

УДК 542.69:633.85

Профессор А.А. Шевцов,

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств. тел. (473) 255-35-54

докторант Л.Н. Фролова, профессор В.Н. Василенко,

аспирант И.В. Драган

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов пищевых и химических производств. тел. (473) 255-35-54

E-mail: vvn_1977@mail.ru

Professor A.A. Shevtsov,

(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of bread, confectionery, pasta and grain processing technology phone (473) 255-35-54

doctoral candidate L.N. Frolova, professor V.N. Vasilenko,

post graduate student I.V. Dragan

(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of technology of fats, processes and equipment for food and chemical industries., phone. (473) 255-35-54

E-mail: vvn_1977@mail.ru

Автоматическая оптимизация процесса прессования семян масличных культур по технико-экономическому показателю

Automatic optimization of oilseeds pressing process for technical and economic indicators

Реферат. Одним из резервов экономии топливно-энергетических ресурсов в маслоэкстракционном производстве является совершенствование режимов энергоемкого оборудования, в частности форпресса. В этой связи в работе использовался один из эффективных методов энергосбережения, основанный на оптимизации режимов прессования масличного сырья в форпрессе по технико-экономическому показателю. В качестве критерия оптимизации использовались удельные теплоэнергетические потери. Нами предлагается автоматическая оптимизация процесса двухэтапного прессования, включающая измерение масличностей исходного продукта и экспеллерного жмыха, температуры исходного продукта, расхода исходного продукта и выхода масла на первом этапе отжима в форпрессе и второго этапа отжима на экспеллере, дополнительно осуществляют подвод пара в чанную жаровню, измеряют среднеинтегральную температуру по продукту в жаровне и после выхода из нее, расход пара, потребляемую мощность регулируемого привода форпресса. По измеренным значениям масличностей исходного продукта и экспеллерного жмыха определяют текущее значение их соотношения, в зависимости от которого устанавливают частоту вращения шнека в форпрессе путем воздействия на мощность регулируемого привода форпресса с коррекцией соотношения масличностей по текущему значению давления в зоне прессования, а по температуре исходного продукта устанавливают расход пара с коррекцией по значению среднеинтегральной температуры в чанной жаровне. При достижении текущим значением давления максимального значения снижают частоту вращения шнека форпресса, а температуру нагрева продукта в зоне чанной жаровни стабилизируют путем воздействия на расход пара в ней с коррекцией по текущему значению температуры исходного продукта.

Summary. One of the reserves of fuel and energy resources saving in the production of oil extraction is the improvement of equipment energy-intensive modes, and forepress in particular. Therefore the authors used an efficient energy saving method, based on the optimization of the oilseeds pressing in the forepress on technical and economic indicator. Specific heat and energy losses were used as the optimization criterion. We propose an automatic optimization of the two-stage pressing, including the measuring of oil content in the seeds of the original material and expeller oilcake, initial product temperature, flow rate of the initial product and oil output in the first stage pressing in forepress and the second stage extracting in the spin expeller. Additionally, the steam is fed in the tank roaster, mean-integral product temperature in the roaster and after it is measured, steam flow rate and power consumption of regulated forepress drive is determined. From the measured oil content values of the starting material and expeller oilseed cake the current value of their ratio is determined. Depending on it the frequency of screw rotation is set in forepress by influencing the power of forepress regulated drive with the correction of ratio of oil content on the current pressure in the press nip. According to the temperature of the initial product the steam flow with the correction by value of mean-integral temperature in the tank roaster is determined. When the pressure reaches its maximum value the speed of the forepress screw is reduced, and the heating temperature of the product in the area of tank roaster is stabilized by changing the steam flow in it with the correction of the current value of the temperature of the starting material.

Ключевые слова: прессование, масличные культуры, теплоэнергетические потери.

Keywords: pressing, oilseeds, heat and energy loss.

