

УДК 637.523.32: 636.087.6

*А.Л. КАСЕНОВ, М.М. КАКИМОВ,  
М.Т. МУРСАЛЫКОВА, Ж.Х. ТОХТАРОВ*

*Государственный университет имени Шакарима г.Семей*

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ИНЖЕНЕРНОМУ РАСЧЕТУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ**

### **Аннотация**

Данная статья посвящена описанию некоторых процессов в шнековом прессе графическим методом. С помощью данного метода определены расходно-напорная характеристика в матричном формирующем канале, производительности прессующе-нагнетающего шнека и пресса, давление на выходе из пресса. В результате исследований построена номограмма выбора необходимой оптимальной производительности и давления относительно скоростей и диафрагменных зазоров при прессовании.

**Ключевые слова:** номограмма, процесс прессования, графоаналитический расчет, давление, шнек, математическое моделирование.

**Кілт сөздер:** номограмма, престеу процесі, графоаналитикалық есеп, қысым, шнек, математикалық модельдеу.

**Key words:** nomogram, the pressing process, graphic-analytical calculation, pressure, auger, mathematic modeling.

Широкое применение математических пакетов открывает новые возможности для описания различных технологических процессов, решения которых можно получить с помощью вычислительных машин.

Исследованию процесса прессования в различных отраслях пищевой промышленности посвящены работы многих ученых, среди которых изучались шнековые прессы [1-3], но в них не определены пути теоретического исследования. Теоретической основой исследования процессов движения разных продуктов в шнековом прессе являются основные законы механики деформируемых сред, которые описываются сложными математическими уравнениями. Однако, отсутствуют решения дифференциальных уравнений некоторых процессов и экспериментальные зависимости некоторых характеристик приводимые в литературе имеют частный характер и не могут быть использованы в обобщенном виде для описания процесса прессования.

### **Результаты работы**

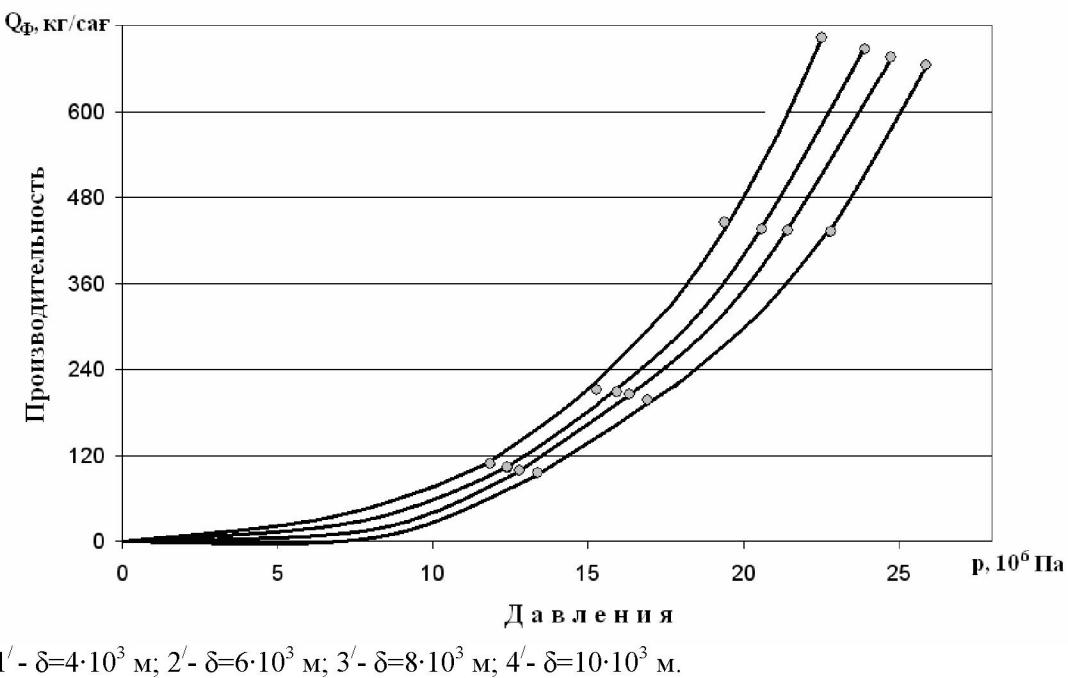
С помощью анализа математического моделирования результатов экспериментальных исследований на основе графических решений системы определены:

