

М.Т. Мурсалыкова^{1*}, М.М. Какимов², А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³,
Б.М. Искаков²

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан

³Кемерово мемлекеттік университеті, Кемерово, Ресей

E-mail: *maigul_85@mail.ru, muhtarbek@mail.ru, amirzhan-1@mail.ru, baissemey@bk.ru

Мақсары майын өндіруге арналған пресс жабдығын жобалау және есептеу

Түйін. Соңғы кезде мақсары өнімдеріне деген сұраныс жылдан жылға өсуде, оған егістік алқаптарының артуы мен мақсары майын тұтынушылар арасындағы танымалдылығы. Себебі мақсары майының адам денсаулығына пайдалы жақтары өте жоғары.

Ғылыми-зерттеу жұмыстары негізінде мақсары майын өндірудің престеу жабдығы қарастырылды. Престеу қысымдарының айырмасын реттеуді шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылаулардың көмегімен іске асыру әдістемесі берілген. Осы кездегі пресс жабдығына сапалық және сандық сипаттамаларын беретін математикалық және номограммалық модель ұсынылады. Қазіргі әлемде және Қазақстан Республикасында жүргізілген зерттеулерге әдеби шолулар көрсеткендей пресс жабдығының оның ішінде шнек жабдығының қазіргі аналогтардан қағидаттық сипаттағы айырмашылықтары мен ерекшеліктеріне тоқталсақ. Қай салада болмасын шнек құрылғысы бірнеше функцияларды бір мезетте және үздіксіз атқаратындықтан кең қолданыстағы бірегей жұмыс құралы болып табылады. Сондықтан да шнек құрылғысын оның ішінде престеуші шнек құрылғысына математикалық сипат беру өтте күрделі болғандықтан әдеби шолудағы барлық еңбектерде өздерінің мақсаттық ерекшеліктеріне байланысты жекелеген шешімдермен шектелген. Яғни, қысымды реттеудің біз ұсынып отырған әдістемесіне қолдана алмаймыз. Біздің жұмыстың ерекшелігі престеуші шнек пен зеерлі цилиндрдің геометриялық конструкциясы мен шикізаттың құрылымдық-механикалық қасиеттерін ескере отырып оңтайлы қысымдар айырмасы пен өнімділікті таңдап алуға мүмкіндік беретін математикалық қана емес сонымен бірге номограммалық модельдеудің жүйесін ұсынамыз.

Түйін сөздер: жабдық, пресс, шнек, қысым реттегіш, сығу, мақсары, өсімдік майы.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-142-1-74-88

1 Кіріспе

Мақсары майы – өсімдік тектес бірегей өнім, оның химиялық құрамы оны медициналық, косметологиялық мақсаттарда, тамақ өнімдерін өндіру үшін пайдалануға мүмкіндік береді [1]. Витаминдер мен фосфолипидтердің биологиялық құндылықтары мен бай құрамын ескере отырып [2] мақсары майын өндіру қазіргі уақытта өзекті мәселе болып табылады.

Өсімдік майларын өндіру технологиясы өңделетін май шикізатына әртүрлі әсерлерді қамтиды. Технологияда механикалық процестер маңызды орын алады [3]. Өсімдік майын өндіруге негізгі тәсілдерінің бірі престеу әдісі болып табылады. Механикалық престермен майды сығуды бірнеше зерттеушілер майдың шығуын қамтамасыз ету үшін әртүрлі майлы дақылдарды қолдана отырып жүргізді [4, 5, 6, 7, 8]. Шнекті престердің жұмысының толық теориясы әлі де жоқ және оларды жасау негізінен эксперименттік зерттеулерге және эксперименттерден алынған эмпирикалық тәуелділіктерге негізделген. Бұл шнекті престердің престеу каналында престелетін шикізаттың қасиеттері өзгертіндігіне байланысты: тығыздық, өлшем және гранулометриялық

құрам, май мөлшері [9].

Ғылыми әдебиеттерде мақсары майын сығуға арналған шнекті престердің өнімділігі туралы аз ғана деректер бар және жалпы өсімдік майын сығу кезінде қысымды біркелкі бөлу үшін диафрагманы реттейтін механизмі бар жұмыс органының құрамы туралы деректер одан да аз.

Кейбір ғалымдар [10, 11, 12, 13] қысымды реттеу механизмі бар зертханалық бұрандалы престі қолдана отырып, престау процесінің эксперименттік нәтижелерін ұсынды. Пресс жабдығының бұл түрі әдетте әртүрлі шырындарды өндіру үшін қолданылады және оны өсімдік майын өндіруде қолдану іс жүзінде қолданылмайды.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, аз қуатты өндіріс жағдайында төмен және жоғары майлы дақылдардан майды сығу үшін әмбебап пресс жабдығы қажет. Біз әзірлеген эксперименттік жабдық мақсары тұқымынан майды химиялық әдістер мен экстракцияларды қолданбай бөлу процесін жеделдетуге мүмкіндік береді, оның биологиялық құндылығын сақтайды, операция аралық тасымалдау мен жұмыс күшінің шығындарын азайтады, сонымен бірге оны пайдалану тиімділігін арттырады [14, 15].

