

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій Блаженко
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Олександр Гавва
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг фармацевтичних та біотехнологічних виробництв

на тему: Моделювання процесу дозування таблеткових мас та обґрунтування конструкції механізму живлення роторної таблеткової машини

Виконав: здобувач 2 курсу, групи БМ

Сполович Максим Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Чепелюк Олена Олександрівна
(прізвище, ім'я та 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) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2022р.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст	03.11.2021	виконано
2	Вступ.	08.11.2021	виконано
3	Аналіз процесу дозування на роторних таблеткових пресах	14.11.2021	виконано
4	Об'єкти і методи досліджень	21.11.2021	виконано
5	Моделювання потоку дискретних частинок	28.11.2022	виконано
6	Розрахунок обладнання	09.01.2022	виконано
7	Вибір конструкційних матеріалів	09.01.2022	виконано
8	Технологія машинобудування	15.01.2022	виконано
9	Монтаж, ремонт і експлуатація	15.01.2022	виконано
10	Охорона праці	16.01.2022	виконано
11	Висновки, список використаної літератури	18.01.2022	виконано
12	Графічна частина:	20.01.2022	виконано
13	Подача МР на кафедрі.	01.02.2022	виконано

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Максим Сполович

(прізвище та ініціали)

Олена Чепелюк

(прізвище та ініціали)

Анотація

Магістерська робота на тему «Моделювання процесу дозування таблеткових мас та обґрунтування конструкції механізму живлення роторної таблеткової машини» містить 94 сторінки пояснювальної записки та 4 креслення формату А1 зі специфікаціями.

В даній кваліфікаційній роботі було розглянуто процес дозування порошку в роторній таблетковій машині Fette 2200i, призначеній для виготовлення таблеток шляхом прямого пресування. Проаналізовано роботу живильного механізму, а саме вплив фізичних показників порошку і швидкості обертання мішалок в живильнику на рівномірність заповнення матриць в столі ротора. Промодельовано рух гранул порошку від засипного бункеру до заповнених ним матриць, досліджено рівномірність заповнення.

Для проведення досліджень було використано програмний комплекс Altair EDEM, основним принцип якого полягає в моделюванні процесу методом дискретних елементів (часточок порошку), взаємодія його з обладнанням.

Запропоновано обрати конструкцію зворощувачів з лопатями круглого поперечного перерізу, завдяки чому зменшується опір руку середовища.

Ключові слова: таблетувальний прес, механізм живлення, зворощувачі, порошок, рівень заповнення.

Annotation

The master's thesis of "Modeling the process of dosing tablet masses and substantiation of the design of the power mechanism of the rotary tablet machine" contains 94 pages of explanatory note and 4 drawings in A1 format with specifications.

In this qualification work, the process of dosing powder in a rotary tablet machine Fette 2200i, designed for the manufacture of tablets by direct compression, was considered. The operation of the feeding mechanism is analyzed, namely the influence of physical parameters of the powder and the speed of rotation of the stirrers in the feeder on the uniformity of filling the matrices in the rotor table. The movement of powder granules from the hopper to the matrices filled with it is modeled, the uniformity of filling is investigated.

Altair EDEM software was used for the research, the main principle of which is to model the process by the method of discrete elements (powder particles), its interaction with the equipment.

It is proposed to choose the design of turners with blades of round cross section, which reduces the resistance of the arm of the environment.

Key words: tablet press, feeding mechanism, dosing wheel, powder, filling level.

Зміст

Вступ

1.	Аналіз процесу дозування на роторних таблеткових пресах	8
1.1	Теоретичні основи таблетування.....	9
1.2	Огляд обладнання для таблетування	12
1.3	Можливості фізичного моделювання	14
1.4	Використання комп'ютерного моделювання для дослідження процесу дозування	21
	Висновки і задачі досліджень	28
2.	Об'єкти і методи досліджень	30
2.1	Процес заповнення матриць в таблетковому пресі Fette 2200i в якості об'єкту дослідження	30
2.2	Методи досліджень	34
2.3	Постановка задачі моделювання	38
3.	Моделювання потоку дискретних частинок	43
4.	Розрахунок обладнання для пресування таблеток.	49
4.1	Технологічний розрахунок.	49
4.2	Конструктивний розрахунок.....	54
4.3	Кінематичний розрахунок.	59
4.4	Механічний розрахунок.	63
5.	Вибір конструкційних матеріалів.	65
6.	Технологія збирання вузла живлення.	71
7.	Монтаж, ремонт і експлуатація таблеткової машини Fette 2200i.	76
8.	Охорона праці.	87
	Висновки	91
	Список використаної літератури	92
	Додатки.....	93

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепелюк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сполович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	200503.MP.04.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

ВСТУП

На сьогоднішній день виробництво таблеток є найпоширенішим методом перетворення активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) у зручну для користувача форму. 60% АФІ продається у формі таблеток. Однією з переваг цієї лікарської форми є її простота виготовлення. Зараз таблетки часто виготовляють за допомогою ротаційних таблеткових пресів. Фармацевтична промисловість є однією з небагатьох галузей промисловості, яка досі в основному виробляє партії. Перевагою пакетного виробництва таблеток є точний контроль за різними етапами виробництва. Після кожного етапу виробництва проводиться перевірка якості з подальшим затвердженням наступних етапів виробництва. Якщо виникають проблеми з якістю, можна швидко та ефективно вжити контрзаходів. Однак є і недоліки серійного виробництва. Періоди вилучення між етапами виробництва, а також прості машин призводять до збільшення витрат виробництва. Крім того, клієнти вимагають від фармацевтичних виробників стислих термінів, а також стабільно високої якості на всіх етапах виробництва, наприклад, у виробництві таблеток.

Сучасні ротаційні таблеткові преси здатні виробляти таблетки з кількістю понад 1,6 млн таблеток на годину. Для безперервного виробництва важливо мати добре збалансовану взаємодію між окремими компонентами. Кожен етап виробництва виробничого ланцюга взаємозалежний.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепелюк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сполович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	200503.MP.04.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

РОЗДІЛ 1. Аналіз процесу дозування на роторних таблеткових пресах

Важливим технологічним етапом виробництва таблеток є рівномірне заповнення штампів, в яких пресують порошок. Незалежно від індивідуального ступеня заповнення штампів, відстань між верхнім і нижнім пуансонами всередині пресової станції зазвичай підтримується постійною для всіх штампів під час виробництва. У тих матриць, які заповнені порошком більшою мірою, ніж інші матриці, сила стиснення відповідно вища. Таким чином, впливають на численні параметри, що стосуються якості, якщо відбуваються зміни під час процесу наповнення окремих штампів.

Часто відхилення наповнювача матриці і, таким чином, стандартне відхилення маси таблеток збільшується зі збільшенням швидкості таблетування і часто обмежує швидкість виробництва таблеток. На додаток до швидкості таблетування, сипучість порошку є основним фактором, що впливає на рівномірність процесу наповнення матриці. Тому під час розробки рецептури увага повинна бути приділена тому, щоб сформулювати порошкову суміш, яка має відповідні характеристики текучості.

У промислових масштабах виробництво таблеток в основному здійснюється на високошвидкісних ротаційних таблеткових пресах, які в той же час можуть виробляти більше мільйона таблеток на годину. Проте швидкість виробництва часто обмежена, серед інших параметрів, коливаннями маси отриманих таблеток.

Ці коливання маси можуть бути викликані нерівномірністю подачі порошоків або гранул для наповнення матриці через недостатню текучість або неоднорідність щільності сипучого матеріалу з різних причин. Дозування всередині блоку регулювання ваги, видалення надлишків порошку скребком

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сполович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Аналіз процесу дозування на роторних таблеткових пресах	200503.MP.04.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/23	

та/або ненавмисне викидання порошку в області позаду скребка до того, як штамп увійде в станцію попереднього стиснення, також може вплинути на однорідність таблетовані маси.

1.1 Теоретичні основи таблетування

Точність дозування залежить від однорідності таблетованої маси, яка забезпечується при ретельному перемішуванні лікарських і допоміжних речовин і рівномірному розподілі їх в загальній масі. Точність дозування також залежить від швидкості і безвідмовності заповнення матричного гнізда таблеткової машини. Якщо за короткий час перебування воронки над матричним отвором вивищується менше матеріалу, ніж може прийняти матричне гніздо, маса отриманих таблеток буде недостатньою. Необхідна швидкість заповнення матричного гнізда залежить від форми воронки, кута схилу і від того, чи володіють достатнім ковзанням частини таблетованої маси. Часто сильні тертя між окремими частинами в силу шорсткості їхньої поверхні настільки великі, що матричне гніздо заповнюється не повністю або зовсім не заповнюється внаслідок затримки порошку у вирві. У цих випадках до матеріалу додають антифрикційні речовини, що зменшують тертя між частинками завдяки наданню їм гладкої поверхні. Зазвичай поганим ковзанням мають дрібні порошки, які мають властивість прилипати до поверхні вирви, тому доводиться штучно збільшувати розмір частинок до оптимальної величини шляхом гранулювання матеріалу.

Розшарування приймає зміну маси таблеток. У деяких випадках розшарування може бути попереджено встановленням у вирві невеликої мішалки, але більш радикальною мірою є вирівнювання розмірів частинок шляхом гнулювання матеріалу.

Говорячи про однорідність матеріалу, мають на увазі також однорідність його формою частинок. Очевидно, що частини, що мають різне просторове обрис приблизно при одній і тій же масі, будуть розміщуватися в матричному гнізді з різною компактністю. Ця обставина також викликає коливання в масі таблеток. Порівнювання форми, частини досягається процесом гранулювання. Слід

значити, що домогтися однорідності гранул досить складно, тому, варіюючи співвідношення фракцій гранулята дослідним шляхом, можна встановити оптимальний склад; що відповідає найкращій сипучості та високій якості таблеток при певному тиску пресування.

Зазвичай погане ковзання мають тонко подрібнені порошки, вони прилипають до поверхні вирви і не висипаються.

Для збільшення ковзання необхідно штучно збільшувати розмір частинок дрібних порошків зерненням або гранулюванням (лат *granum* – зерно).

Точність дозування залежить також від конфігурації частинок та їх розмірів, обсягу. Якщо обсяг і конфігурація частинок будуть однакові, то матриця заповнюватиметься однією і тією ж кількістю матеріалу, що таблетується.

Уявімо, що ми таблетуємо суміш двох порошків різних речовин, що мають абсолютно однакові круглі частинки.

Як правило, дві різні речовини мають різну щільність. Відповідно, частинки однакового розміру матимуть неоднакову масу. У процесі таблетування, при струшуванні воронки, маса, що таблетується, почне розшаровуватися, в перших порціях таблеток переважатиме речовина з більшою щільністю, а в останніх - з меншою.

Отже, дві речовини і більше з різною щільністю з тим самим розміром частинок таблетувати безпосередньо не доцільно, так як таблетки не витримуватимуть вимоги на точність дозування.

Адже випускаються таблетки з кількома інгредієнтами. У таких випадках також вдаються до грануляції.

Дві та більше речовини подрібнюють у дрібний порошок, змішують, а потім піддають грануляції, тобто, укрупненню, перетворюють порошок на гранули однакового складу. Зазвичай погане ковзання мають тонко подрібнені порошки, вони прилипають до поверхні вирви і не висипаються.

Для збільшення ковзання необхідно штучно збільшувати розмір частинок дрібних порошків зерненням або гранулюванням (лат *granum* – зерно).

Точність дозування залежить також від конфігурації частинок та їх розмірів, обсягу. Якщо обсяг і конфігурація частинок будуть однакові, то матриця заповнюватиметься однією і тією ж кількістю матеріалу, що таблетується.

Уявімо, що ми таблетуємо суміш двох порошків різних речовин, що мають абсолютно однакові круглі частинки.

Як правило, дві різні речовини мають різну щільність. Відповідно, частинки однакового розміру матимуть неоднакову масу. У процесі таблетування, при струшуванні воронки, маса, що таблетується, почне розшаровуватися, в перших порціях таблеток переважатиме речовина з більшою щільністю, а в останніх - з меншою.

Отже, дві речовини і більше з різною щільністю з тим самим розміром частинок таблетувати безпосередньо не доцільно, так як таблетки не витримуватимуть вимоги на точність дозування.

Адже випускаються таблетки з кількома інгредієнтами. У таких випадках також вдаються до грануляції.

Дві та більше речовини подрібнюють у дрібний порошок, змішують, а потім піддають грануляції, тобто, укрупненню, перетворюють порошок на гранули однакового складу.

Механічна міцність таблеток, як друга важлива вимога, залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу, вологості матеріалу, що таблетується, від тиску пресування і методів застосування цього тиску.

Фізико-хімічні властивості впливають наступним чином: речовини, що мають низьку пружність, тобто, речовини пластичні, таблетуються легше, і навпаки, речовини пружні, непластичні таблетуються важче.

Механічна міцність таблеток, як друга важлива вимога, залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу, вологості матеріалу, що таблетується, від тиску пресування і методів застосування цього тиску.

Фізико-хімічні властивості впливають наступним чином: речовини, що мають низьку пружність, тобто, речовини пластичні, таблетуються легше, і навпаки, речовини пружні, непластичні таблетуються важче.

1.2 Огляд обладнання для таблетування

У ротаційних таблеткових пресах послідовне і рівномірне заповнення штампів повинно бути забезпечено рамами подачі. Рами подачі складаються з однієї або кількох камер з одним або кількома лопатевими колесами. Розміри, геометрія та кількість камер, лопатей та лопаток, параметри процесу, такі як швидкість обертання лопатевого колеса та матриці, переповненість матриць у наповнювальній камері, а також розмір, форма і кількість матриць можуть впливати на рівномірність процесу заповнення матриці. Каркас подачі потенційно може мати несприятливий вплив на сипучий матеріал внаслідок прикладеної напруги зсуву, наприклад, стирання частинок, надмірне змащування або сегрегація. Крім того, через принцип роботи рам подачі, властивості порошку щодо щільності та поведінки течії, а отже, його доступність для заповнення матрицею можуть відрізнитися. Ці варіації вже були досліджені за допомогою моделювання DEM. Рівномірність заповнення матриці є важливою для якості таблеток і є одним із ключових факторів для контролю однорідності кінцевих властивостей таблеток. У ротаційних таблеткових пресах сила стиснення безпосередньо пов'язана зі ступенем заповнення матриці, оскільки компресійні валки і, отже, відстань між пуансонами в компресійному блоці зазвичай фіксуються під час поточного виробничого процесу. Таким чином, якщо компресійні валки закріплені, деякі з результуючих властивостей таблеток, включаючи щільність, механічну міцність, розмір (товщину), пористість і величину пружного напруження, що зберігається в таблетці, залежать від ступеня заповнення матриці і можуть тому впливати на характеристики вивільнення ліків.

Нижче наведено типову конструкцію живильника роторного таблеткового преса Fette 102i, подібні аналоги яких використовуються на інших пресах цієї фірми.

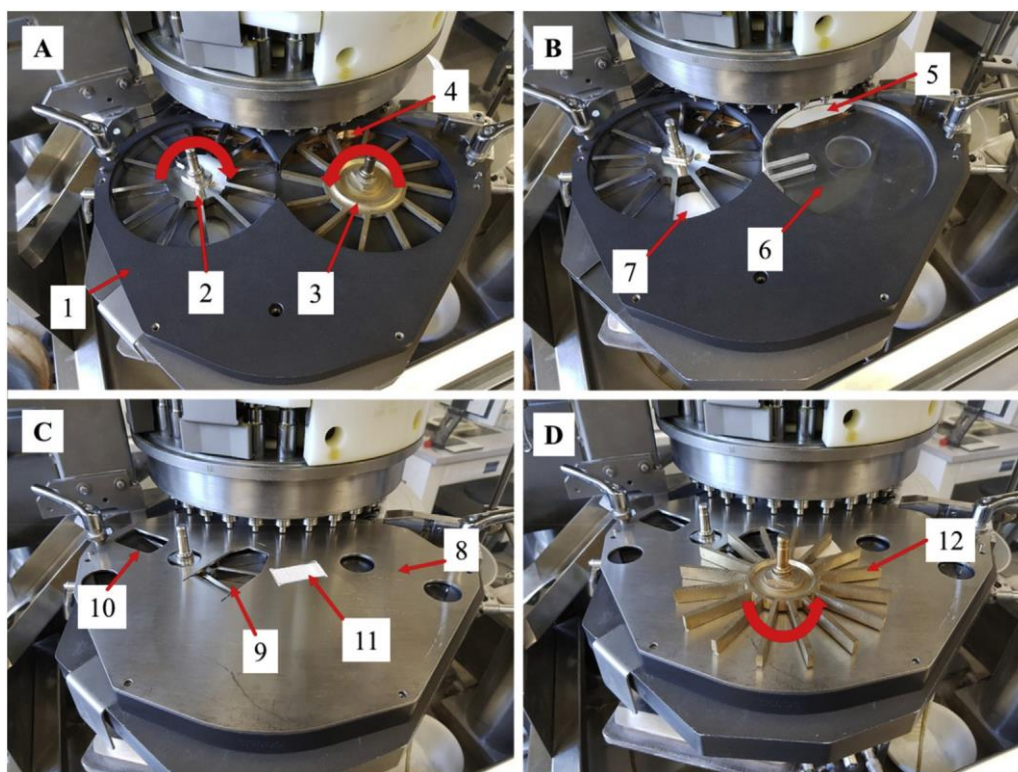


Рис. 1.1 Компоненти живильної рами. (А) Типова конструкція: заземлювальна плита 1, наповнювальне колесо 2 у камері наповнення (висота камери 15,3 мм і діаметр камери 170 мм), колесо дозування 3 і ущільнювальний сегмент 4. (В) Модифікована конструкція для експериментальної установки: ущільнювальний сегмент 5 частково закритий наповнювачем в області дозуючої камери до камери наповнення, акрилова кришка 6, що заповнює камеру дозування, і кришка 7 з РТФЕ, що закриває вихідний отвір. (С) розділова пластина 8 з отвором роздільної пластини 9, через яке порошок надходить у камеру наповнення, оглядовим вікном 10, що використовується для контролю поверхні порошку в камері наповнення, і другим отвором роздільної пластини, яке доставляє порошок з розподільної камери в камеру для наповнення. дозувальна камера закрита наповнювачем 11. (D) розподільне колесо 12, розміщене на перегородці, щоб показати його положення в рамі подачі (висота

лопаті 12,5 мм, ширина лопаті 5 мм, діаметр колеса 178 мм і діаметр камери 180 мм).

1.3 Можливості фізичного моделювання

Наповнення штампів ротаційних пресів може відбуватися як комбінація трьох потоків: носовий потік, об'ємний потік і переривчастий потік [2–4]. Носовий потік домінує в процесі заповнення сипучими матеріалами, низькою швидкістю диска та більшими матрицями. Масовий потік відбувається для високої швидкості диска матриці. Переривчастий потік також має місце для високої швидкості диска і для більш когезійного матеріалу, такого як дрібний Avicel PH101 з розміром частинок 50 мкм [5]. Змодельовано заповнення матриці для когезивного матеріалу, де було продемонстровано, що когезивним порошкам потрібно більше часу для заповнення матриць і, отже, може бути потенційною причиною мінливості ваги таблеток.

Поведінка потоку в порожнини матриці залежить також від характеристик порошку, таких як розмір, форма та морфологія [7]. Для частинок неправильної форми швидкість заповнення зменшується [8]. Коли розмір матриці зменшується, перегрупування частинок ускладнюється, а щільність заповнення зменшується [9].

Рамки для подачі (також відомі як «черевики») є звичайними механічними пристроями, які використовуються для примусової подачі порошків у матриці таблетованого преса. Ці пристрої нагнітають порошок у порожнину та/або аерують порошок, тому він поводить як рідина. Існують різні конструкції кормових рам за кількістю, розмірами і формою лопатей, кількістю камер і висотою. Зазвичай рама подачі (рис. 1) являє собою коробку, що містить одне з кількох лопатей. Порошок входить через верхню частину, а лопаті змушують порошок виходити через щілину внизу, штовхаючи його в матриці.

Операторам і вченим-конструкторам добре відомо, що робочі параметри, такі як розмір порожнини матриці (діаметр і глибина), швидкість обертового

таблеточного преса, форма і кількість лопатей, а також швидкість лопатей у рамка подачі може вплинути на однорідність ваги таблетки та на інші властивості таблетки. Інші фактори включають: швидкість диска матриці, відстань між матрицями та форму матриці [1]. Ефективність залежить від характеристик порошку, таких як розподіл частинок за розміром, щільність порошку та когезія порошку. Іншим важливим параметром є історія прикладеного напруження [5].

Є кілька досліджень, де досліджувалися кормові рамки. Сінка та ін. [5] досліджували рамку подачі та модель системи наповнення матриць, щоб зрозуміти властивості текучості порошоків, використовуючи тиск повітря та вакуум для заповнення матриць. Були виявлені великі відмінності в критичній швидкості, яка є максимальною швидкістю заливного пристрою для повного заповнення матриці [3,5,10,11]. Встановлено кореляцію між необхідною критичною швидкістю та властивостями течії порошку.

Враховуючи попереднє обговорення, було б логічно очікувати, що були проведені ретельні дослідження рам подачі і що кількісні критерії проектування для вибору конструкції каркаса живлення та робочих умов для даної порошкової суміші, що має специфічні властивості плинності (подібні, наприклад, доступна інформація щодо рідинних насосів). Дивно, але в той час як наповнення матриці розглядалося в кількох контекстах, живильні рамки рідко досліджували систематично.

У цій роботі, використовуючи змодельовану комбінацію рамки подачі/обертового штампувального диска, ми експериментально досліджуємо вплив властивостей потоку порошку, розміру матриці, швидкості обертового диска та швидкості лопатки подачі на рівномірність заповнення матриці. Більше того, ми починаємо досліджувати вплив цих параметрів процесу на властивості типових фармацевтичних порошоків, коли вони протікають через рамку живлення.

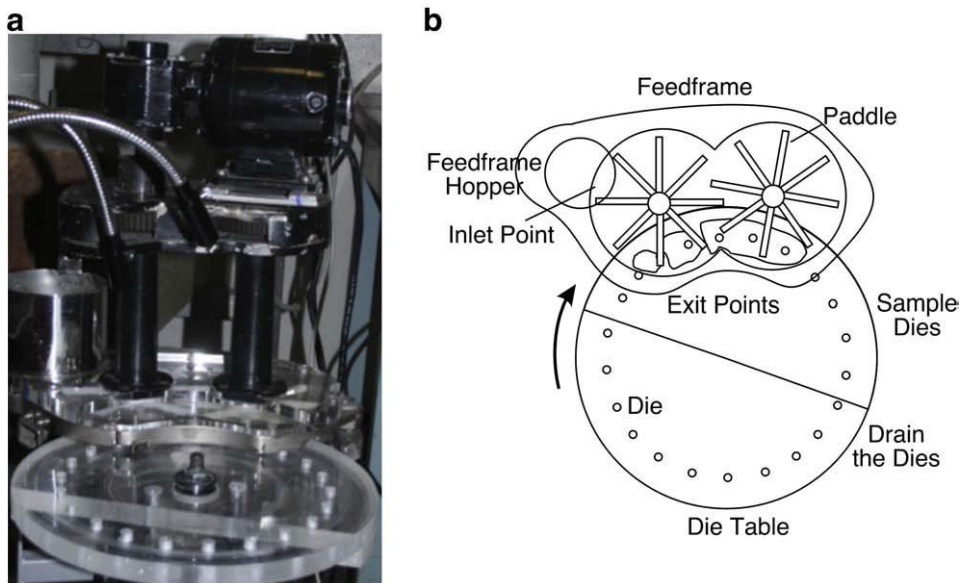


Рис. 1.2 Експериментальна установка процедури

Імітована система подачі та дискової матриці

Апарат, що використовується в цьому дослідженні, складається зі стандартної двоступінчастої керованої подачі, взятої з Manesty Betapress, і штампового диска з оргскла з реальними розмірами. Порошки подають на раму живлення з контрольованою швидкістю, використовуючи пристрій для подачі втрати ваги, і виходять через три отвори різних розмірів (див. угорі ліворуч, рис. 1.3.1). Два тефлонові колеса з вісьмома прямокутними лопатями перемішують порошок, постійно обертаючись під впливом електродвигуна Bodine зі змінною швидкістю 1/15 к.с. з контролером двигуна постійного струму. Двигун підключений до трансмісії і вал до шестерні для переміщення двох восьмилопастних коліс з однаковою швидкістю. Порошки переміщуються з однієї камери в іншу в межах живильної рамки конвективним транспортуванням, примусовим цими лопатями.

Імітований штамповий диск складається з мотор-редуктора Dayton постійного струму потужністю 1/8 к.с., який приводить в рух акриловий диск, який рухається за годинниковою стрілкою з контрольованою швидкістю від 0 до 94 об/хв. Радіус і товщина акрилового диска становлять 16,2 см і 17,8 мм відповідно, з 22 отворами, що імітують матриці, як показано на рис. 2. Диск

матриці переміщається нижче рамки подачі, і кожна «плашка» (кожний отвір у обертовому диску) проходить через виходи 1, 2 і 3. Під диском, що обертається, використовується нерухома акрилова кришка, щоб закрити отвори на половину їх обертання. Коли диск обертається за кришкою, порошки в отворах випливають із матриць самопливом і збираються за допомогою конвеєрної стрічки зі змінною швидкістю.

Матеріали

Матеріали, використані в цьому дослідженні, включають Foremost Farm швидкого потоку лактози 316 моногідрат N.F., який є поширеним інгредієнтом

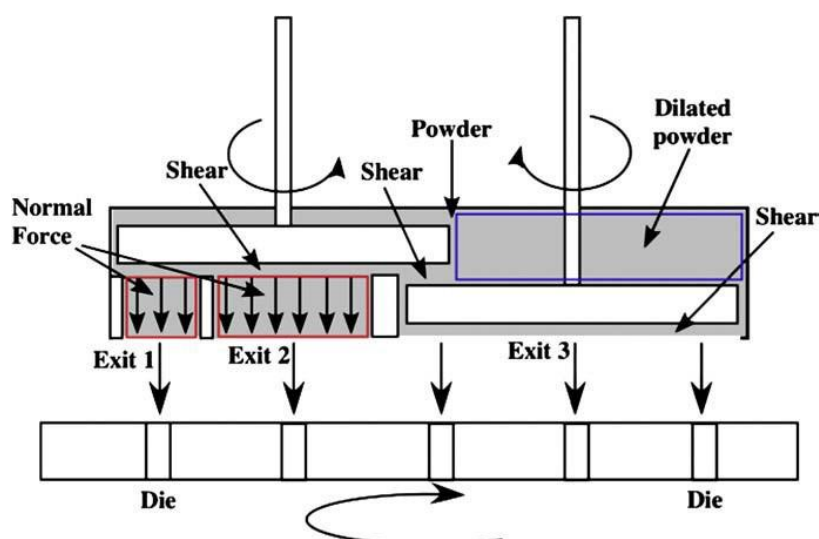


Рис. 1.3

прямого стиснення, магнію стеарат N.F. не бичачий як мастило (просіяне перед використанням) і напівдрібний ацетамінофен USP/парацетамол Ph Eur (APAP). Частинки швидкоплинної лактози були сферичними, розміром від 60 до 120 мкм (за вказівкою постачальника). Для вивчення впливу властивостей течії на поведінку порошку всередині живильної рамки були обрані різні комбінації матеріалів. Індикаторний матеріал синього кольору, що використовується для випробувань на час перебування, готували шляхом вологого гранулювання з швидкоплинною лактозою та синім порошковим барвником. Після висушування синій індикаторний матеріал просівали для отримання розміру частинок від 150 до 250 мкм.

Рис 1.3 вид спереду в поперечному перерізі подаючої рами та матриці на виходах

Процедура змішування

Усі експерименти вимагали порошкових сумішей з відомими й однорідними властивостями, щоб ізолювати вплив зсуву, який чинить рамка подачі, на властивості порошку. Суміші змішували в блендері GEI Buss bin (посилання NC1056-A01). Перші дві суміші склалися з швидкоплинної лактози та двох різних концентрацій стеарату магнію (0,5 і 1%). Композицію вагою 14 кг змішували при 6 об/хв протягом 500 с (всього 50 обертів). Дві другі суміші склалися з швидкоплинної лактози з двома різними концентраціями (3 і 30%) АРАР і 1% стеарату магнію. Спочатку лактозу та АРАР змішували зі швидкістю 9 об/хв протягом 768 с (всього 128 обертів). Згодом до змішувача додавали стеарат магнію та змішували, використовуючи ту ж процедуру, що й для перших сумішей. Після процедури змішування матеріал характеризували з точки зору об'ємної та відводної щільності, індексу текучості порошку та розширення.

Характеристика моделей потоку та ефектів змішування

Картина потоку всередині двох камер була першою характеристикою дослідженої кормильної рамки. Бункер кормової рами безперервно заповнювався швидкоплинною лактозою за допомогою гравіметричного живильника Schenck Accurate (Modpharma 2007). Лактоза безперервно проходила через кормовий каркас. Щоб вивчити схему потоку та час перебування, невелику кількість синього порошку додавали до лактози, яка надходила в рамку живлення за дискретний час, тоді як рамка живлення оберталася зі швидкістю 24 об/хв, а штамповий диск — зі швидкістю 29

об/хв. Цифровий фотоапарат Canon EOS Digital Rebel (2000 кадрів на секунду) використовувався для зйомки зображень потоку. Ця процедура також використовувалася для оцінки часу проживання; Після введення блакитного порошку в рамку живлення відбирали зразки з залежності від часу для вимірювання концентрації блакитних частинок за допомогою техніки ближнього інфрачервоного випромінювання (NIR).