а) расходно-напорная характеристика в матричном формирующем канале в виде

$$Q_{\phi} = \frac{3\pi d_a^3 d_b^3 (d_a - d_b) \Delta p \cos \gamma_{\phi}}{128 \eta_{\phi} I_{\phi} (d_a^3 - d_b^3)}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где  $\Delta p$  – перепад давлений в матричном формирующем устройстве, Па;

Подставляя полученные значения  $d_a$ ,  $d_b$  в уравнение (1), зависимость производительности  $Q_{\phi}$  и перепада давлений  $p$  в матричном формирующем канале от толщины слоя  $b$  в диафрагменном зазоре представим в виде номограммы. Наклонная кривая, показывающая зависимость, начинается с начала координат, а именно при нулевом движении. В соответствии с рисунком 1 из номограммы видно, что при увеличении сопротивления матричного формующего устройства производительность снижается и увеличивается давление. При помощи номограммы на основе практической системы математического моделирования можно выбрать необходимую производительность (расходно-напорную характеристику) и давление равных изменениям диафрагменного зазора для оптимального отделения жира.



1' -  $\delta = 4 \cdot 10^3 \text{ м}$ ; 2' -  $\delta = 6 \cdot 10^3 \text{ м}$ ; 3' -  $\delta = 8 \cdot 10^3 \text{ м}$ ; 4' -  $\delta = 10 \cdot 10^3 \text{ м}$ .

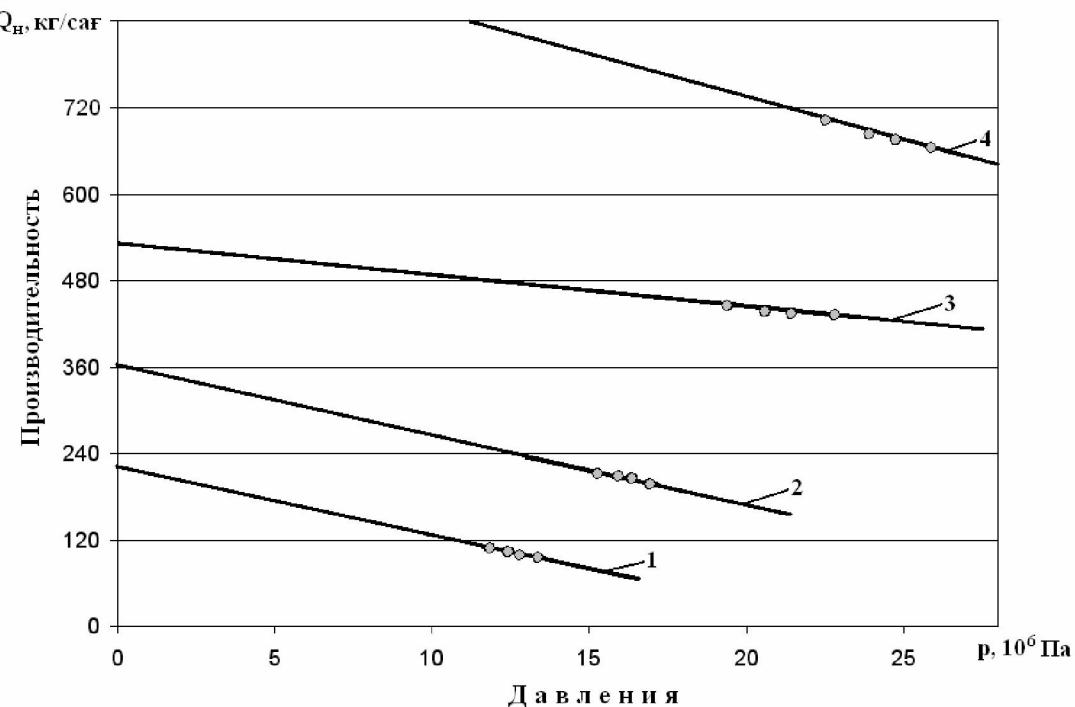
Рис. 1 – Номограмма для выбора необходимых оптимальных расходно-напорных характеристик и давления для отделения жира в зависимости от диафрагменных зазоров

