot 10^{-1} \text{ Па}$ та діапазоном швидкості дії від 10^{-4} до $1,5 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3 / \text{с}$ повітря

Робочий тиск механічного насоса обираємо по максимальному випускному тиску паромасляного насоса з коефіцієнтом запасу $\Pi=2$, тоді $p_3=53/\varphi=27$, що відповідає ефективній швидкості відкачування.

$$S_{\text{эфз}} = \frac{Q}{p_3} = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{27} = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.22)$$

Коефіцієнт використання K_H обертових насосів при $S_{\text{эфз}} = 1,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 / \text{с}$ та $n = 3$ знаходимо з графіка. $K_H = 0.7$

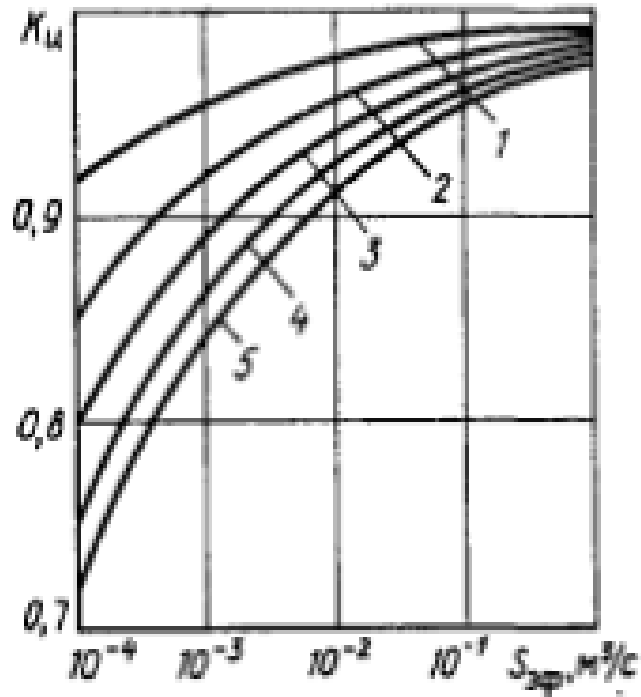


Рис. 6.1 - Рекомендовані коефіцієнти використання K_H насоса.

Номінальна швидкість дії насоса

$$S_{m3} = \frac{Q}{S_{m3} p_3 - p_{ep3}} = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{0,7 \cdot 27 - 4 \cdot 10^{-4}} = 2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.23)$$

З ряду обираємо насос що відповідає даній швидкості. Найближчий за параметрами насос ВН-1.

Технічні характеристики насоса:

Номінальна швидкість дії , $\text{м}^3/\text{с} \cdot 10^{-4}$;

діаметр вхідного патрубку, мм – 8;

граничний тиск, Па – 4;

максимальний випускний тиск, Па – 10^5 .

Визначення конструктивних розмірів трубопроводу та вибір елементів вакуумної системи.

Знайдемо загальну провідність ділянки вакуумної системи :

$$U_3 = S_{m3} \frac{K_H}{1 - K_H} = 10^{-4} \frac{0,7}{1 - 0,7} = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.24)$$

де S_{m3} - швидкість дії механічного насоса обраного за каталогом.

Складемо компоновочну схему ділянки вакуумної системи. На компоновочній схемі показані довжини трубопроводів та діаметр випускного

патрубка насоса 8мм, діаметр вхідного патрубка -8мм. Ділянка вакуумної системи складається із семи елементів: чотирьох трубопроводів 1, 3, 5, 7, клапанів 2, 6 і вловлювача 4.

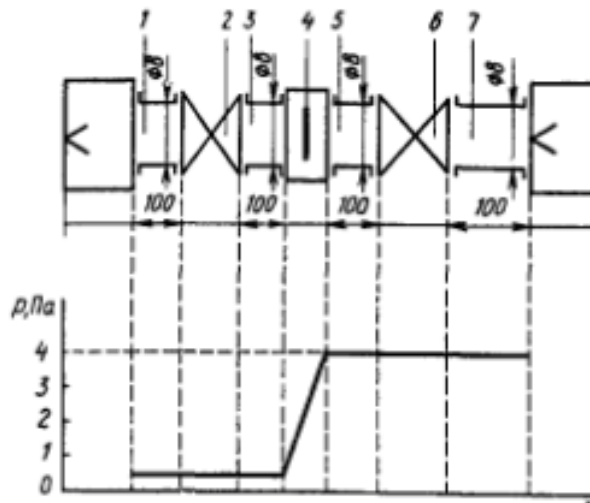


Рис. 6.2 - Схема ділянки вакуумної системи

Визначимо провідність елементів та діаметр трубопроводів. Припустимо що всі елементи мають однакову провідність, тоді

$$U_{3e} = 7U_3 = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (6.25)$$

Режим протікання газу у трубопроводі визначимо по тиску $p=27$ Па и діаметру вхідного патрубка насоса $d=0.008$ м. Критерій Кнудсена

$$K_H = \frac{L}{d} = \frac{L_1}{p_3 d} = \frac{7,5 \cdot 10^{-3}}{27 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 0,035 < 1,5 \quad (6.26)$$

Але $0,035 > 5 \cdot 10^{-3}$ отже режим протікання молекулярно-в'язкий.

Опором отворів при незначному перепаді тиску, характерного для усталеного режиму при $K_{H3}=0.7$, в молекулярно-в'язкому режимі можна знехтувати.

Діаметр першого трубопроводу можна розрахувати при середньому тиску в трубопроводі

$$U_3 = 121 \frac{d_{13}^3}{l_{13}} 0.9 + 1.35 \cdot 10^3 \frac{d_{13}^4}{l_{13}} p_{cp}, \quad (6.27)$$

звідси

$$d_{13}^4 + 3 \cdot 10^{-3} d_{13}^3 - 4.4 \cdot 10^{-9} = 0. \quad (6.28)$$

Маємо $d_{13} = 7,5 \cdot 10^{-3}$ м

Вибираємо $d_{13} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ що відповідає необхідній провідності.

В якості клапанів на другій та шостій ділянках обираємо КМУ1-10 з діаметром умовного проходу $d_y=10 \text{ мм}$ и провідністю $0,0014 \text{ м}^3/\text{с}$. Різницею провідностей в молекулярно-в'язкому режимі порівняно з молекулярним можна знехтувати.

Обираємо вловлювач: $d_y=10 \text{ мм}$ і провідністю $U_{34} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Загальну провідність знаходимо із наступного виразу:

$$\frac{1}{U_{03}} = \sum_{i=q}^7 \frac{1}{U_{3i}}, \quad (6.29)$$

звідси $U_{03} = 2,53 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$.

Загальна провідність вибраної ділянки вакуумної системи $U_{03} = 2,53 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, що дещо перевищує необхідну $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$.

Коефіцієнт використання насоса в системі

$$K_a = \frac{U_{03}}{S_{n3} + U_{03}} = \frac{2,53 \cdot 10^{-4}}{10^{-4} + 2,53 \cdot 10^{-4}} = 0,72 \quad (6.30)$$

Отриманий коефіцієнт близький до оптимального значення 0,7.

Розрахуємо розподіл тиску по довжині ділянки вакуумної системи

$$p = p_3 + \frac{Q}{S_{n3}} = 4 + \frac{4 \cdot 10^{-6}}{4 \cdot 10^{-4}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ Па} \quad (6.31)$$

Перепад тиску на елементах системи, Па:

$$\Delta p = \frac{Q}{U_{37}} = \frac{4 \cdot 10^{-6}}{2,1 \cdot 10^{-3}} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \quad (6.32)$$

По отриманих даних будуюмо графік розподілення тисків (Схема ділянки вакуумної системи). В елементах трубопроводу приймаємо граничний тиск насоса з вловлювачем 0.4 Па.

Кінематичний розрахунок

Потрібно обчислити привід автомату і вибрати двигун по споживанню електроенергії. Розрахунок проводиться відповідно до наведеної кінематичної схеми приводу капсулятора від робочого органу до двигуна.

Оскільки робочий орган не один, то розрахунок ведемо від кожного робочого органу.

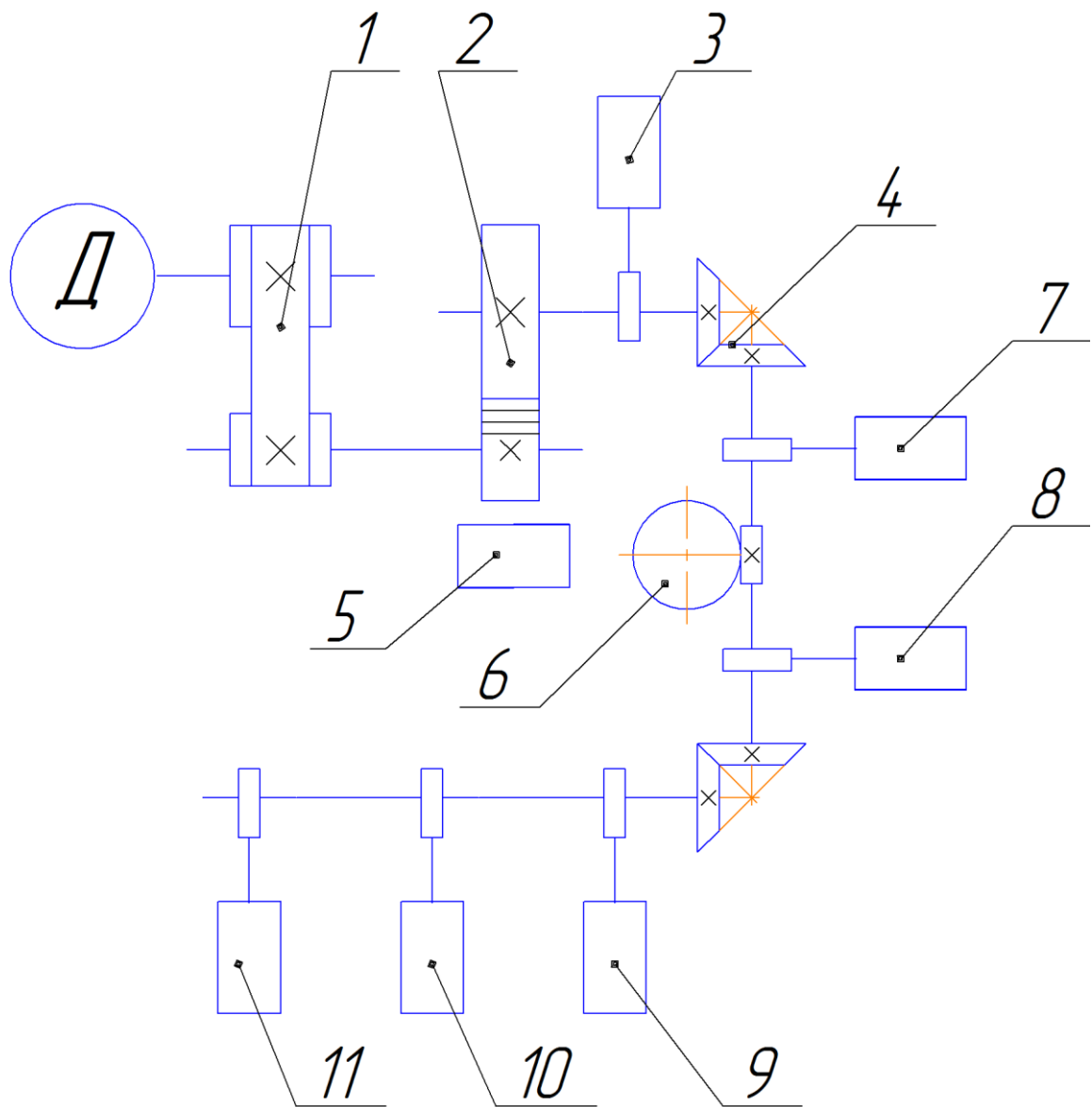


Рис. 6.3 – Кінематична схема приводу автомату

1. клинопасова передача
2. циліндрична прямозуба передача
3. блок завантаження капсул
4. конічна передача
5. робочий стіл (барабан з каретками)
6. червячна передача
7. блок дозування(модернізований)
8. блок дозування
9. блок відбраковки

10. блок закриття

11. блок викиду готових капсул

Робочий стіл

q - число позицій столу

$q = 8$; $m_{к л}$ - маса кареток,

$m_{к л} = 0,3\text{кг}$; d_k - діаметр кареток

$d_k = 40\text{мм}$;

ω_{\max} - максимальна кутова швидкість столу, $\omega_{\max} = 0,26\text{рад/сек}$; ε_{\max} -

максимальне кутове прискорення, $\varepsilon_{\max} = 8\text{рад/сек}$; κ - коефіцієнт тертя

кочення, $\kappa = 5 \cdot 10^{-5}$.