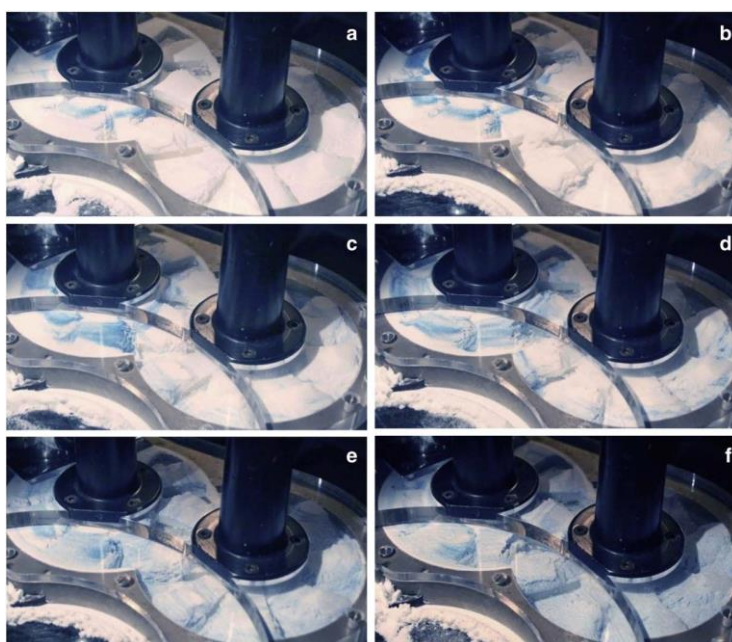


Рис. 1.4 Структури потоку порошку всередині рамки живлення як функція часу.

На рис. 6 представлена залежність від часу концентрації блакитної лактози, що виходить із кормової рамки. Ці результати, які були використані для оцінки часу перебування, демонструють вплив структури потоку всередині живильної рамки (рис. 4). Швидке «підйом» спостерігається на рис. 6, що відповідає «короткому замиканню» через вихід 1, за яким слід тривалий час відгуку, що вказує на те, що більшість матеріалу має великий час перебування. Об'єднання кривої на рис. 6 і 4а,б,с видно, що частина блакитного порошку індикатора швидко виходить через вихід 1, перш ніж будь-який з них встигне пройти до камери 2.

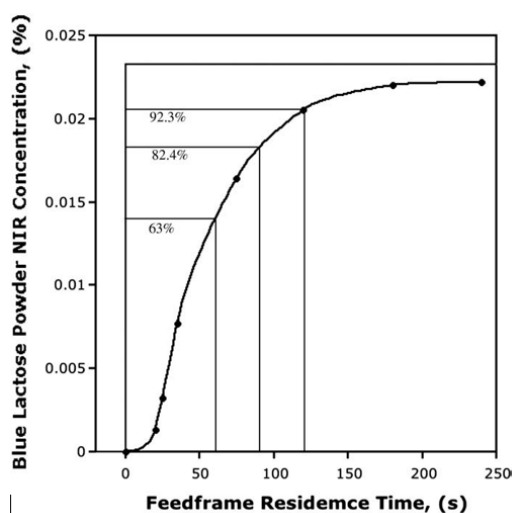


Рис. 6. Відповідь на концентрацію синьої лактози на виході як функція часу для ступінчастої зміни вхідної блакитної лактози.

Lubrication Effect on the Powder Dilatation
6.9mm Die Diameter

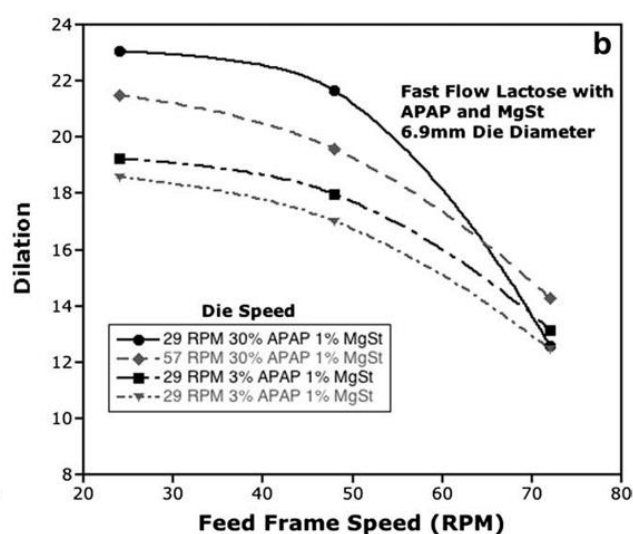
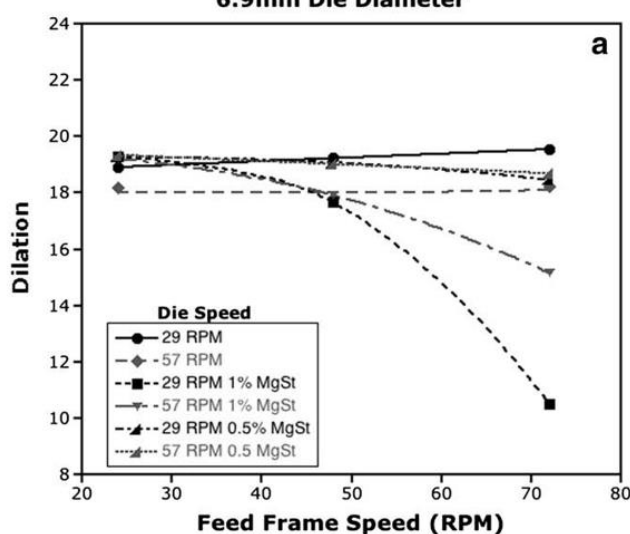


Рис. 1.5 Вплив рамки подачі та швидкості матриці на розширення порошку: (a) суміші без мастила та змащені з швидкоплинною лактозою; (b) змащені суміші з швидкоплинною лактозою та APAP.

Експериментально досліджено вплив параметрів роботи каркаса подачі на властивості плинності порошку та однорідність наповненої маси. Швидкість рами подачі та диска матриці, геометрія рами подачі та характеристики матеріалу вплинули на структуру потоку порошку всередині каркаса подачі та в матриці. Схема течії та ефект змішування на другій стадії в рамці подачі вплинули на розподіл часу перебування порошку і, отже, на зсув, прикладений до різних частин матеріалу. Враховуючи той факт, що порошок, що виходить через різні положення розвантаження, відчуває різну величину деформації, матриці можна було б заповнювати порошком, що має різну властивість по

висоті. Оскільки частини порошку, що зазнають більшої деформації, можуть бути змащені надлишком і мають помітно різні когезійні властивості, це явище може призвести до осьового руйнування таблеток.

Середній час перебування та середній загальний зсув є функцією матеріалу та умов експлуатації. Вага порошку в штампах збільшувалася для збільшення швидкості рами подачі і зменшувалася для збільшення швидкості диска матриці. Маса порошку також залежала від властивостей текучості порошку. Нерівномірний потік порошку через різні зони в рамці подачі, а також різні швидкості зсуву, що застосовуються до порошку в цих різних областях, можливо, змінили властивості порошку матеріалу, що залишає рамку подачі, відносно властивостей входу. Вимірювання індексу потоку та розширення показали, що в міру застосування більшого напруження за рахунок збільшення швидкості в рамі подачі та зменшення швидкості диска матриці когезія змащених матеріалів зменшувалася, як і RSD наповненої маси. Той факт, що рівномірність ваги максимізується в умовах, які максимізують тенденцію до надмірного змащування, є потенційно проблематичним і буде розглянуто в майбутніх дослідженнях, спрямованих на роз'єднання цих двох ефектів.

1.4 Використання комп'ютерного моделювання для дослідження процесу дозування

Стирання частинок вивчалось в менш складних геометрично системах, таких як осередки зсуву, щоб краще зрозуміти механізми, за допомогою яких відбувається стирання. Наприклад, Потапов і Кемпбелл [26] повідомили про результати моделювання двовимірної комірки зсуву, що містить композитні неферичні частинки, методом дискретних елементів (DEM). Вони продемонстрували, що руйнування цих частинок може бути пов'язане із загальним обсягом роботи, виконаної над частинками. Однак експериментальна робота показала, що стирання частинок точніше слідує подібним, але більш

складним взаємовідносинам, які зазвичай не можуть бути узагальнені для різних систем [27,28]. Зовсім недавно Hare et al. [29] використали гібридний чисельний та експериментальний підхід для прогнозування стирання парацетамолу в сушарці з перемішаним фільтром. Для моделювання динаміки частинок у сушарці та визначення розподілів напружень і деформацій використовувався метод дискретних елементів. Потім були проведені експерименти в комірці зсуву, щоб зв'язати стирання частинок з різними напругами та умовами деформації. Нарешті, прогнози стирання були зроблені на основі напруги та напруження, наявних у сушарці. У цій роботі, хоча стирання частинок не моделюється явно, загальна робота, виконана над частинками, обчислюється відповідно до підходу Потапова та Кемпбелла [26] для якісної оцінки потенційного ступеня стирання. Загальна виконана робота корисна для оцінки того, як певні параметри процесу та альтернативи конструкції обладнання можуть вплинути на стирання частинок для даної рецептури. Однак точна швидкість руйнування залежить від конкретного матеріалу і буде залежати, наприклад, від розподілу частинок за розміром і граничного або межа текучості частинок або гранул.

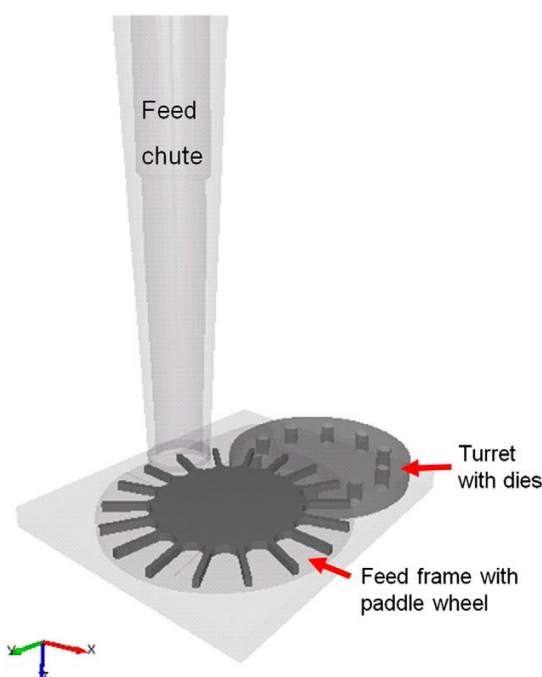


Рис. 1.6 Схема, що показує жолоб живлення, раму живлення та лопатеве колесо, а також башточку таблетковий прес Korsch XL100.

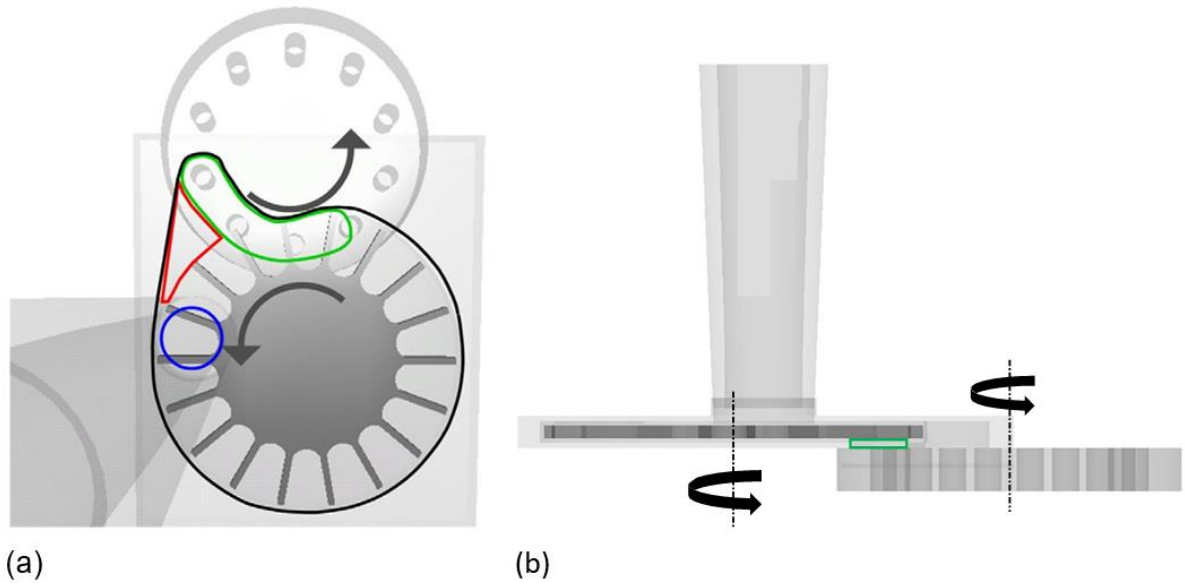


Рис. 1.7. Зображення рами подачі та головки матриці з вигляду зверху (а) та збоку (б) із зазначеними нормальними напрямками обертання. Розташування точки заповнення показано синім колом. Область заповнення матриці позначена зеленою зоною. Потенційна «мертва зона» всередині живильника, в якій гребне колесо не рухається, показана червоною трикутною формою.

Опис процесу

Показаний таблетований прес Korsch XL100 (Korsch AG, Берлін, Німеччина). На рис. 1.6 і 1.7, досліджується в поточній роботі. Порошок подається в цей лабораторний таблетковий прес через вертикальний жолоб. Цей жолоб веде в циліндричний об'єм, в якому обертається одне лопатеве колесо, щоб подавати порошок з бункера/жолоба в область наповнення матриці у формі дуги кола. Після досягнення області заповнення порошок може вільно падати під дією сили тяжіння на обертовий стіл матриці або вежі і заповнити одну з 10 матриць круглого поперечного перерізу діаметром 12,5 мм для стиснення в таблетку.

Три різні конструкції гребних коліс, показані на рис. 3, змодельовані і включають те, що тут іменується як стандартна, кутова та велика втулка. При цьому товщина і зовнішній діаметр, D , кожного з них конструкції рівноцінні, колеса відрізняються діаметром hub , D_{hub} , кількістю спиць і те, чи вирівняні

спиці радіально чи під кутом, зміщеним від радіального напрямку. У той час як заповнення матрицею може здійснюватися в режимах гравітаційного заповнення або всмоктування [11, 15], більшість фармацевтичних таблетованих пресів покладаються на підхід заповнення всмоктуванням для покращення продуктивності. На практиці наповнення всмоктування та подальше регулювання ваги наповнювача досягаються вертикальним рухом нижнього пуансона спочатку вниз, а потім вгору, коли він проходить під рамкою живлення. У поточній моделі ці рухи нижніх ударів не моделюються безпосередньо. Швидше, ці процеси апроксимуються за допомогою двох похилих пластин без тертя, які розташовані на кожному кінці області наповнення порошком. Перша пластина нахилена таким чином, що глибина порожнини матриці збільшується, коли матриця входить і проходить навколо області заповнення. Ця перша пластина моделює процес наповнення всмоктуванням. Друга пластина нахилена таким чином, що глибина порожнини матриці зменшується, коли матриця наближається до кінця області заповнення, що призводить до того, що частина порошку викидається із заповненої матриці назад у рамку подачі. Друга пластина моделює процес коригування ваги. Положення та орієнтації цих похилих пластин вибираються відповідно до експериментальної системи та фіксуються для всіх симуляцій.

Початкову шихту монодисперсних сферичних частинок радіусом $R = 0,9$ мм і щільністю $\rho = 1500$ кг/м³ додають у жолоб живлення і дають осісти під дією сили тяжіння. До кінця моделювання додаткові частинки з тими ж властивостями, що й початковий заряд, додаються зі швидкістю, приблизно рівною швидкості частинок, які залишають область моделювання в заповненому планшеті. Таким чином, висота заповнення в жолобі подачі залишається приблизно постійною. Лопаткове колесо обертається зі швидкістю 60 об/хв від $t = 0$ с до $t = 2$ с, щоб заповнити рамку подачі. При $t = 2$ с турель починає обертатися зі швидкістю 83 об/хв (постійна для всіх симуляцій), а лопатеве колесо встановлюється на задану швидкість і напрямок обертання. Моделювання

триває ще 2 с, перш ніж будуть зібрані будь-які дані. Маса в рамці живлення зазвичай залишається в межах 4–5% від середнього значення протягом часу збору даних.

Обсяг цієї роботи включає подачу порошку в рамку подачі і через неї, а також у планшетну матрицю на вежі.

Висновок

Рама подачі таблеток є важливим компонентом таблеточного преса, оскільки вона контролює засипання порошку в матриці, де він згодом пресується в таблетки, процес, який встановлює масу та склад кінцевого лікарського засобу. У цій роботі використано підхід, заснований на цифровій матриці вимірів, для визначення *in silico* реального впливу рішень обробки, що включають форму лопатевого колеса, швидкість обертання та напрямок. Вплив цих параметрів на показники якості таблеток, включаючи мінливість ваги та ваги, продуктивність змішування, змащування та стирання, з яких два останніх можуть негативно вплинути на міцність на розрив і розчинення, визначається кількісно.

Про DEM моделювання

Серед сучасних методів комп'ютерного моделювання фізичних та технологічних процесів особливий інтерес становлять методи, що базуються на концепції дискретного уявлення речовини, – метод динаміки частинок (молекулярної динаміки) та метод дискретних елементів [1, 2].

У цій статті повідомляється про результати використання цих підходів для вирішення деяких завдань збагачення руд та переробки відходів. Отримані результати свідчать про перспективність використання цих підходів також для моделювання та оптимізації ширшого класу процесів переробки природної та техногенної сировини. При цьому можливе математичне моделювання різних

впливів на рух і перетворення не тільки в сипких, а й у рідких, а також у газоподібних середовищах та будь-яких композиціях. Намічені першочергові завдання досліджень. Дано загальну постановку відповідних завдань.

Про методи динаміки частинок та дискретних елементів – варіанти програм та підходів

Метод динаміки частинок і один із добре розроблених його варіантів – метод молекулярної динаміки – полягає у поданні середовища у вигляді сукупності взаємодіючих частинок – матеріальних точок або твердих тіл. Їхній рух описується рівняннями класичної механіки, причому взаємодії враховуються за допомогою так званих потенціалів взаємодії, відповідно до яких частинки, наприклад, відштовхуються при зближенні та притягуються при деякому видаленні. При моделюванні руху частинок з допомогою методу динаміки частинок кожному кроці ітераційними методами вирішується завдання Коші – інтегруються диференціальні рівняння за заданих початкових умовах. Строго кажучи, метод молекулярної динаміки є одним з різновидів методу динаміки частинок, коли як частинки виступають атоми або молекули. У випадку, коли частинки є більшими утвореннями (зерна, гранули, макроскопічні частинки), часто також використовують термін "молекулярна динаміка", хоча правильніше в цьому випадку говорити про динаміку частинок або дискретних елементів. Найбільш відомі програми для розрахунків за допомогою методу молекулярної динаміки – AMBER, CHARMM, GROMACS, GROMOS, NAMD.

Метод дискретних елементів можна як узагальнення методу кінцевих елементів. Він був розроблений та вперше застосований для дослідження механіки гірських порід. При моделюванні процесу цим способом задаються початкові положення та швидкості частинок. Потім, виходячи з цих початкових даних і також фізичних законів взаємодії частинок, що задаються, обчислюються сили, що діють на кожен частинку. При цьому можна враховувати різні закони взаємодії; достатньо, щоб їх описи існували дозволені рівняння. Для кожної

частки обчислюється результуюча сила і вирішується завдання Коші на вибраному відрізку часу. У результаті виходять початкові дані наступного кроку. Обчислення тривають протягом усього часу протікання процесу, що представляє інтерес. Провести чітку межу між методом динаміки частинок та методом дискретних елементів складно; Основна відмінність у тому, перший виник як узагальнення методу молекулярної динаміки, а другий – як узагальнення методу кінцевих елементів. Проте в даний час обидва методи можуть приводити фактично до однакових обчислювальних алгоритмів, і назва переважно визначається тим, які пакети програм використовуються для розрахунку.

Найбільш відомі такі програми, що реалізують метод дискретних елементів: Chute Maven (Hustrulid Technologies Inc.), PFC2D та PFC3D, EDEM (DEM Solutions Ltd.), GROMOS 96, ELFEN, MIMES, PASSAGE®/DEM.

Безумовно, при обчисленні рухів кожної частинки описаними методами виникають незворотні похибки, а завдання обчислення індивідуальних траєкторій є принципово нелінійним і нестійким. Однак, виходячи з фізичних міркувань, очікується, що ці обставини не вплинуть на макроскопічну усереднену картину процесу.

Важливою при використанні аналізованих методів є можливість візуалізації процесів, що моделюються, на дисплеї комп'ютера або з використанням 3D-віртуальної реальності [3]. Останнім часом подібні системи успішно використовуються у ряді великих фірм та навчальних закладів (наприклад, у СПбДПУ під керівництвом Н.Н. Шаброва) [4]. Як показали вже перші дослідження, у процесі такої візуалізації у дослідників та винахідників виникають плідні ідеї щодо вдосконалення відповідних процесів та пристроїв (див. п. 4).

Комп'ютерне моделювання має поєднане відношення до фізичних випробувань обладнання, які дозволяють (на відміну від комп'ютерної моделі) отримати експериментальні дані. Тому, відставання в технологіях тестування готових пристроїв, при такому зростанні можливостей обчислювальної техніки може призвести до зайвої економії на експериментальних зразках з подальшими проблемами в готових виробках. Точність моделей безпосередньо залежить від вхідних даних про поведінку моделі (математичний опис) у різних умовах.

Звичайно, елементи моделей не можуть включати всі можливі варіанти і умови поведінки певних компонентів, так як складність розрахунків і громіздкість математичної моделі стали б просто величезними. Для спрощення математичної моделі приймають певні припущення, які «не повинні» істотно впливати на роботу механізму. Математична модель не зможе прорахувати, як поведеться пристрій у разі наявності в матеріалі мікротріщин, або при різкій зміні погоди, що може призвести до іншого розподілу навантаження в конструкції. Експериментальні дані та дані досить часто відрізняються один від одного.

Ще один важливий плюс у бік фізичного випробування обладнання, це здатність вказати інженерам недоліки при складанні математичних моделей, а також надає непогану можливість для відкриття нових явищ та вдосконалення старих методик розрахунків. Адже погодьтеся, якщо вбити в математичну формулу змінні, то результат залежатиме від змінних, а чи не від формули. Формула залишатиметься завжди постійною, і лише реальне фізичне випробування здатне її доповнити чи змінити.

Поява нових матеріалів у всіх галузях сучасної промисловості створює додаткові проблеми комп'ютерного моделювання. Якби інженери продовжували використовувати вже перевірені часом матеріали та вдосконалені їх математичні описи, то так, проблеми з моделюванням були б значно меншими. А ось поява

нових матеріалів вимагає обов'язково проводити фізичні випробування готових виробів з цими матеріалами. Тим не менш, нові елементи все частіше з'являються на ринку, і тенденції зростання тільки йдуть вгору.

У відповідності з цим сформульовані *задачі* досліджень:

Мета роботи: враховуючи структурно-механічні властивості порошкоподібного матеріалу, обґрунтувати раціональні режими роботи таблеткового пресу Fette 2200i, визначити вплив геометричних та режимних параметрів на ефективність роботи обладнання:

- Для опису властивостей порошкового матеріалу обґрунтовано обрати реологічну модель;
- Побудувати геометричні моделі обладнання, механізму живлення та комплекту зворощувачів;
- Обґрунтувати раціональні параметри процесу, що сприяють підвищенню ефективності роботи обладнання;
- Запропонувати варіант удосконалення елементів конструкції живильного механізму таблеткового преса

РОЗДІЛ 2. Об'єкти і методи досліджень

2.1 Процес заповнення матриць в таблетковому пресі Fette 2200i в якості об'єкту дослідження

Процес отримання таблеток з мінімальним відсотком браку і витримуванням мінімального відхилення від заданої маси таблетки досягається шляхом правильного дотримання параметрів роботи механізму дозування та інших етапів виготовлення продукції на таблеткових пресах. Для дослідження дозування порошку було розглянуто машину німецької фірми Fette, моделі 2200i, що на даний момент використовується як оптимальний варіант як для масового, так і малосерійного виробництва таблеток на фармацевтичних заводах в світі.

В даній роботі *об'єктом дослідження* є процес заповнення порошком матриць на поверхні ротора преса Fette 2200i. *Предметом дослідження* є живильний пристрій преса, його конструктивні та експлуатаційні характеристики.

Принципова схема (Рис 2.1.) преса включає в себе ротор і 4 основних станцій:

- 1) Ротор 1 з матрицями 2;
- 2) Станція А заповнення і дозування, що складається із засипного бункера 3 корпус живильника 4, головного дозувального колеса 5, заповнюючого колеса 6 та дозувального колеса зворотного напрямку 7. Після проходження заповнення матриць відбувається відсікання надлишку порошку в матриці за допомогою скребка 8;
- 3) Станція Б попереднього пресування, основний елемент яких є ролик 9;
- 4) Станція В головного пресування;
- 5) Станція Г виштовхування таблеток з матриць і скидання з ротора

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сполович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Об'єкти і методи досліджень	200503.MP.04.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/13	

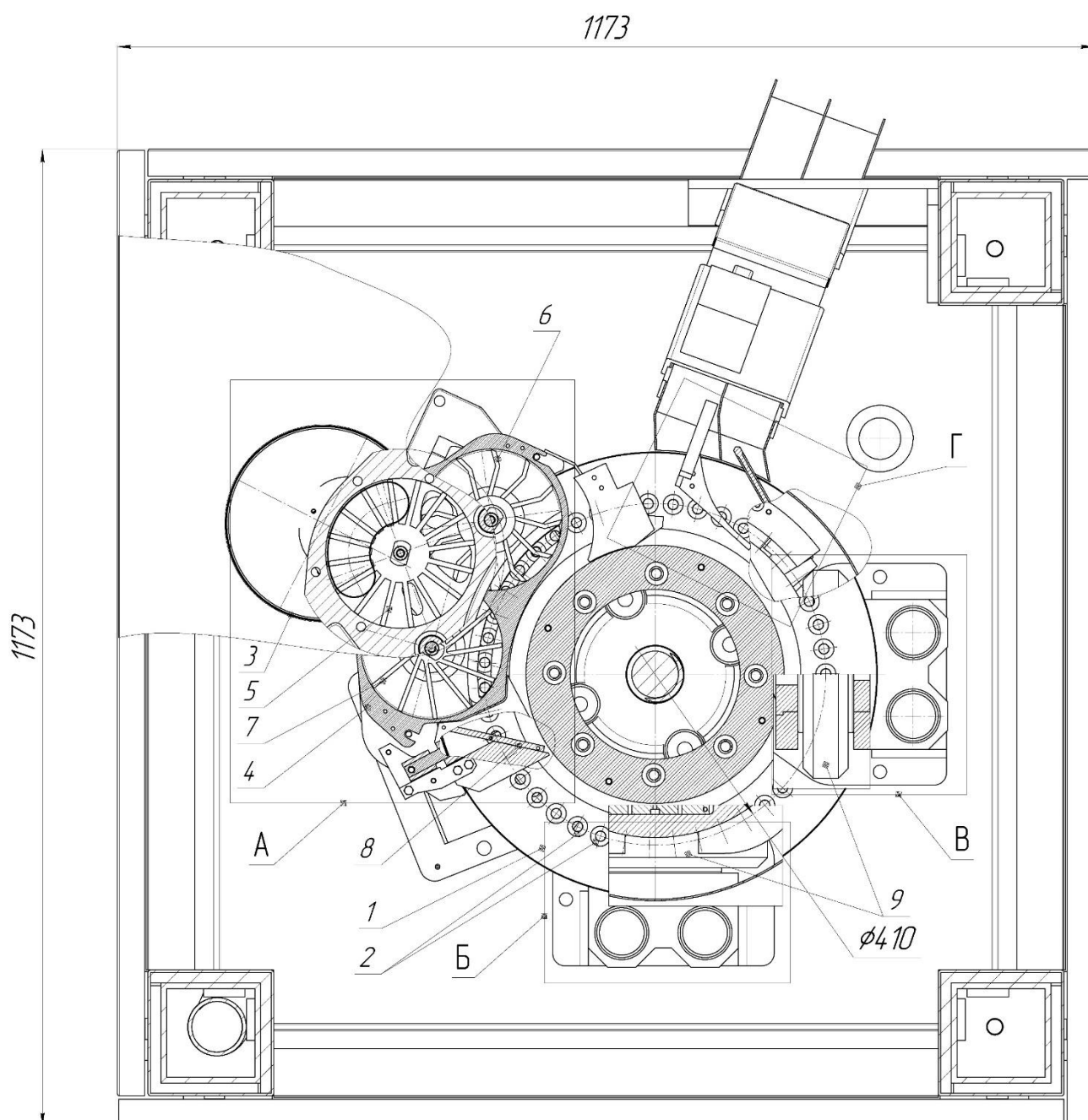


Рис 2.1. Принципова схема машини (вид зверху з місцевими розрізами)

Основний вид машини показано на кресленні в розділі «Додатки».

Функціональна послідовність роботи машини (рис. 2.2.)

Ротор 1, в якому закріплено матриці 2, верхній 3 та нижній 4 ряди пуансонів, обертається в напрямку, показаний стрілками.

Весь цикл таблетування порошку починається з етапу дозування. Пуансони нижнього ряду опускаються по копіру 5, на ділянці якій виконується заповнення

матриць порошком. Після живильника виконується відсікання зайвої частини порошку; потрібна вихідна маса для пресування задається для приладу дозування 6, який піднімає нижні пуансони перед скребком відсікання.