б) производительность прессующе-нагнетающего шнека

$$Q_H = \frac{\pi D \cos \alpha \cdot h \cdot \frac{a+b}{2}}{2} \cdot F_\alpha \cdot \psi \cdot n - \frac{\frac{a+b}{2} \cdot h^3}{12l} \cdot F_p \cdot \frac{\Delta p}{\eta_{\phi}} = K_{H1} \cdot n - \frac{K_{H2}}{\eta_{\phi}} \cdot \Delta p, \quad (2)$$

где,  $K_{H1}, K_{H2}$  – геометрические коэффициенты прессующе-нагнетающего шнека;  
 $\psi$  – коэффициент, учитывающий сдвиг неильтоновских масс.

Используя полученные математические выражения, в соответствии с рисунком 1 построим зависимость изменения скоростей от производительности  $Q_H$  и давления прессующе-нагнетающего шнека  $p$ . На этом рисунке можно увидеть, что при увеличении скоростей повышаются производительность и давление.



1 -  $\omega=1,046 \text{ rad/s}$ ; 2 -  $\omega=2,093 \text{ rad/s}$ ; 3 -  $\omega=4,186 \text{ rad/s}$ ; 4 -  $\omega=6,28 \text{ rad/s}$ .

Рис. 2 – Номограмма выбора соответствующих производительности и давления, необходимых для оптимального отделения жира относительно скоростей

В) общая производительность пресса

$$Q_{\Pi} = \frac{K_{H,1} \cdot K_{\phi}}{K_{H,2} + K_{\phi}} \cdot n \cdot \rho_{\Pi} = K_{\Pi,2} \cdot n \cdot \rho_{\Pi}, \quad \text{кг/с} \quad (3)$$

где  $K_{\Pi,2}$  – геометрические коэффициенты пресса;  $\rho_{\Pi}$  – плотность отпрессованного продукта,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Г) давления на выходе из пресса

$$p = \frac{K_{H,1} \cdot K_{\phi}}{K_3(K_{H,2} + K_{\phi})} q_{\rho} \cdot n \cdot \eta_{\phi}, \quad (4)$$

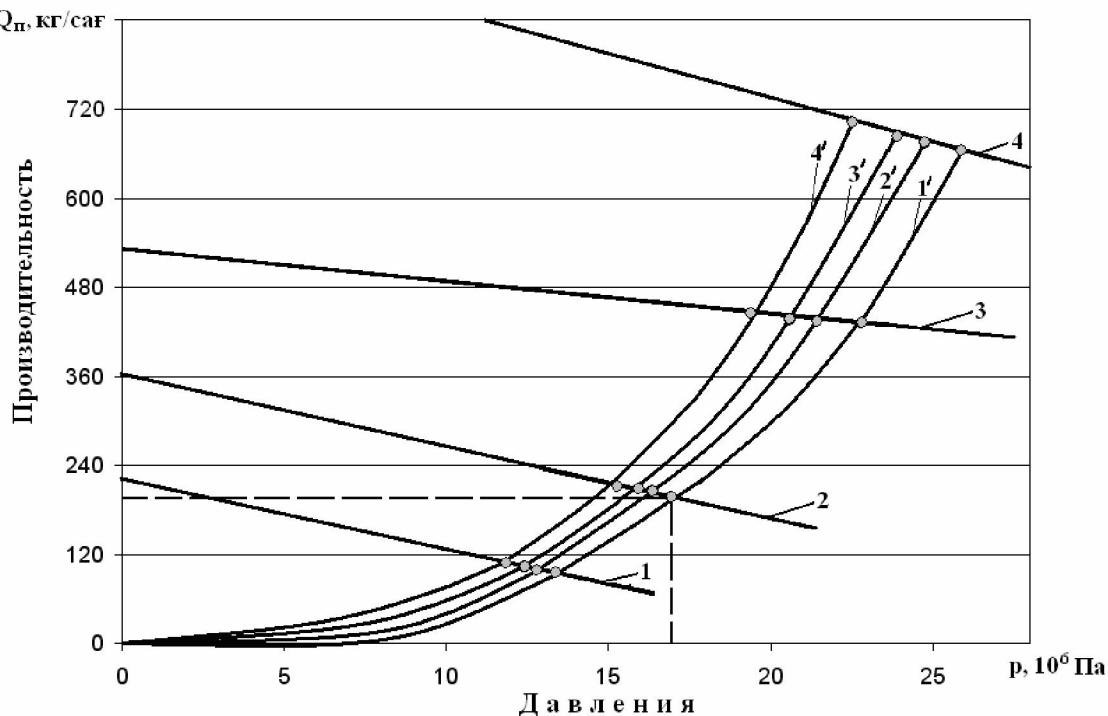
где  $q_{\rho} = q_0 \frac{\rho}{\rho_M}$  – показатель качества при отделении определенного количества жира;