У підшипниковому вузлі використовуємо упорний шарикопідшипник 8310

Із довідника [2] вибираємо розміри упорного шарикопідшипника 8310: d - внутрішній діаметр, $d = 50\text{мм}$;

$D_{\text{ун}}$ - зовнішній діаметр, $D_{\text{ун}} = 95\text{мм}$; $d_{\text{ш}}$ - діаметр кульки, $d_{\text{ш}} = 14,3\text{мм}$.

Визначаємо діаметр розташування кульок

$$D_{\text{ш}} = \frac{D_{\text{ун}} + d}{2}; D_{\text{ш}} = \frac{95 + 50}{2} = 72,5\text{мм}. \quad (6.33)$$

Визначимо масу барабану, розділивши її перетин на геометричні фігури.

Визначимо маси окремих частин, а потім сумуємо їх. Маса кільця:

$$m_1 = V_1 \cdot \rho = \left(\frac{\pi \cdot D_2^2 \cdot h}{4} - \frac{\pi D_1^2 \cdot h}{4} \right) \cdot \rho = \frac{\pi h (D_2^2 - D_1^2) \cdot \rho}{4}, \quad (6.34)$$

де V_1 - об'єм кільця;

ρ - густина сталі, $\rho = 8\text{г/см}^3 = 8000\text{кг/м}^3$;

h - висота кільця, $h = 12\text{см} = 0,12\text{м}$

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 12(92^2 - 64^2) \cdot 8}{4} = 329,2\text{кг}. \quad (6.35)$$

Маса каруселі

$$m_k = m_1 + m_2 + q \cdot m_{к л}, \quad (6.36)$$

$$m_k = 329,2 + 3,5 + 20 \cdot 0,3 = 338,7\text{кг}.$$

Визначаємо статичний момент опору.

$$M_{cm} = K \frac{D_{ш}}{d_{ш}} \cdot G, \quad (6.37)$$

де K - коефіцієнт тертя кочення, $K = 5 \cdot 10^{-5}$ м;

g - прискорення земного тяжіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

$$M_{cm} = 5 \cdot 10^{-5} \frac{72,5}{14,3} \cdot 9,81 \cdot 338,7 = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Щоб визначити максимальний динамічний моменту опору необхідно мати загальний момент інерції барабану разом з каретками.

Загальний момент інерції барабану

$$J_k = J_1 + J_2 + qJ_{кл}, \quad (6.38)$$

де J_1, J_2 - моменти інерції відповідно кільця і основи;

$J_{кл}$ - момент інерції кареток відносно осі обертання барабану.

Момент інерції кільця

$$J_1 = 0,5m_1 \left(\left(\frac{D_2}{2} \right)^2 + \left(\frac{D_1}{2} \right)^2 \right), \quad (6.39)$$

$$J_1 = 0,5 \cdot 338,7 \left(\left(\frac{92}{2} \right)^2 + \left(\frac{64}{2} \right)^2 \right) = 53,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції основи

$$J_2 = 0,5m_2 \left(\frac{d_2}{2} \right)^2, \quad (6.40)$$

$$J_2 = 0,5 \cdot 3,5 \left(\frac{9,6}{2} \right)^2 = 40,3 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 0,004 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент інерції кареток відносно осі обертання барабану

$$J_{кл0} = J_{кл} + m_{кл} \left(\frac{D_0}{2} \right)^2, \quad (6.41)$$

де $J_{кл} = m_{кл} \left(\frac{d_{кл}}{2} \right)^2$ - момент інерції кареток;

$$J_{кл} = 0,3 \left(\frac{4}{2} \right)^2 = 1,2 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 0,00012 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (6.42)$$

$$J_{кл0} = 1,2 + 0,3 \left(\frac{10}{2} \right)^2 = 9 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 0,0009 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Загальний момент інерції барабану

$$J_K = 53,2 + 0,004 + 20 \cdot 0,0009 = 53,22 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (6.43)$$

Максимальний динамічний момент опору барабану

$$M_{Д.маx} = J_k \cdot \varepsilon_{маx}, \quad (6.44)$$

$$M_{Д.маx} = 53,22 \cdot 8 = 425,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо максимальний сумарний момент опору барабану

$$M_{маx} = M_{ст} + M_{Д.маx}, \quad (6.45)$$

$$M_{маx} = 1 + 425,8 = 426,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу кінчного редуктора

$$M_2 = \frac{M_{маx}}{i_{кон.р.} \cdot \eta_{кон.р.}}, \quad (6.46)$$

де $i_{кон.р.}$ - передаточне число кінчного редуктора, $i_{кон.р.} = 4$;

$\eta_{кон.р.}$ - коефіцієнт корисної дії кінчного редуктора, $\eta_{кон.р.} = 0,97$;

$$M_2 = \frac{426,8}{4 \cdot 0,97} = 110 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу циліндричної прямозубої передачі

$$M_3 = \frac{M_2}{i_{цил.п.} \cdot \eta_{цил.п.} \cdot \eta_{п.п.}^2}, \quad (6.47)$$

де $i_{цил.п.}$ - передаточне число циліндричної передачі, $i_{цил.п.} = 2$;

$\eta_{цил.п.} \cdot \eta_{п.п.}$ - коефіцієнти корисної дії відповідно циліндричної передачі та пар підшипників, $\eta_{цил.п.} = 0,98$, $\eta_{п.п.} = 0,995$;

$$M_3 = \frac{110}{2 \cdot 0,98 \cdot 0,995^2} = 56,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу кінчного редуктора

$$M_4 = \frac{M_3}{i_{кон.р.} \cdot \eta_{кон.р.}}, \quad (6.48)$$

$$M_4 = \frac{56,7}{4 \cdot 0,97} = 14,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу двигуна від даної гілки кінематичної схеми приводу :
автомату

$$M_5 = \frac{M_4}{i_{ч.р.} \cdot \eta_{ч.р.} \cdot \eta_m}, \quad (6.49)$$

де $i_{ч.р.}$ - передаточне число черв'ячного редуктора, $i_{ч.р.} = 12,5$;

$\eta_{ч.р.}, \eta_m$ - коефіцієнти корисної дії відповідно черв'ячного редуктора та муфти, $\eta_{ч.р.} = 0,75, \eta_m = 0,99$;

$$M_5 = \frac{14,6}{0,75 \cdot 12,5 \cdot 0,99} = 1,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність приводу барабану, приведена до валу двигуна:

$$N_{\text{дв1}} = \frac{M_5 \cdot n_{\text{дв}}}{9550}, \quad (6.50)$$

$$N_{\text{дв1}} = \frac{1,6 \cdot 1000}{9550} = 0,17 \text{ кВт}.$$

Розрахунок крутних моментів і потужності приводу автомату від розвантажувального колеса

m - маса розвантажувального колеса, $m = 3 \text{ кг}$;

R - зовнішній радіус розвантажувального колеса, $R = 0,15 \text{ м}$;

τ - час розгону розвантажувального колеса, $\tau = 0,0198 \text{ с}$;

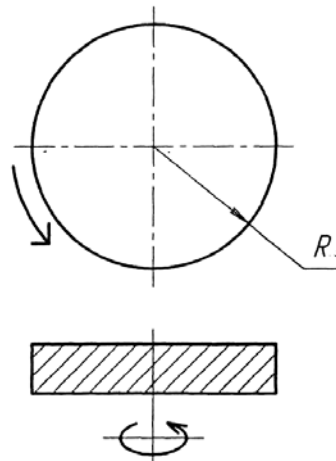


Рис. 6.4 – Ескіз розвантажувального колеса

Крутний момент на валу розвантажувального колеса

$$M_1 = \frac{m \cdot R^2}{\tau^2}, \quad (6.51)$$

$$M_1 = \frac{3 \cdot 0,15^2}{0,0198^2} = 172,18 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу черв'ячного редуктора

$$M_2 = \frac{M_1}{i_{ч.р.} \cdot \eta_{ч.р.} \cdot \eta_{н.н.} \cdot \eta_m^2}, \quad (6.52)$$

де $i_{ч.р.}$ - передаточне число черв'ячного редуктора, $i_{ч.р.} = 12,5$;

$\eta_{ч.р.}, \eta_{н.н.}, \eta_m$ - ККД відповідного черв'ячного редуктора пар підшипників та муфти, $\eta_{ч.р.} = 0,75, \eta_m = 0,995, \eta_{н.н.} = 0,995$;

$$M_2 = \frac{172,18}{12,5 \cdot 0,75 \cdot 0,995 \cdot 0,99^2} = 18,83 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу двигуна

$$M_3 = \frac{M_2}{i_{ч.р.} \cdot \eta_{ч.р.}}, \quad (6.53)$$

де $i_{ч.р.}$ - передаточне число черв'ячного редуктора, $i_{ч.р.} = 12,5$;

$\eta_{ч.р.}$ - коефіцієнти корисної дії черв'ячного редуктора, $\eta_{ч.р.} = 0,75$;

$$M_3 = \frac{18,83}{12,5 \cdot 0,75} = 2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність, приведена до вала двигуна від даної гілки приводу

$$N_{дв.2} = \frac{M_3 \cdot n_{дв.2}}{9550}, \quad (6.54)$$

$$N_{дв.2} = \frac{2 \cdot 1000}{9550} = 0,21 \text{ кВт}.$$

Розрахунок крутних моментів і потужності приводу автомату від блоку дозування

m - маса блоку дозування, $m = 15 \text{ кг}$;

R - зовнішній радіус блоку дозування,

$R = 0,15 \text{ м}; \tau$ - час розгону блоку дозування, $\tau = 0,0198 \text{ с}$.

Крутний момент на валу блоку дозування

$$M_1 = \frac{m \cdot R^2}{\tau^2}, \quad (6.55)$$

$$M_1 = \frac{15 \cdot 0,15^2}{0,0198^2} = 860,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу пасової передачі

$$M_2 = \frac{M_1}{i_{л.н.} \cdot \eta_{л.н.} \cdot \eta_{н.н.} \cdot \eta_m}, \quad (6.56)$$

де $i_{л.л.}$ - передаточне число пасової передачі, $i_{л.л.} = 1$;

$\eta_{л.л.}, \eta_{н.л.}, \eta_{м.}$ - коефіцієнти корисної дії відповідно ланцюгової передачі пар підшипників та муфти, $\eta_{л.л.} = 0,75, \eta_{н.л.} = 0,99, \eta_{м.} = 0,995$;

$$M_2 = \frac{860,9}{1 \cdot 0,92 \cdot 0,995 \cdot 0,99} = 949,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу на валу черв'ячного редуктора

$$M_3 = \frac{M_2}{i_{ч.р.} \cdot \eta_{ч.р.} \cdot \eta_{м.}}, \quad (6.57)$$

де $i_{ч.р.}$ - передаточне число черв'ячного редуктора, $i_{ч.р.} = 12,5$;

$\eta_{ч.р.}, \eta_{м.}$ - коефіцієнти корисної дії відповідно черв'ячного редуктора та муфти, $\eta_{ч.р.} = 0,75, \eta_{м.} = 0,995$;

$$M_3 = \frac{949,9}{12,5 \cdot 0,75 \cdot 0,99} = 102,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу двигуна

$$M_4 = \frac{M_3}{i_{ч.р.} \cdot \eta_{ч.р.}}, \quad (6.58)$$

$$M_4 = \frac{102,3}{12,5 \cdot 0,75} = 10,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Потужність, приведена до вала двигуна від даної гілки

$$N_{\text{дв.3}} = \frac{M_4 \cdot n_{\text{дв.}}}{9550}, \quad (6.59)$$

$$N_{\text{дв.3}} = \frac{10,9 \cdot 1000}{9550} = 1,14 \text{ кВт}.$$

Знаходимо загальну потужність, споживаєму приводом усього автомату від двигуна

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{дв1}} + N_{\text{дв2}} + 2 \cdot N_{\text{дв3}}, \quad (6.60)$$

$$N_{\text{дв}} = 0,17 + 0,21 + 2 \cdot 1,14 = 2,66 \text{ кВт}.$$

За результатами кінематичного розрахунку вибираємо асинхронний двигун 4А80В6УВ з такими параметрами:

$$N = 3 \text{ кВт}, n_{\text{дв}} = 1000 \text{ об/хв}, \eta = 0,74$$

Механічний розрахунок

Розрахунок вала

Сили, що діють на зубчасте колесо конічного редуктора:

