

УДК 62-543.3.007.51

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.54089

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИДОБУТКИ ОЛІЇ МЕТОДОМ ПРЕСУВАННЯ

© В. П. Самодуров

На основі реального виробничого комплексу розроблена та реалізована математична модель окремої ділянки виробництва соняшникової олії, а саме ділянки підготовки сировини для видобутку олії. Були проаналізовані та введені основні параметри, які впливають на процес підготовки та їх залежності від фізичних особливостей реалізації виробництва

**Ключові слова:** маса, модель, параметр, підготовка, потік, регулювання, реальний виробничий комплекс, сировина, система, теплота

*Based to real production complex it was developed and implemented a mathematical model of a separate section of sunflower oil production, such as raw material preparation area for extraction oil. The main parameters that influence the process of preparation and their dependence on physical features of realization of production were analyzed and introduced*

**Keywords:** weight, model, parameter, preparation, flow, management, model, real production complex, raw material, system, heat

### 1. Вступ

Харчова промисловість є однією з найважливіших галузей промисловості України. Від рівня її розвитку, стабільності і функціонування залежить стан економіки та безпеки держави, рівень життя населення. Підприємства олійно-жирового комплексу входять до першої п'ятірки галузей харчової промисловості за обсягами виробництва. Протягом останніх років олійно-жирова промисловість України перебуває на стадії піднесення. Але, незважаючи на це, є проблеми, які все ж стримують її розвиток. З метою підвищення ефективності виробництва олійно-жирових підприємств, перш за все, необхідно виявити питання, які мають відношення до подальшого розвитку олійно-жирового комплексу. В сучасній олійно-жировій промисловості важливими факторами є підвищення якості вихідного продукту та оптимізація самого процесу переробки. На теперішній час існує багато прикладів реалізації процесу екстракції, але проблеми, пов'язані з регулюванням проміжних ділянок виробництва, ще не вирішені остаточно, що безумовно впливає на якість вихідного продукту і, відповідно, на отримання прибутку з підприємства. Саме тому, оптимізація існуючих на даний момент методів підготовки сировини є ключовим фактором для розвитку і покращення цієї галузі виробництва.

### 2. Постановка проблеми

Отримання кінцевого продукту у олійно-жировому виробництві – це складний технологічний процес, який полягає у багатьох етапах переробки та підготовки основної сировини. Кожна ланка цього комплексу потребує детального дослідження та постійного вдосконалення методів виробництва, що в свою чергу призводить до покращення якості кінцевого продукту. Фізичний процес підготовки сировини в олійний матеріал є одним з найважливіших етапів, так як на ранній стадії виробництва можливі об'єми отримання олійного

матеріалу насамперед залежать від ефективності роботи жарової та пресувальної установок. Саме тому виникла необхідність теоретичного дослідження, результатом якого стало створення математичної моделі фізичного процесу підготовки та оптимізація витрат технологічного ресурсу на даній ділянці виробництва. Для досягнення мети був проведений аналіз реального виробничого комплексу і на основі його засобів була розроблена математична модель, відповідно до фізичних методів реалізації підприємства із внесенням змін в поточну конфігурацію обладнання.

### 3. Аналіз літературних даних по олійно-жировому комплексу

Основні принципи олійно-жирового виробництва було закладено ще у другій половині XIX-ого сторіччя. Згідно статті [1] великий внесок у створення установок з видобування олійних матеріалів було зроблено російським інженером-технологом К. Вебером. Його книга [2] під назвою «Маслобойное производство» має велике значення для усього олійно-жирової промисловості. Також великі досягнення у цьому напрямку були зроблені таким відомим та видатним вченими, як Д. Менделєєв. У книзі «Периодический закон» Д. Менделєєва під редакцією Б. М. Кедрова [3], вказано, що Дмитро Іванович підготував велику працю [4] по олійному виробництву та мав пряме відношення до експериментів та досліджень з видобування продуктів з рослин за допомогою хімічних та фізичних методів. За цей час було зроблено багато досліджень щодо процесів екстракції та пресування. Одним з найсучасніших досліджень є праця Харківського політехнічного університету. Зокрема в статті Д. В. Матюхова та Ф. Ф. Гладкого [5] розглянуто вплив технологічних параметрів на процес екстракції за допомогою етилового спирту. Також є дослідження по впливу високих температур на олійноекстракційний матеріал, на основі якого була написана дисертація кандидатом технічних наук

В. Василенко. У авторефераті [6] до дисертації описуються основні принципи технологічного процесу та способи використання даних фізичних властивостей для підвищення якості виробництва. Але дослідження в області переробки сировини методом попереднього пресування з точки зору автоматичних систем регулювання та використання наукового підходу до математичного описання цих фізичних процесів не проводились у повній мірі. Саме тому, ця праця є досить актуальною і несе в собі наукову необхідність для подальшого розвитку цієї галузі виробництва.