Наступним етапом іде попереднє пресування порошку, за ним - головне пресування. Верхні ролики пресування 7 мають можливість ручного регулювання глибини занурення верхніх пуансонів, діапазон становить 1...5 мм. Для нижніх пресувальних станцій 8 забезпечено автоматичне регулювання тиску, що керується програмним забезпеченням терміналу управління машини.

Далі, як таблетка спресувалася, слідує етап виштовхування таблетки за допомогою ежектора 9, що піднімає нижні пуансони, після чого відбувається скидання зі стола ротора планкою 10.

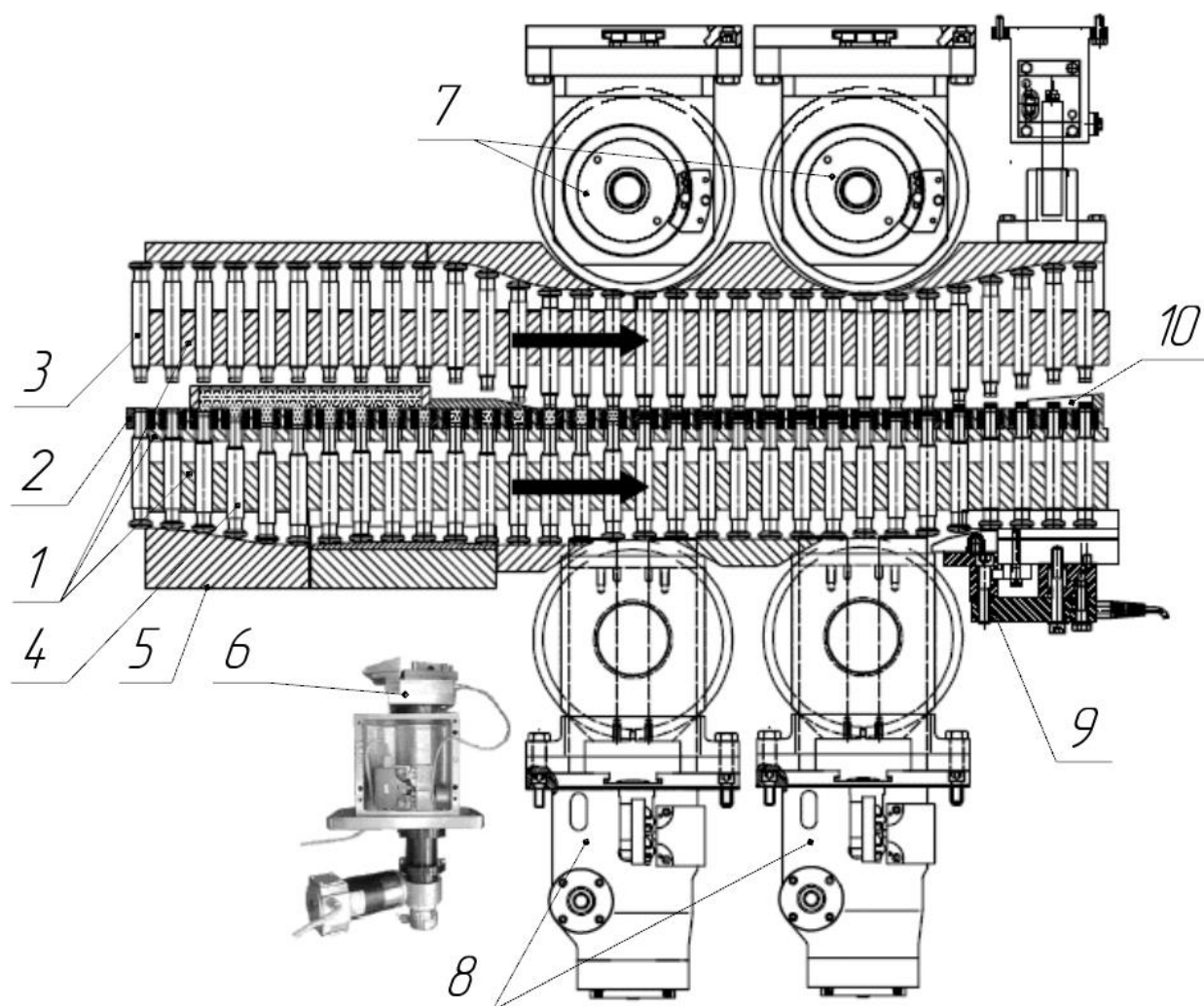


Рис 2.2. Функціональна послідовність

Технічні характеристики таблеткового преса Fette 2200i

Виробник:	Компанія FETTE GmbH
Модель:	2200i
Заводська табличка з паспортними даними:	Позаду панельної обшивки установки
Робоча напруга:	400/440/480 В, 50/60 Гц, 3 фази + захисне заземлення PE
Потужність (приблизно):	13 кВт
Повний захист плавкого запобіжника:	63 А
Подача стисненого повітря: (максимальна)	6 бар (10 бар)

при діаметрі труби, що підводить $\varnothing = 9$ мм	
Об'ємна витрата повітря (мінімальна):	5 дм ³ /с
Проектована площа:	1220 x 1220 мм
Висота установки: (з бункером Fülltrichter)	2031 мм (2083 мм)
Чиста вага (вага нетто) таблеткового преса:	Приблизно 3500 кг
Вага терміналу управління:	100 кг
Умови експлуатації:	
Відносна вологість (без урахування конденсату):	5 - 95 %
Температура експлуатації розподільного щита:	0 - 25°C
Температура експлуатації пульта керування:	0 - 25°C
Температура експлуатації установки:	5 - 35°C

2.2 Методи досліджень

За допомогою EDEM Creator можна швидко і легко створити репрезентативну модель сипучого матеріалу. Інструменти надаються для визначення компонентів моделі матеріалу DEM, включаючи контактну фізику та форму та розподіл частинок моделі. При необхідності cad-моделі фактичних частинок можуть бути імпортовані і використані для наближення форми частинок моделі і розрахунку інерційних властивостей. Моделі САПР геометрії обладнання можуть бути імпортовані в різних форматах, а компоненти моделі можуть бути згруповані, переміщені та скопійовані. Кінематику кожної групи можна вказати індивідуально. Технологія EDEM's Particle Factory забезпечує унікальний метод ефективного генерування вузлів частинок, використовуючи вбудовану просту функціональність 3D CAD або у зв'язку з імпортованою геометрією обладнання.

Для модельної частинки використано метод дискретних елементів (DEM) потоку в кількох процесах фармацевтичного порошку. Тут цей підхід

використовується для моделювання потоку частинок у рамці подачі таблетованого преса та в матрицю таблеток. Використовується комерційно доступний програмний пакет EDEM v.6.3.1 (DEM Solutions Ltd, Единбург, Шотландія), а для моделювання контактних сил використовується контактна модель Герца-Міндліна. У цій моделі сила в нормальному напрямку визначається як

$$F_n = k_n \delta_n^3 + c_n \dot{\delta}_n$$

де δ_n — нормальне перекриття, $\dot{\delta}_n$ — відносна нормальна швидкість удару, c_n — нормальний коефіцієнт демпфування, k_n — нормальна жорсткість і визначається як

$$k_n = \frac{4}{3} E^* \sqrt{R^*}$$

де E^* — ефективний модуль Юнга, визначений як $\frac{1}{E^*} = \frac{1-\nu_i^2}{E_i} + \frac{1-\nu_j^2}{E_j}$

де E_i, E_j, ν_i, ν_j — модулі Юнга та відношення Пуассона окремих частинок i та j , що контактують відповідно, R^* — ефективний радіус, визначений як $\frac{1}{R^*} = \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_j}$ де R_i і R_j — радіуси окремих звичайних контактуючих частинок, а c_n задається як

$$c_n = -2 \sqrt{\frac{5}{6}} \beta \sqrt{2E^* (\sqrt{R^*} \delta_n)} m^*$$

де β визначається як

$$\beta = \frac{\ln e}{\sqrt{(\ln e)^2 + \pi^2}}$$

де e — коефіцієнт відновлення, а m^* — ефективна маса, визначена як $\frac{1}{m^*} = \frac{1}{m_i} + \frac{1}{m_j}$

де m_i і m_j — маси індивідуальних контактних сфер.

Сила в тангенціальному напрямку визначається як

$$F_t = \min \left[S_t \delta_t + 2 \sqrt{\frac{5}{6}} \beta \sqrt{S_t m^* \dot{\delta}_t}, \mu F_n \right]$$

де δ_t - тангенціальне перекриття, $\dot{\delta}_t$ - відносна тангенціальна швидкість,

μ – коефіцієнт тертя ковзання, S_t – тангенціальна жорсткість і подається як

$$S_t = 8G^* \sqrt{R^* \delta_n}$$

де G^* — еквівалентний модуль зсуву. Прикладається тангенціальна сила

в напрямку, перпендикулярному до нормального напрямку і протилежному

тангенціальна відносна швидкість, або, якщо швидкість дорівнює нулю, протилежна тангенціальне зміщення δ_t [37].

Модель тертя кочення включена, щоб протистояти крутному моменту, що діє на частинки в контакт. Внесок тертя кочення на крутний момент τ_R задається через:

$$\tau_R = \mu_R F_N X \omega$$

де μ_R – коефіцієнт тертя кочення, X – відстань точки контакту від центру мас,

ω – одиничний вектор кутової швидкості.

У підмножині моделювання когезивні системи моделюються за допомогою

простої моделі когезії із силою когезії $F_{n,coh}$, заданою:

$$F_{n,coh} = k_{coh} A$$

де k_{coh} – константа зчеплення, а A – площа контакту.

Для моделювання процесу було обрано порошок лактози моногідрату, значення реологічних властивостей якого було зведено в таблицю 2.1

Таблиця 2.1

Параметр	Призначення параметру	Значення параметру
Коефіцієнт Пуассона (ν)	Гранулят	0,3
	Сталь (обладнання)	0,3
Густина матеріалу (ρ)	Гранулят	2000 кг/м ³
	Сталь (обладнання)	7800 кг/м ³
Модуль Юнга (E)	Гранулят	$8,7 \cdot 10^9$ Па
	Сталь (обладнання)	$21,0 \cdot 10^9$ Па
	Взаємодія	
Коефіцієнт реституції	Гранулят - гранулят	0,15
	Гранулят - Сталь (обладнання)	0,15
Коефіцієнт статичного тертя	Гранулят - гранулят	0,3
	Гранулят - Сталь (обладнання)	0,35
Коефіцієнт тертя кочення	Гранулят - гранулят	0,05
	Гранулят - Сталь (обладнання)	0,05

2.3 Постановка задачі моделювання

Для проведення моделювання процесів було створено об'ємні моделі основних вузлів обладнання в програмі Компас-3Д (рис 2.3)

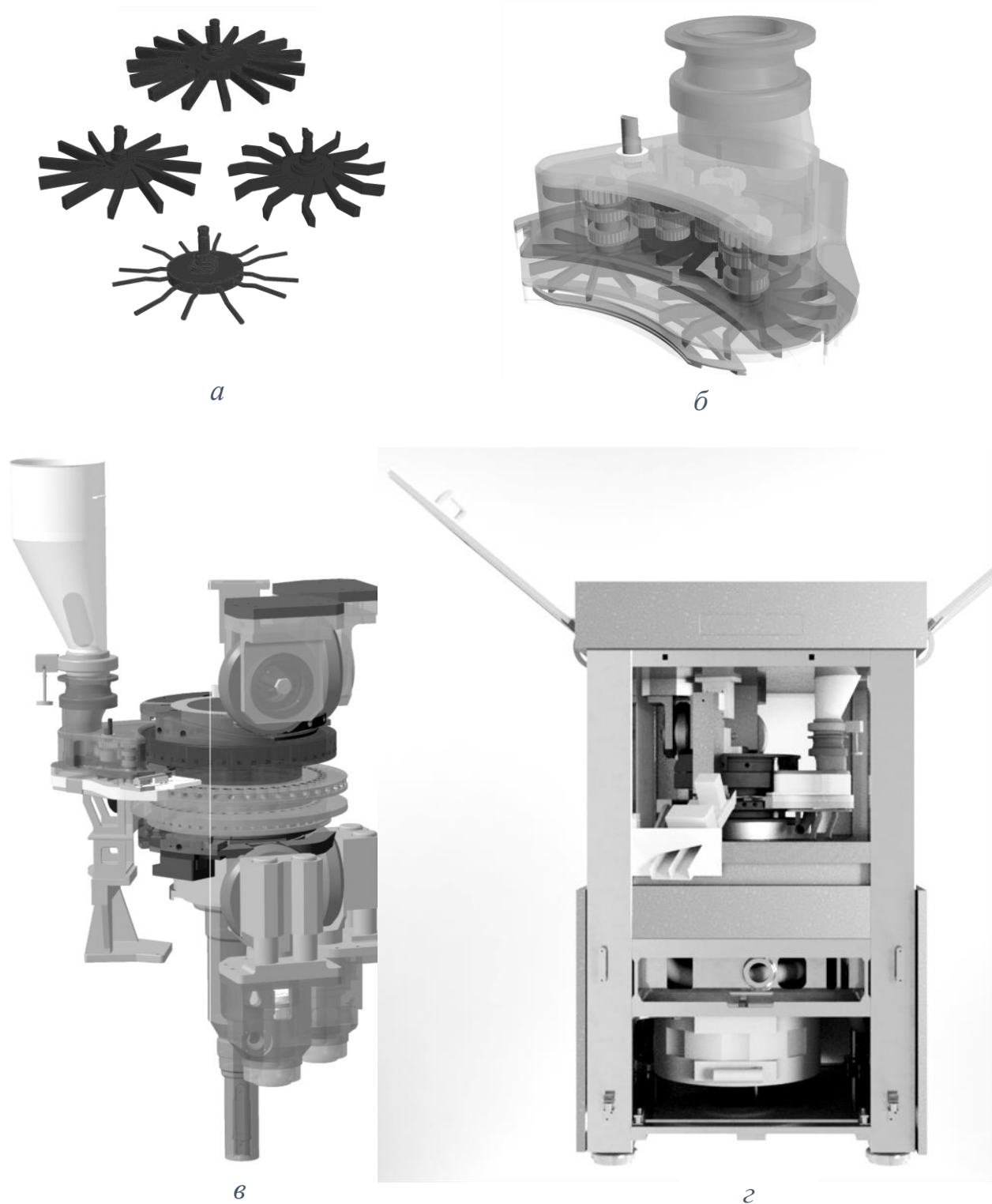


Рис. 2.3. Геометричні моделі Fette 2200i

a – зворощувачі до живильника; *б* – живильник; *в* – зборка основних вузлів машини; *г* – загальний вид машини.

Граничні умови, що задаються для деталей таблеткового преса

Всі частини обладнання в програмі EDEM за замовчуванням задаються як фізичне тіло, **тобто порошок реагує з деталями як контакт зі стінками.**

Задаємо об'ємну фігуру, де буде утворюватися порошок для засипання живильника, рис.2.4. Вказуємо тип об'єкту «віртуальний (Virtual)», щоб не вступав в контакт з порошком:

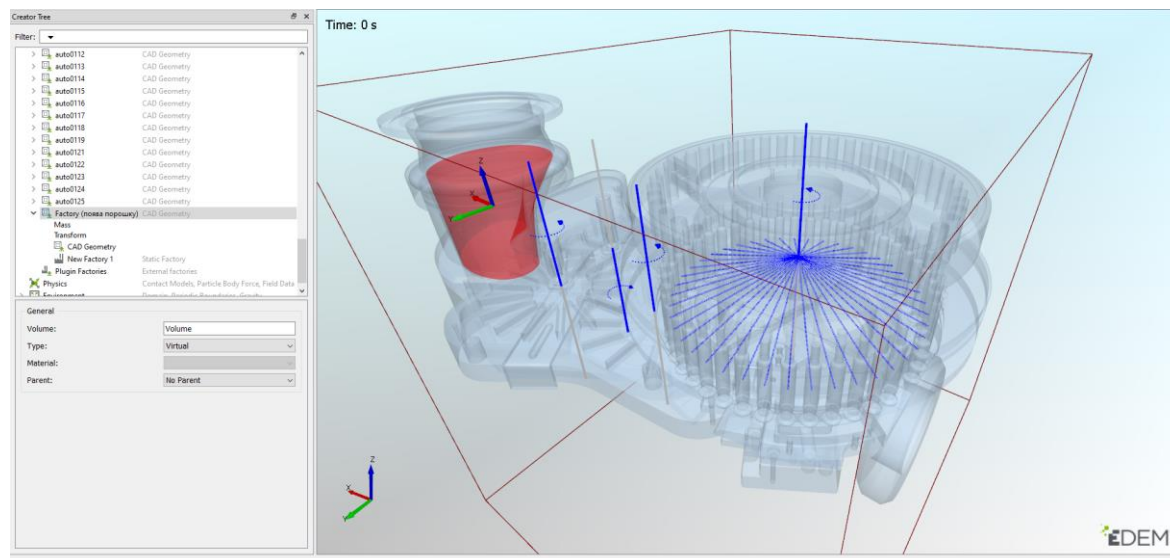


Рис 2.4.

Для ротора задаємо швидкість 50 об/хв і вказуємо вектор осі обертання, рис 2.4.

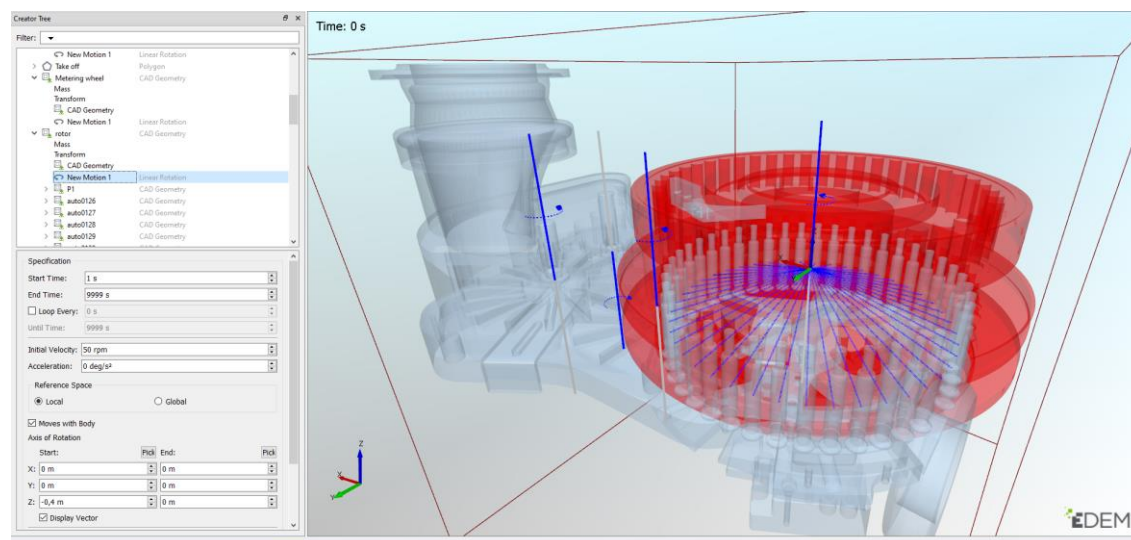


Рис 2.5.

Вказуємо швидкості і напрям осі обертання мішалок живильника, рис 2.6.
Всі мішалки обертаються з однаковою швидкістю, оскільки передаточні числа відносяться як 1:1:1.

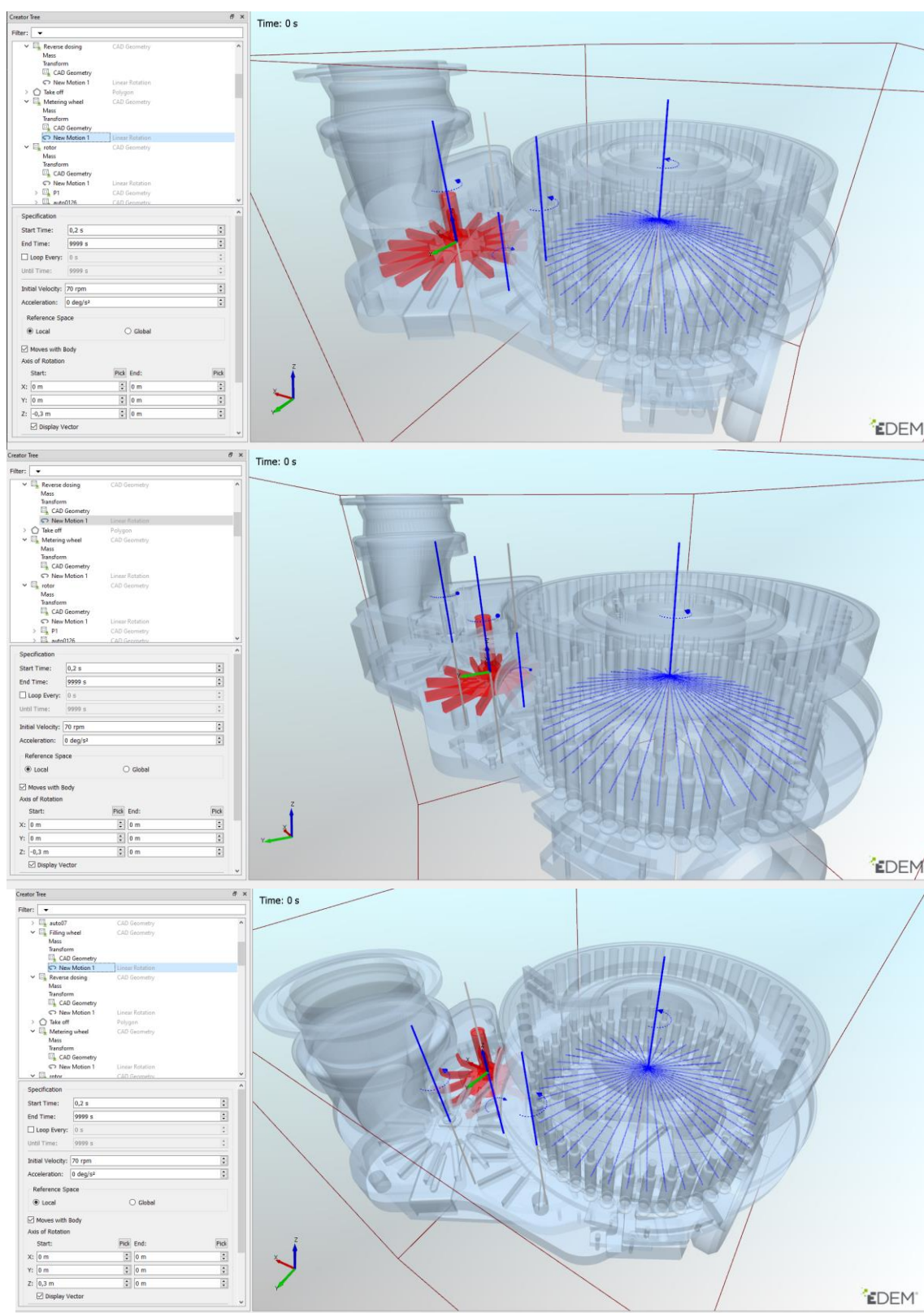


рис 2.6.

Задаємо частинки порошку і вказуємо параметри згідно таблиці 2.1 для кожного досліді, рис. 2.7.

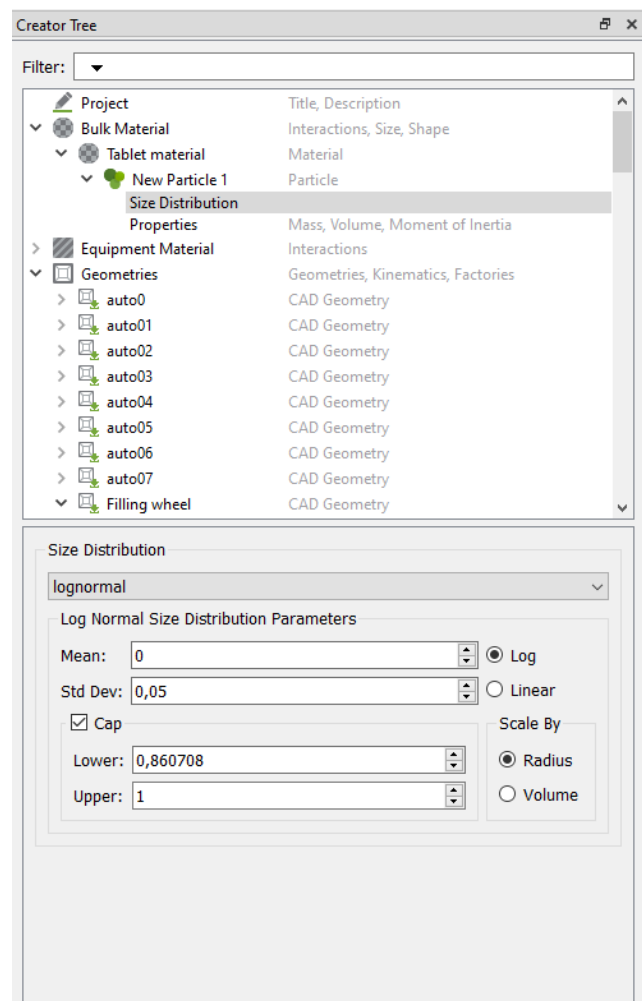
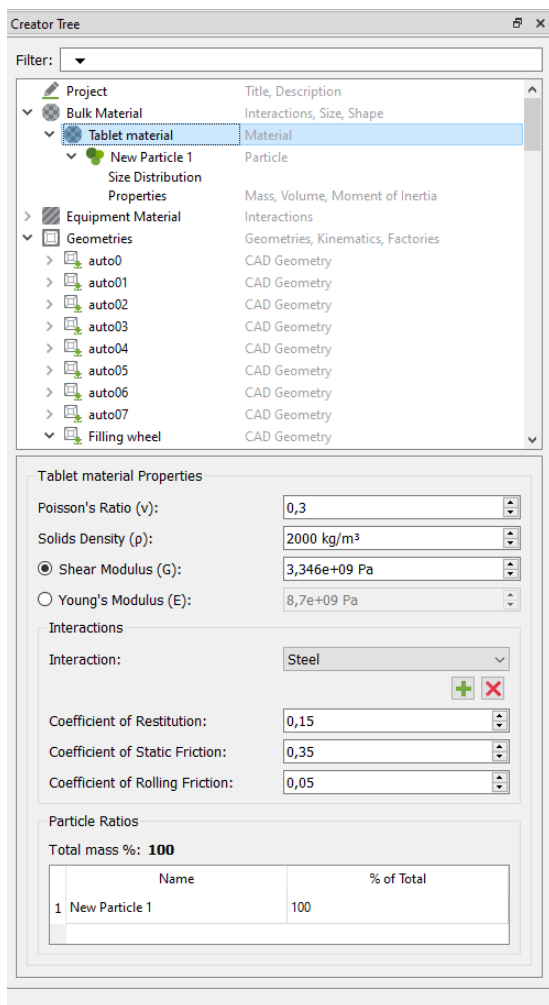
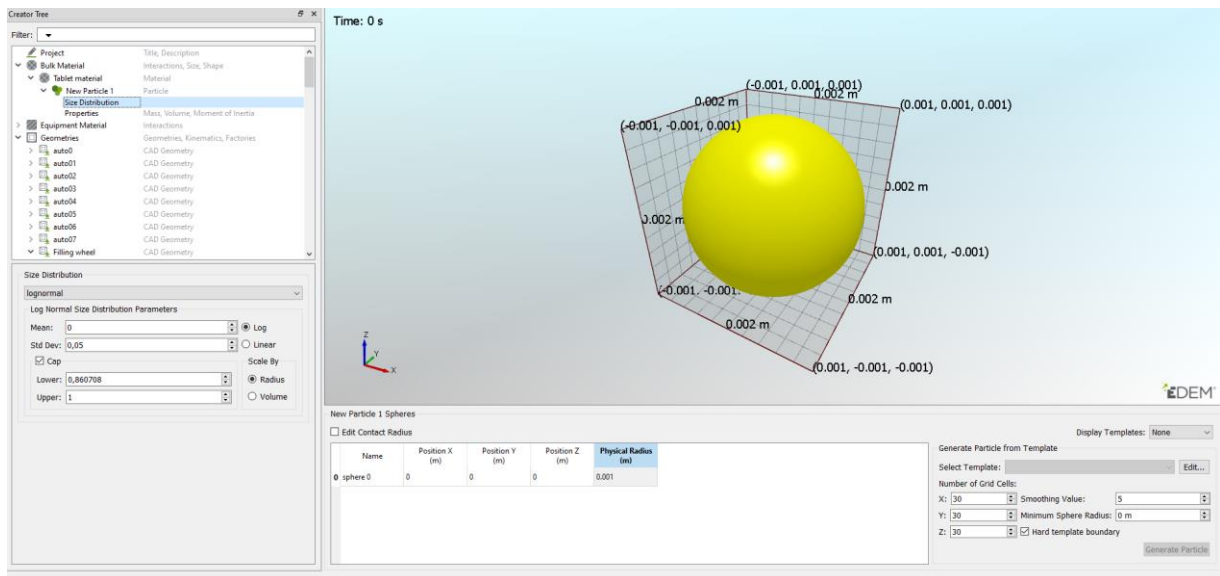


Рис 2.6.

В налаштуваннях симуляції процесу виставляємо крок часу 40%, розмір сітки 6R min, рис 2.7.