© Шевцов А.А., Фролова Л.Н.,
Василенко В.Н., Драган И.В., 2014

На протяжении последних лет масложи-ровая отрасль отличается стабильностью про-изводства, что характеризуется увеличением объемов производства, расширением ассорти-мента и сохранением высокого качества вы-пускаемой продукции. Это достигнуто бла-годаря реализации мер государственной под-держки, в том числе технического и таможен-но-тарифного регулирования рынка расти-тельных масел и маргариновой продукции, принятых Правительством Российской Феде-рации и направленных на создание условий устойчивого обеспечения предприятий отрас-ли масложировым сырьем [1, 6].

Активно развивается выращивание мас-личных культур, так с 2001 по 2012 год в Рос-сии количество посевных площадей подсол-нечника увеличилось с 3,8 млн. га до 7,6 млн. га. При этом если производство сырого под-солнечного масла в 2001 г. составляло 1,2 млн. тонн, то в 2009 г. оно достигло максимума в 2,8 млн. тонн, а в 2011-2012 сохранялось на уровне 2,5 млн. тонн [5, 7].

Укрепление аграрной экономики в настоящее время справедливо связано с ро-стом экономической эффективности от произ-водства инновационноальтернативных мас-личных культур, что в свою очередь определя-ется качеством продукции и возможностью приносить определенную массу прибыли для обновления производственного процесса.

Одним из резервов экономии теплоэнер-гетических ресурсов в маслоэкстракционном производстве является совершенствование ре-жимов энергоемкого оборудования, в частно-сти форпресса [2, 3, 4]. В этой связи в работе использовался один из эффективных методов энергосбережения, основанный на оптимиза-ции режимов двухэтапного прессования семян масличных культур, на примере семян рыжика в форпрессе и экспеллера по технико-экономическому показателю. В качестве кри-терия оптимизации использовались удельные теплоэнергетические потери:

$$R = \frac{\Sigma Z_1 + (N_{\phi} + N_{мд} + N_{\gamma})C_{\gamma} + C_n G_n}{G_{вых.п.от.} + G_{вых.в.от.}}, \quad (1)$$

где ΣZ_1 - теплоэнергетические потери на предыдущих технологических операциях, N_{ϕ} - потребляемая мощность привода форпрес-са, кВт; $N_{мд}$ - потребляемая мощность привода молотковой дробилки, кВт; N_{γ} - потребляемая мощность привода экспеллера, кВт; C_{γ} - цена

электроэнергии, руб/кВт·ч; C_n - цена пара, руб/м³; G_n - объемный расход пара, м³/ч; $G_{вых.п.от.}$ - выход масла первого отжима, кг/ч; $G_{вых.в.от.}$ - выход масла второго отжима, кг/ч.

По экспериментальным данным второе слагаемое числителя критерия с достаточной для инженерных расчетов точностью аппрок-симируется квадратичной зависимостью:

$$(N_{\phi} + N_{мд.} + N_{\gamma})C_{\gamma} = B_1 G_{ex}^2, \quad (2)$$

где G_{ex} - расход исходного продукта, кг/ч;

B_1 , - эмпирический коэффициент.

Расход исходного продукта и выход масла связаны следующим соотношением:

$$G_{вых} = B_4 (A G_{ex} + 1), \quad (3)$$

где B_4, A - коэффициенты, определяе-мые экспериментально.

Обозначим:

$$C_n G_n = B_2, \quad \Sigma Z_1 = B_3 \quad (4)$$

Подставляя (2), (3), (4) в (1), получаем

$$R = \frac{B_1 G_{ex}^2 + B_2 + B_3}{B_4 (A G_{ex} + 1)} = \frac{B_1 (G_{ex}^2 + (B_2 + B_3) / B_4)}{B_4 (G_{ex} + 1 / A)}, \quad (5)$$

где $B_1, B_2, B_3, B_4, A > 0$,

Приведем формулу (5) к виду, удобному для исследования на экстремум, при следующих обозначениях:

$$B_1 / B_4 A = D, \quad (B_2 + B_3) / B_4 = C, \quad 1 / A = E.$$

$$\text{Тогда } R = D \frac{G_{ex}^2 + C}{G_{ex} + E}. \quad (6)$$

Необходимое условие экстремума:

$$\frac{dR}{dG_{ex}} = D \frac{G_{ex}^2 + 2G_{ex}E - C}{(G_{ex} + E)^2} = 0. \quad (7)$$

Отсюда следует $G_{ex}^2 + 2G_{ex}E - C = 0$

$$G_{ex1,2} = -E \pm \sqrt{E^2 + C}.$$

Так как значение расхода исходного про-дукта величина положительная, то этому условию будет удовлетворять единственное решение:

$$G_{ex} = -E + \sqrt{E^2 + C}. \quad (8)$$

Так как:

$$\frac{d^2 R}{dG_{ex}^2} = D \frac{2(E^2 + C)}{(G_{ex} + E)^3} > 0, \quad (9)$$

то найденное решение (8) соответствует минимуму.

