

О. Р. Серкіз¹, Н. І. Сокіл¹, Б. М. Савчин², В. С. Шенбор²
Національний університет “Львівська політехніка”,
¹кафедра проектування та експлуатації машин,
²кафедра механіки та автоматизації машинобудування

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПАКУВАННЯ ДЕРЕВНОГО ВУГІЛЛЯ

© Серкіз О. Р., Сокіл Н. І., Савчин Б. М., Шенбор В. С., 2017

Розглянуто будову та принцип роботи розробленого автомата для пакування деревного вугілля. Вказано конструктивні особливості, систему керування та переваги розробленого автомата.

Ключові слова: пакування, автоматизація, автомат, деревне вугілля.

The structure and principle of work of the developed machine for packing wood charcoal is considered.

Design features, control system and advantages of the developed automaton are specified.

Key words: packaging, automation, automatic machine, wood charcoal.

Вступ. Ефективність впровадження пакувальної техніки багато в чому визначається чіткою і повною інформацією про існуюче пакувальне обладнання, його призначення, принцип дії та технічні характеристики. Щороку у світі виготовляється і розробляється велика кількість видів і типів пакувальних машин та поточкових ліній. Широке їх впровадження у різних галузях народного господарства можливе тільки на основі розроблення типових технологічних процесів пакування, що здатні забезпечувати дозування та пакування продукту із заданою точністю та необхідною якістю [2].

Під терміном “пакувальне обладнання”, як правило, розуміють пристрій, комплекс пристроїв, машин, поточкових ліній, що виконують як основні, так і допоміжні операції, метою і кінцевим результатом яких є пакована продукція.

Операція пакування є частиною технологічного процесу, мінімально необхідною закінченою дією, яка здійснюється на певному робочому місці і обладнанні, за допомогою одного робочого органа (знаряддя обробки).

Основні операції пакування пов’язані із зміною стану, структури, фізичних, хімічних та інших властивостей продукції, а допоміжні – із зміною форми, розмірів, стану, положення пакувальних матеріалів, тари, допоміжних пакувальних засобів, упакування.

Основна частина. Найефективнішим сьогодні серед автоматичного обладнання вертикальної дії для пакування сипких продуктів вважається обладнання, що оснащено мультиголовковими зважувальними пристроями. Однак хоча це обладнання не має собі рівних, як за продуктивністю, так і за точністю зважування, воно одночасно посідає і найвищий щабель у цій політиці, що робить його не завжди купівельноспроможним для багатьох фірм і організацій. Розумний компроміс варто шукати у розробці і розвитку швидкодіючих систем зважування, транспортування, відсікання та відокремлення продукту, які можуть створити обладнання з оптимізованими параметрами, як за продуктивністю, так і за точністю зважування.

Отже, завданням №1 під час створення такого обладнання є оптимізація транспортувальної системи машини і її підсистем, що здійснюють організацію робочого середовища, тобто видачу продукту з навалу (бункера), транспортування його в напрямку розташування зважувального пристрою, організацію необхідного потоку як за геометрією поперечного січення, так і за швидкістю, формою та швидкодією проміжних відсікаючих та накопичувальних пристроїв у межах циклу пакування [1].

Цю проблему вирішено на основі розроблення пакувального напіваавтомата для пакування деревного вугілля у паперові мішки місткістю від 2,5 до 10,0 кг.

Основним чинником, що впливає на параметри транспортувальної системи фасувального обладнання, є задана продуктивність технологічних машин, які постачають продукт для фасування, що є обов'язковим фактором в безперервних виробництвах, до якого саме належить продукування деревного вугілля. Технологічним обладнанням, що визначає продуктивність фасування деревного вугілля, є реторти – пристрої, у яких відбувається процес піролізу деревини, тобто утворення деревного вугілля. Продуктивність реторти, наприклад: 10 т вугілля за зміну, враховуючи питому вагу $\gamma = 0.5 \text{ т/м}^3$, об'ємна продуктивність $V = (10 \text{ т/зміну}) / (0.5 \text{ т/м}^3) = 20 \text{ м}^3/\text{зміну}$. Час роботи пакувальної машини за зміну приймаємо 7 год, або 420 хв. Приймаємо величину дози 0,01 м³. Для забезпечення пакування усієї продукції необхідно за зміну отримати $20 : 0,01 = 2000 \text{ доз}$. Отже, хвилинна продуктивність пакувальної машини повинна дорівнювати $2000 \text{ доз} : 420 \text{ хв} \approx 5 \text{ доз/хв}$, або $0.05 \text{ м}^3/\text{хв}$. Формування однієї дози відповідає циклу роботи пакувальної машини, який повинен дорівнювати $60 \text{ с} : 5 \text{ доз} = 12 \text{ с/доз}$. Дослідження точності процесу пакування проводили на розробленій пакувальній машині, схему якої показано на рис. 1.