$$K_3 = \frac{N_3 L b^3 \xi}{24l} \text{ – геометрический коэффициент зеерного цилиндра, м}^3$$

В соответствии с рисунками 1 и 2, объединив номограммы, характеризующие диафрагменные зазоры пресса и скорости, из изменений наклонных сечений выберем соответствующие производительности и давления, необходимые для оптимального отделения жира.

Система анализа математического моделирования, разработанная для конструкций матричного формующего устройства и прессующе-нагнетающего шнека, помогает определить изменения

производительности и давления при оптимальном отделении жира, используя зависимость между скоростями и диафрагменными зазорами по заданной окружности пресса.



$1' - \delta=4 \cdot 10^3 \text{ м}; 2' - \delta=6 \cdot 10^3 \text{ м}; 3' - \delta=8 \cdot 10^3 \text{ м}; 4' - \delta=10 \cdot 10^3 \text{ м};$   
 $1 - \omega=1,046 \text{ рад/с}; 2 - \omega=2,093 \text{ рад/с}; 3 - \omega=4,186 \text{ рад/с}; 4 - \omega=6,28 \text{ рад/с}$

Рис. 3 - Номограмма выбора необходимой оптимальной производительности и давления относительно скоростей и диафрагменных зазоров при прессовании.

Из зависимости оптимальной скорости  $\omega=2,093 \text{ рад/с}$  и диафрагменного зазора  $\delta=6 \cdot 10^3 \text{ м}$  определены значения производительности и давления при помощи прерывистой линии, показанной в наклонном сечении в соответствии с рисунком 2. Номограмма, построенная в системе математического моделирования, соответствия с рисунком 3 получена инженерная методика интенсификации процесса прессования. Отклонения результатов теоретических и экспериментальных исследований не превышает 4,3 %.

В результате исследований построена номограмма выбора необходимой оптимальной производительности и давления относительно скоростей и диафрагменных зазоров при прессовании.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Азаров М.Б., Аурих Х., Дичев С. и др. Технологическое оборудование пищевых производства. М.: Агропромиздат, 1988. - 463 с.
- 2 Груздев И.Э., Мирзоев И.Э., Янков В.И. Теория шнековых устройств. Л.: Ленинградский университет, 1978. - 142 с.
- 3 Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс. Л.: Госхимиздат, 1962. - 468 с.

#### REFERENCES

- 1 Azarov M.B., Aurih H., Dichev S. Technological equipment food production. M.: Agropromizdat, 1988.- 463s.
- 2 Gruzdev I.E., Mirzoev I.E., Yankov W.I. The theory of screw devices. L.: University of Leningrad, 1978. - 142s.
- 3 Shenkel G. Screw presses for plastics. L.: Goskhimizdat, 1962. - 468s.