Таким образом, критерий (6) позволяет рассматривать процесс двухэтапного прессо-вания семян масличных культур как объект экстремального управления (рисунок 1).

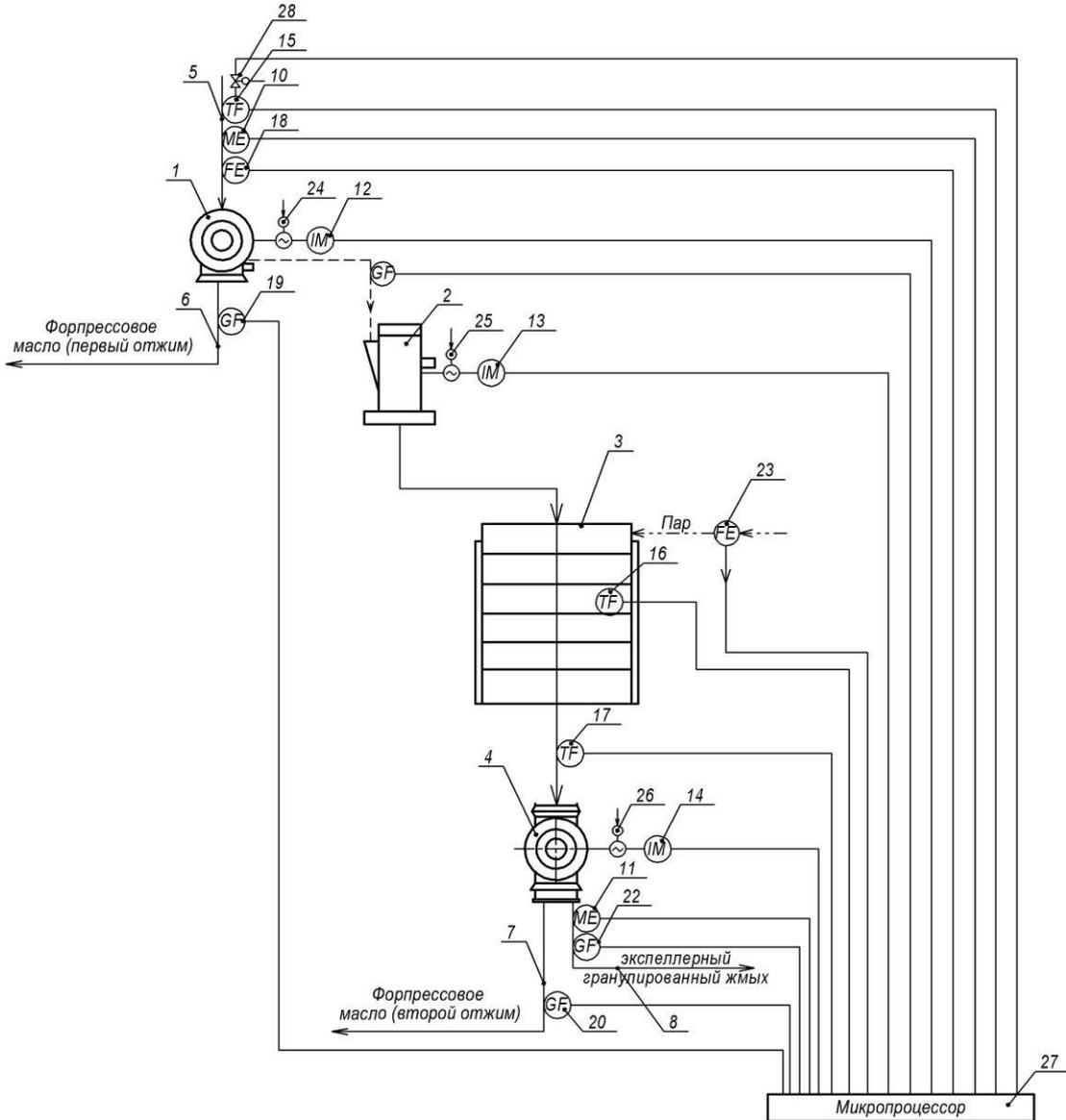


Рисунок 1 – Схема автоматическо оптимизации процесса двухэтапного прессования семян масличных культур по минимальному значению энергетических потерь

Схема включает форпресс 1, молотковую дробилку 2, чанную жаровню 3, экспеллер 4; линии: подачи исходного продукта 5, отвода масла первого отжима после форпресса 6, отвода масла второго отжима после экспеллера 7, отвода экспеллерного жмыха 8, подачи пара в чанную жаровню 9; датчики: масличностей исходного продукта 10 и экспеллерного жмыха 11, потребляемой мощности привода форпресса 12, потребляемой мощности привода молотковой дробилки 13, потребляемой мощности привода экспеллера 14, температур исходного продукта 15, температур продукта в чанной жаровне 16, температур продукта после чанной жаровни 17, расхода исходного продукта 18, выхода масла первого отжима после форпресса 19, выхода масла второго отжима после

экспеллера 20, выхода мезги после форпресса 21, выхода экспеллерного жмыха после экспеллера 22, расхода пара 23; исполнительные механизмы 24 – 26; микропроцессор 27, экстремальный регулятор 28.

Исходное масличное сырье, прошедшее обработку, подается на прессование в форпресс 1 по линии 5.

По информации датчиков 10 о содержании масличности в мезге и жмыхе регулятор соотношения вырабатывает задание локальному регулятору, который посредством исполнительного механизма 24 устанавливает заданную мощностью регулируемого привода форпресса 1. Одновременно измеряется температура исходного продукта, измеряемая датчиком 15.

С помощью датчиков 12, 18, 19 и 21 через вторичные приборы информация о потребляемой мощности привода форпресса, а также о текущих значениях выхода масла и форпрессового жмыха, идущего на молотковую дробилку 2, расхода исходного продукта непрерывно поступает в вычислительное устройство 27, которое определяет текущие значения теплоэнергетических потерь, приходящихся на единицу массы получаемого масла первого отжима.