**4. Математичний опис фізичних процесів при підготовці сировини**

Головною метою даного дослідження є отримання математичного опису фізичних процесів та отримання способу вдосконалення поточної конфігурації обладнання.

На рис. 1 представлена принципова схема обладнання для підготовки сировини.

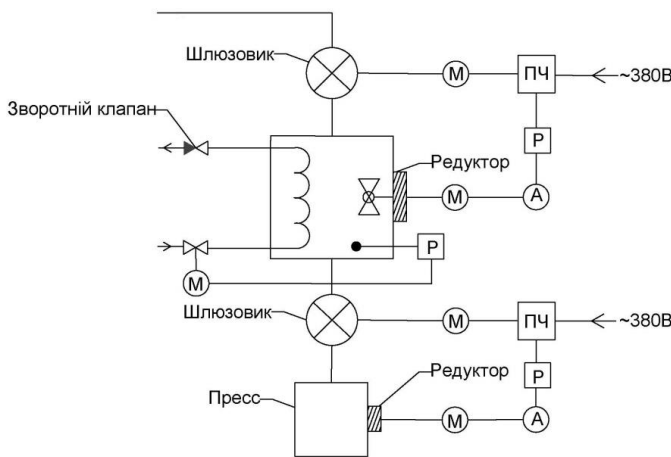


Рис. 1. Принципова схема обладнання для підготовки сировини: ПЧ – перетворювач частоти; Р – регулятор; М – двигун (мотор); А – вимірювач струму (амперметр)

Ця система складається з двох основних частин: жаровій та пресувальній установок. До жаровні зі складу за допомогою конвеєра подається необроблене насіння. Так як дана сировина не є однорідною, то звичайні методи вимірювання витрати не є ефективними. Тому було прийнято рішення використовувати підтримання не стандартних технологічних параметрів з точки зору теорії автоматичного керування. На основі рівняння тепло-масообміну та з мети ефективного використання установки кількість маси (М) та кількість теплоти ( $T_{MQ}^0$ ), які знаходяться у жаровій та пресувальній установках, повинні бути постійними. Це означає, що ці два параметра залежні від зміни витрат та швидкості потоків відповідних частин установок на входах та виходах системи.

Шлюзовик в даному випадку відіграє роль витратоміра. Далі насіння в жаровні піддається термообробці парою. Так як сама установка має великий розмір і за своєю структурою розбита на секції, то точне вимірювання температури по всій поверхні є неефективним та складним у технічній реалізації. На практиці було доведено, що незалежно від кількості

секцій при постійному контролі подавання пари та збору даних по температурі у нижній точці установки можна підтримувати загальну кількість теплоти в системі, що дає право стверджувати логічну обґрунтованість такого методу керування.

Після термообробки в пресувальній частині проходить процес остаточного розділення насіння на шрот (жмих) та власне олію.

Регулюючим параметром в даному випадку є частота струму при конкретній силі струму, що отримує мотор преса через редуктор в залежності від тиску сировини на лопатки преса. Емпірично було виведено залежність максимально ефективної роботи системи від сили струму, а таким чином і від частоти при номінальній силі струму. Тому, використовуючи такий спосіб, за допомогою перетворювача частоти та регулятора, можна отримати відповідну систему керування по двом технологічним параметрам, від яких залежить отримання найбільшої кількості вихідного продукту.

Наступна схема описує наявні в системі входи та виходи (рис. 2).

Таким чином, маємо два рівняння для витрати маси та витрати теплоти.

$$\frac{dM}{dt} = j_{\text{виходу}} - j_{\text{входу}},$$

$$\frac{dQ}{dt} = Q_{\text{виходу}} + Q_{\text{пари}} - Q_{\text{входу}} - Q_{\text{витрат.}} \quad (1)$$

Після проведення математичних перетворень було виведено залежності вихідних технологічних параметрів від основних вхідних з врахуванням витрат та отримано наступний вигляд рівнянь в залежності від основних параметрів впливу на систему.

$$\vartheta_{\text{пр1}} = [\theta(I_{\text{ж}}) \cdot (I_{\text{ж0}} - I_{\text{ж}}) + a_{\text{шл2}} \cdot \vartheta_{\text{пр2}}] \cdot \frac{1}{a_{\text{шл1}}},$$

$$\text{роткр} = \frac{A}{(C \cdot \vartheta_{\text{пр2}} + B) \cdot T - B \cdot \vartheta_{\text{пр1}} \cdot T_0 - G} \quad (2)$$

де  $F(I_{\text{ж}})$  – функція, залежна від струму, яка є основним регулюючим впливом на кількість маси в системі.