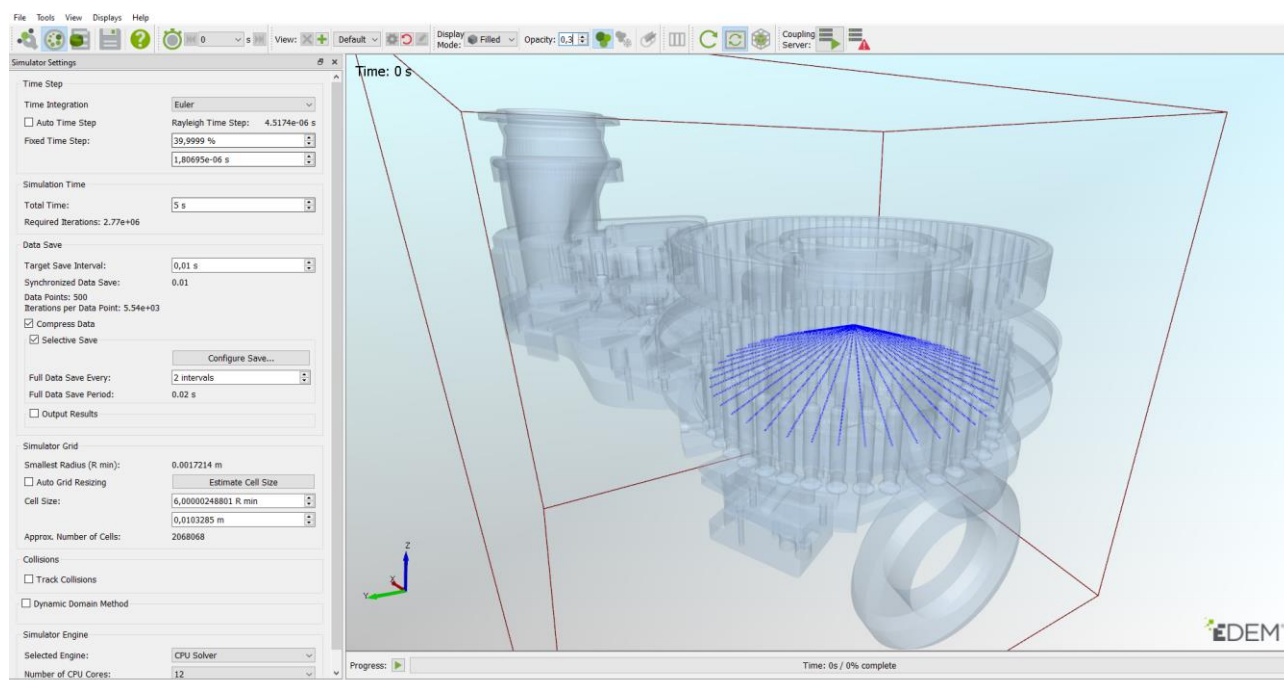


Рис 2.7.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Імітаційне моделювання процесу наповнення матриць

Одним з важливих факторів якості наповнення матриць порошком є режими швидкостей обертання зворощувачів, а також яка форма краща справляється з поставленою задачею.

Для експериментальних досліджень було побудовано 3д-моделі обладнання на дві конфігурації: 1 – з плоскостінними зворощувачами наповнення, 2 – зі зворощувачі «трубчастої» форми.

Для 1-ї конфігурації було проведено три досліди з швидкостями зворощувачів 50, 70, 90 об/хв.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Спалович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Результати досліджень	200503.MP.04.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркулш</i> 1/5	

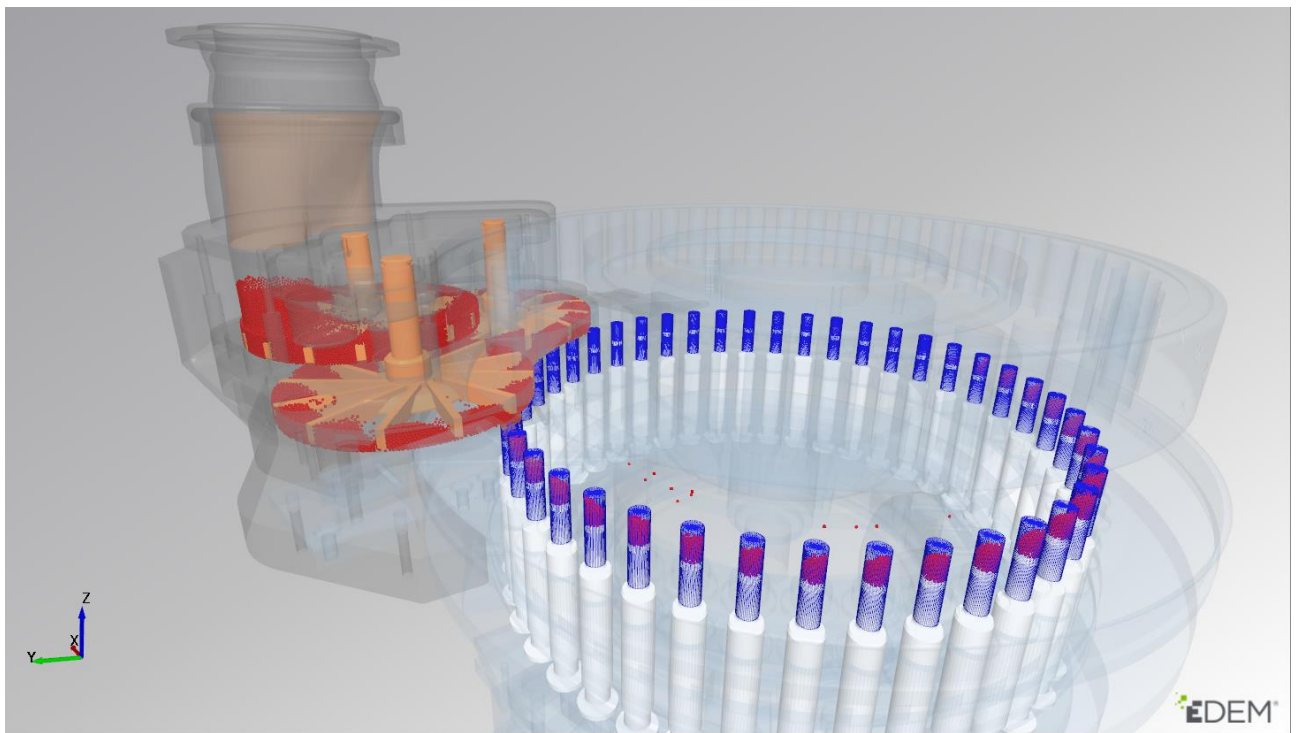
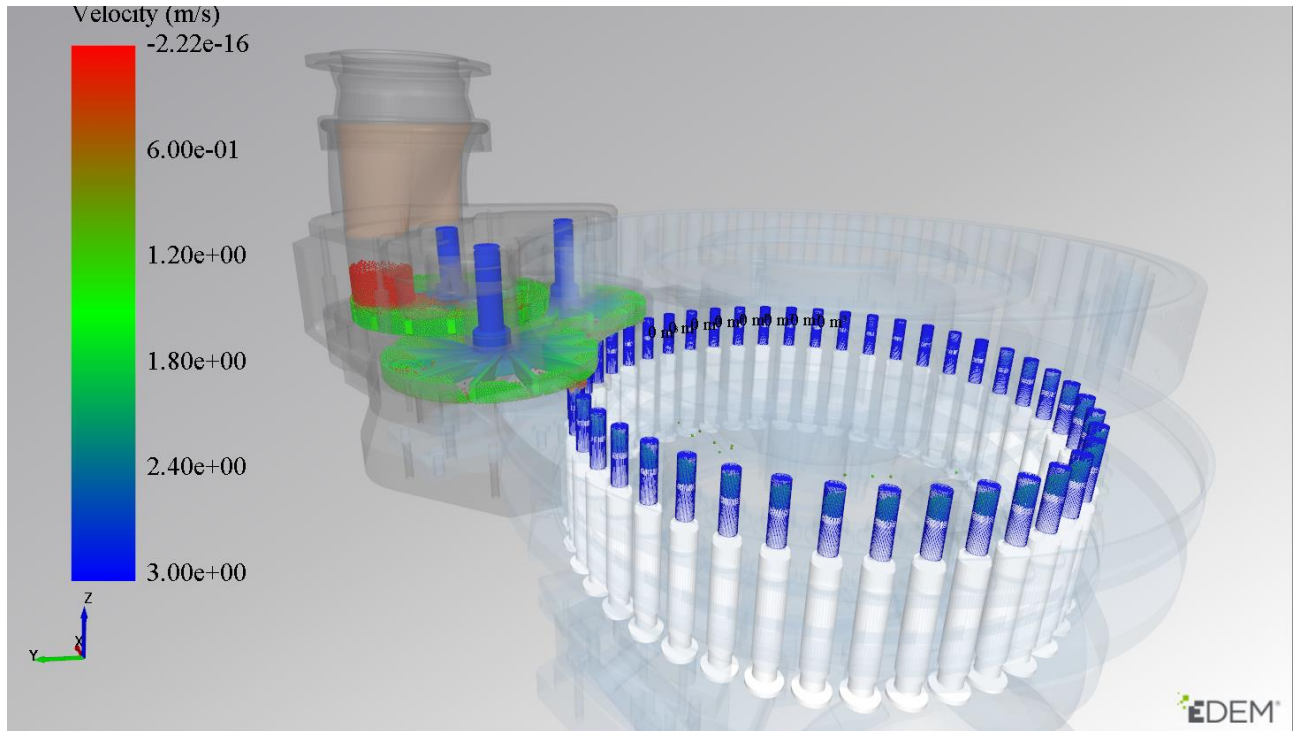


Рис. 3.1. Модель з плоскітінними зворощувачами

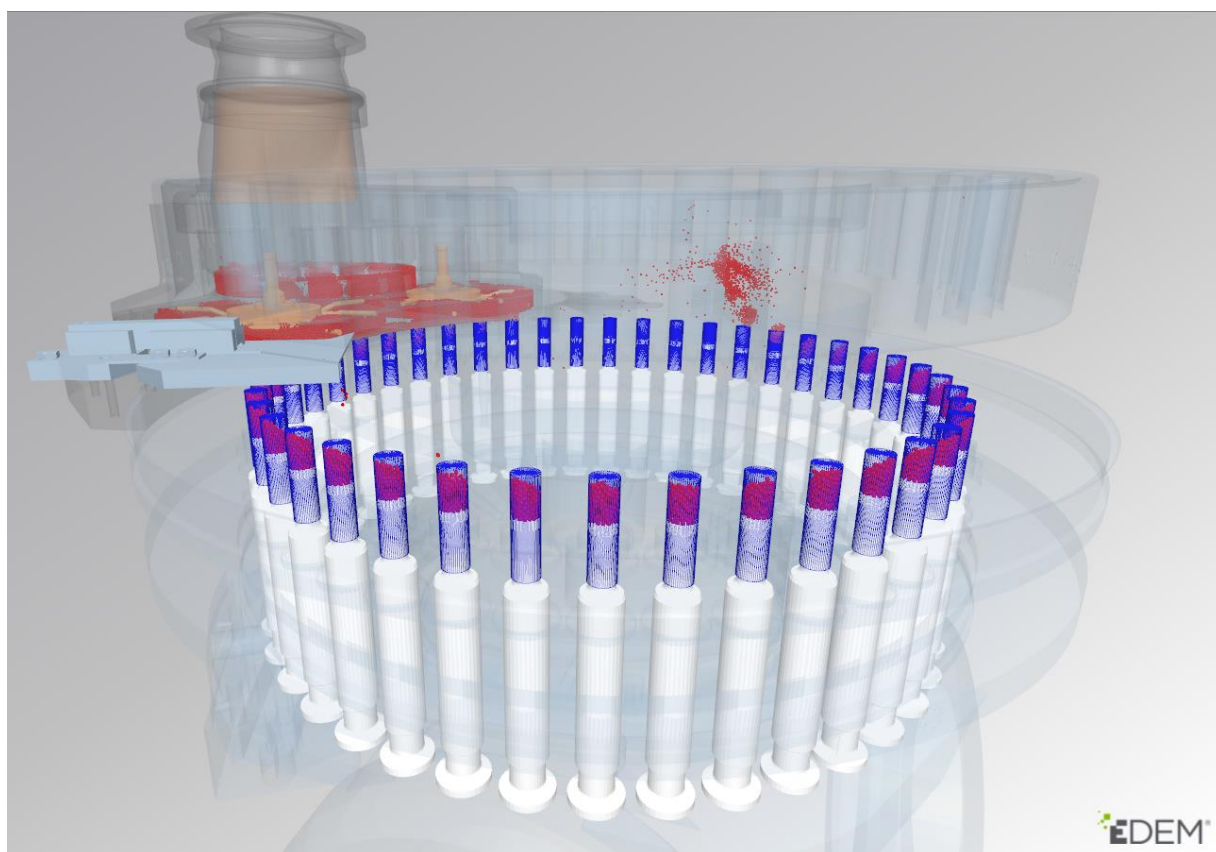
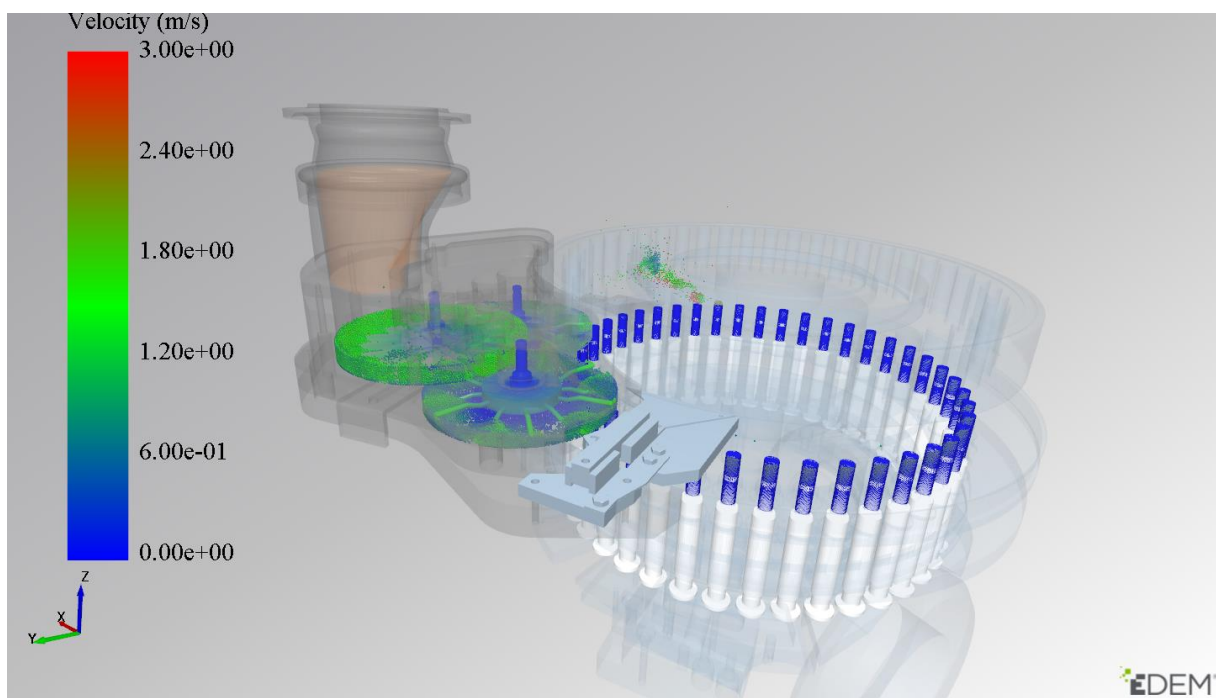


Рис. 3.2. Модель з "трубчастими" зворощувачами

Нижче наведено результати у вигляді графіків, на яких зображено як були заповнені матриці по кожному режиму роботи живильника.

Рис 3.3. Показники для плоских зворощувачів

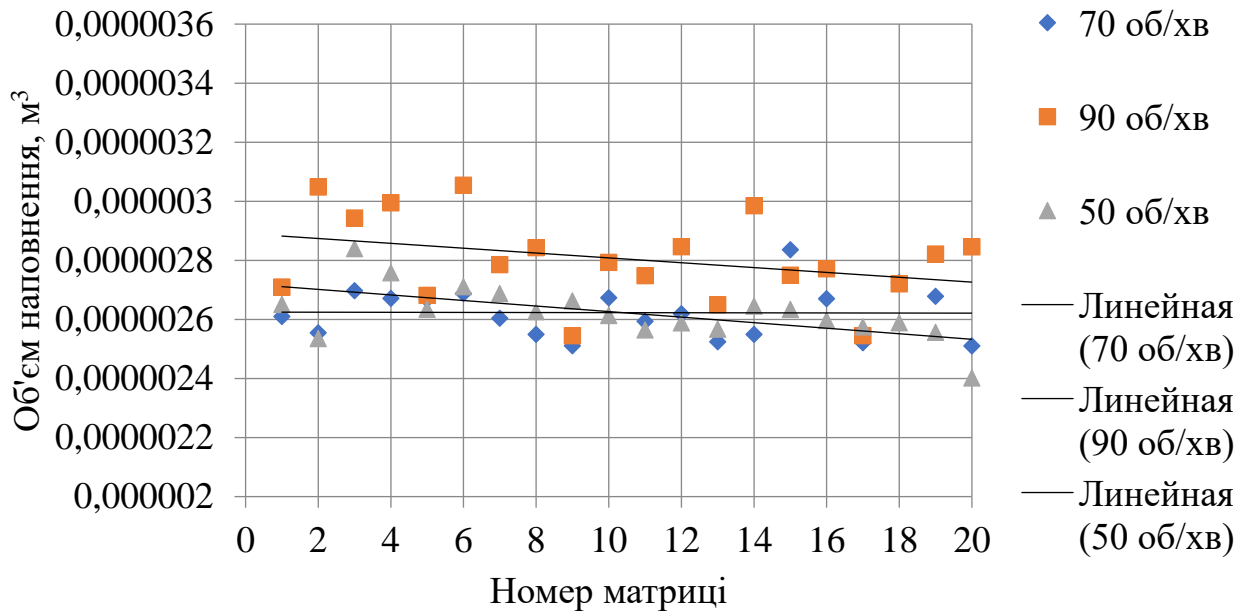
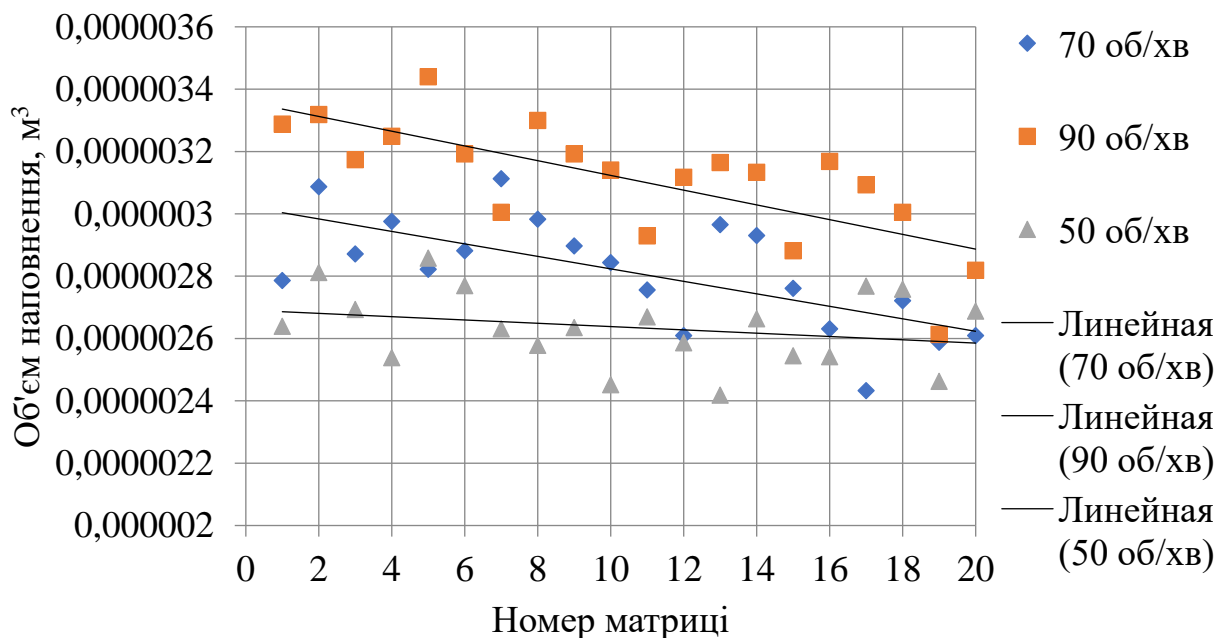


Рис 3.4. Показники для трубчастих зворощувачів



Узагальнені залежності, які характеризують вплив частоти обертання зворощувачів та їх конструкційних особливостей на середній об'єм наповнення матриць наведені на рис.3.1.5 та рис.3.1.6

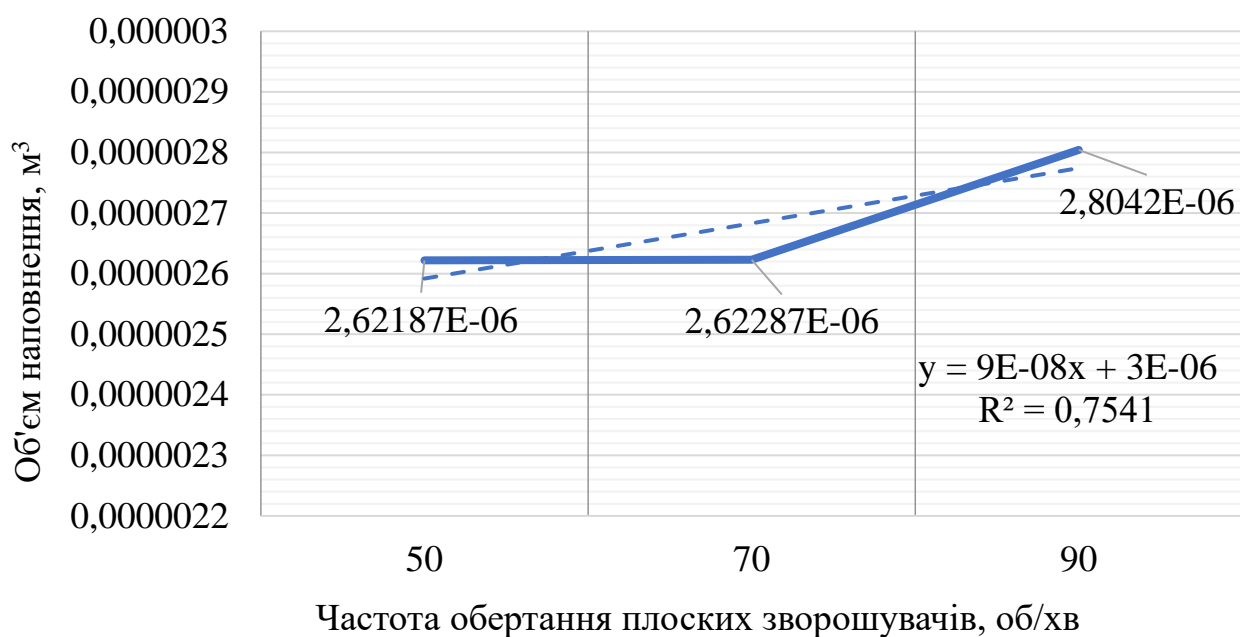


Рис.3.5 Залежність середнього об'єму наповнення матриць від частоти обертання плоских зворощувачів

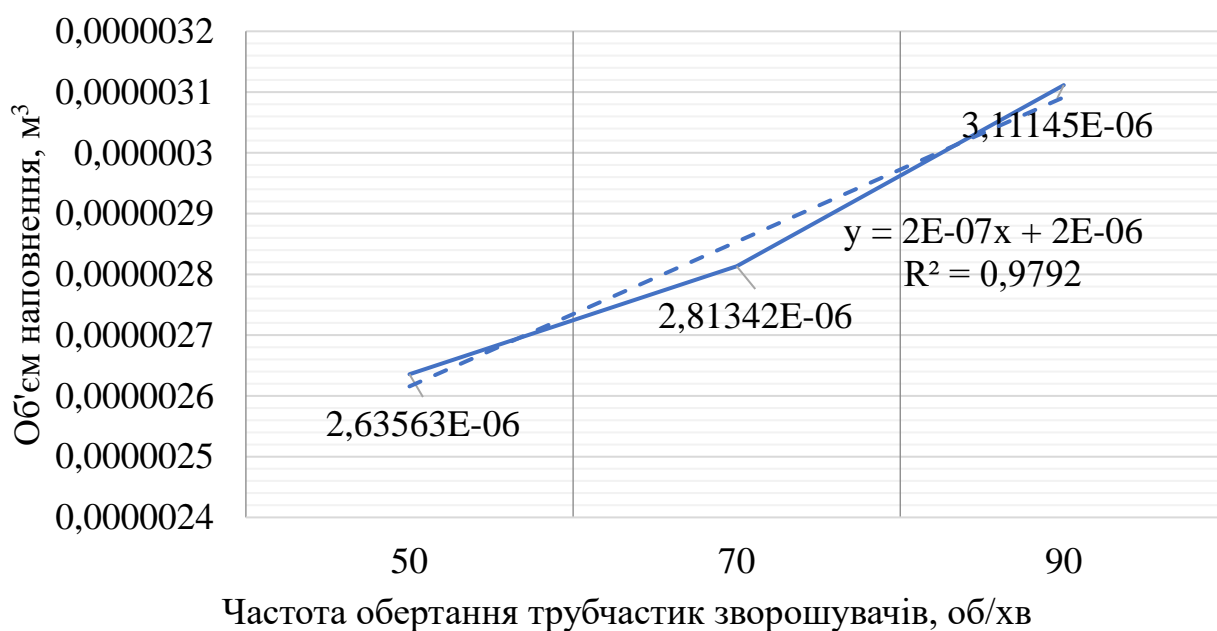


Рис. 3.6. Залежність середнього об'єму наповнення матриць від частоти обертання трубчастих зворощувачів

Більші значення об'єму матриць, заповненого порошком, в обох випадках характерні для більших із розглянутих частот обертання зворощувачів – 90 об/хв. Це можна пояснити більш інтенсивною дією лопатей на матеріал.

Збільшення частоти обертання для плоских зворощувачів від 50 до 90 об/хв призводить до збільшення рівня заповненості матриць на 7%, тоді як для трубчастих аналогічне підвищення частоти обертання збільшує об'єм, заповнений порошком, на 18 %. Загалом, для трубчастих зворощувачів середній рівень заповнення матриць при частоті обертання 90 об/хв більший, порівняно з плоскими, на 11%.

Відповідні лінійні залежності, отримані методом найменших квадратів, наведені на рисунках. Коефіцієнти кореляції (0,75 для плоских і 0,98 для трубчастих) свідчать, що лінійні залежності можуть бути використані для апроксимації.

РОЗДІЛ 4. Розрахунок обладнання для пресування таблеток

4.1. Технологічний розрахунок

Відношення кінематичного циклу T до кількості пресуючого інструменту m задає час робочого циклу T_p , тим самим визначає штучно продуктивність машини:

$$T_p = \frac{T}{m}$$

Час на кінематичний цикл є сумою періодів робочих операцій (дозування, пресування, виштовхування, скидання) та інших періодів додаткових переміщень:

$$T = t_{np} + t_{виш} + t_{скид} + t_{доз} + \sum t_{хол}$$

Мінімальна величина часу кінематичного циклі дає на виході максимальну продуктивність машини, яка проектується.

Розмір роторної машини визначається через ділильний радіус ротора R , кількістю пуансонів m на цьому колі; кількості взаємодій пуансонів на один оберт ротора.

Завдання вирішуються двома методами: графічним або розрахунковим. У графічному методі будується розгортка ротора по ділильному колу за допомогою формул переміщення робочих органів. Далі іде розміщення пристроїв дозування і послідовних пристроїв для таблетування порошків. При розрахунку довжини ділянки, на одній розміщується тільки одна пара прес-інструментів.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сполович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Розрахунок обладнання для пресування таблеток	200503.MP.04.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/16

При розрахованій довжині l розгортки радіус ротора становить:

$$R = \frac{l}{2\pi} = \frac{1,288}{2 * 3,14} = 0,205 \text{ м}$$

Коли відомий діаметр d таблетки і тиск пресування, розраховуються матриці та пуансони, вибирається форма повзуна пуансонів. Далі визначається крок матриць по ділильному колу ротора. Конструкція повзуна визначається:

$$S_0 = (1,5 \div 3,5)d,$$

d – максимальний діаметр таблетки, що пресується машиною.

$$S_0 = 2,3 * 0,013 = 0,03 \text{ м}$$

Кількість прес-інструментів:

$$m = \frac{2 * \pi * R}{S_0} = \frac{2 * 3,14 * 0,235}{0,03} = 42,93 \approx 43$$

Через лінійну швидкість ротора можна виразити його кутову швидкість:

$$\omega_1 = \frac{v}{R} = \frac{1,072}{0,205} = 5,23 \text{ рад/с}^{-1} = 300 \text{ град/с}$$

v – лінійна швидкість ротора по ділильному радіусу, м/с.

При дійсній кутовій швидкості ротора розраховується кінематичний аналіз преса, перевіряється максимальна тривалість дозування і швидкість виштовхування.

Переміщення пуансона нижнього ряду під час проходження ролика пресування:

$$S_{np} = S_1 + S_2,$$

і час пресування відповідно:

$$t_{np} = t_1 + t_2$$

Вертикальне переміщення на ділянці I :

$$S_{1,2} = r_p \cdot (1 - \cos \gamma_{1,2})$$

де γ_1 — кут тиску на прямолінійній ділянці копіра.

$$S_1 = 0,205 * (1 - \cos 7,6^\circ) = 0,0018 \text{ м}$$

Вертикальне переміщення на ділянці II:

$$S_2 = 0,205 * (1 - \cos 7,6^\circ) = 0,0018 \text{ м}$$

Час пресування пари верхніх і нижніх пуансонів :

$$t_{\text{пр}} = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\omega} = \frac{7,6^\circ + 7,6^\circ}{300} = 0,051 \text{ с}$$

Радіус кривизни теоретичного профілю ролика пресування:

$$r = \frac{S_{\text{пр}}}{2 * \sin^2 \frac{\gamma}{2}} = \frac{0,036}{2 * \sin^2 \frac{7,6^\circ}{2}} = 4,1 \text{ м}$$

В даному типі машини використовується копір прямолінійного типу.