Форпрессовый жмых направляется на молотковую дробилку 2, далее продукт направляется в чанную жаровню 3 и затем продукт поступает в экспеллер 4.

С помощью датчиков 11, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 23 информация о потребляемой мощности привода молотковой дробилки, экспеллера, а также о текущих значениях температуры продукта в чанной жаровне и после ее выхода, выхода масла второго отжима, выхода экспеллерного жмыха и пара непрерывно поступает в вычислительное устройство 27, которое определяет текущие значения теплоэнергетических потерь, приходящихся на единицу массы получаемого масла второго отжима в линии 7. По текущему значению температуры 16 продукта, локальный регулятор с помощью датчика 23 устанавливает необходимый расход пара на охлаждение рабочей камеры чанной жаровни 3. Экстремальный регулятор 28 определяет знак производной удельных теплоэнергетических потерь по расходу исходного продукта и в зависимости от знака производной корректирует задание локальному регулятору на изменение расхода исходного продукта в форпресс 1 посредством исполнительного механизма 24. При положительном знаке производной экстремальный регулятор 28 выдает корректирующий сигнал на уменьшение расхода исходного продукта, при отрицательном - на увеличение расхода исходного продукта в форпресс 1.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Василенко В.Н., Баутин В.М., Фролова Л.Н., Драган И.В. Улучшение системы менеджмента качества масложирового предприятия на основе совершенствования технологических процессов // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 183-187.
- 2 Василенко В.Н., Копылов М.В. Исследование кинетических закономерностей процесса извлечения растительных масел в шнековом маслопрессе // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 10-12.