Колова сила

$$F_t = \frac{2T}{d_\omega}, \quad (6.61)$$

де T - крутний момент на валу, $T = 14,6H$;

d_ω - діаметр зубчастого колеса конічного редуктора, $d_\omega = 0,08m$;

$$F_t = \frac{2 \cdot 14,6}{0,08} = 365H.$$

Радіальна сила

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta, \quad (6.62)$$

де δ - кут нахилу ланцюгової передачі до горизонту, $\delta = 45^\circ$;

$$F_r = 365 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 45^\circ = 94H.$$

Осьова сила

$$F_a = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta, \quad (6.63)$$

$$F_a = 365 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \sin 45^\circ = 94H.$$

Сили, що діють на вал від черв'ячної передачі

$$F_t = \frac{2T}{d_\omega}, \quad (6.64)$$

де T - крутний момент на валу ланцюгової передачі, $T = 114,71H$ і;

d_ω - діаметр зубчастого колеса черв'ячної передачі, $d_\omega = 0,104m$;

$$F_t = \frac{2 \cdot 114,71}{0,104} = 283H.$$

Навантаження, що діє на вал

$$R = 1,2F_t, \quad (6.65)$$

$$R = 1,2 \cdot 283 = 340H.$$

Горизонтальна та вертикальна складові сили R

$$F_1 = R \cdot \cos \delta, \quad (6.66)$$

$$F_1 = 340 \cdot \cos 45^\circ = 240H,$$

$$F_2 = R \cdot \sin \delta, \quad (6.67)$$

$$F_2 = 340 \cdot \sin 45^\circ = 240H.$$

Щоб знайти реакцію R_b знайдемо суму моментів всіх сил, що діють на вал в горизонтальній площині відносно точки А і прирівняємо її до нуля.

$$\sum M_{AX} = 0, \quad (6.68)$$

$$-F_2 \cdot a - F_a \frac{d_\omega}{2} + F_r \cdot b + R_b(d+c) = 0,$$

$$R_b = \frac{F_2 \cdot a + F_a \cdot \frac{d_\omega}{2} - F_r \cdot b}{b+c}, \quad (6.69)$$

$$R_b = \frac{240 \cdot 96 + 94 \cdot 40 - 94 \cdot 40}{80} = 288H.$$

Щоб знайти реакцію R_a прирівняємо суму моментів всіх сил, що діють на вал в горизонтальній площині відносно точки В до нуля.

$$\sum M_{BX} = 0, \quad (6.70)$$

$$-F_2(a+b+c) + R_a(b+c) - F_a \frac{d_\omega}{2} - F_r \cdot c = 0,$$

$$R_a = \frac{F_2 \cdot (a+b+c) + F_a \cdot \frac{d_\omega}{2} + F_r \cdot c}{b+c}, \quad (6.71)$$

$$R_a = \frac{240(40+40+96) + 94 \cdot 40 + 94 \cdot 40}{40+40} = 622H.$$

Перевіримо чи вірно ми розрахували реакції R_a і R_b . Повинна виконуватись умова:

$$-F_2 + R_a - F_r - R_b = 0, \quad (6.72)$$

$$-240 + 622 - 94 - 288 = 0,$$

$$0 = 0 - \text{вірно.}$$

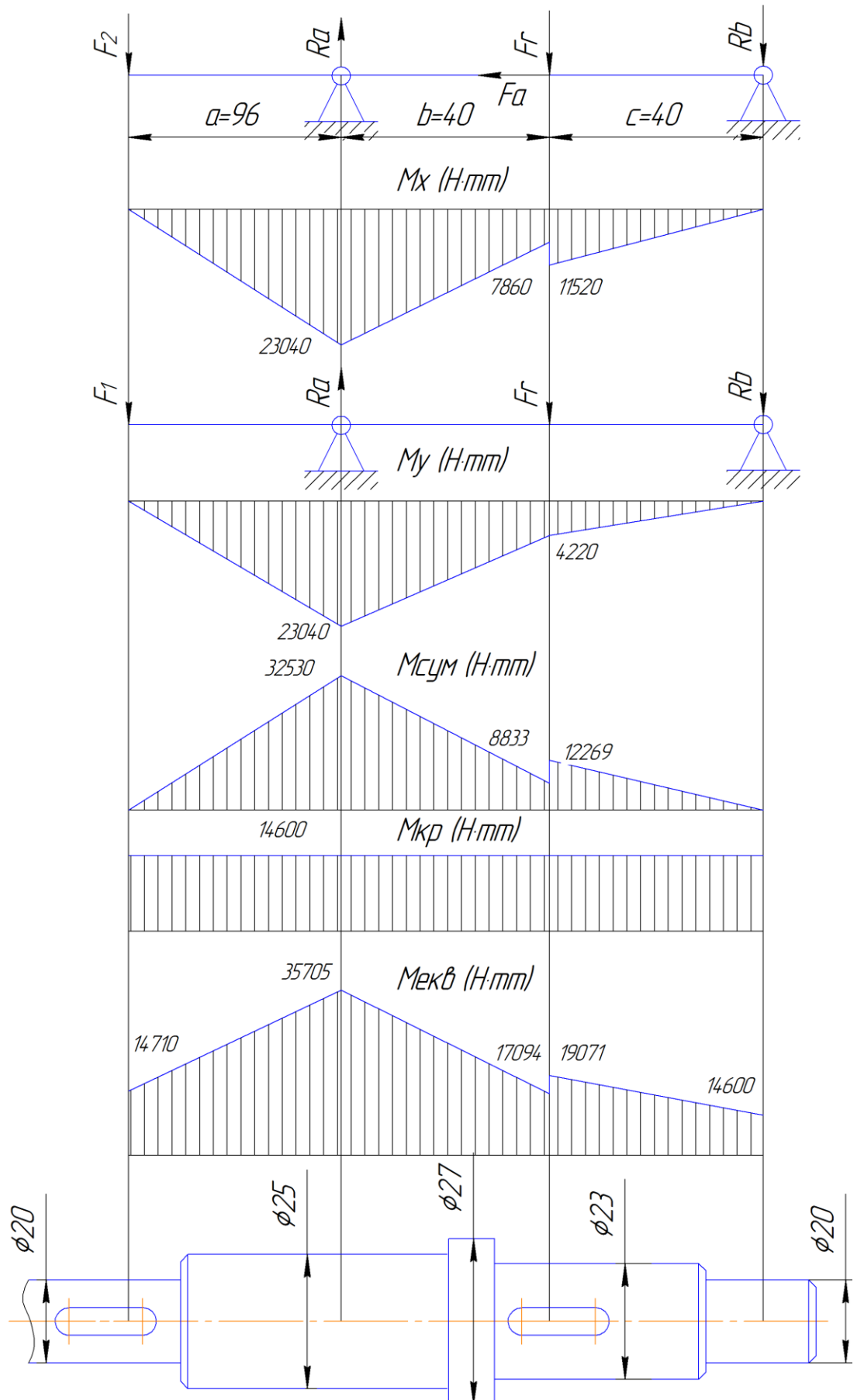


Рис. 6.5 – Епюри навантажень та ескіз вала

Для знаходження моментів, що діють на вал розіб'ємо його на окремі ділянки.

I Ділянка $0 < x < 96$

Момент, що діє на ділянку в горизонтальній площині знаходиться за формулою

$$M_{(x)} = -F_2 \cdot x, \quad (6.73)$$

$$M_{(x=0)} = 0H \cdot \text{мм}, \quad (6.74)$$

$$M_{(x=96)} = -240 \cdot 96 = -23040H \cdot \text{мм}. \quad (6.75)$$

II Ділянка $96 < x < 136$

Момент, що діє на ділянку в горизонтальній площині знаходиться за формулою

$$M_{(x)} = -F_2 \cdot x + R_a \cdot (x - 96), \quad (6.76)$$

$$M_{(x=96)} = -23040H \cdot \text{мм}, \quad (6.77)$$

$$M_{(x=136)} = -240 \cdot 136 + 622 \cdot 40 = -7760H \cdot \text{мм}. \quad (6.78)$$

III Ділянка $136 < x < 176$

Момент, що діє на ділянку в горизонтальній площині знаходиться за формулою

$$M_{(x)} = -F_2 \cdot x + R_a(x - 96) - F_r(x - 136) - F_a \frac{d_\omega}{2}, \quad (6.79)$$

$$M_{(x=136)} = -240 \cdot 136 + 622 \cdot 40 - 94 \cdot 40 = -11520H \cdot \text{мм}, \quad (6.80)$$

$$M_{(x=176)} = -240 \cdot 176 + 622 \cdot 80 - 94 \cdot 40 - 94 \cdot 40 = 0H \cdot \text{мм}. \quad (6.81)$$

Щоб знайти реакцію R_b знайдемо суму моментів всіх сил, що діють в вертикальній площині відносно точки А і прирівняємо її до нуля.

$$\sum M_{AY} = 0, \quad (6.82)$$

$$-F_1 \cdot a + F_t \cdot b + R_b(b + c) = 0,$$

$$R_b = \frac{F_1 \cdot a - F_t \cdot b}{b + c}, \quad (6.83)$$

$$R_b = \frac{240 \cdot 96 - 365 \cdot 40}{80} = 105,5H \cdot \text{мм}.$$

Щоб знайти реакцію R_A прирівняємо суму моментів всіх сил, що діють

на вал в вертикальній площині відносно точки В до нуля.

$$\sum M_{BY} = 0, \quad (6.84)$$

$$R_a = \frac{-F_1 \cdot (a+b+c) + F_t \cdot c}{(b+c)}, \quad (6.85)$$

$$R_a = \frac{240 \cdot (40 + 40 + 96) + 365 \cdot 40}{80} = 710,5H \cdot \text{мм}.$$

Перевіримо чи вірно ми розрахували реакції R_a і R_b що діють в вертикальній площині. Повинна виконатись умова

$$-F_1 + R_a - F_t - R_b = 0, \quad (6.86)$$

$$-240 + 710,5 - 365 - 105,5 = 0,$$

$0 = 0$ - вірно.

I Ділянка $0 < x < 96$

Момент, що діє на ділянку в вертикальній площині знаходиться за формулою

$$M_{(x)} = -F_1 \cdot x, \quad (6.87)$$

$$M_{(x=0)} = 0H \cdot \text{мм}, \quad (6.88)$$

$$M_{(x=96)} = -240 \cdot 96 = -23040H \cdot \text{мм}. \quad (6.89)$$

II Ділянка $0 < x < 136$

Момент, що діє на ділянку в вертикальній площині знаходиться за формулою

$$M_{(x)} = -F_1 \cdot x + R_a \cdot (x - 96), \quad (6.90)$$

$$M_{(x=96)} = -23040H \cdot \text{мм}, \quad (6.91)$$

$$M_{(x=136)} = -240 \cdot 136 + 710,5 \cdot 40 = -4220H \cdot \text{мм}. \quad (6.92)$$

III Ділянка $136 < x < 176$

Момент, що діє на ділянку в вертикальній площині знаходиться за формулою

$$M_{(x)} = -F_1 \cdot x + R_a(x - 96) - F_t(x - 136), \quad (6.93)$$

$$M_{(x=136)} = -240 \cdot 136 + 710,5 \cdot 40 = -4220H \cdot \text{мм}, \quad (6.94)$$

$$M_{(x=176)} = -240 \cdot 176 + 710,5 \cdot 80 - 365 \cdot 40 = 0H \cdot \text{мм}. \quad (6.95)$$

Знайдемо сумарну дію моментів , що діють на вал в горизонтальній і вертикальній площині

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}, \quad (6.96)$$

$$M_{\text{сум1}} = \sqrt{23040^2 + 23040^2} = 32583H \cdot \text{мм},$$

$$M_{\text{сум2}} = \sqrt{7760^2 + 4220^2} = 8833H \cdot \text{мм},$$

$$M_{\text{сум3}} = \sqrt{11520^2 + 4220^2} = 12269H \cdot \text{мм}.$$

Для знаходження еквівалентного моменту скористаємось наступною формулою

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\text{сум}}^2 + M_{\text{кр}}^2}, \quad (6.97)$$

$$M_{\text{екв1}} = \sqrt{32583^2 + 14600^2} = 35705H \cdot \text{мм},$$

$$M_{\text{екв2}} = \sqrt{8833^2 + 14600^2} = 17064H \cdot \text{мм},$$

$$M_{\text{екв3}} = \sqrt{12269^2 + 14600^2} = 19071H \cdot \text{мм}.$$

Розрахуємо розрахункові діаметри вала в небезпечних точках перерізу вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{екв}}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}} \quad (6.98)$$

де $[\sigma_{-1}]$ - допустима границя міцності сталі, $[\sigma_{-1}] = 82 \text{МПа}$;

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{37505}{0,1 \cdot 82}} = 16,3 \text{мм},$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{17064}{0,1 \cdot 82}} = 22,8 \text{мм},$$

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{19071}{0,1 \cdot 82}} = 23,2 \text{мм}.$$

7. Технологічний маршрут виготовлення шестерні

Службове призначення деталі

У даній кваліфікаційній роботі модернізується автомат для наповнення твердих ЖК. Одними з основних робочих органів даного обладнання кінематичні передачі. Шестерня є однією із складальних одиниць передач. Основна мета передачі - це передача крутного моменту.