Для максимально ефективної роботи всієї установки в цілому значення сили струму повинно дорівнювати відповідному номінальному струмові. Ці номінальні значення було визначено під час експлуатації обладнання без додаткових систем управління емпіричним шляхом і внесено до відповідних таблиць. Саме тому, для даної моделі використовується перевірений факт того, що є залежність між деяким номінальним значенням частоти струму через силу струму через функцію F та кількістю маси у системі. Таким чином, умова постійної кількості маси в системі залежить від частоти струму при відповідному струмі, який для максимально ефективної роботи установки має відповідати певним значенням. Це дає можливість отримувати зворотній зв'язок в системі регулювання та компенсувати зміни збільшенням або зменшенням навантаження на

лопатки шлюзів, тим самим підтримуючи постійну кількість маси.

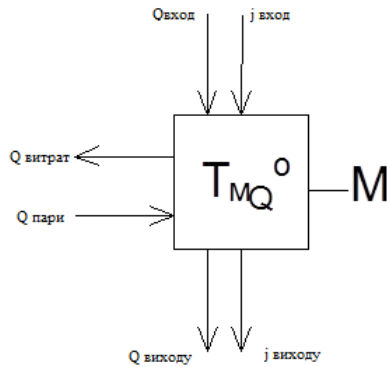


Рис. 2. Схема входів-виходів системи:  $Q$  входу – кількість теплоти на вході системи [Дж/с];  $Q$  виходу – кількість теплоти на виході системи [Дж/с];  $Q$  пари – кількість теплоти, яка прибуває з паром [Дж/с];  $Q$  витрат – кількість теплоти, яка втрачається через бічні стінки при процесі тепло-масообміну [Дж/с];  $j$  входу – потік маси на вході [кг/с];  $j$  виходу – потік маси на виході [кг/с];  $T_{M_Q}$  – кількість теплоти в системі [К];  $M$  – маса в системі [кг]

Прийняті спрощення:

$$\frac{d(F(I_{ж}^0))}{dI_{ж}} = \theta(I_{ж}^0) \quad (3)$$

– робочий струм, значення номінальної сили струму.

$$\beta_{зас.} \cdot c_2 \cdot T_{пари} = A, \quad (4)$$

$$a_{шл}^1 \cdot c_3 = B, \quad (5)$$

$$a_{шл}^2 \cdot c_4 = C, \quad (6)$$

$$\gamma_v \cdot S_{б.л.} = D, \quad (7)$$

$$\gamma_v \cdot S_{б.л.} \cdot T_{о.с.} = G, \quad (8)$$

де  $a_{шл}^1$  – коефіцієнт, який описує зв'язок типу «ПЧ-мотор-шлюз» для жарової установки,  $\mathcal{G}_{шл}^1$  – частота, що приходить на перетворювач частоти у жаровій установці при відповідній силі струму,  $a_{шл}^2$  – коефіцієнт, який описує зв'язок типу «ПЧ-мотор-шлюз» для пресувальної установки,  $\mathcal{G}_{шл}^2$  – частота, що приходить на перетворювач частоти при відповідній силі струму у пресувальній установці,  $\beta_{зас.}$  – коефіцієнт засувки. Він залежить від якості труб, трубних з'єднань, температури, тиску, температури пари. Для даної конфігурації обладнання та при наявності усіх необхідних вхідних даних цей коефіцієнт є величиною відомою,  $\rho_{откр.}$  – ступінь відкриття засувки.

В фізичному плані ці два коефіцієнта відіграють роль витрати пари на вході і при нормуванні дають розмірність кг/с.

$$Q_{пари} = \left( \frac{\beta_{зас.}}{\rho_{откр.}} \right) \cdot c_2 \cdot T_{пари}, \quad (9)$$

де  $c_2$  – коефіцієнт питомої теплоємності пари (Дж/кг\*°C);  $T_{пари}$  – температура пари, (°C);  $\beta_{зас.}$  – коефіцієнт засувки. Він залежить від якості труб, трубних з'єднань, температури, тиску, температури пари. Для даної конфігурації обладнання та при наявності усіх необхідних вхідних даних цей коефіцієнт є величиною відомою;  $\rho_{откр.}$  – ступінь відкриття засувки.

$$Q_{входу} = j_{входу} \cdot c_3 \cdot T_0, \quad (10)$$

де  $Q_{входу}$  – кількість теплоти, що приходить в систему;  $j_{входу}$  – потік згідно формули (5) (кг/с),  $c_3$  – питома теплоємність сировини (Дж/кг\*°C),  $T_0$  – температура на вході в систему (°C).

$$Q_{виходу} = j_{виходу} \cdot c_4 \cdot T, \quad (11)$$

де  $Q_{виходу}$  – кількість теплоти, що покидає систему;  $j_{виходу}$  – потік маси, що покидає систему (кг/с);  $c_4$  – питома теплоємність сировини (Дж/кг\*°C);  $T$  – температура на виході системи (°C).