Осы тұрғыдан алғанда, бұл зерттеудің мақсаты қысымды біркелкі реттеу механизмін әзірлеу арқылы шнекті престі жетілдіру болып табылады. Бұл механизммен реттеу кезінде өнім өнімнің шыға беріс саңылауының тарылуы әсерінен пресс жабдығының камерасында қосымша қысым пайда болады.

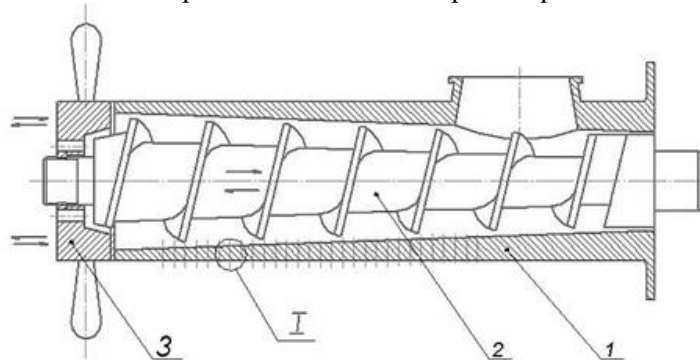
2 Материалдар мен әдістер

Престау процесін қарқындатуда зерттелетін көрсеткіштер төмендегідей тәжірибелік зерттеулердің бағыттары негізінде жүргізілді:

- престау уақытын жылдамдықтардың өзгерісі әсерінде зерттеу ($\omega = 5,2 \text{ рад/с}$; $\omega = 6,2 \text{ рад/с}$; $\omega = 6,8 \text{ рад/с}$; $\omega = 7,3 \text{ рад/с}$);

- престау қысымдарының әсерін шнек пен зеерлі цилиндрдің бастапқы және соңғы диафрагмалық саңылаулардың өзгерісі арқылы зерттеу ($\delta = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\delta = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\delta = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; $\delta = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$);

Мақсары майын алу процесін зерттеу барысында 1-суретке сәйкес аталған майлы дақылды өңдеу үшін dream Modern ODM-01 пресс жабдығының жұмыс органы жаңғыртылды.



1 – корпус; 2 – престауші шнек; 3 – қысымды реттеу механизмі;

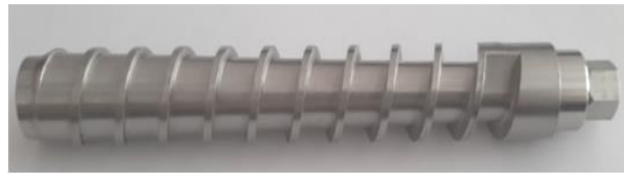
I – конус тәрізді зеерлі цилиндрдың саңылауы

Сурет 1. Майды бөліп алуға арналған пресс жабдығының жұмыс органының сұлбасы

Тәжірибелік пресс жабдығы мынандай негізгі бөлшектермен жабдықталған: зеерлі цилиндрдан (сурет 2), цилиндрдың ішінде орналасқан конус тәрізді престауші шнектен (сурет 3) тұрады. Сонымен қатар қысым реттейтін механизммен жабдықталған.



Сурет 2. Зеерлі цилиндр



Сурет 3. Престеуші шнек

Бұл механизмде престеуші шнекті ілгері-кейінді қозғалысқа келтетіндей жасалынған. Шнекті ілгері-кейінді қозғалта отырып шнек орамының сыртқы-ішкі диаметрлерінің конус тәрізді жасалуы негізінде зеерлі цилиндрмен шенек арасындағы саңылаудың өлшемдерін тарылтамыз. Бұл жағдай әрбір орам қимасының тарылуына жағдай тудырып, шикізатқа екі жақты бүйірлі қысымның бір мезетте берілуін қамтамасыз етеді.

Қысымды реттегіш механизм - серіппеден, жаппа гайкадан, бақылау гайкасынан және екі сырғанау үштірегі мен шайбадан, резиналы нығыздағыш сақинадан тұрады (сурет 4).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

а) қысымды реттегіш серіппе; б) жаппа гайка; в) сырғанау үштірегі; г) бақылау гайкасы; д) шайба; е) нығыздағыш сақина

Сурет 4 – Қысымды реттегіш механизм

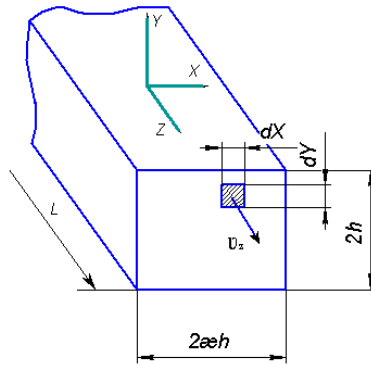
Жетілдірілген жабдықтың құрылымына қысым реттегіш механизмін кіргізу нәтижесінде, шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылаудың тұтас өзгеруін қамтамасыз ете отырып қысымның шнектің бойлық өсіне біркелкі таралуын қамтамасыз ету арқылы май бөлу процесін қарқындытып, меншікті қуат шығынын азайтуға қол жеткіземіз.