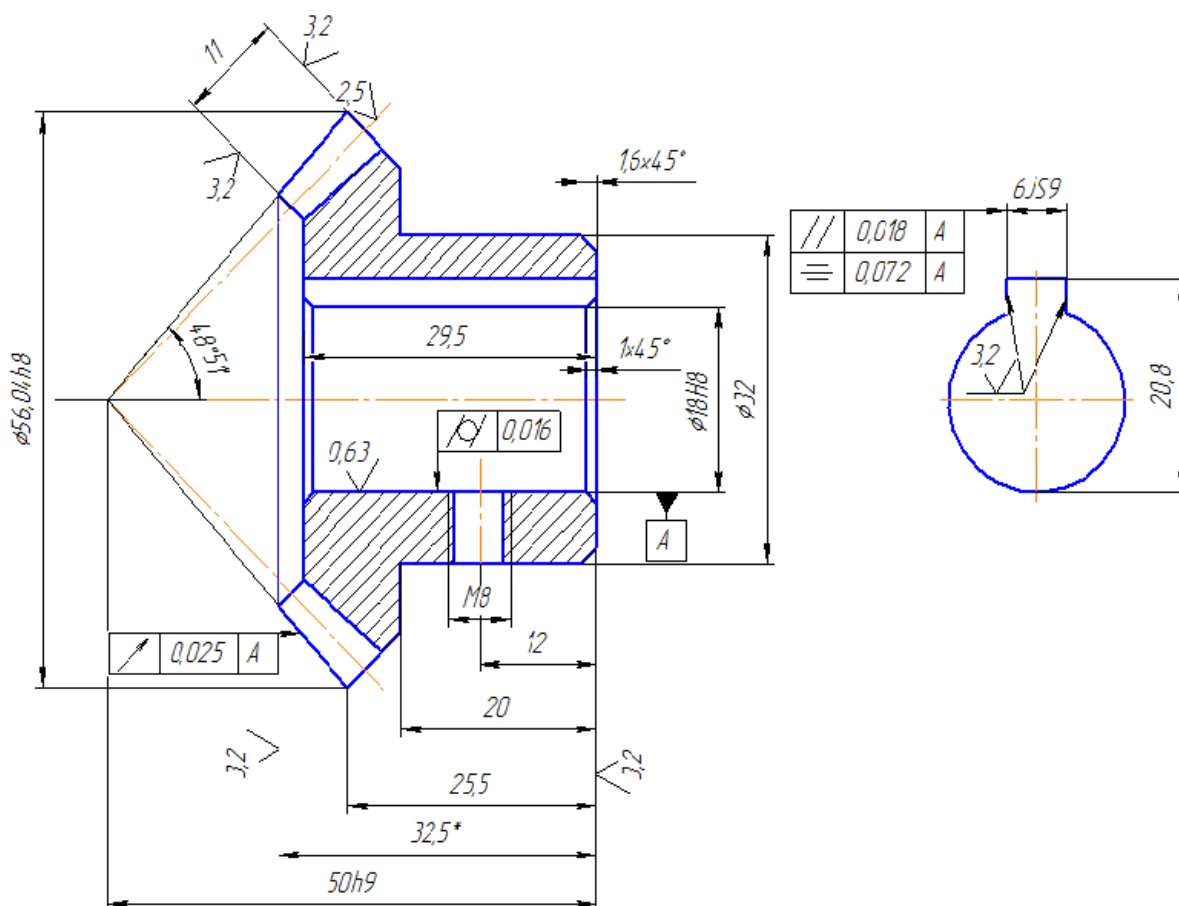


Рис. 7.1 - Шестерня

Вибір заготовки

10 – заготівельна операція.

Згідно з конструктивними особливостями шестерні та особливостями її виготовлення, в якості вихідного матеріалу використовуємо Сталь 45.

Заготовку беремо виготовлену об'ємним штампуванням.

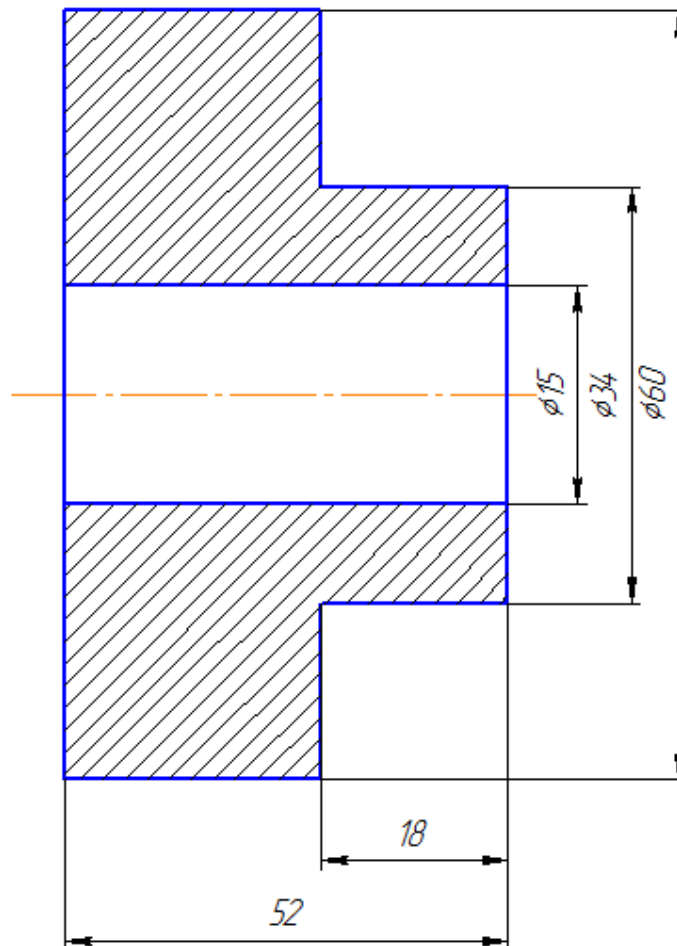


Рис. 7.2 - Ескіз заготовки

Розробка плану операцій та опис технологічного процесу

ВИГОТОВЛЕННЯ ПРИВІДНОГО ВАЛА ШЛЮЗОВОГО ЗАТВОРУ

Основою для проектування механічної обробки деталей та технічного процесу (ТП) підрозділу та продукції є виробнича програма, робочі креслення виробів і деталей та технічні умови на їх виготовлення.

ТП, який розробляється, повинен забезпечувати: підвищення продуктивності та якості продукції. Зменшення витрат на роботу та матеріалів. Зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище, створене людиною. Впровадження основних значень індикаторів.

Проектування починається з аналізу вихідних даних для розробки ТП.

Необхідно за наявними відомостями виробничими та експлуатаційними вимогами на виріб ознайомитися з його призначенням і конструкцією, з вимогами до його виготовлення й експлуатації.

Згідно з класифікатором заготовок, методом розрахунку і техніко-економічною оцінкою заготовок, стандартами і технічними умовами на заготовку та матеріал вибирають вихідну заготовку і методи її виготовлення, дають ТЕО вибору заготовки.

Потім вибирають технологічні бази, виконують оцінку точності і надійності базування в залежності від виду технологічного процесу.

Відповідно до типового, групового або одиничного документа про обробку ТП, він визначає технічний маршрут обробки та визначає послідовність технічних операцій, номенклатура обладнання та конфігурацію технічних пристроїв.

Основним етапом є розробка технологічних операцій і та обчислення режимів обробки. На підставі документації типових групових чи одиничних технологічних операцій і класифікатора операцій складають послідовність переходів, вибирають ЗТО, у тому числі засоби контролю і випробувань з урахуванням метрологічного забезпечення.

За методикою розрахунку економічної ефективності процесів вибирають оптимальний ТП.

Заключна розробка ТП на основі стандарту ЕСТД створюються документи та забезпечується нормальний контроль технічної документації.

Технологічний маршрут виготовлення зубчастого блоку

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
1	2	3
10 10.1	Заготівельна Виготовити заготовку об'ємним штампуванням зі сталі 45а	Горизонтально-кувальний автомат
20 20.1 20.2 20.3 20.4 20.5 20.6 20.7 20.8	Токарна Установити, закріпити і зняти деталь (УЗЗ) Торцювати Торцювати в розмір 20 Точити поверхню $\varnothing 32$ на довжину 20 Розточити поверхню $\varnothing 18H8$ начорно Розточити поверхню $\varnothing 18H8$ напівчисто Розвернути поверхню $\varnothing 18H8$ остаточна Точити фаску $1 \times 45^\circ$ Точити фаску $1,6 \times 45^\circ$	Токарно-гвинторізний 16K20 3-кулачковий патрон Різець підрізний правий, T15K6 Різець підрізний правий, T15K6 Різець прохідний правий, $\varphi = 90^\circ$, T15K6 Різець розточний, T15K6 Розвертка $\varnothing 18H8$, P6M5, пробка $\varnothing 18H8$ Різець прохідний відігнутий правий, $\varphi = 45^\circ$, T15K6
30 30.1 30.2 30.3 30.4 30.5	Токарна УЗЗ Торцювати в розмір 32,5 Точити основний вінець, витримавши розмір 56,04 і кут $48^\circ 51'$ Точити допоміжний вінець, витримавши розмір 11 Точити виямку зі сторони основного конусу Точити фаску $1 \times 45^\circ$	Токарно-гвинторізний 16K20 3-кулачковий патрон, упор Різець підрізний правий, T15K6 Різець прохідний відігнутий правий, $\varphi = 48^\circ 51'$, T15K6 Різець прохідний відігнутий лівий, $\varphi = 45^\circ$, T15K6 Різець розточний відігнутий правий, $\varphi = 45^\circ$, T15K6
40 40.1	Протягувальна УЗЗ Протагнути шпонковий паз 6Js9	Протяжний 75A 510 Оправка під протяжку, адаптер, упор Протяжка 6Js9, P6M5, ШЦ1
50 50.1	Зубостругальна УЗЗ Нарізати конічні зубці $m = 2$, $z = 26$	Зубостругальний 523 Оправка, упор, затискач Різці зубостругальні, P6M5
60 60.1 60.2	Свердлильна УЗЗ Свердлити отвір під різьбу M8 Нарізати різьбу M8	Свердлильний 2A125 Кондуктор Свердло $\varnothing 6,8$, P6M5 Мітчик машинний M8, P6M5

Розрахунок припусків.

Розрахунок загального припуску штампованої заготовки проведемо по найточнішому розміру $\emptyset 18H8$.

Припуск на розвертання

$$2Z_{3\min} = 2 \left(R_{z2} + D_2 + \sqrt{T_{\text{пр}2}^2 + \varepsilon_{y3}^2} \right),$$

де R_{z2} – відповідно висота мікронерівностей, D_2 , - глибина дефектного шару, $T_{\text{пр}2}$ - сумарна просторова похибка при напівчистовому точінні;

ε_{y3} – похибка установлення при розвертанні.