Будова і принцип роботи машини.

Основні вузли машини компонуються на станині 1. Такими вузлами є: приймальна ємність 2, транспортери 4, 6, бункер-накопичувач дози 7, ваговий пристрій 10. Вугілля із транспортної системи реторти поступає неперервним потоком у ємність 2, дном якої є основний подаючий вібротранспортер 4. Продуктивність транспортера регулюється заслінкою 5, яка забезпечує встановлення необхідного січення шару вугілля, що подається вібротранспортером. За встановлення постійної швидкості вібротранспортування $V = 2 \text{ м/хв}$ визначаємо конструктивні параметри: ширину транспортної стрічки і висоту шару вугілля із співвідношення [4, 5]:

$$П = V \cdot (b - 2\Delta) \cdot h,$$

де b – ширина стрічки; Δ – ширина бортової частини стрічки; h – висота вугілля, що встановлюється заслінкою 5.

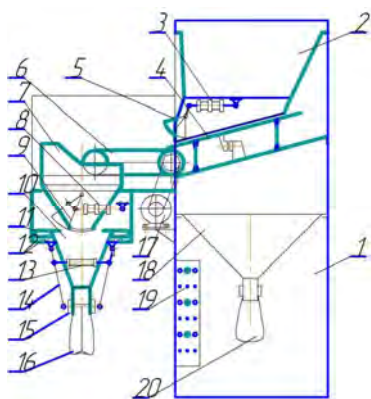


Рис. 1. Структурна схема фасувального напіваавтомата вертикальної дії

Через значне поперечне січення потоку вугілля, що зумовлене малою швидкістю вібротранспортера, не забезпечується точність наповнення накопичувального бункера 7. З метою усунення вказаного недоліка передбачений стрічковий транспортер 6 з регулюванням швидкості подачі за допомогою двошвидкісного приводу 17. Із накопичувального бункера вугілля потрапляє у тару 16. Тара закріплюється до горловини вагового пристрою 10 затискачами 15, які працюють від пневмоциліндра 13 через важелі 14. Горловина на початку наповнення тари повністю відкривається коливною заслінкою 9. Під час наповнення тари до рівня $90\% \pm 5\%$, заслінка 9 за допомогою пневмоциліндра 8 прикриває випускную горловину до рівня 10% вихідного січення і за досягнення повного набору дози горловина перекривається повністю. Зменшення січення потоку знижує швидкість подачі вугілля на вагу, що дає змогу підвищити точність набору дози до допустимого рівня $\pm 1\%$.

Після набору дози система керування подає сигнал на відкривання затискачів 15 і заміну тари. Заміна тари здійснюється оператором вручну. Час цієї операції не перевищує 2,5 с.

Технологічний процес формування дози включає такі операції:

- 1) подачу вібротранспортером вугілля у бункер-накопичувач до рівня $90\% \pm 5\%$ дози;
- 2) досипання вугілля у кінці набору дози до рівня $100\% \pm 1\%$ дози;
- 3) заміну тари.

Згідно з циклограмою роботи машини тривалість операцій за послідовного їх виконання дорівнює: перша операція – 8 с, друга операція – 4 с і третя операція – 2.5 с. Отже, тривалість усіх операцій, що виконуються машиною, послідовно дорівнюватиме 15.5 с, що зумовлено необхідністю зменшення швидкості подачі вугілля під час виконання операції досипання вугілля у кінці набору дози. Наявність у конструкції пакувальної машини проміжної ланки бункера-накопичувача дає змогу сумістити операції досипання вугілля і заміни тари з першою операцією. Таке суміщення дає можливість скоротити цикл роботи пакувальної машини до 12 с, що відповідає продуктивності подачі вугілля на пакувальну дільницю. При цьому підвищується точність набору дози за рахунок регулювання швидкості подачі вугілля у тару, не змінюючи продуктивності основного подаючого вібротранспортера. Орієнтовний розрахунок вібротранспортера ведеться, враховуючи необхідну продуктивність однієї дози за 12 с.

Основним фактором, який визначає конструктивні параметри вібротранспортера, є задана продуктивність. Продуктивність транспортера визначається формою поперечного січення потоку продукту і швидкістю транспортування згідно з залежністю

$$\Pi = S \cdot V \cdot m/xv,$$

де S – поперечне січення потоку продукту (m^2); V – швидкість транспортування (m/xv).