Кут тиску та вертикальна швидкість пуансонів на ділянці виштовхування таблетки зазвичай більші, ніж на пресуванні, оскільки копії мають малі профілі для здійснення вчасного процесу.

Швидкість виштовхування таблетки з матриці:

$$v_{\text{виш}} = \frac{2R\pi \cdot \gamma_{\text{виш}}}{360^\circ} \cdot \text{tg} \gamma_{\text{виш}} \cdot \frac{\omega}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 0,205 \cdot 3,14 \cdot 17,25^\circ}{360^\circ} \cdot \text{tg} 15,8^\circ \cdot \frac{300}{360^\circ} \\ = 0,18 \text{ м/с}$$

Час, що затрачається на виштовхування таблетки:

$$t_{\text{виш}} = \frac{\gamma_{\text{виш}}}{\omega} = \frac{19,2^\circ}{300} = 0,064 \text{ с}$$

Розрахунок часу на скидання таблетки з стола ротора приймається з умовою, що колова швидкість відповідає швидкості ділільному радіусу ротора при наближенні до краю стола.

Час скидання розраховується по формулі:

$$t_{\text{скид}} = \frac{2\Delta R}{v * \text{ctg}(15,8^\circ)} = \frac{2 * 0,205}{1,072 * \text{ctg}(15,8^\circ)} = 0,103 \text{ с}$$

На підставі роботи існуючих машин визначається час дозування. При збільшенні часу на дозування зменшується час циклу, але погрішність маси таблетки зменшується.

$$t_{\text{доз}} = 0,276 \text{ с}$$

Загальний час циклу T :

$$T = 0,051 + 0,051 + 0,056 + 0,103 + 0,276 + 0,577 = 1,2 \text{ с}$$

Кут повороту ротора, що відповідає кожній операції (результат на рис.5.1):

$$\alpha_i = \frac{t_i}{T} \cdot 360^\circ$$

$$\alpha_{\text{пр1}} = \frac{0,051}{1,2} \cdot 360^\circ = 15,2^\circ$$

$$\alpha_{\text{пр2}} = \frac{0,051}{1,2} \cdot 360^\circ = 15,2^\circ$$

$$\alpha_{\text{виш}} = \frac{0,056}{1,2} \cdot 360^\circ = 17,25^\circ$$

$$\alpha_{\text{скид}} = \frac{0,103}{1,2} \cdot 360^\circ = 31^\circ$$

$$\alpha_{\text{доз}} = \frac{0,276}{1,2} \cdot 360^\circ = 83^\circ$$

$$\alpha_{\text{дон}} = \frac{0,577}{1,2} \cdot 360^\circ = 173,19^\circ$$

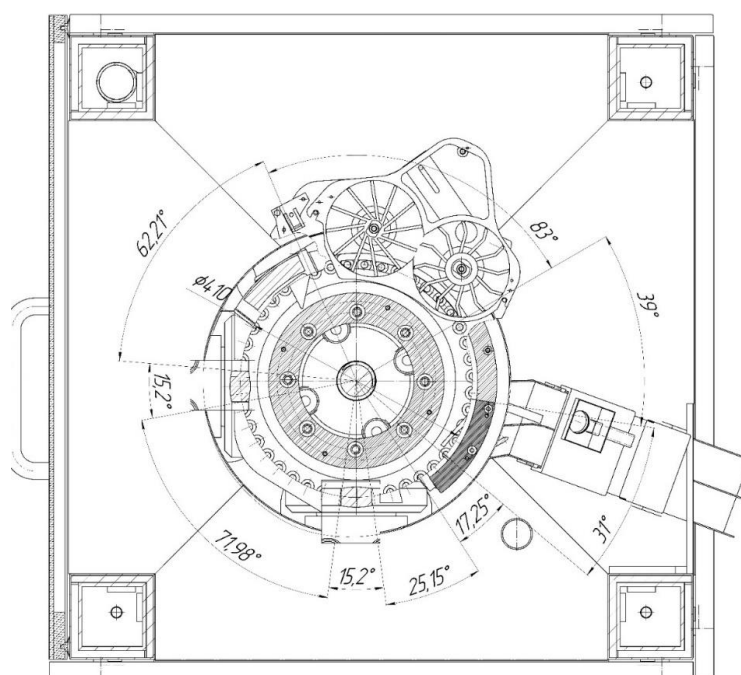


Рис 4.1. Кути на проходження кожних операцій

Розрахунок продуктивності

Визначення забезпеченості плану виробництва таблетковим пресом Fette 2200i.

Вихідні дані:

План підприємства на рік – 350,000 млн. таблеток в рік;

кількість робочих діб, $n = 232$;

кількість годин на робочу добу, $t = 16$ год;

кількість змін на добу – 2;

кількість годин на робочу зміну – 8 год;

відсоток бракованих таблеток становить 3%.

Визначаємо кількість виготовлених за рік таблеток.

Частота обертання ротора $v = 50$ об/хв. Прес-інструментів $m = 43$.

Продуктивність Q_z машини в годину роботи (шт./год.):

$$Q_z = 60 * v * m * z$$

v – частота обертання ротора; m – кількість прес-інструментів; z – кількість потоків.

$$Q_z = 60 * 50 * 43 * 1 = 129000 \text{ табл./год.}$$

Продуктивність Q_p машини за рік:

$$Q_p = 0,75 * n * t * Q_z = 0,75 * 232 * 16 * 129000 = 359136 \text{ тис. табл./рік.}$$

Де n – кількість робочих днів на рік; t – кількість робочих годин на добу.

Масова продуктивність Q_M машини:

$$Q_M = Q_z * b * \frac{1}{1000} = 200\,000 * 0,3 * \frac{1}{1000} = 60 \text{ кг/год,}$$

де b – маса таблетки, г.

Об'ємна продуктивність $Q_{об}$ преса:

$$Q_{об} = 7,85 \cdot 10^{-4} * H * d^2 * Q_z$$

де H – висота заповнення матриць, мм; d – діаметр матриці в роторі, мм.

$$Q_{об} = 7,85 * 10^{-4} * 15 * 12^2 * 129\,000 = 218\,732 \text{ мм}^3 / \text{год}$$

Продуктивність машини з урахуванням відбракованих таблеток:

$$Q = Q_p - Q_p * 0,03 = 359136 - 359136 * 0,03 = 348362 \text{ тис. табл./рік}$$

По даним розрахункам можна зробити висновок, що річна продуктивність майже співпадає з планом виробництва на рік. Для повного досягнення плану рекомендується вжити заходів для зменшення відсотку браку таблеток, бажано до 2%.

4.2. Конструктивні розрахунки

4.2.1. Дозування порошку для таблетування

Дозування є ключовою стадією для правильного заповнення матриць перед пресуванням таблеток. В сучасних таблеткових пресах використовують об'ємне дозування матеріалу. Існує також масове дозування, але через складність конструкції, їх майже не використовують.

Показником точності дозування приймають так звану «різновагу».

В ексцентриковий пресах вертикального типу при об'ємному дозуванні порошок засипається під дією власної ваги від пристрою завантаження 1 в матрицю 2 (Рис 4.1). Положення нижнього пуансона 4 регулюється по висоті, що забезпечує потрібну дозу порошку.

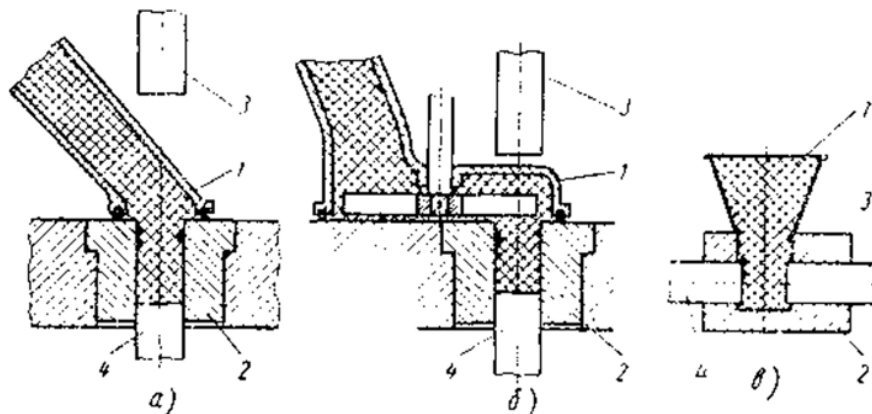


Рис. 4.2.1. Дозуючі пристрої роторних таблет-пресів:

а – ексцентрикової; б – ротаційної; в – гідравлічної.

Час на дозування в порівнянні з усім циклом невеликий, він залежить від фізико-хімічних властивостей порошку і гранулометричного складу. Пропускна властивість не залежить від міри заповнення бункера.

Якщо допускати, що склепіння над отвором сферичні і діаметром d , тоді пропускна спроможність Q розраховується на таких судженнях.

Площина, яка проходить через отвір, утворює коло в перерізі зі склепінням, тоді отримуємо рівняння:

$$y = \frac{d}{2} * \sqrt{1 - \frac{4 * x^2}{d^2}}$$

Швидкість часточки v , яка випадає зі склепіння коли проходить через отвір, буде рівна:

$$v = \sqrt{2 * g * y}$$

де g – прискорення сили тяжіння.

Об'ємна витрата через елементарне кільце площею $dF = 2\pi x dx$

$$dW = v dF = 2\pi x dx \sqrt{2 * g * y}$$

$$dW = 2\pi x \sqrt{g} * \frac{2d}{2} * \sqrt{1 - \frac{4x^2}{d^2}} dx$$

Отже,

$$dW = 2\pi x \sqrt{g} * \sqrt{d^2 - 4x^2} \cdot dx$$

Нехай $d^2 - 4x^2 = u$, тоді $du = -8x dx$, звідки

$$x = -\frac{du}{8dx}$$

$$i \quad dW = -\frac{2\pi \cdot du}{8dx} * \sqrt{g} * u^{1/4} dx$$

$$dW = -\frac{\pi}{4} * \sqrt{g} * u^{1/4} du,$$

Отже об'ємна витрата W :

$$W = \frac{\pi \sqrt{g}}{5} \cdot d^{2,5}$$

де d – діаметр отвору у дозаторі, м.

$$W = \frac{3,14 * \sqrt{9,81}}{5} * 0,014^{3,3} = 0,0023 * 10^{-3} \frac{M^3}{c}$$

Пропускна спроможність воронки при заданих умовах порошку на виході:

$$Q = \mu * \gamma_{нас} * W$$

де μ – коефіцієнт витрати; $\gamma_{нас}$ – насипна вага порошку.

$$Q = 0,55 * 1300 * 0,0023 * 10^{-3} = 0,0017 \text{ кг/с}$$

Причина відхилень ваги таблеток при однаковому налаштуванні преса та одної партії порошку є неоднорідність гранулометричного складу.

В таблеткових машинах при заповненні матриць можуть утворюватися повітряні пробки. Тому перед входженням в область живлення, пуансони починають опускатися по копіру вниз, опускання триває до середини області живильника. Це влаштовано для утворення вакуумної сили для кращого затягування порошку в матрицю.

Розрахунок часу t та висоти заповнення матриць H дозування за допомогою встановлених зворшувачів (мішалок) розраховують за допомогою формул:

$$t = \frac{G}{Q}$$

$$H = H_{\text{матр}}$$

де G — вага таблетки; Q — пропускна спроможність; $H_{\text{матр}}$ — висота матриці.

$$t = \frac{0,5 * 10^{-3}}{0,0017} = 0,3 * 10^{-3} \text{ с}$$

$$H = 0,022225 \text{ м}$$

Висота h пресованої таблетки при заданій середній щільності ρ :

$$G = \frac{\pi \cdot d^2}{4} * H_m * \rho_{нас} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} * h * \rho * g,$$

Звідки

$$h_p = \frac{H * \rho_{нас}}{\rho * g}$$

де ρ — питома щільність таблетки; H — висота заповнення матриці прес-порошком;

$$h_p = \frac{0,022225 * 2000}{800 * 9,81} = 18 * 10^{-3} \text{ м}$$

Вплив таких факторів, як нерівномірність щільності по висоті таблетки, пружна післядія, після якої є незначне збільшення розмірів таблетки, призводять до незначних різниць в розрахунках.

Кінцева висота заповнення матриць регулюється на стадії тестового випробування пресування таблеток.

5.2.2. Розміри таблеток і визначення зусиль, що діють на робочі органи

Щоб визначити притискне зусилля для отримання таблетки з діаметром d і висотою h , спочатку визначаємо тиск на верхньому пуансоні.

Із залежності:

$$G = \frac{\pi d^2}{4} * h * \gamma$$

де γ — питома вага таблетки,

знаходимо

$$\gamma = \frac{4 * G}{\pi * d^2 * h} = \frac{4 * 0,68 * 10^{-3}}{3,14 * 0,012^2 * 0,003} \approx 2000 \text{ кг/м}^3$$

Вибираємо тиск на верхньому пуансоні в залежності від питомої ваги, що дорівнює $q_6 \approx 4000 \text{ кгс/см}^2 \approx 392,26 \text{ МН/м}^2$.

Тиск на верхню та нижню поверхні таблетки однаковий при двосторонньому пресуванні :

$$P_{\epsilon} = P_n$$

При пресуванні грануляту з'являється бічний тиск на стінки матриці, який направлено перпендикулярно зусиллю пресування.

Коефіцієнтом бічного тиску ξ :

$$\xi = \frac{q_{bz}}{q_z}$$

де q_{bz} – боковий тиск в точці z ;

q_z – тиск пресування в точці z .

$$\xi = 0,4$$

Звідси $q_b = \xi \cdot q$

Тому, бічний тиск пресування:

$$q_{\epsilon} = 0,4 \cdot 392,26 = 156,904 \text{ МН/м}^2$$

В нейтральному шарі, що проходить через середину по висоті таблетки, буде найменший. Тому тиск на верхньому пуансоні:

$$q_{\epsilon} = q'_n + 2 \frac{h}{d} * f * q_{\epsilon}$$

де q'_n – тиск у нейтральному шарі, h – висота таблетки, d – діаметр таблетки ($d=12 \text{ мм}$), f – коефіцієнт тертя (середнє значення).

Замінюємо $f \cdot q_{\epsilon}$ на τ_T :

$$q_{\epsilon} = q'_n + 2 \frac{h}{d} * f * q_{\epsilon}$$

Приймаємо $\tau_T = 2700 \text{ кг/см}^2 = 265 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$$q'_n = 4000 - 2 * \frac{0,3}{0,012} * 260 = 500 \text{ кгс/см}^2 = 49,03 \text{ МН/м}^2$$

Зусилля пресування, що передається верхнім пуансоном:

$$P_{\epsilon} = \frac{\pi * d^2}{4} * q_{\epsilon} = \frac{3,14 * 0,012^2}{4} * 392,26 * 10^6 = 60383 \text{ Н} = 60 \text{ кН}$$

$$P_e = P_H = 60 \text{ кН}$$

Перевіряємо розміри таблеток, які пресуємо машиною:

$$d = \sqrt{\frac{4 * P_B}{\pi * q_B}} = \sqrt{\frac{4 * 60383}{3,14 * 392,26 * 10^6}} = 0,014 \text{ м}$$

$$h = \frac{q_B}{2 * \tau_T} * \sqrt{\frac{P_B}{3 * \pi * q_B}} = \frac{392,26 * 10^6}{2 * 265 * 10^6} * \sqrt{\frac{60383}{3 * 3,14 * 392,26 * 10^6}} = 0,003 \text{ м}$$

Вибране зусилля підходить для пресування таблеток на Fette 2200i.

Зусилля для виштовхування таблетки:

$$P_{\text{виш}} = \pi * d * h * \tau = 3,14 * 0,014 * 0,003 * 10 * 10^6 = 1319 \text{ Н} = 1,3 \text{ кН}$$

4.3. Кінематичні розрахунки

Колова швидкість відносного обертання пуансонів в роторі:

$$v_1 = \omega_1 * R$$

де ω_1 – кутова швидкість обертання ротора преса; R – ділильний радіус ротора.

$$v_1 = 5,23 * 0,205 = 1,072 \text{ м/с}$$

Прискорення повзуна:

$$a_1 = \omega_1^2 * R = 5,23^2 * 0,205 = 5,607 \text{ м/с}^2$$

Вектори кутової швидкості переносу та лінійної швидкості паралельні, тому коріолісове прискорення не виникає:

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + v_{21}^2},$$

$$a_2 = \sqrt{a_1^2 + a_{21}^2}.$$

Кут тиску на ділянці підйому пуансона є змінною величиною, проте може бути розрахований за формулою:

$$\gamma = \arcsin \frac{R_a}{r}$$

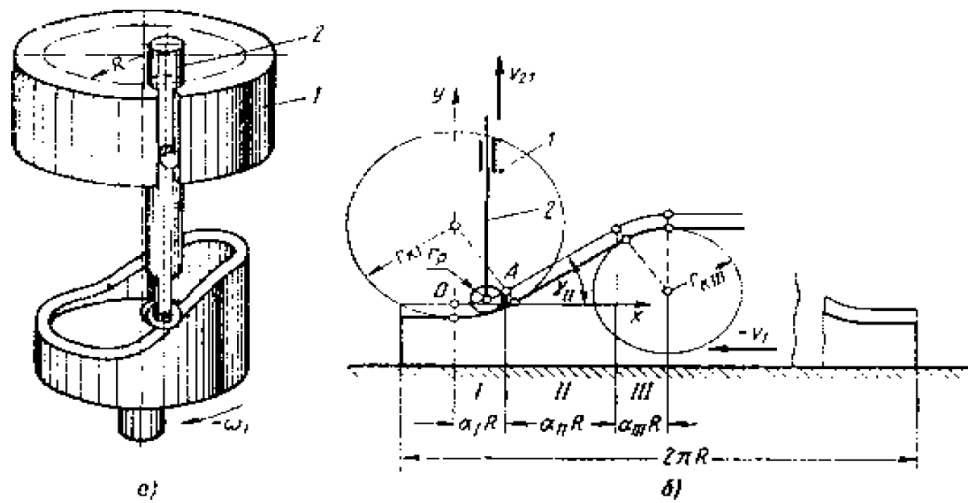


Рис. 4.3 Кінематична схема кулачкового механізму

Швидкість та прискорення пуансона в будь-якій точці ділянки підйому можуть бути виражені через кут тиску γ :

$$v_{21} = \omega_1 * R * \operatorname{tg} \gamma$$

$$a_{21} = \omega_1^2 * \frac{R^2}{r * \cos^3 \gamma}$$

де γ – кут тиску; r – радіус ролика пресування.

$$v_{21} = 5,23 * 0,205 * \operatorname{tg} 20^\circ = 0,39 \text{ м/с}$$

$$a_{21} = 5,23^2 * \frac{0,205^2}{0,125 * \cos^3 20^\circ} = 11,08 \text{ м/с}^2$$

На ділянках 1 та 2 пряма відповідає теоретичному профілю кулачка по ділянці 2, тому:

$$\sin \gamma_A = \sin \gamma_{II} = \frac{R * a_I}{r}$$

Отже,

$$a_I = \frac{r}{R} * \sin \gamma_{II}$$

де γ – кут тиску на ділянці 2.

$$a_1 = \frac{0,125 * \sin 20^\circ}{0,205} = 0,208$$

Відносна швидкість при переміщенні пуансона в роторі на початку ділянки I ($a = 0$)

$$(v_{21})_0 = 0$$

Швидкість в кінці ділянки I ($a = a_1$)

$$(v_{21})_A = \omega_1 * R * tg\gamma_A = 5,23 * 0,205 * tg20^\circ = 0,39 \text{ м/с}$$

де $tg\gamma_A = tg\gamma_{II}$

На початку ділянки 1 відносне прискорення при вертикальному переміщенні пуансона буде:

$$(a_{21})_0 = \omega_1^2 * \frac{R^2}{r} = 5,23^2 * \frac{0,205^2}{0,125} = 9,2 \text{ м/с}^2$$

Прискорення в кінці ділянки I:

$$(a_{21})_A = \omega_1^2 * \frac{R^2}{r * \cos^3 \gamma_{II}} = 5,23^2 * \frac{0,205^2}{0,125 * \cos^3 20^\circ} = 9,79 \text{ м/с}^2$$

Швидкість в точці дотику на ділянці 2:

$$v_{21} = \omega_1 * R * tg\gamma_{II} = 5,23 * 0,205 * tg20^\circ \cong 0,39 \text{ м/с}$$

В точці А присутній легкий удар, тому перевіряємо правильність розрахунку:

$$(a_{21})_A = \frac{(a_{21})_A}{(a_{21})_0} \leq 1,54 \Rightarrow \frac{9,2}{9,79} = 0,94 \leq 1,54$$

Пресування в таблетковому пресі за допомогою роликів відбувається при набіганні головки пуансона при обертанні ротора (Рис 4.4)

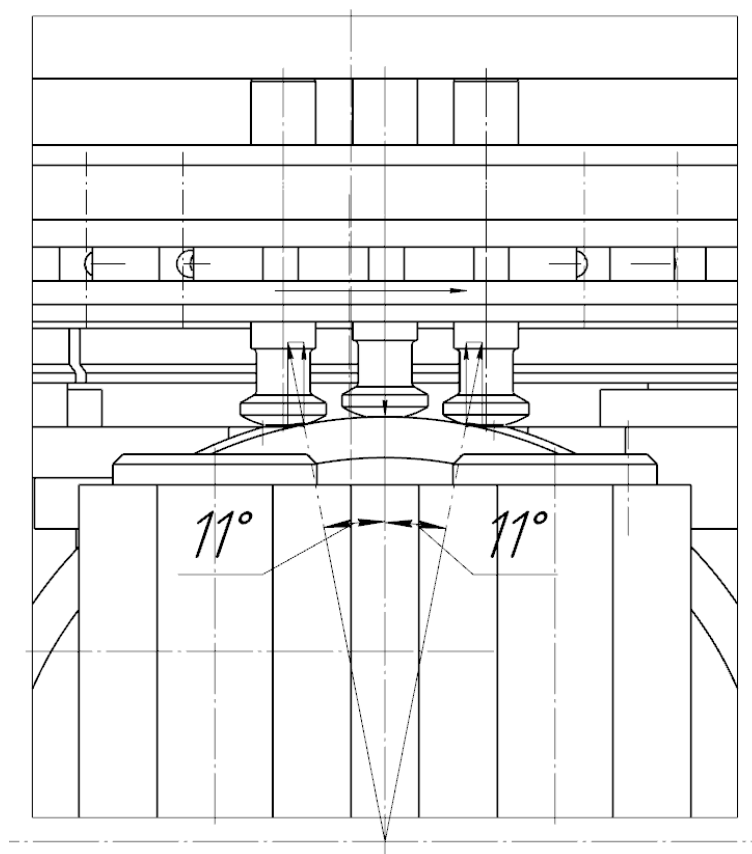


Рис. 4.4 Схема діючих сил.

де P – сила пресування, N – сила тяжіння, N_t – дотична.

Розрахунок потужності приводу

Сила тяжіння:

$$N = m * g$$

де g – $9,81 \text{ м}^2/\text{с}$, m – маса пуансона, кг.

Сила тертя:

$$F = f * N$$

де f – коефіцієнт тертя, $f = 0,01$.

Крутний момент для крайніх пуансонів розраховуємо:

$$M_1 = M_3 = N_t * R$$

R – плече прикладання сили (радіус ролика), $R = 0,205 \text{ м}$.

Визначаєм N_t :

$$N_t = f * N = f * m * g = 0,01 * 0,252 * 9,81 = 0,025 \text{ Н},$$

m – маса нижнього пуансона

Тоді крутний момент:

$$M_1 = M_3 = 0,025 * 0,205 = 0,005 \text{ H} * \text{м}$$

Визначаємо крутний момент для другого пуансона:

$$M_2 = N_\tau \cdot R$$

N_τ буде дорівнювати:

$$N_\tau = f(N + P) = f \cdot (m * g + P) = 0,01 * (0,252 * 9,81 + 60 * 10^3) = 600 \text{ H}$$

Крутний момент буде:

$$M_2 = 600 * 0,205 = 123 \text{ H} * \text{м}$$

Загальний крутний момент:

$$M_{кр} = M_1 + M_2 + M_3 = 0,005 + 123 + 0,005 = 123,01 \text{ H} * \text{м}$$

Потужність для роботи копіра розраховується:

$$N_{вих} = \frac{M_{кр} * n}{9550} = \frac{123,01 * 50}{9550} = 0,65 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун марки DST 315 С з прямим приводом.

4.4. Механічні розрахунки

4.4.1. Розрахунок прес-інструменту

Комплектом прес-інструментів для роторної таблеткової машини є матриці, верхні і нижні пуансони. Матриці фіксують в столі ротора. Пуансони та матриці працюють при динамічному навантаженні, тому вони виконані зі зносостійкого матеріалу з високою в'язкістю і міцністю серцевини.

Матриці виготовляють зі сталі У8А, або з легованих сталей ХВГ, ХГ, Х12, твердість становить 59...63 HRC. Твердість пуансонів 55...59 HRC.

На зношування прес-інструментів та на роботу машини має вплив правильного вибору допусків і розмірів посадок, а також класу чистоти обробки. Пуансони виготовляють з класом точності 2. На матрицях передбачено фаски глибиною 1...2 мм. Матриця для розрахунку розглядається як труба з товстими стінками, з тиском на стінки p . Величина внутрішнього тиску приймається максимальному бічному тиску q_b .

Тангенціальне напруження матриці:

$$\sigma_i = p * \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} = 60 * \frac{0,024^2 + 0,012^2}{0,024^2 - 0,012^2} = 100 \text{ кН}$$

Радіальне напруження:

$$\sigma_r = -p$$

$$\sigma_r = -60 \text{ кН}$$

Еквівалентне напруження становить:

$$\sigma_{екв} = P * \frac{\sqrt{3D^4 + d^4}}{D^2 - d^2} = 60 * \frac{\sqrt{3 * 0,024^4 + 0,012^4}}{0,024^2 - 0,012^2} = 69 \text{ кПа}$$

і не перевищує допустимих напружень.

Матриці та пуансони виготовляються з одної марки сталі, проте загартовування пуансонів виконується на твердість HRC 50—55, твердість матриці досягається до рівня HRC 56—60.

Напруження стиску по осі пуансона буде:

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{60 * 10^3}{283,5 * 10^{-6}} = 212 \text{ МПа}$$

де F — площа поперечного перерізу пуансона:

$$F = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,019^2}{4} = 283,5 * 10^{-6} \text{ м}^2$$

РОЗДІЛ 5. Вибір конструкційних матеріалів

Обговорення вибору нержавіючої сталі, що використовується у фармацевтичному устаткуванні

Серед металевих матеріалів аустенітна нержавіюча сталь є широко використовується для виробництва фармацевтичного обладнання. Поширеними різновидами є 316L (00Cr17Ni14Mo2), 316 (0Cr17Ni12Mo2), 304L (00Cr19Ni11), 304 (0Cr19Ni9) і 1Cr18Ni9Ti, а їхня міцність. Спільним для цих аустенітних нержавіючих сталей є корозійна стійкість, а їх "корозійна стійкість" є відносною, що означає високі характеристики хімічної стабільності за певних зовнішніх умов та певного корозійного середовища. Однак, така аустенітна нержавіюча сталь у разі використання певних середовищ, буде виробляти міжкристалітну корозію, точкову корозію або інші види корозії, особливо в Cl-містять дуже легко корозію, зазвичай ультразвукий вуглець або низьковуглецевий метод використовуються для вирішення цієї проблеми (тобто. вибрати 316L або 304L. Однак ультразвукий вуглець не є основним способом розв'язання такої корозії, а пов'язаний з іншими факторами.

Слід зазначити, що аустенітна нержавіюча сталь з ультразвуким вмістом вуглецю у виробках фармацевтичного обладнання представлятиме три наступні проблеми: (1) коли вміст Cl - у середовищі перевищує певне значення, навіть якщо аустенітна нержавіюча сталь з низьким вмістом вуглецю піддається корозії; (2) коли вміст Cl - у середовищі невелике, аустенітна нержавіюча сталь з низьким вмістом вуглецю піддається корозії через неправильну обробку та переробку;

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сполович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вибір конструкційних матеріалів	200503.MP.04.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/6

(3) через зменшення кількості С, комплексні механічні показники аустенітної нержавіючої сталі з низьким вмістом вуглецю відносно низькі, особливо при низькій твердості поверхні, легко утворюються нерозчинні частинки з такою високою швидкістю в роботі матеріалу.

Тому слід зазначити, що 316L не є ні некорозійною сталевною нержавіючої сталі, ні матеріалом без металевих частинок, не варто думати, що вибір 316L повинен відповідати GMP.

Корозія аустенітної нержавіючої сталі та метод захисту від корозії

Поширеними видами корозії аустенітної нержавіючої сталі є міжкристалічна корозія та точкова корозія. Механізми корозії наступні. Перша – міжкристалічна корозія. Коли аустенітна нержавіюча сталь знаходиться в процесі виробництва і зварювання і коли температура і швидкість нагрівання знаходяться в зоні сенсibiliзованих температур, перенасичений вуглець у матеріалі буде виділено на межі зерен, що з'єднається з хромом та утворює карбід хрому. Потім утворюється так звана область дефіциту хрому, що призведе до зниження електродного потенціалу. При контакті з СІ та іншими агресивними середовищами виникає корозія мікробатарей. Хоча корозія відбувається лише на поверхні зерна, вона швидко переходить у внутрішню частину, утворюючи міжкристалічну корозію. Друга – піттинг. Коли матеріал контактує з корозійним середовищем, такий як СІ-, СІ- з'єднується з іонами металу після проникнення в дефектні області матеріалу, такі як включення, область дефіциту хрому, межі зерен, зони термічного впливу при зварюванні і т.д., і в кінцевому результаті призводить до піттингу.