Для деталі при напівчистовому точінні $R_{z2} = 25$ мкм, $D_2 = 25$ мкм.

При установленні деталі в 3-кулачковий патрон $T_{\text{пр}2} = 100$ мкм і $\varepsilon_{y3} = 100$ мкм.

Тоді маємо

$$2Z_{3\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 383 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\max} = 2Z_{2\min} + T_2 - T_3,$$

де T_2 – допуск розміру при напівчистовому точінні, $T_2 = IT11 = 110$ мкм

T_3 – допуск при розвертанні, $T_3 = IT8 = 27$ мкм

$$2Z_{3\max} = 383 + 110 - 27 = 466 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\text{ном}} = \frac{2Z_{3\max} + 2Z_{3\min}}{2} = \frac{466 + 383}{2} = 424,5 \text{ мкм}$$

Припуск на напівчистове точіння

$$2Z_{2\min} = 2 \left(R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{y2}^2} \right),$$

де R_{z1} – відповідно висота мікронерівностей, D_1 - глибина дефектного шару, $T_{\text{пр}1}$ - сумарна просторова похибка при чорновому точінні;

ε_{y2} – похибка установлення при напівчистовому точінні.

При чорновому точінні $R_{z1} = 50$ мкм, $D_1 = 50$ мкм.

При установленні деталі в 3-кулачковий патрон $T_{\text{пр}1} = 100$ мкм і $\varepsilon_{y2} = 100$ мкм.

Тоді маємо

$$2Z_{2min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 483 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2max} = 2Z_{2min} + T_1 - T_2,$$

де T_1 – допуск розміру при чорновому точінні, $T_1 = IT12 = 180 \text{ мкм}$

$$2Z_{2max} = 483 + 180 - 110 = 553 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2ном} = \frac{2Z_{2max} + 2Z_{2min}}{2} = \frac{553 + 483}{2} = 518 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння

$$2Z_{1min} = 2 \left(R_{z0} + D_0 + \sqrt{T_{пр0}^2 + \varepsilon_{y1}^2} \right),$$

де R_{z0} – відповідно висота мікронерівностей, D_0 - глибина дефектного шару, $T_{пр0}$ - сумарна просторова похибка штампування;

ε_{y2} – похибка установаження при чорновому точінні.

Для штампованих поковок масою до 4 кг $R_{z0} = 160 \text{ мкм}$, $D_0 = 200 \text{ мкм}$.

Просторову похибку штампованої поковки масою менше 0,63 кг маємо

$$T_{пр0} = 600 \text{ мкм}$$

При установаженні деталі в 3-кулачковий патрон $\varepsilon_{y1} = 100 \text{ мкм}$.

$$2Z_{1min} = 2(160 + 200 + \sqrt{600^2 + 100^2}) = 1936,5 \text{ мкм}$$

Тоді загальний припуск

$$2Z_{сум} = \sum 2Zi_{ном} = 424,5 + 518 + 1936,5 = 2879 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{сум} = 3 \text{ мм}$.

Маса деталі

$$M_{дет} = V_d \cdot \rho = 0,000053841 \cdot 7800 = 0,42 \text{ кг}$$

Маса заготовки

$$M_{заг} = V_3 \cdot \rho = 0,000079085 \cdot 7800 = 0,62 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_M = \frac{M_{дет}}{M_{заг}} = \frac{0,42}{0,62} = 0,7$$

Розрахунок операцій

20. Токарна

Перехід 20.1. Точити торець.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 1,5 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки зі сталі діаметром 34 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,6-1,2 мм/об.

Приймаємо $s = 1$ мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,45}} = \frac{120}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,45}}$$

Приймаємо стійкість різця $T = 60$ хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{120}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 49,87 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 49,87}{3,14 \cdot 34} = 467 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 400$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 400}{1000} = 42,7 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

l – довжина оброблення безпосередньо на деталі, $l = 17$ мм;

l_1 – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею, $l_1 = 2$ мм;

l_2 – величина врізання інструменту, $l_2 = 2$ мм;

l_3 – величина перебігу різця, $l_3 = 2$ мм.

$$L = 17 + 2 + 2 + 2 = 23 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{23}{1 \cdot 400} = 0.06$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

t_1 – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця на розмір при автоматичній подачі, $t_1 = 0,05$ хв;

t_2 – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як перша операція і виставляються параметри, то $t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$;

t_3 – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу, оскільки потреби в заміні інструменту та інших діях немає, то $t_3 = 0$.

$$t_{д1} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

Перехід 20.2. Точити торець в розмір 20.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 2 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки зі сталі діаметром 56 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,5-0,9 мм/об.

Приймаємо $s = 0,6$ мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{150}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}}$$

Приймаємо стійкість різця $T = 60$ хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{150}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} = 70,9 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 70,9}{3,14 \cdot 56} = 403,2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата $n_B = 400$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 400}{1000} = 70,3 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l = 12 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}; l_3 = 2 \text{ мм.}$$

$$L = 12 + 2 + 2 + 2 = 18 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{18}{0,6 \cdot 400} = 0,075$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{d2} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

Перехід 20.3. Точити поверхню $\Phi 32$ на довжину 20.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 2 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки зі сталі діаметром до 60 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,5-0,9 мм/об.

Приймаємо $s = 0,8$ мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{120}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,45}}$$

Приймаємо стійкість різця $T = 60$ хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{120}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} = 51,1 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 51,1}{3,14 \cdot 34} = 478,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 400$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 400}{1000} = 42,7 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l = 20 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = 0; l_3 = 0.$$

$$L = 20 + 2 = 22 \text{ мм}$$

$$t_{03} = \frac{22}{0,8 \cdot 250} = 0,11 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{дз} = 0,05 + 0,05 + 0,6 = 0,7 \text{ хв}$$

Перехід 20.4. Розточити отвір $\Phi 18H8$ начорно.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 1,936 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 0,15 мм/об.

Швидкість різання

$$V = \frac{230}{60^{0,3} \cdot 1,936^{0,1} \cdot 0,15^{0,25}} = 101,4 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 101,4}{3,14 \cdot 15} = 2152 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 1600$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15 \cdot 1600}{1000} = 75,4 \text{ м/хв}$$

Довжина обробки

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l = 32,5 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = 0; l_3 = 0.$$

$$L = 32,5 + 2 = 34,5 \text{ мм}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{04} = \frac{34,5}{0,15 \cdot 1600} = 0,14 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д4} = 0,05 + 0,1 + 0,6 = 0,75 \text{ хв}$$

Перехід 20.5. Розточити отвір $\Phi 18H8$ напівчисто.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 0,518 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 0,1-0,2 мм/об.

Приймаємо $s = 0,15$ мм/об.

Швидкість різання

$$V = \frac{230}{60^{0,3} \cdot 0,518^{0,1} \cdot 0,15^{0,25}} = 115,3 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 115,3}{3,14 \cdot 16,936} = 2168 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 1600$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16,936 \cdot 1600}{1000} = 85,1 \text{ м/хв}$$

Довжина обробки

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l = 32,5 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = 0; l_3 = 0.$$

$$L = 32,5 + 2 = 34,5 \text{ мм}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{05} = \frac{34,5}{0,15 \cdot 1600} = 0,14 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д5} = 0,05 \text{ хв}$$

Перехід 20.6. Розвернути отвір $\Phi 18H8$ начисто.

Глибина різання в даному випадку

$$t = \frac{0,546}{2} = 0,273 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 0,7-1,0 мм/об.

Приймаємо $s = 1,0$ мм/об.

Швидкість різання

$$V = \frac{8,1d^{0.3}}{T^{0.4} \cdot t^{0.2} \cdot S^{0.65}} = \frac{12,1 \cdot 18^{0.3}}{40^{0.4} \cdot 0,273^{0.2} \cdot 1^{0.25}} = 8,56 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 8,56}{3,14 \cdot 17,454} = 156,2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 160$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 17,454 \cdot 160}{1000} = 8,8 \text{ м/хв}$$

Довжина обробки

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l = 32,5$ мм; $l_1 = 2$ мм; $l_2 + l_3 = 2$ мм.

$$L = 32,5 + 2 + 2 = 36,5 \text{ мм}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{06} = \frac{36,5}{1 \cdot 160} = 0,23 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д6} = 0,05 + 0,1 + 0,6 = 0,75 \text{ хв}$$

Перехід 20.6 Точити фаску 1x45.

При знятті фаски до 2 мм на поверхні діаметром до 100 мм оперативний час на зняття фаски $T_{оп6} = 0,18$ хв.

Перехід 20.7 Точити фаску 1,6x45.

При знятті фаски до 2 мм на поверхні діаметром до 100 мм оперативний час на зняття фаски $T_{оп7} = 0,18$ хв.

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,06 + 0,075 + 0,11 + 0,14 + 0,14 + 0,23 = 0,76 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_D = t_y + \sum t_{\Delta i}$$

t_y – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, при закріпленні у 3-кулачковому патроні $t_y = 0,18$ хв.

$$T_D = 0,18 + 0,15 + 0,15 + 0,7 + 0,75 + 0,05 + 0,75 = 2,73 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_0 + T_D + T_{оп} = 0,76 + 2,73 + 0,18 + 0,18 = 3,85 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{об} = 2\% T_{оп}$ і час на відпочинок і природні потреби $T_{пп} = 4\% T_{оп}$.

$$T_{шт} = 3,85 + (0,02 + 0,04) \cdot 3,85 = 4,08 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}$$

Час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів $T_{пз1} = 10$ хв, час на налагодження оброблення в патроні $T_{пз2} = 8$ хв.

$$T_{пз} = 10 + 8 = 18 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 4,08 + \frac{18}{200} = 4,17 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{4,17} = 14 \text{ деталей/год}$$

30. Токарна.

Перехід 30.1. Точити торець в розмір 32,5.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 2 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки зі сталі діаметром 60 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,6-1,2 мм/об.

Приймаємо $s = 1$ мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{120}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,45}}$$

Приймаємо стійкість різця $T = 60$ хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{120}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1^{0,45}} = 47,7 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 47,7}{3,14 \cdot 60} = 253 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата $n_B = 250$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 250}{1000} = 47,1 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

l – довжина оброблення безпосередньо на деталі, $l = 21$ мм;

l_1 – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання, $l_1 = 2$ мм;

l_2 – величина врізання інструменту, $l_2 = 2$ мм;

l_3 – величина перебігу різця, $l_3 = 2$ мм.

$$L = 21 + 2 + 2 + 2 = 27 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{27}{1 \cdot 250} = 0,1$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{d1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

t_1 – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця на розмір при автоматичній подачі, $t_1 = 0,05$ хв;

t_2 – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як перша операція і виставляються параметри, то $t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$;

t_3 – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу, $t_3 = 0$.

$$t_{д1} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

Перехід 30.2. Точити основний вінець, витримавши розмір 56,04 і кут 48°51'.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 2 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців прохідних відігнутих правих, $\varphi = 48^\circ 51'$, Т15К6 при обробленні заготовки зі сталі діаметром 60 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,5-0,9 мм/об.

Приймаємо $s = 0,6$ мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{150}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}}$$

Приймаємо стійкість різця $T = 60$ хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{150}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} = 70,9 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 70,9}{3,14 \cdot 60} = 376 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата $n_B = 400$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 400}{1000} = 75,4 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l = 8 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}; l_3 = 2 \text{ мм}.$$

$$L = 8 + 2 + 2 + 2 = 14 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{14}{0,6 \cdot 400} = 0,06$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{d2} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

Перехід 30.3. Точити допоміжний вінець, витримавши розмір 11.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 2 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців прохідних відігнутих лівих, $\varphi = 45^\circ$, Т15К6 при обробленні заготовки зі сталі діаметром 60 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,5-0,9 мм/об.

Приймаємо $s = 0,6$ мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{150}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}}$$

Приймаємо стійкість різця $T = 60$ хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{150}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} = 70,9 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 70,9}{3,14 \cdot 60} = 376 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата $n_B = 400$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 400}{1000} = 75,4 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l = 8 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}; l_3 = 2 \text{ мм}.$$

$$L = 8 + 2 + 2 + 2 = 14 \text{ мм}$$

$$t_{03} = \frac{14}{0,6 \cdot 400} = 0,06$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д2} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

Перехід 30.4 Точити в'язку зі сторони основного конусу.