Поперечне січення потоку S залежить від висоти потоку і його ширини. Висоту потоку регулюють за допомогою відкриття заслінки 5. Мінімальна висота відкриття заслінки 5 залежить від кусковатості продукту. Для визначення мінімальної висоти відкриття заслінки провели дослідження процесу транспортування рядового вугілля на вібротранспортері зміною висоти відкриття заслінки від 30 до 50 мм. Як показали дослідження, за висоти відкриття 40 мм і менше перед заслінкою утворюється скупчення вугілля і при цьому порушується рівномірність подачі вугілля у бункер-накопичувач. Із збільшенням висоти відкриття заслінки спостерігається тенденція до зменшення накопичень вугілля біля заслінки і покращується рівномірність подачі вугілля у бункер-накопичувач. За висоти відкриття 50 мм і більше подача вугілля стабілізується. Отже, приймаємо висоту відкриття заслінки більше 50 мм.

Визначаємо поперечне січення потоку продукту за заданої швидкості транспортування $V = 2 \text{ м/хв}$ і заданої продуктивності $\Pi = 0.05 \text{ м}^3/\text{хв}$:

$$S = \Pi \cdot m^3/xv / V \text{ м/хв} = 0.05 \text{ м}^3/\text{хв} / 2 \text{ м/хв} = 0.025 \text{ м}^2.$$

Приймаємо висоту відкриття заслінки $h = 0.06 \text{ м}$, визначаємо ширину потоку продукту – b :

$$b = S/h = 0.025 \text{ м}^2/0.06 \text{ м} = 0.416 \text{ м}.$$

Отримані розрахункові результати конструктивно-технологічних параметрів пристроїв під час дослідження динамічних характеристик переміщення деревного вугілля зазнали незначного корегування, однак уможливили створити промисловий зразок фасувального напівавтомата, який показано на рис. 2.

Висновки. За результатами проведення та опрацювання експерименту за умови забезпечення не більше ніж 2% похибки фасування виявлено фактори, що впливають на точність дозування сипких матеріалів вертикальними фасуючими пристроями, а саме:

- фізико-механічні характеристики дозованих матеріалів (твердість, в'язкість, густина, розмір фракції, насипна щільність, гігроскопічність, здатність до утворення склепінь, статична поляризація, здатність до злипання та грудкоутворення);

- конструктивно технологічні параметри дозатора (вибрана конструктивна схема, величина дози, вибір



Рис. 2. Фасувальний напівавтомат (вигляд спереду)

структури та схеми розміщення зважувальних чи вимірних елементів дозаторів, якість виготовлення, використані матеріали та покриття, вид пристроїв, що реалізують перекриття (відсікання) потоку, ширина та висота організованого транспортуючого шару продукту, кількість потоків, а також наявність міжопераційних бункерних накопичувачів, ступінь перекриття вихідної горловини пристрою, тобто кількість дозаторів на один вихідний тубус, спосіб подачі пакувальних матеріалів чи тари тощо);

- *типом (видом) приводу* (електро-, пневмо-, гідро- комбінованим);
- *динамічними характеристиками основного пакувального обладнання* (швидкість транспортування, час зважування, швидкодія затворів тощо);
- *типом, швидкодією та характеристиками використовуваної системи керування* (дискретна, безперервна, релейна, ПЛГ тощо);
- *наявністю навісного супутнього агреатованого обладнання;*
- *сейсмічними та кліматичними характеристиками приміщення, у якому працює обладнання.*

1. *Автоматическая загрузка технологических машин: справочник / И. С. Бляхеров, Г. М. Варьяш, А. А. Иванов и др.; под общ. ред. И. А. Клусова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.*
 2. *Гавва О. М., Беспалько А. П., Волчко А. І., Кохан О. О. Пакувальне обладнання: підручник. – Л ШФЦ “Упаковка”, 2010. – С. 744.*
 3. *Дорожовець М. Опрацювання результатів вимірювань: навч. посіб. – Львів: Видавництво Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2007. – 624 с.*
 4. *Кодра Ю. В., Стоцько З. А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: навч. посіб.; за ред. З. А. Стоцька. – Львів: Бескид Біт, 2004. – 466 с.*
 5. *Кодра Ю. В., Стоцько З. А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: навч. посіб. / за ред. З. А. Стоцька. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2004. – 468 с.*
 6. *Мирончук В. Г., Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. / за ред. В. Г. Мирончука. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.*