Нәтижелер мен талқылаулар

1. Қалыптаушы арнаның шығынды-арынды сипаттамасы

Ғылыми жұмыстың мақсатына сәйкес престеуші шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылауды тарылту арқылы қысымды реттеу жолын ұсынылған болатын. Яғни біздің жағдайда қалыптаушы арна ретінде престеуші шнек пен зеерлі цилиндр арасындағы саңылауды қарастырамыз.

5 суретке сәйкес ұзындығы l , қимасы тіктөртбұрышты болатын таяз емес арна үшін Пуассон теңдеуін сырғанау жағдайын ескермейтіндей шектік жағдайда қарастырсақ



Сурет 5. Тіктөртбұрышты таяз емес қалыптаушы арнаның есептік сұлбасы

$$\begin{aligned} v_z(0, y) &= 0, & v_z(w, y) &= 0; \\ v_z(x, 0) &= 0, & v_z(x, H) &= v_z. \end{aligned}$$

Шеше отырып төмендегі теңдеу алынады

$$v_z = \frac{16\chi^2 h^2 \Delta p}{\pi^2 \eta l} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)^3} \left[1 - \frac{\operatorname{ch}\left(\frac{2n+1}{2} \frac{\pi y}{\chi h}\right)}{\operatorname{ch}\left(\frac{2n+1}{2} \frac{\pi}{\chi}\right)} \right] \cos\left(\frac{2n+1}{2} \frac{\pi x}{\chi h}\right), \quad (1)$$

Көлемдік өнімділікті анықтау үшін екі еселенген интегралды есептейміз

$$Q = \int_0^H \int_0^W v_z dx dy. \quad (2)$$

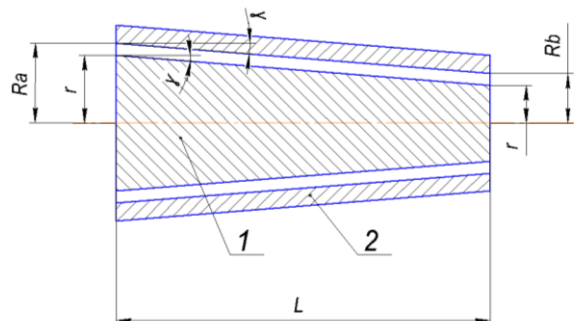
Белгілі шешім келесі түрде жазылады

$$Q_\phi = \frac{K_\phi}{\eta_{\phi}} \Delta p, \quad (3)$$

мұнда K_ϕ - қалыптаушы арнаның қима геометриясына тәуелді коэффициентті;

η_{ϕ} - масса үшін тиімді тұтқырлық, Па·с.

Біздің жағдайда 6 суретке сәйкес қалыптаушы арнаның пішіні сақиналы-конусты болып табылады.



Сурет 6. Сақиналы-конусты қалыптаушы арна

Конусты жазықтық болып табылатын аймақта соңғы көлбеулік цилиндр болып

келетіндіктен, өнімнің бастапқы және соңғы конустың диаметрлері арасынан орташа арифметикалық диаметрді аламыз, онда

$$K_{\phi} = \frac{3\pi d_a^3 d_b^3 (d_a - d_b) \cos \gamma_{\phi}}{128 l_{\phi} (d_a^3 - d_b^3)}, \quad (4)$$

мұнда $d_a=R_a+r_a$, $d_b=R_b+r_b$ - орташа диаметрлер;

$\frac{l_{\delta}}{\cos \gamma_{\delta}}$ - арнаның ұзындығы.