Методи запобігання корозії аустенітної нержавіючої сталі: (1) Зниження вмісту вуглецю в нержавіючій сталі. Для зменшення або запобігання міжкристалічній корозії можна використовувати низьковуглецеву нержавіючу сталь або ультранизковуглецеву нержавіючу сталь. (2) Обробка розчином. Нехай всі вуглеці розчиняються в аустеніті за високої температури, щоб усунути

тенденцію до міжкристалічної корозії. При покупці аустенітної нержавіючої сталі зазвичай вибирають вироби, що пройшли обробку розчином. (3) Вміст нержавіючої сталі типу 316 може утворювати захисну плівку для ефективного запобігання точковій корозії. (4) Автоматичне аргонодугове зварювання є кращим, а ручне аргонодугове зварювання може бути обране, якщо воно не працює під час зварювання. Низький струм та швидке охолодження, а також водяне охолодження можуть бути використані для зменшення зони ураженого тепла. Таким чином, міжкристалічна корозія і точкова корозія можуть бути зменшені або запобіганні. (5) Пасивна обробка травленням. Матеріали після зварювання повинні бути відполіровані, а пасиваційна обробка травленням повинна бути виконана на внутрішній стінці, так що внутрішня поверхня матеріалу матиме шар щільної пасиваційної плівки, яка може затримати або уникнути проникнення Cl в пасиваційну плівку, щоб уникнути пітингової корозії. Часто вважається, що чим нижче значення шорсткості поверхні нержавіючої сталі після полірування, тим краще нержавіюча сталь. Але обробка пасивації травленням ігнорується. Після обробки пасивації травленням утворюється шар щільної пасивуючої плівки, яка може затримати або уникнути проникнення Cl в пасивуючу плівку, щоб уникнути точкової корозії. Що стосується полірування, то найкращим способом є ручне механічне полірування, плюс електролітичне полірування. Перевагами цього методу є: 1) порошок та металева поверхня, що утворилися в результаті механічного полірування, можуть бути видалені електролітичним поліруванням; 2) це може зробити поверхню гладкою та покращити ефект очищення; 3) будь-які ями або дефекти зварювання зрозумілі з першого погляду і можуть бути відновлені після електролітичного полірування; 4) дуже хороша пасивуюча плівка може бути сформована на поверхні нержавіючої сталі після електролітичного полірування для значного покращення корозійної стійкості; 5) усунення залишкової внутрішньої напруги, що утворилася в результаті механічного полірування; 6) поліпшення структурної конструкції зменшення зварного шва. Для матеріалів,

що використовуються при високій температурі, слід спробувати зменшити структуру теплового розширення, теплову дію або область концентрації напруги, щоб зменшити тенденцію цих двох типів корозії.

Нерозчинні частинки аустенітної нержавіючої сталі

При виробництві фармацевтичного обладнання люди прагнуть запобігти корозії, але часто не беруть до уваги інше важливе питання - контроль нерозчинних частинок. Деякі частини фармацевтичного обладнання при високошвидкісній роботі мають прямий контакт із ліками, що призводить до стирання. Невелика кількість металевих частинок, що утворилися в результаті стирання, буде залучено до ліків.

Наприклад, у процесі дроблення в універсальному дробарці матеріали можуть безпосередньо контактувати з механічними частинами. Абразивний вплив на механічні частини після зіткнення, видавлювання та різання є серйозним, а забруднення нерозчинними домішками та металевими частинками відбувається у процесі дроблення.

Застосування, вибір та обробка аустенітної нержавіючої сталі

Основні засади обробки

Основними принципами вибору аустенітної нержавіючої сталі є:

1) Коли деталі безпосередньо контактують з рідким матеріалом, особливо трубопроводи для закачування води, слід вибрати нержавіючу аустенітну сталь типу 316L з ультранизьким вмістом вуглецю;

2) Коли деталі безпосередньо контактують із твердим матеріалом, слід вибрати аустенітну нержавіючу сталь загального призначення;

3) Коли існує конфлікт контролю антикорозійних та нерозчинних частинок, аустенітну нержавіючу сталь слід вибрати відповідно до основного об'єкта контролю. Потім намагайтеся правильно обробити інші аспекти. Якщо

нержавіюча сталь не відповідає вищезазначеним вимогам, можна віддати перевагу іншим матеріалам;

4) Вибір аустенітної нержавіючої сталі не означає, що вона відповідає GMP. Для подальшого покращення її якості слід застосовувати обробку та пасивацію, а також інші методи.

Вибір матеріалу аустенітної нержавіючої сталі

Матеріали з аустенітної нержавіючої сталі, що використовуються у виробі фармацевтичного обладнання, часто включають плити, труби, прутки, а також лиття та кування. Методи обробки - холодне зварювання, механічне оброблення тощо. У процесі проектування фармацевтичного обладнання різні вироби пред'являються різні вимоги, такі як корозійна стійкість, міцність, жорсткість, твердість тощо. Для аустенітної нержавіючої сталі, її корозійна стійкість, міцність, жорсткість та оброблюваність мають свої невід'ємні характеристики, тому вона не підходить для таких деталей, які мають високі вимоги до твердості та зносостійкості, наприклад, пуансон та матриця машини для пресування таблеток, які безпосередньо контактують з ліками під час роботи. Однак аустенітна нержавіюча сталь типу 316L зазвичай не використовується для цього. Твердість поверхні при проектуванні пуансона і матриці машини для пресування таблеток повинна досягати $HRC \geq 45$, і в даний час для вибору матеріалу використовуються Cr12MoV, Cr12, 9Cr18Mo, W18Cr4VCo5, 5CrW2Si і CW6Mo5Cr4V3 і т.д. таблеток зазвичай безпосередньо пов'язані з порошковими матеріалами, тобто немає Cl- та інших агресивних середовищ. Якщо матеріал пуансона вибраний з 316L, який не має достатньої твердості, це призведе до відхилення за межі стандарту та іржі країв та кутів пуансону після короткого використання. Якщо взяти як приклад живильник машини для блистерної упаковки, то зазвичай тільки матеріал бункера вибирається з 316L, у той час як матеріали інших частин часто є алюмінієвими, оргсклом, силіконом і т.д. Це означає, що матеріали, які безпосередньо контактують із ліками, іноді не

обов'язково вибираються з аустенітної нержавіючої сталі. При розгляді захисту від корозії та твердості, ми повинні зважити всі за і проти, щоб вибрати матеріали відповідно до комплексних факторів, таких як процес та застосування.

РОЗДІЛ 6. Технологія збирання вузла живлення.

В даному розділі зроблено аналіз технології збирання живильного вузла таблеткової машини Fette 2200i (Рис 6.1). Основним робочим органом є зворошувачі 76, 77, 78 приведення в рух іде через коробку розподілення передач, яка в свою чергу приєднана до валу двигуна-редуктора через вал 8. Силіконовим патрубком 3 живильник з'єднується з засипним бункером машини.

Повна комплектація у подетальному складі подано в таблиці 6.1.

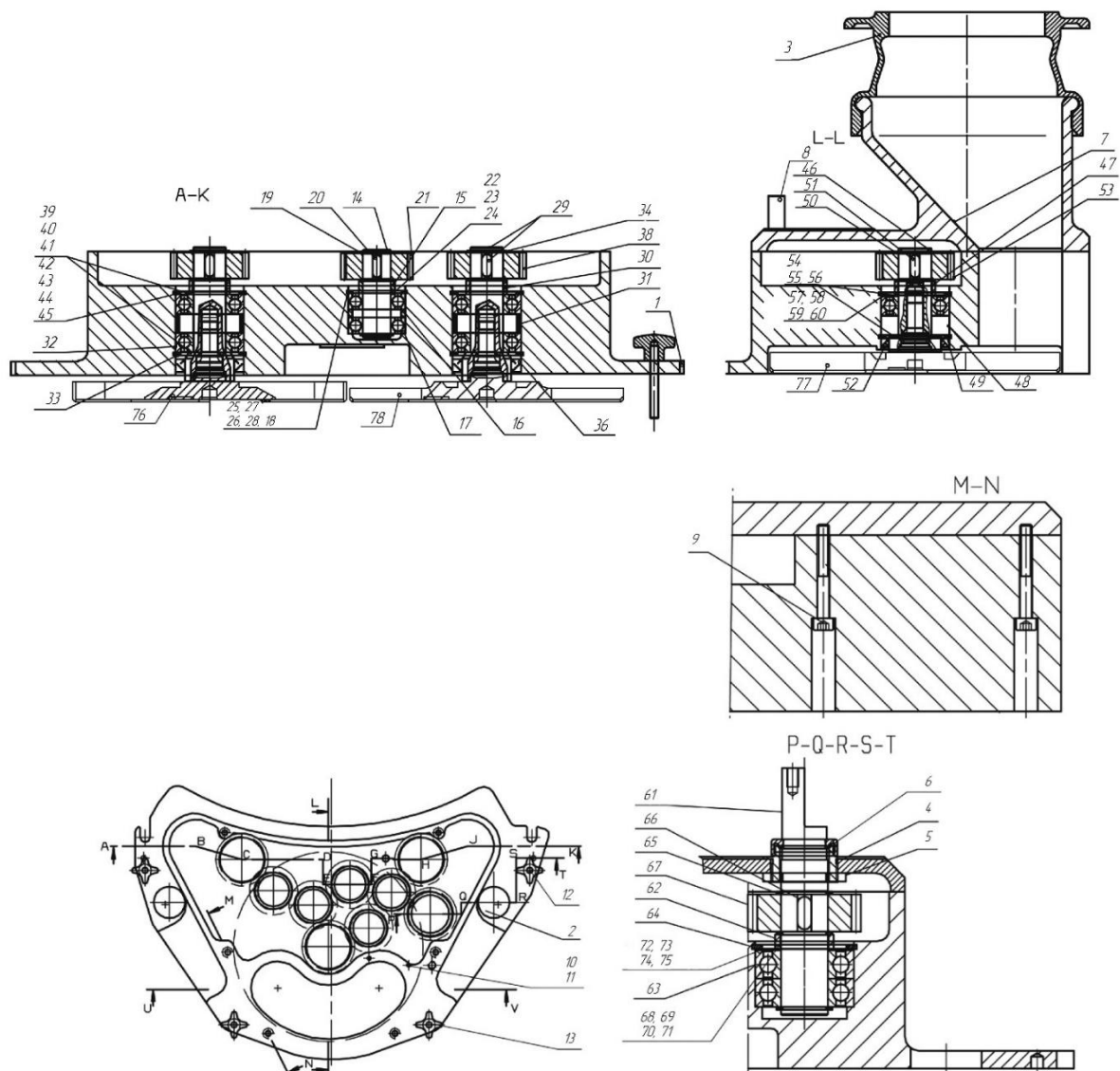


Рис 6.1 Живильний пристрій Fette 2200i

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепеляк О.О.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Сполиц М.Ю.	Назва, додаткова назва Технологія збирання вузла живлення	200503.MP.04.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/5

Таблиця 6.1

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Нижня секція редукції d=170	1	18	Шплінт для валу DIN472--- 35x1.5D	4
2	Прозора лінза	2	19	Шплінт для валу DIN471--- 17X1	12
3	Силіконовий патрубок	1	20	Шпонка DIN6885-A- 5X5X14	4
4	Різьбове з'єднання	1	21	Колесо шестерня. Z=20 m=2	4
5	Контргайка, трубна різьба 21; латунь	1	22	Кільце прокладне DIN988-- -17X24X0.1	4
6	Пильник (діаметр 19 мм)	1	23	Кільце прокладне DIN988-- -17X24X0.2	4
7	Кришка редуктора	1	24	Кільце прокладне DIN988-- -17X24X0.3	4
8	Кулачок	1	25	Кільце прокладне DIN988-- -25X35X0.1	4
9	Гвинт M5x40x70	6	26	Кільце прокладне DIN988-- -25X35X0.2	4
10	Скребок для живильника	1	27	Кільце прокладне DIN988-- -25X35X0.3	4
11	Гвинт з потайною головкою M4x8x70	2	28	Кільце прокладне DIN988-- -25X35X0.5	4
12	Гвинт з ручкою M5x20	2	29	Вал D=30x82,5	2
13	Гвинт з ручкою M5	2	30	Проставна втулка	2
14	Вал D =17x54	4	31	Проставна втулка	2
15	Проставна втулка	4	32	Кульковий підшипник із глибокою канавкою DIN625-6004-2RS-T1	4
16	Проставна втулка	4	33	Шплінт для валу DIN472--- 42X1.75	4
17	Кульковий підшипник із глибокою канавкою DIN625-6003-2RS-T1	8	34	Шплінт для валу DIN471--- 20X1.2	4

Продовження таблиці 6.1

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
35	Шпонка DIN6885---A---6X6X14	2	51	Шпонка DIN6885---A---6X6X14	1
36	Ущільнення 30X42X7	2	52	Ущільнення валу 32X42X5	1
37	Дистанційне кільце; для заповнення живильника; d = 42/35; Висота=3;	2	53	Зубчасте колесо Z=22 проточка D20 мм	1
38	Зубчасте колесо Z=22 проточка D20 мм	2	54	Проставна втулка 20X28X0,1	2
39	Проставна втулка 20X28X0,1	4	55	Проставна втулка 20X28X0,2	2
40	Проставна втулка 20X28X0,2	4	56	Проставна втулка 20X28X0,3	2
41	Проставна втулка 20X28X0,3	4	57	Кільце прокладне DIN988--30X42X0.1	1
42	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.1	2	58	Кільце прокладне DIN988--30X42X0.2	1
43	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.2	2	59	Кільце прокладне DIN988--30X42X0.3	1
44	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.3	2	60	Кільце прокладне DIN988--30X42X0.5	1
45	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.5	2	61	Вал D=20 X 105	1
46	Вал D=32 X 64	1	62	Проставна втулка	1
47	Проставна втулка	1	63	Кульковий підшипник з глибокою канавкою DIN625-600--2RS-T1	2
48	Кульковий підшипник з глибокою канавкою DIN625-6004-2RS-T1	2	64	Шплінт для валу DIN472---42X1.75	1
49	Шплінт для валу DIN472---42X1.75	2	65	Шплінт для валу DIN471---20X1.2	3
50	Шплінт для валу DIN471---20X1.2	2	66	Шпонка DIN6885---A---6X6X14	1

Продовження таблиці 6.1

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
67	Зубчасте колесо Z=22 проточка D20 мм	1	73	Кільце прокладне DIN988-- -30X42X0.2	1
68	Проставна втулка 20X28X0,1	1	74	Кільце прокладне DIN988-- -30X42X0.3	1
69	Проставна втулка 20X28X0,2	1	75	Кільце прокладне DIN988-- -30X42X0.5	1
70	Проставна втулка 20X28X0,3	1	76	Зворошувач наповнення	1
71	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.1	1	77	Головний зворошувач	1
72	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.1	1	78	Зворошувач дозування	1

Схема складання живильника у вигляді діаграми (рис. 6.2)

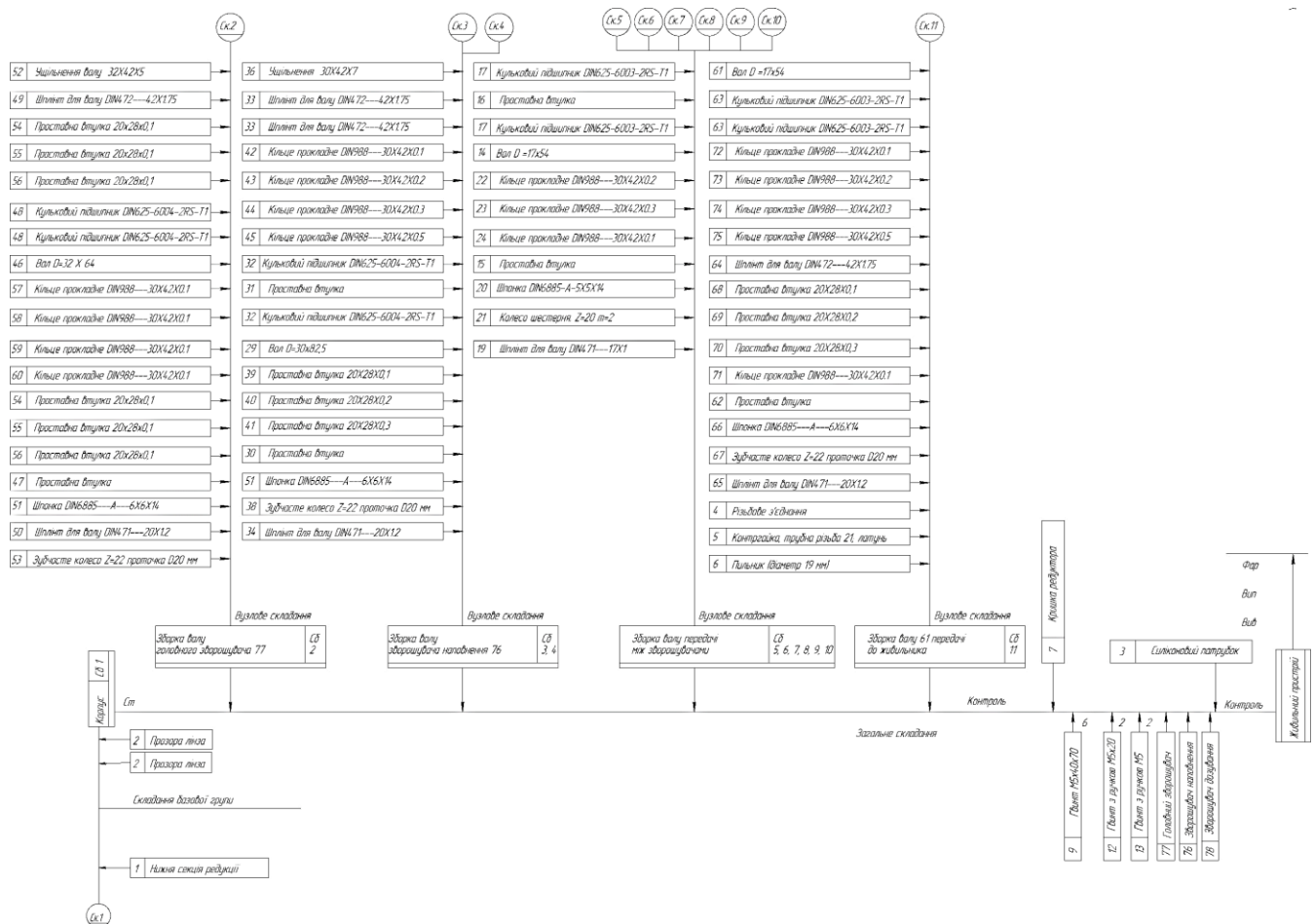


Рис. 6.2 Технологічна схема складання живильника

Послідовність складання окремих одиниць показано вертикальними стрілками, а горизонтальною, що в центрі схеми – з'єднання складальних одиниць у послідовному порядку за допомогою стандартних виробів.

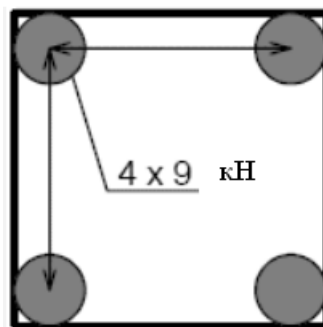
Найменування деталей та їх позиційні номери розміщено в прямокутниках, складальні одиниці 1-го порядку вказано подвійними лініями. Умовні позначення дають вказівки: Ст – складання на стенді, К – кантування, Вив – вивірка, Вер. – складання на верстаті, С – свердлильні роботи, Вип – випробування.

7. МОНТАЖ, РЕМОНТ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ

7.1. Транспортування, навантаження та вивантаження

Упаковка захищена від погодних впливів та придатна для транспортування морем. Транспортний контейнер із комірками має маркування, що відповідає DIN 55 402. При виконанні робіт, пов'язаних з транспортуванням, навантаженням та вивантаженням, потрібно переконатися, що сталеві або прядив'яні канати, які застосовуються, мають достатню несучу здатність. Канати кріпляться у певних точках, промаркованих на контейнері із комірками. При транспортуванні контейнера з комірками не слід прикладати силу до кутів контейнера.

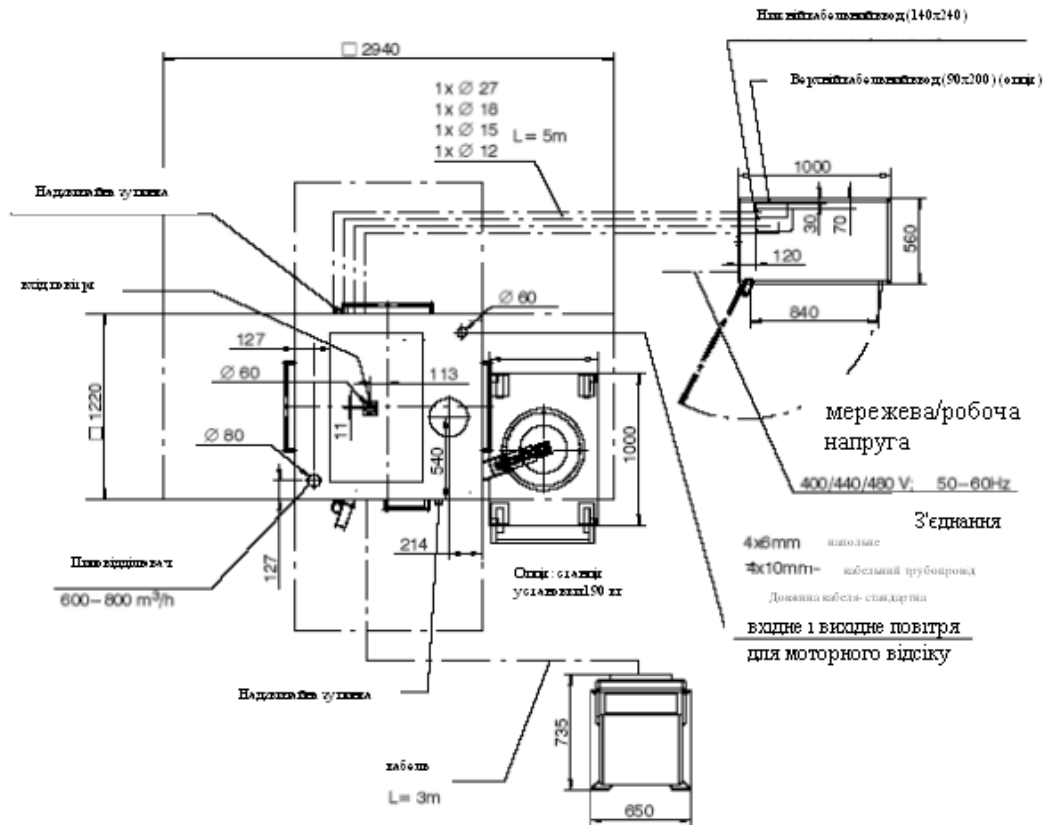
Детальна інформація про навантаження (фундаменти). Установка 2200і створює рівномірне навантаження на фундамент, яке приблизно дорівнює 35 кН. Центр тяжіння знаходиться приблизно у центрі преса. Це призводить до того, що навантаження на кожен опору становить 5 кН.



Діаметр опори антивібраційної прокладки становить приблизно 75 мм

Габаритні розміри установки 2200і становлять 1220×1220 мм. Пересувний термінал управління може бути встановлений у будь-якій позиції. Необхідна для терміналу управління номінальна площа поверхні становить приблизно 753 мм×650 мм.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелик О.О.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Сполович М.Ю.	Назва, додаткова назва Монтаж, ремонт, експлуатація	200503.MP.04.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/11

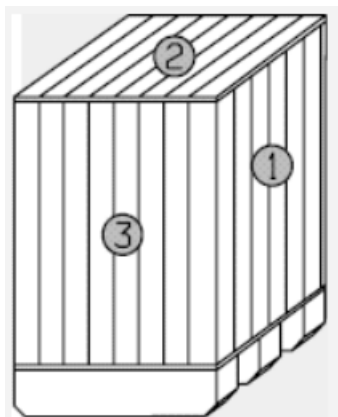


7.2. Розпакування і монтаж

Насамперед, відкрутіть і зніміть дві торцеві стінки контейнера з комірками. Вони кріпляться по краях за допомогою гвинтів з шестигранною головкою і можуть бути демонтовані з використанням звичайних гайкових ключів.

Після цього, відгвинтіть і зніміть кришку контейнера з комірками.

Потім від днища контейнера з комірками відкручуються і знімаються бічні стінки. Вони кріпляться до днища контейнера з комірками за допомогою болтів з квадратним підголовком і повинні віджиматися з внутрішнього боку. Відокремте прес від днища контейнера з комірками, відгвинтивши і видаливши 4 кріпильні болти по кутах установки.



Підніміть прес із днища контейнера з комірками, використовуючи кран-балку невеликої вантажопідйомності. Для цього вкрутіть рим-болт (входить у поставку) у верхній частині преса.



Прес може транспортуватися за допомогою автонавантажувача вилчастим захватним пристроєм. Потрібно переконатися, що транспортувальні вилки вилкового захоплення розсунуті настільки далеко один від одного, наскільки можливо, таким чином, щоб вони знаходилися безпосередньо поряд з кутовими ребрами жорсткості плити основи.



Перед тим, як розмістити установку на підлозі, під стійками повинні бути закріплені антивібраційні прокладки (опори установки). Прес має бути точно

вирівняний для процесу виробництва, переважно за допомогою спиртового рівня, що додається до матричного тримача.

Після закінчення вирівнювання необхідно знову ввернути стопорні гайки.

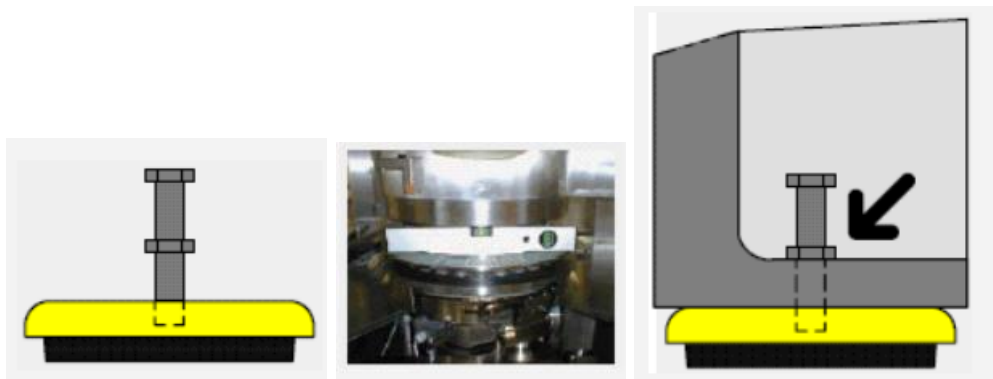


Рис. 7.2. Монтаж установки на опорах

Після транспортування, слід перевірити, щоб з'єднання та панелі захисного заземлення (ЗЗ) у розподільчому щиті та установці були міцно приєднані.

Після розпакування необхідно перевірити все постачання на наявність будь-яких можливих ознак ушкодження під час транспортування; в разі виявлення будь-якого пошкодження, про це необхідно негайно повідомити транспортну компанію, відповідальну за здійснення постачання.

Крім того, необхідно впевнитись у цілісності постачання, провівши порівняння з відомістю постачання.

7.3. Очищення

До транспортування різні вузли та деталі зберігаються в законсервованому стані. Тепер ці вузли та деталі повинні бути промиті та очищені всіх видів консистентного мастила.

Як засіб для чищення рекомендується використовувати петролейний ефір чи метиловий спирт.

7.4. Початкове введення в експлуатацію

Перед першим запуском пристрою потрібно перейти до контрольних параметрів. Для цього виберіть параметр "test mode" ("тестовий режим"). У відкритому вікні виберіть параметр "mode" ("режим") або натисніть гарячу



клавішу "J". Для того, щоб перейти до контрольних параметрів, використовуйте набір функціональних кнопок «F6 Setup», «Machine function» або натисніть на гарячу клавішу «V».

При переході до контрольних параметрів, прес-форми мають бути порожніми.

Значення контрольних параметрів:

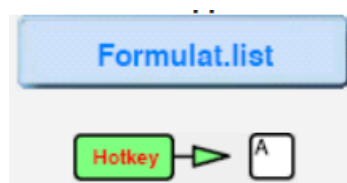
Циліндрична висота при основному пресуванні: 17.00 ± 0.02 мм

Циліндрична висота при попередньому

пресуванні: 17.00 ± 0.02 мм

Глибина заповнення: 3.00 ± 0.02 мм

Перелік продукції відображає перелік збережених продуктів. До переліку

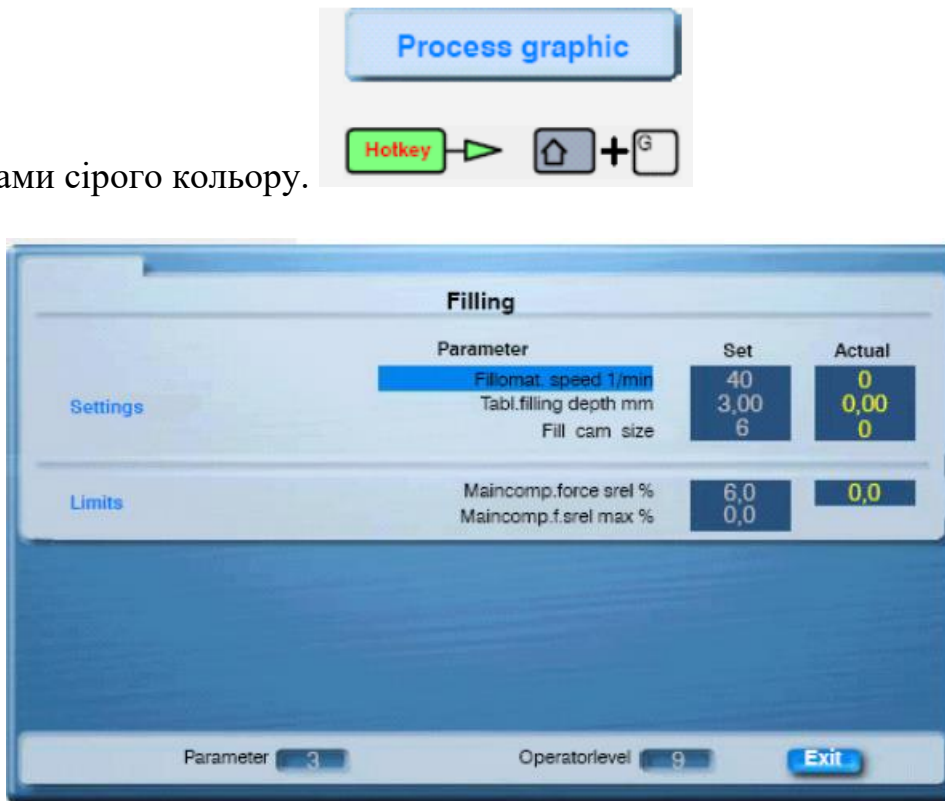


може бути внесено трохи більше 200 виробів.