Глибина різання в даному випадку

$$t = 2 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців прохідних відігнутих лівих, $\varphi = 45^\circ$, Т15К6 при обробленні заготовки зі сталі діаметром 60 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 0,5-0,9 мм/об.

Приймаємо $s = 0,6$ мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{150}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}}$$

Приймаємо стійкість різця $T = 60$ хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{150}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} = 70,9 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 70,9}{3,14 \cdot 60} = 376 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата $n_B = 400$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_3 n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 400}{1000} = 75,4 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{04} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l = 12 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}; l_3 = 2 \text{ мм}.$$

$$L = 12 + 2 + 2 + 2 = 18 \text{ мм}$$

$$t_{O4} = \frac{18}{0,6 \cdot 400} = 0,075$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д2} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

Перехід 30.5 Точити фаску 1x45°.

При знятті фаски до 2 мм на поверхні діаметром до 100 мм оперативний час на зняття фаски $T_{оп4} = 0,18 \text{ хв}$.

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = \sum t_{Oi} = 0,1 + 0,06 + 0,06 + 0,075 = 0,295 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_{Д} = t_y + \sum t_{\Delta i}$$

t_y – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, при закріпленні у цанговій оправці $t_y = 0,18 \text{ хв}$.

$$T_{Д} = 0,15 + 0,15 + 0,15 + 0,15 = 0,6 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_0 + T_{Д} + T_{оп4} = 0,295 + 0,6 + 0,18 = 1,075 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{об} = 2\% T_{оп}$ і час на відпочинок і природні потреби $T_{пп} = 4\% T_{оп}$.

$$T_{шт} = 1,075 + (0,02 + 0,04) \cdot 1,075 = 1,14 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}$$

Час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів $T_{пз1} =$

10

хв, час на налагодження оброблення в патроні $T_{пз2} = 8 \text{ хв}$.

$$T_{пз} = 10 + 8 = 18 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,14 + \frac{18}{200} = 1,23 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{1,23} = 48 \text{ деталей/год}$$

40. Протягувальна

Перехід 40.1. Протягнути шпонковий паз 6Js9.

Глибина різання

$$t = b = 6 \text{ мм}$$

За нормативними даними вибираємо подачу на хід протяжки в залежності від діаметру поверхні, розміру тіла різця та прийнятої глибини різання. При внутрішньому протягуванні шпонкового паза шириною $b = 6$ мм та при діаметрі отвору 18 мм у заготовці зі сталі, вибраному розмірі тіла протяжки 20×30мм. Матеріал ріжучої кромки – швидкорізальна сталь Р6М5. Заготовка сталь 45.

Подача на хід повзуна повинна знаходитись в межах $S = 0,15...0,18$ мм/подв. хід. За паспортними даними довбального верстата приймаємо подачу $S_B = 0,15$ мм/подв. хід.

Для визначення швидкості різання вибираємо залежність

$$V_p = \frac{C_v}{T^m t^x S_B^y} K_v = \frac{60}{T^{0,2} t^{0,15} S_B^{0,35}} 0,6$$

Період стійкості протяжки $T = 90$ хв.

Тоді

$$V_p = \frac{60}{90^{0,2} \cdot 6^{0,15} \cdot 0,15^{0,35}} 0,6 = 21,9 \text{ м/хв}$$

Розрахункове число подвійних ходів повзуна

$$n_p = \frac{1000V_p}{L_p(1 + m)}$$

Розрахункова довжина ходу різця

$$L_p = L_d + L_1$$

L_d – довжина оброблюваної поверхні, $L_d = 29,5$ мм

L_1 – перебіг різця, $L_1 = 35$ мм

$$L_p = 29,5 + 35 = 64,5 \text{ мм}$$

m – відношення швидкості робочого ходу різця до швидкості холостого ходу, приймається 0,75.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 21,9}{64,5(1 + 0,75)} = 194 \text{ подв. хід/хв}$$

Із ряду паспортних даних верстата марки 75A420 приймаємо найближче менше значення $n_b = 163$ подв.хода/хв.

Тоді фактична швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{L_p(1 + m)n_p}{1000} = \frac{64,5(1 + 0,75) \cdot 163}{1000} = 18,4 \text{ м/хв}$$

Основний час на виготовлення шпонкової канавки

$$t_{01} = \frac{h}{S_B n_b}$$

$$h = t_1 + L_1$$

t_1 – висота канавки, $t_1 = 2,8$ мм;

L_1 – відстань підводу різця до заготовки, $L_1 = 2$ мм.

$$h = 2,8 + 2 = 4,8 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{4,8}{0,15 \cdot 163} = 0,2 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + t_{\Delta}$$

t_y – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, при закріпленні у 3-кулачковому патроні $t_y = 0,29$ хв.

t_{Δ} – допоміжний час пов'язаний з переходом $t_{\Delta} = 0,18$ хв.

$$T_d = 0,29 + 0,18 = 0,47 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 0,2 + 0,47 = 0,67 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{об} = 2\% T_{оп}$ і час на відпочинок і природні потреби $T_{пп} = 4\% T_{оп}$.

$$T_{шт} = 0,67 + (0,02 + 0,04) \cdot 0,67 = 0,71 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}$$

Час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів $T_{пз1} = 10$ хв, час на налагодження оброблення $T_{пз2} = 8$ хв.

$$T_{пз} = 10 + 8 = 18 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,71 + \frac{18}{200} = 0,8 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{0,8} = 75 \text{ деталей/год}$$

50. Зубодовбальна

Перехід 50.1. Довбати зубці колеса $m=2,5$, $z=21$, $h=13$.

60. Свердлильна

Перехід 60.1. Свердлити отвір під різьбу М8.

Припуск на оброблення під час свердління становить половину діаметра свердла $d_{св}$, тобто

$$t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{6,8}{2} = 3,4 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для сталі при свердленні отвору $\varnothing 6,3$ рекомендуються подачі 0,11-0,13 мм/об.

Приймаємо згідно паспортних даних $s = 0,14$ мм/об.

Для визначення швидкості різання вибираємо залежність

$$V = \frac{5d_{св}^{0,4}}{T^{0,2}S^{0,7}}$$

Беремо стійкість свердла $T = 25$ хв.

Тоді

$$V = \frac{5 \cdot 6,8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,14^{0,7}} = 22 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{\text{CB}}} = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 6,8} = 1112 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 1000$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_{\text{CB}} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6,8 \cdot 1000}{1000} = 19,8 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

l – глибина свердлення, $l = 7$ мм;

l_1 – величина на підведення свердла, $l_1 = 2$ мм;

l_2+l_3 – додаток на врізання і перебіг свердла, $l_2+l_3=5$ мм.

$$L = 7 + 2 + 5 = 14 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{14}{0,14 \cdot 1000} = 0,1 \text{ хв}$$

Допоміжний час на перехід $t_{\Delta 1} = 0,06$ хв.

Перехід 60.2. Нарізати різьбу М8.

Припуск на оброблення

$$t = 0,85 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу $s = p = 1$ мм/об.

Швидкість різання при нарізанні різьби мітчиком рівна

$$V = \frac{C_v D^q}{T^{m_s} S^y} K_v = \frac{64,8 \cdot D^{1,2}}{T^{0,9} S^{0,5}} K_v$$

Стійкість мітчика машинного $T = 90$ хв.

K_v – поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{\text{мг}} K_{\text{иг}} K_{\text{тг}}$$

$K_{\text{мг}}$ і $K_{\text{иг}}$ – коефіцієнти, що враховують оброблюваний та інструментальний матеріали, $K_{\text{тг}}$ – коефіцієнт, що враховує точність нарізання різьби.

$$K_v = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,56$$

Тоді

$$V = \frac{64,8 \cdot 8^{1,2}}{90^{0,9} \cdot 1^{0,5}} 0,56 = 7,65 \text{ м/хв}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_M} = \frac{1000 \cdot 7,65}{3,14 \cdot 8} = 304,5 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 250$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_M n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 250}{1000} = 6,28 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

l – глибина нарізання, $l = 7$ мм;

l_1 – величина на підведення мітчика, $l_1 = 2$ мм;

l_2+l_3 – додаток на врізання і перебіг мітчика, $l_2+l_3 = (4-8)s = 4s = 4$ мм.

$$L = 7 + 2 + 4 = 13 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{13}{1 \cdot 250} = 0,05 \text{ хв}$$

Допоміжний час на перехід $t_{\Delta 2} = 0,14$ хв.

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + t_{\Delta}$$

t_y – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, $t_y = 0,34$

хв.

Тоді

$$T_D = 0,34 + 0,06 + 0,14 = 0,54 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_0 + T_D = 0,15 + 0,54 = 0,69 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{об} = 1,5\% T_{оп}$ і час на відпочинок і природні потреби $T_{пп} = 6\% T_{оп}$.

$$T_{шт} = 0,69 + (0,015 + 0,06) \cdot 0,69 = 0,74 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}$$

Час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів $T_{пз1} = 10$ хв, час на налагодження установки деталі у пристрої вручну $T_{пз2} = 5$ хв.

$$T_{пз} = 10 + 5 = 15 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення деталі

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,74 + \frac{15}{200} = 0,815 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{0,815} = 73 \text{ деталей/год}$$

8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу

Загальні положення

Надійна та довгострокова робота автомату забезпечується лише у випадку суворого дотримання вимог експлуатації, а також своєчасного, якісного та повного виконання технічного обслуговування і РПР, відповідно до інструкції з експлуатації .

До виконання робіт із монтажу, налагодження, експлуатації та обслуговування допускаються лише особи, які володіють знаннями про автомат і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

З метою забезпечення належної якості підготовки обладнання до експлуатації рекомендується здійснювати пусконаладжувальні роботи силами фахівців організації-виробника. У випадку залучення сторонніх підрядників до виконання пусконаладжувальних заходів, виробник не несе відповідальності за результати наладки та не гарантує коректну та стабільну роботу обладнання.

Для виклику налагоджувальників необхідно укласти з виготовлювачем договір на виробництво ПНР.

До приїзду налагоджувальників автомат має бути повністю змонтований згідно з вимогами та підключений до всіх необхідних джерел постачання.

Запчастини, що поставляються, призначені для забезпечення ПНР до експлуатації автомату протягом гарантійного терміну. Забезпечення запчастинами для ремонтів здійснюється по фондах.

Розміщення і монтаж автомату

Через малу вагу автомат може бути встановлений на підлогу без болтів.

Для забезпечення належного обслуговування слід передбачити вільний простір навколо автомату.

До місця монтажу автомат транспортується в упакованому виді автотранспортом, що забезпечує цілість упаковки.

Безпосередньо біля місця встановлення обладнання необхідно здійснити розпакування транспортного ящика та провести звірку комплектності

поставки відповідно до товаросупровідної документації. Основа транспортного ящика повинна залишатися під автоматом до моменту її остаточного переміщення на монтажну позицію.

Встановити автомат в проектне положення на підготовлене місце.

Підняти автомат на висоту приблизно 150 мм. Зберіть стійки для підтримки, встановіть підтримку та опустіть. Розрив між підлогою та нижньою стороною рами повинен бути близько 100 мм.

Відкрити автомат, від'єднати вузли, механізми та деталі. Очистити поверхні від консерваційного мастила шляхом промивання та насухо протерти, усунути сліди корозії.

Після цього розпочати монтаж раніше від'єднаних складальних одиниць і деталей.

Виконати монтаж трубопроводів і ЗПР для подачі стисненого повітря та води. Трубопровідні системи мають бути змонтовані на власних опорах, з підведенням до відповідних штуцерів і патрубків без перекосів. Під'єднання повинно здійснюватися вільно, без створення осьових або радіальних навантажень, що можуть призвести до деформацій або порушення герметичності з'єднань.

При підключенні всіх труб повинно бути встановлено гідроізоляцію.

У цьому випадку зниження умовних трубопроводів заборонено.

Встановлені електричні шафи. Електричні шафи висять на рамці. Шафа - дріт для автоматичної коробки з'єднання в трубах. Відповідно до ланцюга здійснюється з'єднання. Машини та шафи електричного обладнання розміщуються на землі.