$$Q_{витрат} = \gamma_v \cdot S_{б.л.} \cdot (T_{M_Q} - T_{о.с.}), \quad (12)$$

$Q_{витрат}$  – кількість теплоти, що втрачається через бічні поверхні;  $\gamma_v$  – коефіцієнт теплових втрат;  $S_{б.л.}$  – площа бічної поверхні (м<sup>2</sup>);  $T_{M_Q}$  – температура в жаровні (°C), далі  $T$ , бо згідно властивостей даної системи температура на виході приблизно дорівнює температурі в системі;  $T_{о.с.}$  – температура оточуючого середовища (°C).

#### 4. Апробація результатів дослідження

Всі дані, що використовувались для створення даної математичної моделі початково були втілені у реальному виробничому комплексі та мають за собою основу з емпіричних досліджень та експериментів, які проводились під час налагоджування, випробувань та тестових пусків конкретних ділянок виробництва. Це дає право стверджувати теоретичну необхідність наукового обґрунтування такого методу опису для подальшого розвинення та вдосконалення існуючих на цей час засобів втілення реальних систем.

#### 5. Висновки

Після проведення дослідження реальних виробничих комплексів олійно-жирової промисловості та поточного стану використання наукового підходу у даній сфері діяльності перш за все була досягнута мета показати необхідність подібних теоретичних описів за допомогою математичних моделей. Перевага саме наукового підходу у цій сфері дає можливість не тільки максимально ефективно використовувати як окремі ділянки та ланки виробництв, але й дає змогу вдосконалювати систему практичних реалізацій існуючих систем в цілому. Тому була обґрунтована та досягнута друга мета, суть якої полягала у розгляді подібних систем не з точки зору прямого регулювання конкретних параметрів, а з точки зору підтримання постійними показників, які не можна вимірювати прямим шляхом. З одного боку це дає підстави для суперечок щодо доцільності та виправ-

даності такого методу реалізації, але саме практика в першу чергу показала ефективність використання такої системи та її економічну доцільність, тому було прийняте рішення шукати методи наукового пояснення саме такої технічної реалізації.

#### Література

1. Маслособойное и маслоэкстракционное производство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vehi.net/brokgauz/all/064/64834.shtml> – Загл. с экрана.
2. Периодический закон [Текст]: справочник / под ред. Б. М. Кедрова. – М. Издательство академии наук СССР, 1958 – 827 с.
3. Маслособойное производство [Текст]: справочник / под ред. А. Ф. Девриена. – Санкт-Петербург. 1909 – 208 с.
4. Справочник химика 21. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chem21.info/info/801141/> – Загл. с экрана.
5. Матюхов, Д. В. Вплив технологічних параметрів на результати екстракції макухи соняшнику етиловим спиртом [Текст] / Д. В. Матюхов, Ф. Ф. Гладкий // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – С. 132–138.
6. Василенко, В. В. Математическое моделирование и совершенствование экстракционной переработки масличного материала с повышенной температурой [Текст]:

автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Василенко. – Кубанский государственный технологический ин-т, 2006. – 21 с.

#### References

1. Oil mills and oil extraction production. Available at: <http://www.vehi.net/brokgauz/all/064/64834.shtml>
2. Devrien, A. F. (Ed.) (1909). Masloboinoye proizvodstvo [oil mills production]. St. Petersburg, 208.
3. Kedrov, B. M. (Ed.) (1958). Periodicheskiy zakon [Periodic law]. Moscow, USSR: Publisher Academy of Sciences of USSR, 827.
4. Reference chemist 21. Available at: <http://chem21.info/info/801141/>
5. Matyuxov, D. V., Gladkiy, F. F. (2013). Vpliv tehnologichnix parametriv na rezultati ekstrakcii sonyashniky etilovim spirtom [Influence of process parameters on the results of extraction meal of sunflower with ethanol]. Announcer of national technologic university “Kharkiv technologic institute”, 132–138.
6. Vasilenko, V. V. (2006). Matematicheskoe modelirovanie i sovershenstvovanie ekstrakcionnoy pererabotki maslichnogo materiala s povyshennoy temperaturoy [Mathematical modeling and improving the extraction processing of the oilseed material with a high temperature]. Kuban State Technologic Institute, Krasnodar, 21.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Максимов М. В.*

*Дата надходження рукопису 20.10.2015*

**Самодуров Владислав Павлович**, кафедра автоматизації теплових процесів, Інститут енергетики та комп'ютерно-інтегрованих систем управління, Одеський національний політехнічний університет, пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65000  
E-mail: ikari01sindzi@gmail.com