Технологічна карта підсумовує основні параметри, необхідні для виробничого процесу. Жовті цифри відображають дійсні значення ("АСТ.")

відповідних параметрів. Номінальні значення (“NOM.”) відображаються

цифрами сірого кольору.



7.5. Встановлення та налагодження інструментальних засобів

Для того, щоб встановити інструментальні засоби, тобто верхні пуансони, прес-форми та нижні пуансони через отвори для встановлення та виїмки, потрібно відкрити вікна з боку лотка таблеток. Зніміть нижню заслінку корпусу для того, щоб мати можливість використовувати маховичок ручного керування.

Зніміть:

- механізм подавального пристрою для вивантаження, вилучення таблеток, викидач;
- зніміть кришку отвору для виймання пуансонів (2 важеля затиску, які відкидаються)

Після очищення отворів за допомогою очисника для очищення прес-форм, можна знову встановити прес-форми.

При встановленні прес-форм завжди застосовуйте одну і ту саму процедуру установки (завжди ставлячи мітку на верхній або нижній частині), оскільки можуть використовуватись обидві сторони прес-форми.

Встановлення круглих прес-форм:

Встановіть кожну прес-форму в отвір і обережно вдарте по ній монтажним інструментом для того, щоб запресувати її в отвір утримувача.

Затисніть гвинти прес-форми, докладаючи максимальне зусилля, рівне 10 Нм

Прес-форми завжди повинні бути урівень з верхньою кромкою матричного тримача.

Установка нижніх пуансонів:

- злегка змастіть вали та голівки;
- вставте нижні пуансони;
- переконайтеся, що пуансони мають вільний хід;
- Встановіть виштовхувач.

Установка верхніх пуансонів:

- злегка змастіть вали та голівки;
- по одному вставте пуансони;
- Встановіть монтажні планки.

Знову зберіть устаткування.

Установка керованих інструментальних засобів:

- видаліть частини, як описано;
- також видаліть фіксуючі планки монтажної станції (верхньої);

- проштовхніть кожну окрему прес-форму разом із верхнім пуансоном в отвір матричного тримача.

При повертанні установки за допомогою маховичка ручного керування, переконайтеся, що верхні пуансони піднімаються, вручну, доки вони плавно не вступають у зачеплення з наступною системою кулачків.

Решта процедур аналогічна процедурі з круглими інструментальними засобами.

Початок пресування нової продукції:

1. Поверніть головний перемикач (у розподільчому щиті) в положення "ON" ("Вкл"). Після завершення всебічного самотестування комп'ютерів, хід якого може відстежуватися на моніторі, на дисплеї відображається меню.

2. Реєстрація оператора у системі (клавіша «P»)

3. Після вибору режиму тестування (клавіша J):

- перейдіть до контрольних параметрів (клавіша V);

- та продовжіть встановлення на нуль (клавіша «W»);

4. Перейдіть у режим роботи від комп'ютера (клавіша «I»)

5. Введіть вид продукції зі списку.

6. Введіть обов'язкові параметри до списку параметрів:

- параметр «Parameter 1» Таблеток на годину (для початку виберіть невелике значення);

- параметр «Parameter 3» Швидкість механізму пристрою подачі;

- параметр "Parameter 6" Глибина заповнення;

- параметр «Parameter 18» Циліндрична висота при основному пресуванні;

- параметр «Parameter 19» Циліндрична висота при попередньому пресуванні;
- параметр «Parameter 20» Глибина проникнення при основному пресуванні.

Переконайтеся, що механічні установки аналогічні заданим значенням. Потрібно ввести значення для ручного налаштування.

- параметр «Parameter 20» Глибина проникнення при попереднє пресування;

Переконайтеся, що механічні установочні параметри аналогічні заданим значенням. Потрібно ввести значення для ручного налаштування.

- параметр «Parameter 35» Діаметр таблетки або параметри "Parameter 36" і "Parameter 37" для таблеток довгастої форми;
- параметр "Parameter 38" Форма таблеток;
- параметр "Parameter 39" Завантажувальні кулачки.

Переконайтеся, що встановлений кулачок для завантаження аналогічний заданому кулачку для завантаження. Необхідно ввести значення для ручного налаштування.

- параметр «Parameter 47» Цикл 1 впорскування мастила (сек)
- параметр «Parameter 48» Цикл 2 впорскування мастила у верхній частині (сек)
- параметр «Parameter 57» Кількість таблеток для статистичних даних
- параметр «Parameter 59» Контрольне число глибини заповнення
- параметр «Parameter 66 Кількість пуансонів ротора

7. Виберіть режим налаштування (клавіша K) або стандартний режим роботи (клавіша «L») (всі номінальні значення є наближеними).

8. Почніть пресування в режимі перекидання

Спочатку механізм подавального пристрою (клавіша F10), а потім ротор (клавіша F11)

9. Перемкніть установку у положення «ON» («Увімк.»).

Вимикання:

- Перемкніть установку на положення «STOP»
- Вимкніть режим роботи комп'ютера (клавіша «I»)
- Переключіть головний перемикач у положення «OFF» («Викл»)

Джерело безперебійного електроживлення дозволяє відключити комп'ютер у контрольованому режимі. Після цього комп'ютер відключається від мережі електроживлення.

РОЗДІЛ 8. Охорона праці.

Використання цієї установки може становити небезпеку у випадку, якщо вона експлуатується не підготовленим персоналом неналежним чином або застосовується для цілей, не передбачених або не зазначених у цьому посібнику з експлуатації.

- Усі особи, які мають доступ до приміщення, де експлуатується установка, та залучені до діяльності, пов'язаної зі складанням, демонтажем та подальшим складанням, введенням в експлуатацію, експлуатацією або технічним обслуговуванням (обстеженням, доглядом, ремонтом) установки 2200i, повинні повністю прочитати цей посібник з експлуатації, і зокрема, прочитати та зрозуміти розділ «Забезпечення безпеки». Ми рекомендуємо, щоб користувач підтвердив це у письмовій формі.

- Таблетковий прес Fette 2200i призначений для експлуатації лише у передбаченій галузі застосування. Будь-яке використання обладнання поза цієї області має розцінюватися як не узгоджене. Виробник не повинен нести будь-якої відповідальності за будь-яке пошкодження, що виникає внаслідок такого використання, і всі ризики, які можуть виникнути у зв'язку з таким використанням, несе виключно користувач.

- Дотримання встановлених виробником вимог щодо збирання, демонтажу та подальшого збирання, введення в експлуатацію, експлуатації або технічного обслуговування також необхідно розглядати як частину погодженого використання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Сполович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона праці	200503.MP.04.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

- Роботи, пов'язані з експлуатацією, обслуговуванням та ремонтом установки 2200і повинні виконуватися тільки таким, що має доступ, навченим та належним чином проінструктованим персоналом. Такий персонал повинен отримати спеціальні інструкції щодо небезпек, які, ймовірно, можуть мати місце в процесі експлуатації та технічного обслуговування установки.

- Необхідно чітко встановити відповідальність за дотримання вимог до складання, демонтажу та подальшого складання, введення в експлуатацію, експлуатації або технічного обслуговування таким чином, щоб не виникало будь-якої невизначеності щодо областей компетентності та аспектів безпеки.

- При проведенні будь-яких робіт, що включають роботи зі складання, демонтажу та подальшого складання, введення в експлуатацію, експлуатації, регулюванні або технічному обслуговуванню, необхідно дотримуватися процедур відключення від джерел живлення, визначених у посібнику з експлуатації.

- Забороняється використовувати робочі технології, які спричиняють зниження аспектів безпеки.

- Користувач несе відповідальність за забезпечення того, щоб ніхто з невірних осіб не отримав доступу до експлуатації обладнання.

- Користувач зобов'язаний негайно повідомляти про будь-які зміни, що призводять до зниження безпеки установки.

- Користувачеві необхідно забезпечити, щоб установка 2200і завжди експлуатувалася лише у нормальних умовах.

- Забороняється проводити санкціоновані користувачем модифікації та зміни, що стосуються безпеки обладнання.

- Якщо говорити по суті, то робота на обладнанні повинна виконуватись тільки після повної зупинки.

- Перш ніж розпочати роботи з догляду за обладнанням або технічним обслуговуванням, слід потурбуватися про те, щоб вузли приводу та комплектуючі деталі не будуть приведені в дію з необережності.

- Після завершення ремонту перед новим введенням в експлуатацію необхідно переконатися, що всі захисні пристрої встановлені на свої місця.
- У випадку, коли йдеться про видалення та заміну механічних вузлів та деталей, необхідно звернути увагу на вагу даних частин.
- При проведенні робіт з очищення установки, необхідно дотримуватися примітки виробника (щодо використання засобів для чищення).
- Вантажопідйомність вантажопідіймальних пристроїв, які планується встановити, повинна бути щонайменше еквівалентна вазі вузлів та деталей у зборі.
- Дверцята та заслінки не повинні відчинятися доти, доки установка не буде повністю зупинена.
- Обладнання та розподільний щит повинні бути закріплені лише за допомогою відповідних петельок.
- Після складання електричних блоків або проведення електроремонтних робіт, що мають важливе значення, повинні бути перевірені існуючі засоби захисту (наприклад, опір заземлення).
- При експлуатації установки 2200i, у кожному випадку, повинні застосовуватися місцеві правила з техніки безпеки та попередження нещасних випадків.

Кожний користувач повинен дотримуватися 4 нижніх пункту:

1. Заслінки для пресування

Аварійні вимикачі, приєднані до заслінок, забезпечують доступ до області пресування обладнання. Ці вимикачі повинні перевірятися щодня перед запуском установки, щоб гарантувати, що вони перебувають у стані готовності до роботи. Якщо одна або більше заслінок відкриті, установка не може працювати і не може бути запущена. Якщо така заслінка відкривається в процесі роботи установки, це призводить до негайного її відключення.

2. Заслінки на нижній поверхні корпусу

4 заслінки на нижній поверхні корпусу закриваються на шпингалетні замки та відкриваються за допомогою ключа. Цей ключ повинен знаходитись лише у осіб, які мають доступ до експлуатації установки. Перед тим, як відкрити заслінки на нижній поверхні корпусу, особа, яка має доступ до експлуатації установки, повинна відключити головний перемикач подачі електроживлення на пульті управління або в розподільчому щиті, який потім повинен бути закритий.

3. Штепсельні з'єднання

Для того, щоб роз'єднати електричне з'єднання між установкою та шафою електрообладнання, необхідно вийняти штепселя. Однак, перш ніж повністю вийняти штепсель, необхідно повернути головний перемикач у положення "OFF" ("Вимкнути").

4. Перемикач аварійної зупинки

Відповідно до релевантних положень VDE і TÜV, таблетковий прес 2200і оснащений перемикачами аварійного зупинки (EMERGENCY SHUTOFF). Після ввімкнення установки ці перемикачі необхідно знову розблокувати, повернувши їх на чверть оберту.

Висновки

В магістерській роботі виконано моделювання процесу наповнення матриць таблеткового преса Fette 2200i порошком моногідрату лактози, обґрунтовано раціональні конструкційні та режимні параметри механізму живлення.

Властивості порошкового матеріалу доцільно описувати моделлю Герца-Міндліна. При моделюванні важливо враховувати форму, розмір частинок, силу когезії між ними та адгезії до поверхонь обладнання.

В програмі Компас-3Д V.20 було створено 3д моделі окремих деталей і виконано їх складання.

Для підвищення ефективності роботи обладнання за допомогою методом імітаційного моделювання було визначено раціональні показники роботи живильного механізму шляхом дослідження швидкісних параметрів зворощувачів. В межах досліджуваних параметрів, раціональна частота обертання 90 об/хв, рекомендована форма лопатей – круглого поперечного перерізу.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Слопович М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаної літератури	200503.MP.04.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Паспорт роторної таблетувальної машини Fette 2200i
2. Кутовая, О. В. К вопросу о производительности роторных таблеточных машин / О. В. Кутовая, И. В. Ковалевская, А. В. Шапов // Вестник фармации. – 2015. – №3 (69). – С. 6–11.
3. Кравчук В.В. Таблеткові машини для виробництва твердих лікарських форм / В.В. Кравчук, Г.І. Кузьміна // Промислова фармація, 2016. – С.378
4. Кольман-Иванов Э.Э. Таблеточные машины в медицинской промышленности. М., «Медицина», 1975. – 179 с.
5. Кольман-Иванов, Э.Э. Машины-автоматы химических производств. Теория и расчет / Э.Э. Кольман-Иванов. – М.: Машиностроение, 1972. – 296 с.
6. Таблеточные машины в медицинской промышленности / [Э.Э. Кольман-Иванов и др.]. – М.: Медицина, 1975. – 180 с.
7. Кольман-Иванов Э.Э. Конструирование и расчет машин химических производств. – М.: Машиностроение, 1985. – 408 с.
8. Тригубчак О. В. Вивчення режимів питомого тиску пресування на фармако-технологічні властивості таблеток кислотиацетилсаліцилової / О. В. Тригубчак // Фармацевтичний часопис. – 2012. – № 4. – С. 58–62.
9. Pawar, P. The effect of mechanical strain on properties of lubricated tablets compacted at different pressures / P. Pawar, H. Joo, G. Callegari [et al.] // Powder Technology. – 2016. – Vol. 301. – P. 657–664.
10. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв : навчальний посібник / М.В. Стасевич, А.О. Милянч, І.О. Гузьова та ін.; за ред. В.П. Новікова. – Вінниця: Нова книга, 2012.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Чепеляк О.О.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Слопач М.Ю.	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаної літератури	200503.MP.04.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

11. Jackson, S & Sinka, Iosif & Cocks, Alan. (2007). The effect of suction during die fill on a rotary tablet press. European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics : official journal of Arbeitsgemeinschaft für Pharmazeutische Verfahrenstechnike. V. 65. 253-6. 10.1016/j.ejpb.2006.10.008.

12. Stephen Byrn, Maricio Futran, Hayden Thomas, Eric Jayjock, Nicola Maron, Robert F. Meyer, Allan S. Myerson, Michael P. Thien, Bernhardt L. Trout, Achieving Continuous Manufacturing for Final Dosage Formation: Challenges and How to Meet Them May 20–21 2014 Continuous Manufacturing Symposium, Journal of Pharmaceutical Sciences, Volume 104, Issue 3, 2015, Pages 792-802

13. Düllea M. Influence of the feed frame design on the powder behavior and the residence time distribution / M. Düllea, H. Özcobanb, C.S. Leopolda // International Journal of Pharmaceutics. – 2019. – volume 565. – P. 523-532.

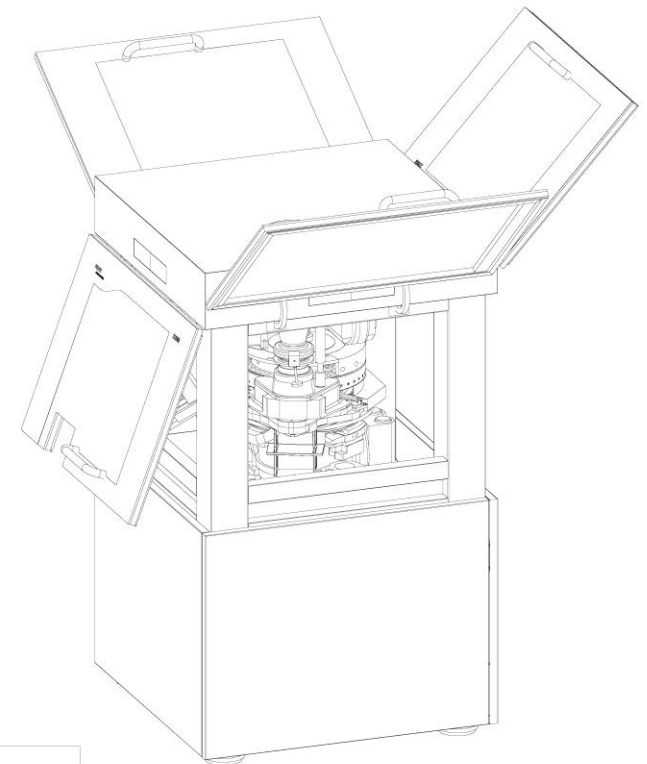
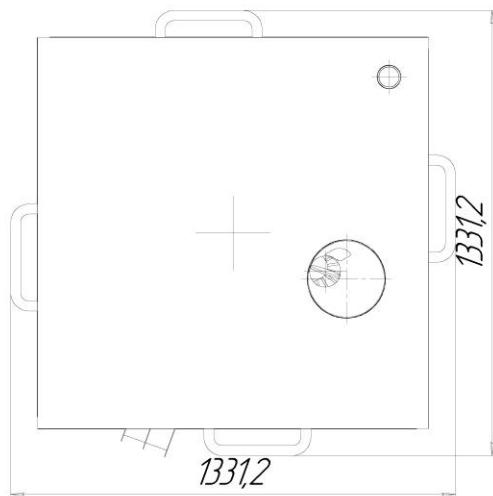
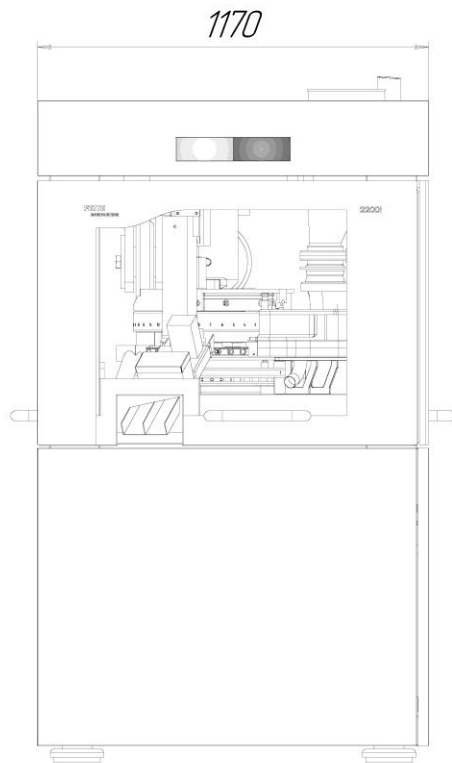
14. F. Bassam, P. York, R.C. Rowe, R.J. Roberts Young's modulus of powders used as pharmaceutical excipients, International Journal of Pharmaceutics, Volume 64, Issue 1, 1990, Pages 55-60.

15. Mazel V, Busignies V, Diarra H, Tchoreloff P. On the links between elastic constants and effective elastic behavior of pharmaceutical compacts: importance of poisson's ratio and use of bulk modulus. J PharmSci. 2013 Nov;102(11):4009-14. doi: 10.1002/jps.23710. Epub 2013 Aug 20. PMID: 23963744.

16. Giannis, K.; Schilde, C.; Finke, J.H.; Kwade, A. Modeling of High-Density Compaction of Pharmaceutical Tablets Using Multi-Contact Discrete Element Method. Pharmaceutics 2021, 13, 2194. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13122194>

17. Wu, C.-Y & Ruddy, O.M. & Bentham, A.C. & Hancock, B.C. & Best, Serena & Elliott, James. (2005). Modelling the mechanical behaviour of pharmaceutical powders during compaction. Powder Technology. 152. 107-117. 10.1016/j.powtec.2005.01.010.

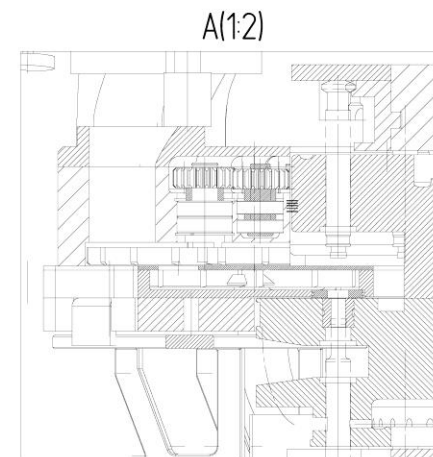
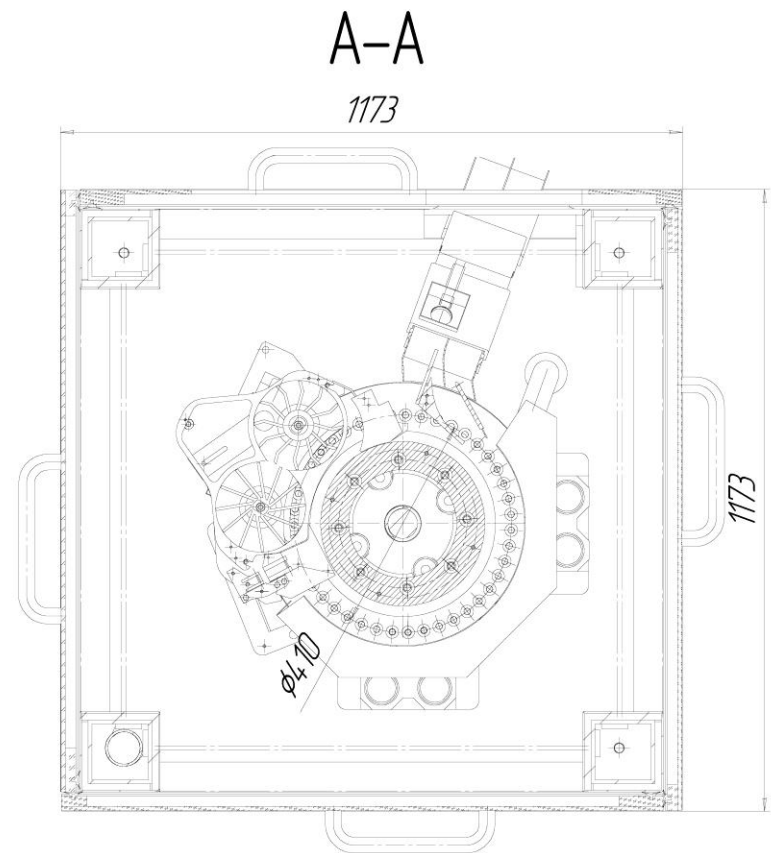
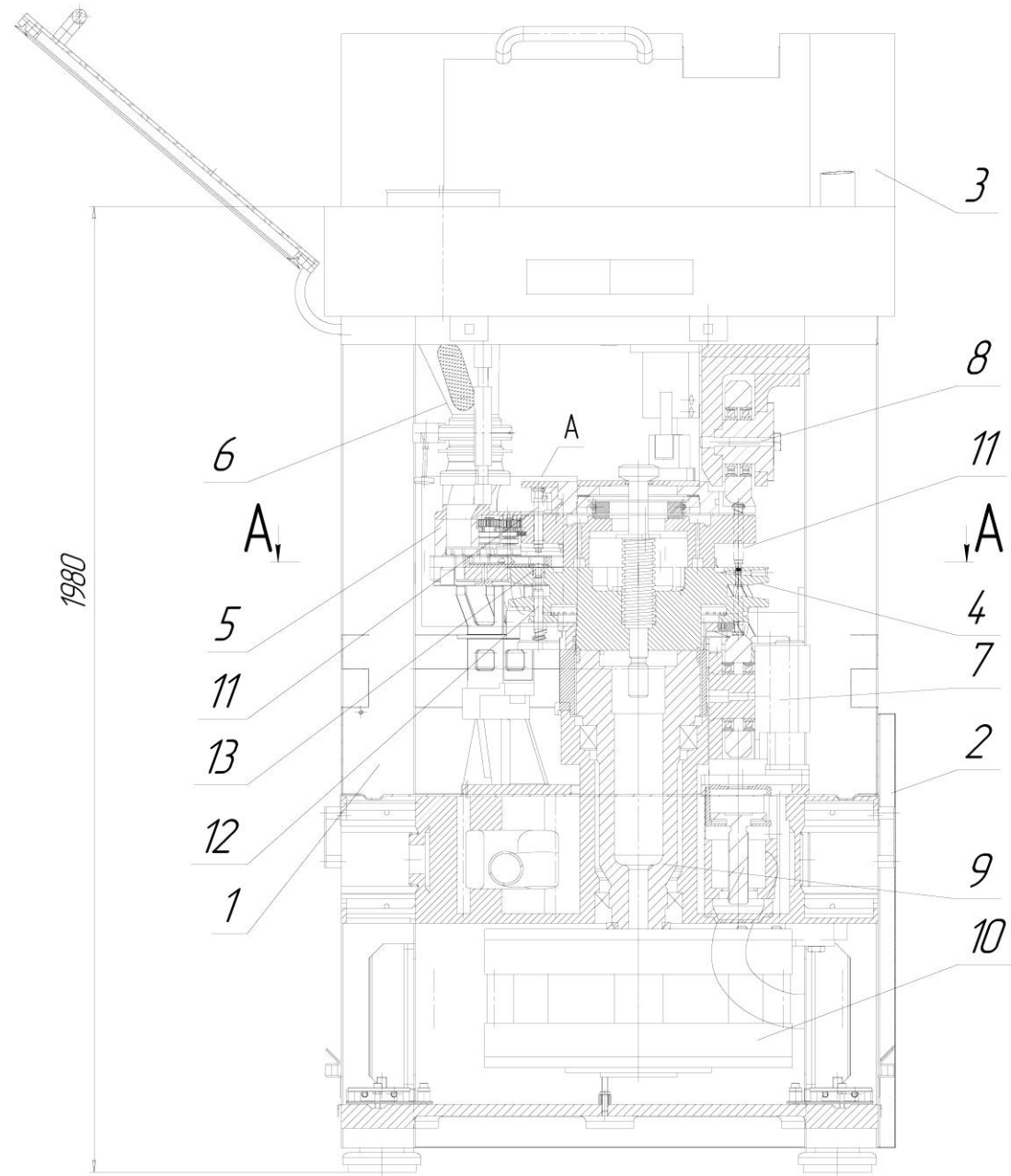
ДОДАТКИ



Технічні характеристики

<i>Виробник:</i>	Компанія FETTE GmbH
<i>Модель:</i>	2200i
<i>Заводська табличка з паспортними даними:</i>	Позаду панельної обшивки установки
<i>Робоча напруга:</i>	400/440/480 В 50/60 Гц, 3 фази + захисне заземлення PE
<i>Потужність (приблизно):</i>	13 кВт
<i>Повний захист плавкого запобіжника:</i>	63 А
<i>Подача стисненого повітря: (максимальна при діаметрі трубки, що підводить $\phi = 9$ мм)</i>	6 бар (10 бар)
<i>Об'ємна витрата повітря (мінімальна):</i>	5 дм ³ /с
<i>Проектована площа:</i>	1220 x 1220 мм
<i>Висота установки: (з бункером Fulltrichter)</i>	2031 мм (2083 мм)
<i>Чиста вага (вага нетто) таблеткового преса:</i>	Приблизно 3500 кг
<i>Вага терміналу управління:</i>	100 кг
Умови експлуатації:	
<i>Відносна вологість (без урахування конденсату):</i>	5 - 95 %
<i>Температура експлуатації розподільного щита:</i>	0 - 25°C
<i>Температура експлуатації пульта керування:</i>	0 - 25°C
<i>Температура експлуатації установки:</i>	5 - 35°C

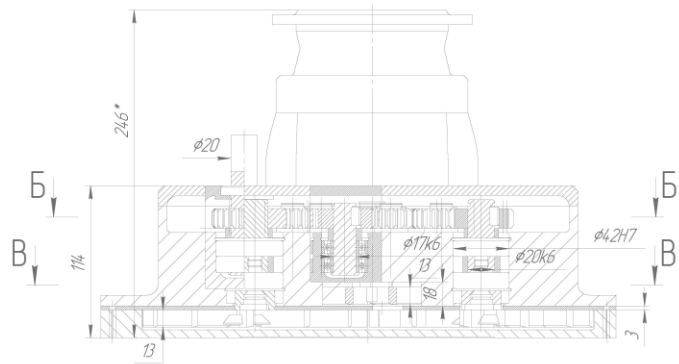
Відповідальна організація НУХТ	Теплове узгодження Челезак ОО	Розробник документа Слогодич МВ	Документ затверджено Габбо ОМ	Масштаб М1:10
Власник документа НУХТ, ОФ-2-6М	Вид документа Складальний креслений	Статус документа		
Назва, відомство, назва Ротарний таблетковий прес FETTE 2200i		200503.MP.04.01.000 СБ		
№ змін	Дата видання	Мова	Аркуші	
			7	