Під час роботи вручну підключення стиків, прокрутити машину, щоб перевірити її роботу.

Пуск електродвигуна дозволяється лише після витримки обладнання в умовах виробничого приміщення: у літній сухий період — не менше 24 годин, у зимовий або за підвищеної вологості — не менше 72 годин. Це необхідно для забезпечення повного висихання ізоляції обмоток електродвигуна та

елементів електротехнічної апаратури. Після завершення витримки слід здійснити короткочасне пробне вмикання електродвигуна з метою перевірки правильності його електричного підключення.

Упевневшись у цілісності автомату і легкості обертання, запустити його в режимі наладки. Автомат повинен забезпечувати плавну роботу без шуму і вібрацій.

Провернути автомат в автономному режимі.

Здійснити відповідне маркування трубопроводів і нанести умовні позначення на шафу електроапаратури по ДСТУ ISO 6309:2007

Налагодження автомату і підготовка його до роботи

Під час приймання автомату до наладки наладник зобов'язаний здійснити зовнішній огляд для перевірки комплектності, технічного стану обладнання, правильності складання вузлів та монтажу трубопровідних систем. Далі необхідно здійснити пробний запуск автомату в режимі налагоджування з метою оцінки плавності та узгодженості роботи основних механізмів. Після усунення знайдених недоліків можна переходити до виконання повного комплексу пусконаладжувальних робіт.

Переконатися в надійності всіх затягнутих кріплень.

Продути трубопроводи підведення, переконатися в їхній герметичності, у разі потреби, усунути витік.

Виконати змащення автомату відповідно до схеми змащення.

Перевірити і, в разі необхідності, відрегулювати швидкість ходу робочих органів.

Виконати процедуру очищення та дезінфекцію автомата .

Перевірте машину під навантаженням. Частина невеликих партій повинен поєднуватися з адаптацією та регулюванням окремих одиниць.

Упевневшись у відповідній наладці, виконати обкатування на холостому ходу протягом години, впевневшись у правильному розміщенні. Автоматичні машини повинні плавно працювати без ривків та заїдань. Коли ви ввімкнете її, прискорення повинно відбуватися безперебійно Не дозволяється стукіт чи

нагрівання підшипники до більш ніж 70 ° або витоку мастила.

Причини і наслідки відказів

Причини відказів можна розподілити на наступні категорії:

1. Зношення або пошкодження елементів чи пневматичних провідків.
2. За низька якість підготовки стиснутого повітря.
3. Неприпустиме навантаження на компоненти.
4. Відносний рух механічних компонентів в процесі роботи.
5. Неправильні монтаж і приєднання елементів.
6. Неналежне технічне обслуговування.

Також можуть виникати такі несправності:

1. Застопорення елементів.
2. Механічна поломка елементів.
3. Зниження рівню повітряного тиску в системі в результаті її пошкодження або зменшення каналу для подачі повітря.

Діагностика відказів і ремонт обладнання

Для забезпечення надійної і безперебійної роботи необхідно періодично робити профілактичні огляди, очищення від забруднень, ремонт і заміну її деталей.

У разі виходу обладнання з ладу можуть виникати різноманітні відмови окремих елементів електротехнічної або керуючої схеми. Ефективна локалізація та усунення несправностей є критично важливою для мінімізації простоїв виробничого процесу. З метою скорочення часу діагностики необхідно розумно організувати процес технічного аналізу систем керування, застосовуючи системний підхід та відповідні методи діагностування.

Діагностика поломок починається з визначення групи, до якої належить дана поломка .

В випадку необхідності розбирання обладнання його проводять в слідкуючій послідовності.

Для зручності розбирання варто установити на двох зварених балках, шириною 200 і висотою 160мм, покладених паралельно на плиту чи іншу рівну площадку.

При розбиранні місце і положення кожної деталі повинне бути відзначене і відновлено при зборці. Вузли, що відкріплюються, і важкі деталі повинні бути попередньо підвішені для запобігання їх відпадання.

Усі прокладки повинні зніматися акуратно й у випадку ушкодження заміни новими, точно такої ж товщини.

Деталі зібрані по посадках розбираються тільки за допомогою знімних пристосувань.

9. Опис системи управління

Система управління автоматом для наповнення ЖК фірми «Zanasi» є ключовим елементом, що забезпечує високоточну, стабільну та безперебійну роботу обладнання при продуктивності до 40 000 капсул на годину. Вона поєднує в собі апаратні та програмні компоненти, що інтегруються в єдиний автоматизований комплекс.

1. Апаратна частина

Програмований логічний контролер (PLC): Використовується для керування всіма етапами процесу — від подачі капсул до їх запаювання та відбраковки. Контролер забезпечує точне дозування сипких речовин і синхронізацію руху механізмів.

Датчики та виконавчі механізми: Система оснащена датчиками рівня, тиску, положення та швидкості, які забезпечують зворотний зв'язок для адаптивного управління. Виконавчі механізми включають серводвигуни та пневматичні приводи для точного позиціонування та переміщення компонентів.

Людино-машинний інтерфейс (HMI): Сенсорна панель дозволяє оператору здійснювати моніторинг процесу, налаштовувати параметри, переглядати статистику та отримувати повідомлення про помилки або збої.

2. Програмне забезпечення

Програмне забезпечення системи управління розроблено з урахуванням вимог фармацевтичного виробництва та стандартів GMP.

Гнучкість налаштувань: Можливість швидкої зміни параметрів дозування, швидкості подачі та інших технологічних параметрів.

Автоматичну діагностику: Система виявляє та повідомляє про відхилення в роботі обладнання, що дозволяє швидко реагувати на можливі поломки.

Збір та аналіз даних: Інформація про виробничі цикли, кількість виготовлених капсул, відсоток відбраковки та інші показники зберігається для подальшого аналізу та оптимізації процесу.



Рисунок 9.1 – Панель керування

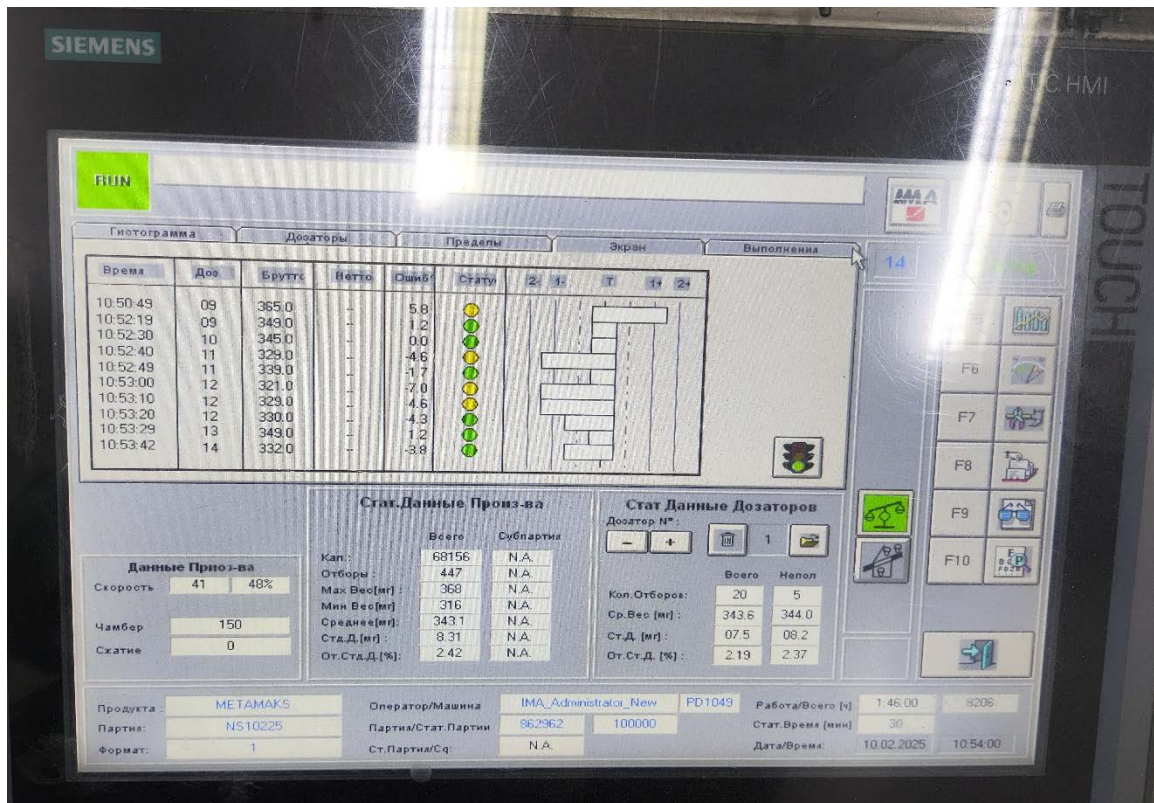


Рисунок 9.2 – Монітор керування

10. Заходи щодо охорони праці

Розслідування випадків професійних захворювань та аварій на підприємстві здійснюється уповноваженим органом згідно з Положенням про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, в установах та організаціях, затвердженим Кабінетом Міністрів України.

Заходи з попередження виробничого травматизму включають у себе: проведення інструктажу і навчання працівників; забезпечувати роботу відповідно до спеціальності; здійснення постійного контролю та нагляду за виробничим процесом; організація ефективного режиму роботи та відпочинку; надання працівникам спеціального одягу, взуття й індивідуальних засобів захисту із обов'язковим інструктажем щодо правил їх використання; дотримання правил експлуатації обладнання; а також раціональне архітектурно-планувальне проектування та будівництво виробничих приміщень.

Служби охорони праці на підприємстві

Система охорони праці під час виробництва лікарських засобів має бути організована відповідно до вимог «Положення про єдину систему організації робіт з охорони праці в медичній та мікробіологічній промисловості. Керівництво та забезпечення виконання заходів з охорони праці здійснюється адміністративно-технічним персоналом: на рівні підприємства — директором, заступником директора та головним інженером; у цехах, на дільницях та в лабораторіях — відповідними начальниками цехів, дільниць і лабораторій.

Відповідно до чинного закону, керівник компанії повинен забезпечити своєчасне та якісне проведення інструктажу для працівників щодо прийомів та методів роботи, ознайомлюючи їх із правилами поведінки на території цехів та ділянок компанії.

Затверджені директором з охорони праці інструктажі, надаються кожному працівникові на підписання залежно від його роботи..

Служби професійної безпеки організовують роботу для дотримання документації компанії щодо питань безпеки та охорони праці щодо чинних законів, стандартів та правил.

Розробка комплексних заходів щодо досягнення впровадження оглядів відповідності працівникам встановлених стандартів праці, запобігання промислових травм, запобігання робочому захворюванню та нормативних вимог до правових питань щодо безпеки професійної безпеки

Фінансування заходів по охороні праці

Фінансування заходів з охорони праці забезпечується власником підприємства. Працівник не несе жодних витрат, пов'язаних із реалізацією цих заходів.

Для фінансування служби охорони праці складаються:

1. Перспективний план – строком на 2...5 років;
2. Поточний план – строком на 1 рік;
3. Оперативний план – на декаду, місяць, квартал (як правило, має місце при аваріях).

Відповідно до закону України щодо захисту праці, для забезпечення вищезазначених заходів на фармацевтичній фабриці, а також на інших фабриках, незалежно від власності, створений фонд захисту бізнесу, що отримує щонайменше 0,5% відрахування проданої продукції.

Кошти фонду підприємства використовуються для впровадження комплексних заходів, спрямованих на дотримання встановлених нормативів з охорони праці, а також на подальше вдосконалення її рівня у виробничому процесі згідно із затвердженим переліком.

Мікроклімат

З метою створення безпечних і здорових умов для працездатності людини, навколишнє повітряне середовище має відповідати встановленим санітарно-гігієнічним нормам.

Основними факторами, які визначають метеорологічні умови є:

- температура;

- вологість повітря;
- швидкість повітря.

Нормування виробничого мікроклімату здійснюється по ДСТУ Б EN 15251:2011.

Мікроклімат виробничого приміщення для наповнення твердих ЖК:

- температура -20-24°C;
- відносна вологість - 60-75%;
- швидкість руху повітря - 0,2-0,5 м/с.