**Касенов Ә.Л., Қекімов М.М., Мұрсағықова М.Т., Тоқтаров Ж.Х.**

(Семей қаласының Шәкәрім атындағы мемелекеттік университеті)

ПРЕСТЕУ ПРОЦЕСІН ҚАРҚЫНДАТУДЫ ТЕОРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ НЕГІЗІНДЕ БЕРІЛГЕН ИНЖЕНЕРЛІК ЕСЕП

## Резюме

Бұл мақалада шнекті пресс арқылы жүретін процестін графикалық әдісі жайында жазылған. Аталған әдіс бойынша қалыптаушы аринағы және престеуші шнектегі шығынды-арынды сипаттамасын береді отырып престеуші өнімділігін шыға берістегі қысым мөлшерлерінің шамаларын анықтаймыз. Зерттеу нәтижесін номограмманың көмегі арқылы сипаттай отырып диафрагмалық саңалау мен престеуші шнектердің үйлесімді параметрлері арқылы престеуші қысым мен өнімділікті анықтаймыз.

**Кітт сөздер:** номограмма, престеу процесі, графоаналитикалық есеп, қысым, шнек, математикалық модельдеу.

*Kasenov A.L., Kakimov M.M., Mursalykova M.T., Tokhtarov Zh.H.*

**(Shakarim State University of Semipalatinsk)**

THEORETICAL STUDY OF THE ENGINEERING CALCULATION PROCESS INTENSIFICATION PRESSING

## Summary

The Article is dedicated to description of some processes in pressing of screw by graphic method. By means of given method are determined expense-pressure feature in matrix molding channel, capacity press-forcing screw and press, pressure on output from press. As a result of studies is built nomogram choice to necessary optimum capacity and pressures for velocities and diaphragm clearance when pressing.

**Key words:** nomogram, the pressing process, graphic-analytical calculation, pressure, auger, mathematic modeling.

### Сведения об авторах

Ф.И.О. / First and last names	<b>Касенов Амиржан Леонидович / Kasenov Amirzhan</b>
Ученая степень / Degree	Доктор технических наук / Doctor of technical sciences
Должность / Position within the institution	Декан инженерно-технологического факультета / Dean of engineering and technology faculty
Место работы / Place of work	РГКП «Государственный университет имени Шакарима города Семей» / RSPE «Semipalatinsk state university named after Shakarim»
Почтовый адрес места работы / Address of the institution	071412 Республика Казахстан, г. Семей, улица Глинки 20А / 071412 Kazakhstan, Semey, Glinka st. 20A
Ф.И.О. / First and last names	<b>Какимов Мухтарбек Муханович / Kakimov Mukhtarbek</b>
Ученая степень / Degree	Кандидат технических наук / Candidate of technical sciences
Должность / Position within the institution	доцент кафедры «Машины и аппараты пищевого производства» / The senior lecturer of chair «Department of Equipment for food production»
Место работы / Place of work	РГКП «Государственный университет имени Шакарима города Семей» / RSPE «Semipalatinsk state university named after Shakarim»
Почтовый адрес места работы / Address of the institution	071412 Республика Казахстан, г. Семей, улица Глинки 20А / 071412 Kazakhstan, Semey, Glinka st. 20A
Ф.И.О. / First and last names	<b>Мурсалыкова Майгуль Тауржановна/ Mursalykova Maigul</b>
Ученая степень / Degree	Магистрант кафедры « Машины и аппараты пищевых производств» / of chair «Department of Equipment for food production»
Должность / Position within the institution	
Место работы / Place of work	РГКП «Государственный университет имени Шакарима города Семей» / RSPE «Semipalatinsk state university named after Shakarim»
Почтовый адрес места работы / Address of the institution	071412 Республика Казахстан, г. Семей, улица Глинки 20А / 071412 Kazakhstan, Semey, Glinka st. 20A
Ф.И.О. / First and last names	<b>Токтаров Жайык Хамитович / Tokhtarov Zhaiyk</b>
Ученая степень / Degree	Магистр технических наук / Master of technical sciences
Должность / Position within the institution	Преподаватель кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» / The teacher of chair «Department of Equipment for food production»
Место работы / Place of work	РГКП «Государственный университет имени Шакарима» / RSPE «Semipalatinsk state university named after Shakarim»
Почтовый адрес места работы / Address of the institution	071412 Республика Казахстан, г. Семей, улица Глинки 20А / 071412 Kazakhstan, Semey, Glinka st. 20A