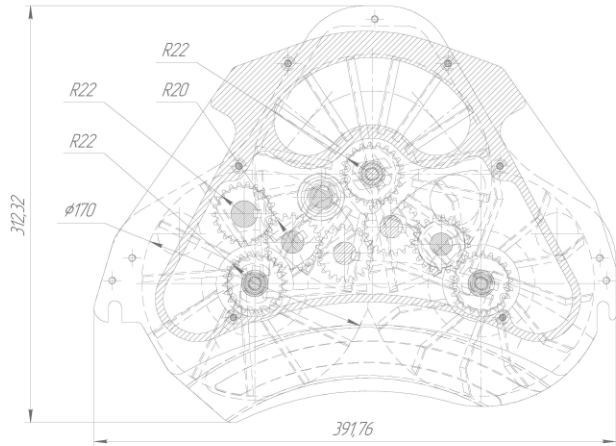
Відобрана організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Чепелев О.О.</i>	Розробник документа <i>Слогодич М.Ю.</i>	Документ затверджено <i>Габда О.М.</i>	Масштаб <i>М1:5</i>
Власник документа <i>НУХТ, ОФ-2-6М</i>	Вид документа <i>Складальний креслення</i>	Статус документа <i>Назва, відомство, назва підприємства Розробник: <i>Слогодич М.Ю.</i> Проект: <i>К17.1.2.200</i> Вид: <i>в розрізі</i></i>	Ідентифікатор документа <i>2005.03.МР.04.01.000.05</i>	Дата видання <i>1</i>

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка
				<i>Документація</i>		
A1			200503.MP.06.00.000 СБ	Складальне креслення		
				<i>Складальні одиниці</i>		
		1	200503.MP.06.02.000	Станина	1	
		2	200503.MP.06.03.000	Кожух нижнього відсіка	4	
		3	200503.MP.06.04.000	Вікно	4	
		4	200503.MP.06.05.000	Ротор	1	
		5	200503.MP.06.01.000	Живильний пристрій	1	
		6	200503.MP.06.06.000	Бункер	1	
		7	200503.MP.06.07.000	Пристрій нижнього пресування	2	
		8	200503.MP.06.08.000	Пристрій верхнього пресування	2	
		9	200503.MP.06.09.000	Вал ротора	1	
				<i>Деталі</i>		
		11	200503.MP.06.00.000	Верхній пуансон	43	
		12	200503.MP.06.00.000	Нижній пуансон	43	
		13	200503.MP.06.00.000	Матриця	43	
				<i>Покупні вироби</i>		
		10		Двигун DST 215 С	1	

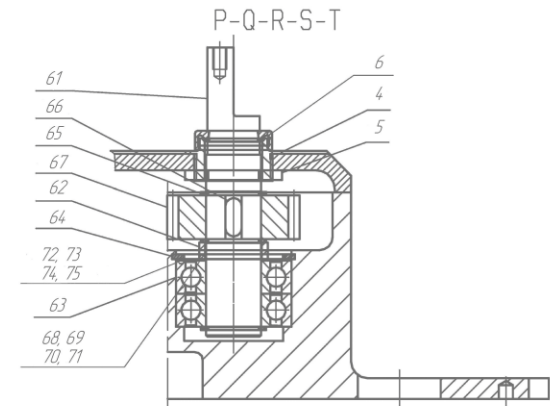
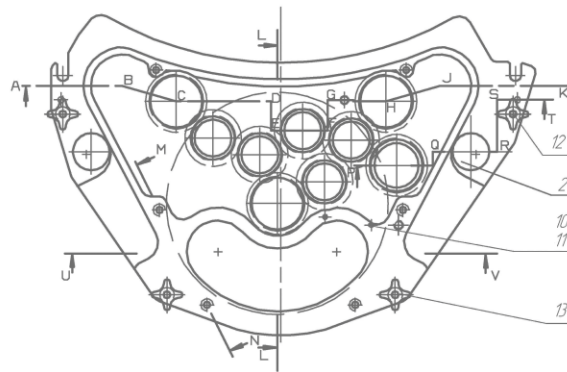
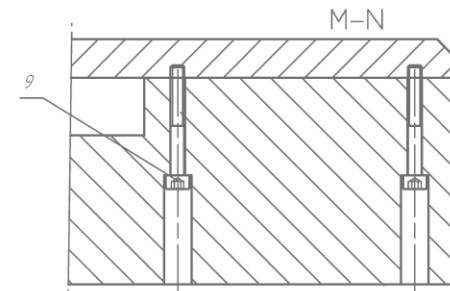
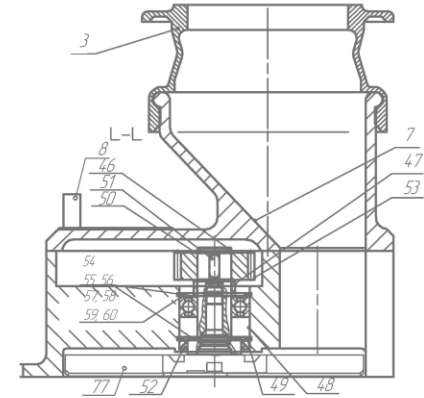
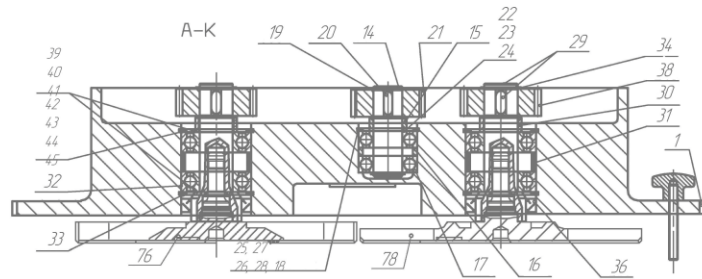
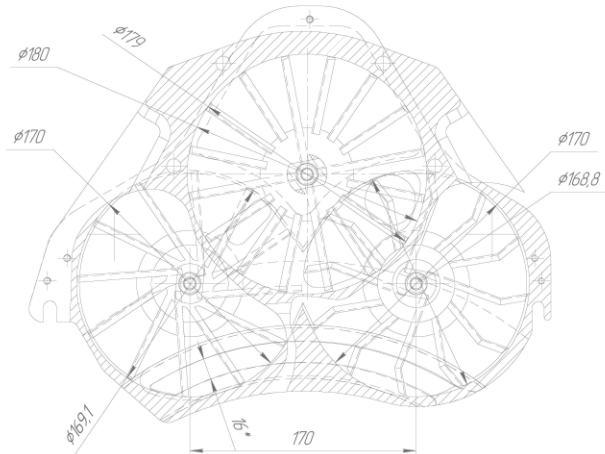
Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Чепелюк О.О.</i>	Розробник документа <i>Сполович М.Ю.</i>	Документ затверджено <i>Гавва О.М.</i>	Масштаб
Власник документа <i>НУХТ, ОФ-2-6М</i>		Вид документа <i>Специфікація</i>	Статус документа	
		Назва, додаткова назва <i>Роторний таблетковий прес FETTE 2200i Вид в розрізі</i>	<i>200503.MP.04.01.000 СБ</i>	
			Інд. змін.	Дата видання
			<i>на</i>	Мова
				Аркуш
				<i>1/2</i>



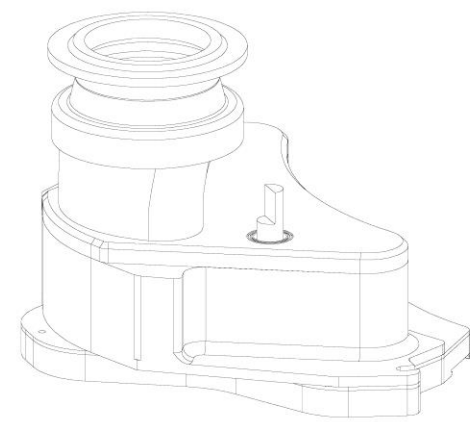
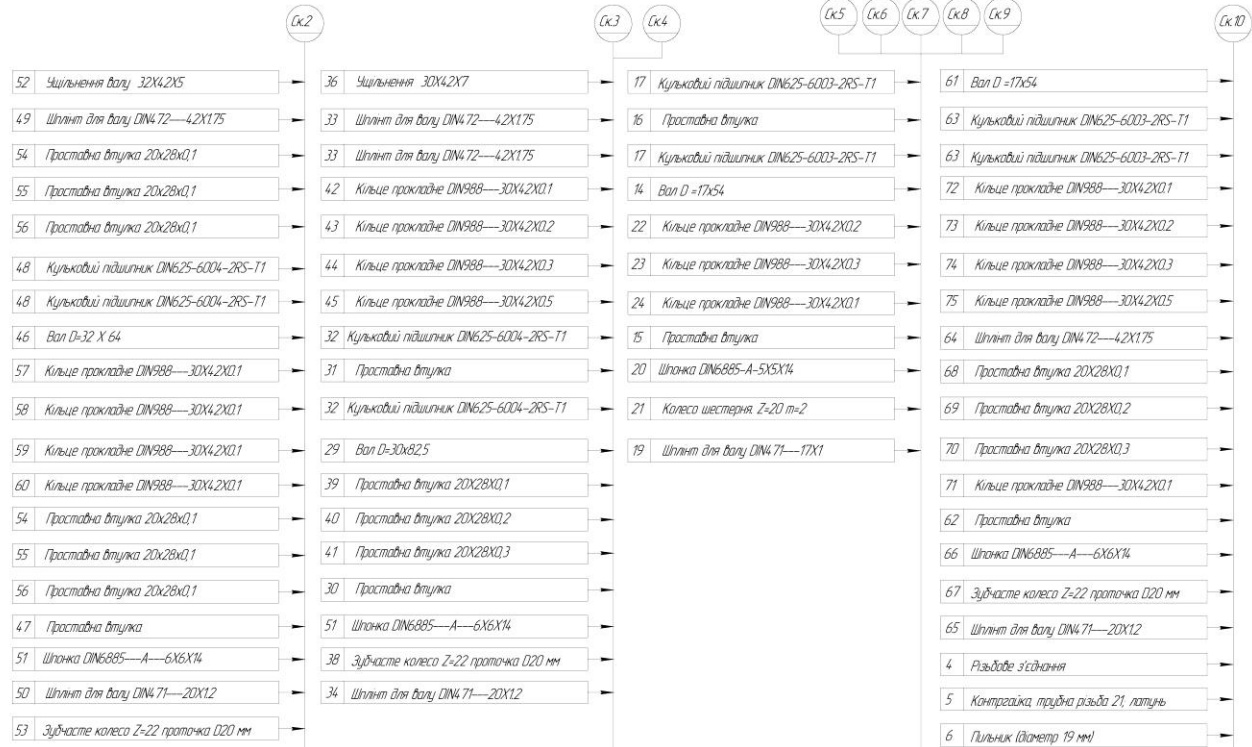
Б-Б



В-В



Виробнича організація НУХТ	Технічне узгодження Чепелак О.О.	Розробник документа Слогодич М.В.	Докладчик Габва О.М.	М 110
Власник документа НУХТ, ОП-2-6 Слогодич М.В.	Статус документа Складовий креслений	Статус документа		
Назва документа Механізм живлення		200503.MP.04.01.000 СБ		
№ змін	Дата видання	Мапа	Аркуш	1/2



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Примітка	
				<i>Документація</i>			
A1			200503.MP.06.01.000 СБ	Складальне креслення			
				<i>Деталі</i>			
		1	200503.MP.04.01.001	Нижня секція редукції d=170	1		
		2	200503.MP.04.01.002	Прозора лінза	2		
		3	200503.MP.04.01.003	Силіконовий патрубкок	1		
		4	200503.MP.04.01.004	Різьбове з'єднання	1		
		5	200503.MP.04.01.005	Контргайка, трудна різьба 21; латунь	1		
		6	200503.MP.04.01.006	Пильник (діаметр 19 мм)	1		
		7	200503.MP.04.01.007	Кришка редуктора	1		
		8	200503.MP.04.01.008	Кулачок	1		
		9	200503.MP.04.01.009	Гвинт М5х40х70	6		
		10	200503.MP.04.01.010	Скребок для живильника	1		
		11	200503.MP.04.01.011	Гвинт з потайною головкою М4х8х70	2		
		12	200503.MP.04.01.012	Гвинт з ручкою М5х20	2		
		13	200503.MP.04.01.013	Гвинт з ручкою М5	2		
		14	200503.MP.04.01.014	Вал D =17х54	4		
		15	200503.MP.04.01.015	Проставна втулка	4		
		16	200503.MP.04.01.016	Проставна втулка	4		
		17	200503.MP.04.01.017	Кульковий підшипник DIN625-6003-2RS-T1	8		
		18	200503.MP.04.01.018	Шплінт для валу DIN472---35х15D	4		
		19	200503.MP.04.01.019	Шплінт для валу DIN471---17х1	12		
		20	200503.MP.04.01.020	Шпонка DIN6885-A-5X5X14	4		
Відповідальна організація НУХТ		Технічне узгодження Чепеляк О.О.		Розробник документа Сполович М.Ю.	Документ затверджено Гавва О.М.		Масштаб
Власник документа НУХТ, ОФ-2-6М				Вид документа Специфікація		Статус документа	
				Назва, додаткова назва Механізм живлення		200503.MP.04.01.000 СБ	
						Інд. змін.	Дата видання
						Мова ua	Аркуш 1/4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кол.	Примітка		
		21	200503.MP.04.01.021	Колесо шестерня. $Z=20$ $m=2$	4			
		22	200503.MP.04.01.022	Кільце прокладне DIN988—17X24X0.1	4			
		23	200503.MP.04.01.023	Кільце прокладне DIN988—17X24X0.2	4			
		24	200503.MP.04.01.024	Кільце прокладне DIN988—17X24X0.3	4			
		25	200503.MP.04.01.025	Кільце прокладне DIN988—25X35X0.1	4			
		26	200503.MP.04.01.026	Кільце прокладне DIN988—25X35X0.2	4			
		27	200503.MP.04.01.027	Кільце прокладне DIN988—25X35X0.3	4			
		28	200503.MP.04.01.028	Кільце прокладне DIN988—25X35X0.5	4			
		29	200503.MP.04.01.029	Вал $D=30 \times 82,5$	2			
		30	200503.MP.04.01.030	Проставна втулка	2			
		31	200503.MP.04.01.031	Проставна втулка	2			
		32	200503.MP.04.01.032	Кульковий підшипник DIN625-6004-2RS-T1	4			
		33	200503.MP.04.01.033	Шплінт для валу DIN4 72—42X1.75	4			
		34	200503.MP.04.01.034	Шплінт для валу DIN4 71—20X1.2	4			
		35	200503.MP.04.01.035	Шпонка DIN6885—A—6X6X14	2			
		36	200503.MP.04.01.036	Ущільнення 30X42X7	2			
		37	200503.MP.04.01.037	Дистанційне кільце; $d = 42/35$; Висота=3;	2			
		38	200503.MP.04.01.038	Зубчасте колесо $Z=22$ проточка $D20$ мм	2			
		39	200503.MP.04.01.039	Проставна втулка 20X28X0,1	4			
		40	200503.MP.04.01.040	Проставна втулка 20X28X0,2	4			
		41	200503.MP.04.01.041	Проставна втулка 20X28X0,3	4			
		42	200503.MP.04.01.042	Кільце прокладне DIN988—30X42X0.1	2			
		43	200503.MP.04.01.043	Кільце прокладне DIN988—30X42X0.2	2			
		44	200503.MP.04.01.044	Кільце прокладне DIN988—30X42X0.3	2			
		45	200503.MP.04.01.045	Кільце прокладне DIN988—30X42X0.5	2			
200503.MP.04.01.000 СБ					Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
							UA	2/4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кол.	Примітка		
		46	200503.MP.04.01.046	Вал D=32 X 64	1			
		47	200503.MP.04.01.047	Проставна втулка	1			
		48	200503.MP.04.01.048	Кульковий підшипник з глибокою канавкою DIN625-6004-2RS-T1	2			
		49	200503.MP.04.01.049	Шплінт для валу DIN4 72---42X1.75	2			
		50	200503.MP.04.01.050	Шплінт для валу DIN4 71---20X1.2	2			
		51	200503.MP.04.01.051	Шпонка DIN6885---A---6X6X14	1			
		52	200503.MP.04.01.052	Ущільнення валу 32X42X5	1			
		53	200503.MP.04.01.053	Зубчасте колесо Z=22 проточка D20 мм	1			
		54	200503.MP.04.01.054	Проставна втулка 20X28X0,1	2			
		55	200503.MP.04.01.055	Проставна втулка 20X28X0,2	2			
		56	200503.MP.04.01.056	Проставна втулка 20X28X0,3	2			
		57	200503.MP.04.01.057	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.1	1			
		58	200503.MP.04.01.058	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.2	1			
		59	200503.MP.04.01.059	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.3	1			
		60	200503.MP.04.01.060	Кільце прокладне DIN988---30X42X0.5	1			
		61	200503.MP.04.01.061	Вал D=20 X 105	1			
		62	200503.MP.04.01.062	Проставна втулка	1			
		63	200503.MP.04.01.063	Кульковий підшипник з глибокою канавкою DIN625-600-2RS-T1	2			
		64	200503.MP.04.01.064	Шплінт для валу DIN4 72---42X1.75	1			
		65	200503.MP.04.01.065	Шплінт для валу DIN4 71---20X1.2	3			
		66	200503.MP.04.01.066	Шпонка DIN6885---A---6X6X14	1			
		67	200503.MP.04.01.067	Зубчасте колесо Z=22 проточка D20 мм	1			
		68	200503.MP.04.01.068	Проставна втулка 20X28X0,1	1			
		69	200503.MP.04.01.069	Проставна втулка 20X28X0,2	1			
		70	200503.MP.04.01.070	Проставна втулка 20X28X0,3	1			
200503.MP.04.01.000 СБ					Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
							UA	3/4

INTERNATIONAL CONFERENCE FOR
STUDENTS “STUDENT IN BUCOVINA”

December, 18th, 2020

STUDENT IN BUCOVINA

ABSTRACTS

Organized by:

Faculty of Food Engineering,

Stefan cel Mare University of Suceava, Romania

ISSN 2068 – 7648

IMPROVING THE PROCESS AND EQUIPMENT FOR TABLETS PRESSING

Student: Maksym SPOLOVYCH, Andrii PROKOP

Coordinating Professor: Assoc. Prof. Ph.D. Olena CHEPELIUK

National University of Food Technologies

Kyiv, Ukraine

Abstract:

Because of differences in the raw materials density and incomplete filling of the tablet presses dies, there are deviations in the mass of the finished solid dosage forms. The task of a dosing accuracy increasing requires a solution.

The rational idea of improving the tablet press dosing mechanism is to adjust the size of the connecting hole between the feed cup and the feeder. It is proposed to change the relative position of the windows of the feeder and the feed cup, which are connected, by rotating the damper located in the ring between the cup and the feeder housing. This mechanism is much easier, faster and more accurately allows you to adjust the flow rate of the tableting mass. The proposed design is simpler and more reliable, as it does not require additional operations to configure. The inclined plane remains in a static position, so the error in braking the flow is smaller than when turning it.

Improving the design of the feeder of the rotary tablet press by replacing the lever mechanism on the rotary damper, the position of which regulates the amount of material entering the mixers, simplifies the feed cup design, increases the efficiency of die filling and, accordingly, the dosing accuracy, facilitates the feeding device maintenance and increases its reliability in operation.

Key words: *accuracy, damper, dosage, feeding device, rotary tablet press, tableting mass.*

IX Міжнародна спеціалізована науково-практична конференція

Proceedings of the 9th International Specialized Scientific and Practical Conference

Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції - основні засади її конкурентоздатності

Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness

Київ 2020

Kyiv 2020

Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: Матеріали ІХ Міжнародної спеціалізованої

науково-практичної конференції, 10 грудня 2020 р., м. Київ. – К. НУХТ, 2020. – 135 с.

У матеріалах конференції наведено доповіді за такими напрямками: стан та шляхи ресурсо- й енергозаощадження на підприємствах харчової промисловості; інноваційні та ресурсоощадні технології продуктів харчування; використання нетрадиційної сировини в технологіях продуктів харчування; інноваційні технології пакування харчових продуктів; енергоощадні та ресурсозберігаючі технології виготовлення тари та упаковки; інноваційні складові створення пакувального обладнання; енергоменеджмент на підприємствах харчової промисловості; шляхи підвищення ефективності виробничої логістики на підприємствах харчової промисловості.

На основі науково- дослідних робіт запропоновано шляхи вирішення прикладних задач загальної проблеми в харчовій промисловості – ресурсо- та енергозаощадження.

Матеріали конференції будуть корисні науковим та інженерно - технічним працівникам, виробничникам, потенційним інвесторам, студентам ВНЗ та всім хто пов'язаний з харчовою та пакувальною індустрією.

ISBN 978-966-612-246-2

Програмний комітет:

Гавва О.М., д.т.н., НУХТ – голова,

Губеня О.О., к.т.н., НУХТ – заст. голови,

Кіщак Ю.П., АККО Інтернешнл,

Копилова К.В., д.с.- г.н., ІПР НААН України,

Соколенко А.І., д.т.н., НУХТ,

Мирончук В.Г., д.т.н., НУХТ,

Сімахіна Г.О., д.т.н., НУХТ,

Мікульонок І.О., д.т.н., НТУУ «КПІ» ім. І.Сікорського

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РОТОРНОЇ ТАБЛЕТКОВОЇ МАШИНИ

Вступ. На стадії отримання лікарської форми (таблетування) використовують обладнання для пресування маси, найчастіше роторного типу [1]. Для запобігання утворення грудочок і покращення плинності в ньому передбачені спеціальні механізми. В машині таблеткової роторній РТМ41МЗ, призначеній для виробництва твердих лікарських форм із гранульованих матеріалів, таким вузлом є живильний пристрій, в якому, окрім вібрацій, використовують вплив лопатей та регулюють кількість матеріалу, який подається, живильним пристроєм [2].

Актуальність теми. Внаслідок відмінностей у густині вихідної сировини і часткового або неповного наповнення матриць таблетувальних пресів існують відхилення маси готових твердих лікарських форм, допустимі рівні яких встановлені Фармакопеею. Проблема стає особливо актуальною, коли здійснюється пресування маси з низькими дозами діючих речовин [3, 4], тому завдання збільшення точності дозування потребує нагального вирішення.

Матеріали та методи. Для виявлення проблем, які виникають при пресуванні таблетмас та пошуків шляхів їх вирішення, а також обґрунтування конструкції відповідного обладнання, проаналізована наукова, науково-технічна література і патентна документація.

Результати та обговорення. Регулювання кількості матеріалу, який подається живильним пристроєм машини РТМ41МЗ, здійснюється за рахунок відкриття шторок на певну величину з допомогою важільного механізму. Однак він є складним як у виготовленні, так і в монтажі й експлуатації, а неможливість забезпечення точності дозування безпосередньо впливає на якість готової продукції і здоров'я споживачів.

Проаналізувавши патентну інформацію, з'ясовано що спроби удосконалити конструкцію окремих механізмів машини, яка розглядається, стосувалися насамперед механізму дозування [5]. Зокрема, було запропоновано регулювати розмір сполучного отвору між приймальним стаканом і живильником шляхом повороту стакану на необхідний кут з отриманням потрібного розміру вікна подачі матеріалу, який таблетується [6]. Такий спосіб регулювання дози має ряд недоліків: спосіб регулювання є незручним і ненадійним, витрачається багато часу для всієї процедури регулювання; поворот стакану вручну не дає візуального розуміння, наскільки дійсно відкрите вікно; періодичне відкручування болтів призводить до зношування різьбового з'єднання і потребує витрат праці; стакан має похилу площину, яка спрямовує потік грануляту до зворушувальної камери, тому повертання стакану змінює напрям потоку, що тягне за собою його гальмування. Наслідком цього є похибка в дозуванні вхідної сировини, збільшення відсотку браку готової продукції.

Для усунення цих недоліків із одночасним збереженням раціональної ідеї запропоновано забезпечити зміну взаємного розташування вікон 1 живильника і 2 в донній частині приймального стакану, які сполучаються, шляхом повороту не стакану 3, а заслінки 4 (рис. 1 а), розміщеної у кільці 5 між стаканом 3 і корпусом 6 живильника.

Такий механізм набагато легше, швидше і точніше дає можливість регулювати швидкість потоку грануляту. Положення язичка заслінки дає чітку інформацію про те, наскільки відкрите вікно 1. Запропонована конструкція простіша і надійніша, оскільки не потребує додаткових операцій для налаштування. Похила площина залишається в статичному положенні, тому похибка на гальмування потоку набагато менша, ніж при її повороті.

Деталь «Заслінка» (рис. 1 б), виготовлена зі сталі AISI 316, відноситься до класу ASTM A240, масою $m = 0,104$ кг та габаритними розмірами $78 \times 118 \times 3$ мм. Деталь «Заслінка» являє собою плоску поверхню з внутрішньою наскрізною прорізкою із заданими параметрами форми.

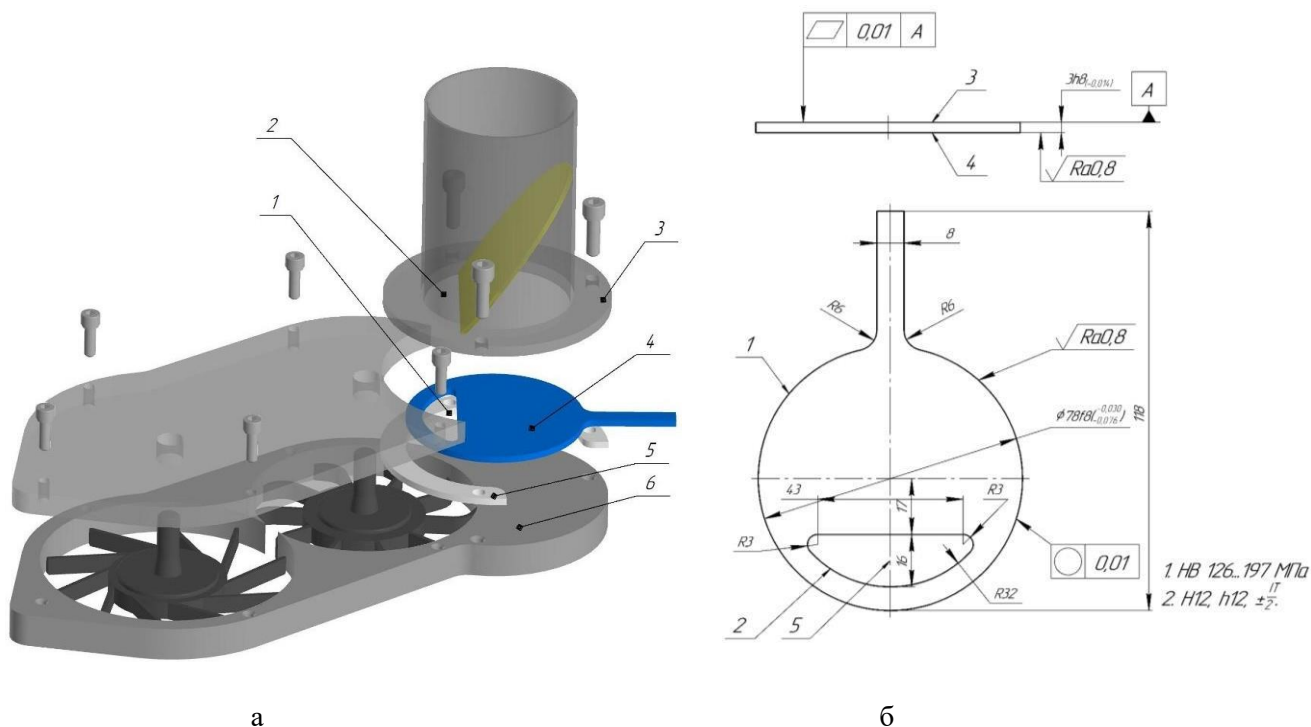


Рисунок 1 – Удосконалений механізм живлення (а) і заслінка (б)

На основі проведеної роботи підготовлені документи для подачі заявки для отримання патенту на корисну модель «Роторна таблеткова машина».

Висновки. Удосконалення конструкції живильного пристрою механізму дозування роторної таблеткової машини РТМ41М3 шляхом заміни важільного механізму керування шторками на поворотну заслінку, положення якої регулює кількість матеріалу, який надходить до зворушувачів, спрощує конструкцію приймального стакану, підвищує ефективність заповнення матриць в столі ротора, і відповідно, точність дозування, полегшує обслуговування живильного пристрою та підвищує його надійність в експлуатації.

Література

1. Тригубчак О. В. Дослідження оптимальних умов виготовлення таблеток кислоти ацетилсаліцилової з аторвастатином. *Ліки України плюс*. 2018. №2 (35). С. 7 – 10.
2. Тригубчак О. В., Равлів Ю.А., Грошовий Т.А. Сучасний стан створення, виробництва та дослідження таблетованих лікарських препаратів. Повідомлення 10. Характеристика режимів пресування таблетованих лікарських препаратів. *Фармацевтичний часопис*. 2013. № 2. С. 137 – 141.
3. Тригубчак О. В. Вивчення режимів питомого тиску пресування на фармако-технологічні властивості таблеток кислоти ацетилсаліцилової. *Фармацевтичний часопис*. 2012. № 4. С. 58–62.
4. Pawar P., Callegari H. Joo, G. The effect of mechanical strain on properties of lubricated tablets compacted at different pressures. *Powder Technology*. 2016. Vol. 301. P. 657–664.
5. Роторная таблеточная машина : пат. 2248277 Российская Федерация : МПК В30В11/08. № 2002132074/02; заявл. 28.11.2002; опубл. 20.03.2005, Бюл. №8.
6. Роторная таблеточная машина : пат. 2487800 Российская Федерация. МПК В30В11/08. № 2011154655/02; заявл. 30.12.2011; опубл. 20.07.2013, Бюл. №20.