Для дотримання встановлених норм мікроклімату передбачено монтаж вентиляційних систем, а також герметизацію і теплоізоляцію трубопроводів.

Шум і вібрація

В даному цеху шум не перевищує допустимі норми для промислових підприємств, згідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»

Вібрація в даному цеху незначна і не перевищує норми загальної технологічної вібрації ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Безпека вібраційна. Загальні вимоги».

Загальний рівень шуму знижується безпосередньо в джерелах його виникнення шляхом застосування звуко- та віброізоляції, звуко- та вібропоглинаючих пристроїв, акустичної обробки приміщень та інших технічних заходів. Зменшення шуму і вібрації також забезпечується за рахунок належного технічного обслуговування, включно із своєчасним змащенням, заміною зношених деталей, удосконаленням технології ремонту, а також регулярним проведенням технічних оглядів та ремонтів. До засобів індивідуального захисту належать спеціальне взуття, нагрудники, пояси, рукавиці та інші.

Освітлення

Освітлення має бути достатнім, тобто відповідати санітарним нормам, рівномірним, не засліплювати очі і не створювати відблисків на робочій

поверхні, а спектральний склад світла повинен максимально наближатися до сонячного.

Раціональне освітлення передбачає правильний вибір типу лампи та інтенсивності світлового потоку. Штучне освітлення застосовується в темний час доби, а також у приміщеннях, де природне освітлення відсутнє або є недостатнім.

Аварійне освітлення призначене для забезпечення безперервної роботи або евакуації людей у разі раптового відключення чи виходу з ладу основного робочого освітлення. Воно повинно мати автономне джерело електроживлення, а арматура світильників — відповідне маркування. Мінімальний рівень освітлення робочих поверхонь, які обслуговуються в аварійному режимі, має становити не менше 5% від нормованого рівня загального робочого освітлення, але не менше 2 люкс у внутрішніх приміщеннях та 1 люкс на території поза межами підприємства.

Для освітлення використовують світильники типу ПВПМ-Д-2х80 з люмінесцентним покриттям. Розміщення світильників раціональне.

Електроосвітлення поділяється на:

- а) робоче – напруга 220В;
- б) аварійне, для евакуації – напруга 220В;
- в) ремонтне – напруга 36В.

Ремонтне освітлення використовують під час проведення ремонтів, яке працює від напруги 36 В. Живлення відбувається від накопичуючих трансформаторів.

Нормована освітленість на робочих місцях для оператора капсульного автомату при штучному освітленні.

Зорова робота	Розряд зорової роботи	Характеристика фону	Освітленість як при комбінованому освітленні	Освітленість як при загальному освітленні
Загальні спостереження за ходом виробничого процесу: постійно	IV	Незалежно від характеристики фону та контрасту об'єкту	100	50

Періодичне при постійному перебуванні людей	IV	Незалежно від характеристики фону та контрасту об'єкта з фоном	100	50
Періодичне при періодичному перебуванні людей	IV	Незалежно від характеристик фону та контрасту об'єкта з фоном	100	50

Вентиляція

Головні нормативні документи, що враховуються при проектуванні вентиляції виробничих та допоміжних приміщень, це: ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму».

Завданням промислової вентиляції є забезпечення гігієнічних та технічних вимог чистоти повітря у приміщеннях для виробництва лікарських продуктів.

Виробниче приміщення обладнане ефективною системою припливної та витяжної вентиляції з регульованим повітряним потоком, а також пристроями для контролю температури, вологості та якості фільтрації. Продуктивність витяжної вентиляції становить 80–90% від продуктивності припливної, що дозволяє підтримувати позитивний тиск повітря у «чистому приміщенні».

Забезпечення санітарно-побутових приміщень

Санітарно-побутові приміщення призначені для забезпечення гігієнічних і соціально-побутових потреб працівників під час робочого процесу. Їх наявність та відповідність вимогам є обов'язковими при проектуванні та експлуатації промислових об'єктів відповідно до ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будівлі та споруди», а також ДБН В.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій». Крім того наявність побутових приміщень поряд з виробничими, основна вимога GMP.

До складу побутових приміщень входять:

- роздягальні;
- душові;

- умивальники;
- санвузли.

У роздягальнях передбачені індивідуальні шафи для зберігання робочого, домашнього та спеціального одягу. Ширина проходу між шафами становить від 1,2 до 1,5 метра. Душові кабінки облаштовані у співвідношенні одна на 8 осіб, умивальники — по одному на 20 осіб, туалети — по одному на 15 жінок та по одному на 10 чоловіків.

Електробезпека

У цьому приміщенні встановлене обладнання з електродвигунами, до якого висуваються суворі вимоги з охорони праці, тому необхідно використовувати засоби та методи захисту, передбачені Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ).

Дане приміщення відноситься до II категорії з підвищеною небезпекою.

Способи захисту:

1. Все обладнання в приміщенні заземлюють до заземлюючого контуру.

2. В електроустановках застосовують ізоляцію, яка запобігає ураженню працюючих струмом та виникненню пожежі.

3. Застосовують захисні міри:

- малі напруги (42В і нижче);
- захисне заземлення та занулення;
- подвійна ізоляція; - захисне відключення.

Через наявність редуктора, зірочок і приводних пасів, які можуть стати джерелом небезпечного накопичення статичної електрики, слід запровадити заходи для її відведення. Основні методи усунення ризику, пов'язаного зі статичною електрикою, включають:

- відвід зарядів шляхом заземлення обладнання та комунікацій;
- додавання в речовини, що наелектризуються, антистатичних добавок, які знижують їхній опір;
- підвищення відносної вологості повітря до 70–75%;

- іонізація повітря, що полягає у створенні позитивних і негативних іонів, які нейтралізують статичні заряди;

- обмеження швидкості руху твердих і рідких речовин у комунікаціях та обладнанні.

Пожежна безпека

Дане приміщення відноситься до приміщень пожежної небезпеки В, а по вибухонебезпечності - П-Па.

Заходи пожежної безпеки:

- режими роботи апарата мають відповідати паспортним характеристикам і технологічному регламенту;
- своєчасне та якісне змащування підшипникових вузлів і механізмів;
- надійна герметизація рухомих і нерухомих з'єднань;
- ефективна ізоляція нагрітих поверхонь апарата;
- регулярні огляди та профілактичні ремонти.

У цеху встановлена автоматично діюча дренчерна система для гасіння пожеж. Також наявний пожежний щит, на якому розміщено два вогнегасника (пінний та порошковий), Покривало з теплоізоляційного матеріалу, гаки, лопати, ломи, сокири. Обов'язковою є наявність електричної пожежної сигналізації.

При виникненні пожежі необхідно забезпечити евакуацію людей. Шляхів евакуації з цеху – два. Двері на шляхах евакуації відчиняються в напрямку виходу з приміщення. Відстань від найвіддаленішої точки цеху до евакуаційного виходу визначається згідно зі ДБН В.1.1-7-2002.

Витрата води на пожежогасіння складає: на зовнішнє гасіння 20 л/с, на внутрішнє – 5 л/с.

Розрахунковий запас води

$$G = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (n_1 + n_2)}{1000}$$

3 – розрахунковий час гасіння пожежі, год; 3600 та 1000 – перерахунок відповідно годин в секунди та літрів у м³; n₁ та n₂ – витрати води відповідно на внутрішнє та зовнішнє пожежогасіння.

$$G = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 20)}{1000} = 270 \text{ м}^3$$

Техніка безпеки

Головною метою конструкції автомату було забезпечення максимальної безпеки відповідно до сучасного рівня техніки. Якщо користувач передбачає необхідність доступу для контролю, він зобов'язаний дотримуватися всіх заходів безпеки.

Особливі засоби безпеки

Перед введенням автомату в експлуатацію необхідно перевірити правильність її закріплення та наявність усіх необхідних захисних пристроїв. Перед кожним запуском оператор зобов'язаний попередити всіх співробітників і переконатися, що ніхто не виконує роботу.

Якщо автомат вимикається при несправності через один із контрольних контактів або вручну за допомогою кнопки ВИКЛ, необхідно усунути цю несправність перед повторним запуском.

Перед тим, як працювати з електричним обладнанням та відкрити електронну шафу, необхідно виключити вимикач.

Висновки та пропозиції по покращенню умов праці.

В даному розділі були визначені небезпечні та шкідливі фактори при експлуатації обладнання, наведені норми та відповідність їх до санітарних норм, а також запропоновані міри по попередженню утворення небезпечних факторів.

Висновки

В кваліфікаційній роботі проведено модернізацію автомату для наповнення желатинових капсул. У результаті цього було досягнуто ряд позитивних ефектів:

- запропоновано нову конструкцію блоку дозування, що дає змогу наповнювати капсули легкосипучими препаратами.

- застосовано систему вакуумної підтримки препарату у дозаторах, що значно знижує відхилення від дозування;

- встановлено вакуум-насос, тим самим відключено автомат від центральної системи подачі вакууму, що знижує втрати вакууму при підведенні і зниженню вартості встановлення.

Представлена в роботі модернізація є актуальною і доцільною та дозволяє покращити ряд основних показників автомату наповнення желатинових капсул, що робить його більш конкурентоспроможним у порівнянні з іншими.

Список використаних літературних джерел

1. Борисов Г.С., Бриков В.П. Основні процеси та апарати хімічної технології : підручник. – К. : Освіта, 2002. – 502 с.
2. Вікіпедія (електронний ресурс) Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org>
3. Гавриленко О.Г. Ремонт та монтаж обладнання харчової промисловості. – К. : Техніка, 2006. – 312 с.
4. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко. – К. : Университет "Україна", НУХТ, 2010. – 814 с.
5. Заплетніков І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М. Заплетніков, В.Г. Мирончук, В.М. Кудрявцев – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. – 344с.
6. Ковальчук Ю.О., Іванов П.М. Автоматизація та автоматичне керування у харчовій промисловості. – К. : Основа, 2001. – 260 с.
7. Конструювання та експлуатація обладнання підприємств харчової промисловості / за ред. А.І. Драгилева. – К. : Аграрна освіта, 2001. – 410 с.
8. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. – К. : Основа, 2000. – 416 с.
9. Купчик М. П. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. – К.: Основа, 2000. – 416 с.
10. Машинобудування та сам-технології [Електронний ресурс]: методичні рекомендації... / уклад. Ю.І. Бойко – К.: НУХТ, 2023. – 33 с.
11. Машини і апарати хімічних виробництв : зб. задач / за ред. В.Н. Соколова. – К. : Видавництво КПІ, 2003. – 400 с.
12. Методичні рекомендації до виконання випускної роботи... / Уклад.: В.Г. Мирончук, М.В. Якимчук, О. М. Гавва, Р.Л. Якобчук, Є.М. Бабко – Київ.: НУХТ, 2022. - 48 с.

- 13.Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум [Текст] / В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька, О. А. Єщенко, О. І. Свідерська. – Київ : НУХТ, 2017. — 162 с.
- 14.Обладнання підприємств фармацевтичної промисловості / за ред. М.П. Купчика. – Львів : Видавництво ЛНУ, 2003. – 368 с.
- 15.Основи мікробіологічного виробництва / за ред. В.І. Симоненка. – К. : Техніка, 2005. – 412 с.
- 16.Павленко О.Ю., Чернявський С.І. Технологія лікарських засобів : підручник. – К. : Медицина, 2021. – 368 с.
- 17.Пивень Е.Н. Методичні вказівки з автоматизації виробничих процесів у дипломних проєктах. – К. : КНУТД, 2005. – 35 с.
- 18.Проектування процесів і апаратів харчових виробництв / за ред. В.Н. Стабникова. – К. : Вища школа, 2004. – 220 с.
- 19.Прохоров О.М., Шутюк В.В. Загальна технологія мікробіологічного виробництва. – К. : УДУХТ, 2004. – 280 с.
- 20.Прохоров О.М., Шутюк В.В. Процеси та обладнання фармацевтичної та мікробіологічної промисловості. – К. : УДУХТ, 2000. – 76 с.
- 21.Сегеда Д.Т., Дашевський В.І. Охорона праці в харчовій промисловості. – Львів : ЛНТУ, 2005. – 352 с.
- 22.Степанова І.М., Ковальчук Л.М. Біотехнологія: сучасні досягнення та перспективи розвитку. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2020. – 312 с.