Таким образом, корректирующий сигнал, вырабатываемый микропроцессором 27, устанавливает нагрузку на форпресс 1 по расходу исходного продукта, соответствующую минимуму удельных теплоэнергетических потерь.

Рассмотрим пример реализации предлагаемого способа в производственных условиях ООО «Занрак» и доведем решение задачи оптимизации до конкретных численных результатов.

В качестве объекта прессования использовались семена рыжика, прошедшие весь технологический цикл до поступления в форпресс.

По данным экспериментальных исследований критерий (6) приведен к виду

$$R = 25 \cdot 10^{-4} \frac{G_{ex}^2 + 1345 \cdot 10^4}{G_{ex} + 750} \quad (10)$$

Из условия экстремума (10) получено оптимальное значение $G_{ex}^* = 3000$ кг/ч, отклонение от которого неизбежно ведет к перерасходу теплоэнергетических потерь.

Начальная масличность семян рыжика изменяется в пределах $M_1 = 41 \pm 1$ % к общей массе, что связано, прежде всего, с изменяющимся составом исходного сырья, а также с условиями хранения и транспортировки. Масличность мезги и жмыха согласно технологическому регламенту соответственно составляют $M_2 = 41 \pm 1$ %, $M_3 = 12 \pm 0,5$ %.

Таким образом, получая текущую информацию о G_{ex} , $N_{пр}$, $G_{хл}$, микропроцессор 27 непрерывно вычисляет знак производной dR/dG_{ex} и устанавливает такое значение G_{ex} , которое обеспечивает минимум критерия (10).

Предложенная схема автоматической оптимизации двухэтапного прессования позволяет оперативно определять расход семян рыжика в заданном интервале значений по минимальному значению теплоэнергетических потерь при ограниченных показателях качества исходного продукта.

- 3 Василенко В.Н., Копылов М.В., Накрайникова А.В. Создание САПР «Маслопресс» // Вестник машиностроения. 2012. № 2. С. 35-36.

- 4 Василенко В.Н., Копылов М.В., Драган И.В., Фролова Л.Н. Математическая модель движения сырья в шнековом канале маслопресса // Вестник ВГУИТ. 2013. № 3. С. 18-22.

- 5 Василенко Л.И., Фролова Л.Н., Драган И.В., Мошкина С.В. Создание купажей функциональных растительных масел с длительным сроком хранения // Вестник ВГУИТ. 2013. № 3. С. 121-124.

6 Остриков А.Н., Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Копылов М.В. Новое в технологии купаживания растительных масел: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2013. 225 с.

7 Остриков А.Н., Василенко Л.И., Копылов М.В. Современное состояние и основные направления совершенствования маслопрессов. Информационный обзор. Воронеж, 2011.

REFERENCES

1 Vasilenko V.N., Boutin V.M., Frolova L.N., Dragan I.V. Improving the quality management system oil enterprise by improving technological processes. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 1, P. 183-187. (In Russ.).

2 Vasilenko V.N., Kopylov M.V. The study of kinetics of the extraction process of vegetable oils in the screw oil press. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 1, P. 10-12. (In Russ.).

3 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Nakrainikova A.V. Creating CAD "Maslopress". *Vestnik mashinostroeniia*. [Bulletin of Engineering], 2012, no. 2, P. 35-36. (In Russ.).

4 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Dragan I.V., Frolova L.N. Mathematical model of raw material in the screw channel oil press. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 3, P. 18-22. (In Russ.).

5 Vasilenko L.I., Frolova L.N., Dragan I.V., Moshkina S.V. Creating functional blends of vegetable oils with a long shelf life. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 3, P. 121-124. (In Russ.).

6 Ostrikov A.N., Vasilenko V.N., Frolova L.N., Kopylov M.V. Novoe v tekhnologii kupazhrovaniia rastitel'nykh masel [New technology blending vegetable oils]. Voronezh, VGUIT, 2013. 225 p. (In Russ.).

7 Ostrikov A.N., Vasilenko L.I., Kopylov M.V. Sovremennoe sostoianie i osnovnye napravleniia sovershenstvovaniia maslopressov [Current state and key issues for improving oil-presses. Information review]. Voronezh, 2011. (In Russ.).