(3) теңдікке сәйкес матрицалы қалыптаушы арнадағы өнімділік (шығынды-арынды сипаттамасы) мына түрде анықталады, м³/с

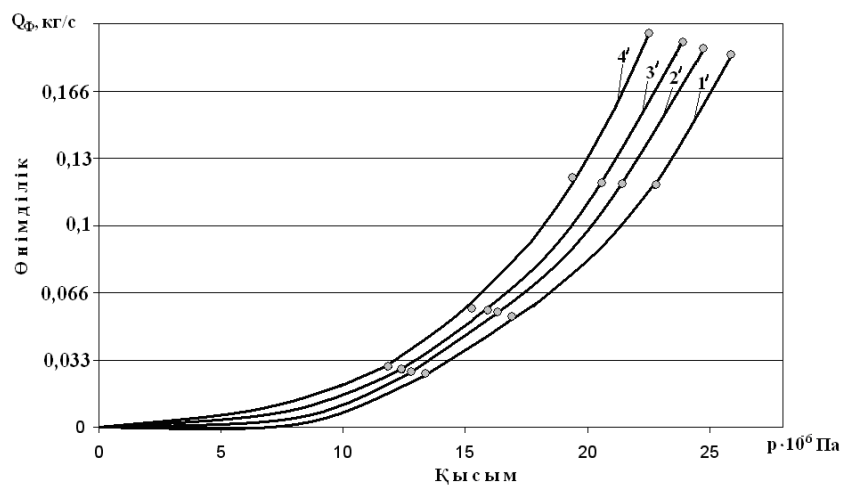
$$Q_{\phi} = \frac{3\pi d_a^3 d_b^3 (d_a - d_b) \Delta p \cos \gamma_{\phi}}{128 \eta_{\phi} l_{\phi} (d_a^3 - d_b^3)}, \quad (5)$$

мұнда Δp – матрицалы қалыптаушы құрылғыдағы қысымдар айырмасы, Па.

Орташа диаметрлерді d_a , d_b шнектің ішкі диаметрі d , арнадағы өнімнің қабатының қалыңдығы δ , конустылық бұрышы γ_{ϕ} шамалары арқылы сипаттасақ

$$d_a = d + \frac{\delta}{\cos \gamma_{\phi}}, \quad d_b = d + \frac{\delta}{\cos \gamma_{\phi}} + 2l_{\phi} \cdot \operatorname{tg} \alpha = d + \frac{(\delta + 2l_{\phi} \sin \gamma_{\phi})}{\cos \gamma_{\phi}}. \quad (6)$$

Алынған d_a , d_b мәндерін (5) теңдікке қойып қалыптаушы арнадағы Q_{ϕ} өнімділігі мен p қысымдардың δ диафрагмалық саңылаулар қабатының қалыңдығына тәуелділігі номограмма түрінде көрсетеміз. Тәуелділіктерді көрсететін көлбеулік сызық координат басынан басталады, яғни нөлдік қозғалыс кезінде. Бұл 7 суретке сәйкес номограммдан байқайтынымыз қалыптаушы қысымды реттеу механизмінің кедергісі артқан сайын өнімділігі кемитіндігі соған сәйкес қысымның артатындығын көруге болады. Номограмма көмегі негізінде математикалық моделдеудің сараптамалық жүйесі арқылы престеуші шнек пен зерлі цилиндр арасындағы саңылаулардың өзгерісіне тәуелді, майдың тиімді бөлінуі қажетті үйлесімді өнімділік (шығынды-арынды сипаттамасы) пен қысымды анықтап, таңдап алуымызға болады.



1' - $\delta=1 \cdot 10^{-3}$ м; 2' - $\delta=3 \cdot 10^{-3}$ м; 3' - $\delta=5 \cdot 10^{-3}$ м; 4' - $\delta=7 \cdot 10^{-3}$ м.

Сурет 7. Диафрагмалық саңылауларға қатысты майдың бөлінуіне қажетті үйлесімді шығынды-арынды сипаттамасы мен қысымды таңдап алудың сараптамалық жүйесі

Алынған мәндерді пайдаланып, $v_z = \pi \cdot D \cdot n \cdot \cos \alpha$ шнекті арнаның геометриялық

коэффициентін анықтаймыз

$$Мәжбүрлік ағын - \frac{\pi D \cos \alpha_{op}}{2} \cdot h \cdot \frac{(a+b)}{2} \cdot F_d \cdot \psi, \tag{7}$$

$$Қарсы ағын - \frac{(a+b) \cdot h^3}{24 \cdot l_H} \cdot F_p, \tag{8}$$

мұнда ψ - ньютондық емес массалардың ығысуын ескеретін коэффициент;

F_d, F_p - ішкі қатынастарды ескеретін формулалар коэффициенттері, сандық мәндерін кейбір оқулықтарда [16 (52 бет)] номограмма бойынша анықтаған, ал біз 1 кестеге сәйкес анықтаймыз [17 (242 бет)].

Кесте 1 - Ішкі қатынастарды ескеретін коэффициенттердің сандық мәндері

$\frac{h}{\left(\frac{a+b}{2}\right)}$	F_d	F_p	ψ	$\frac{h}{\left(\frac{a+b}{2}\right)}$	F_d	F_p	ψ
0,1	0,92	0,91	0,707	0,5	0,72	0,69	0,695
0,2	0,87	0,87	0,702	0,6	0,67	0,63	0,672
0,3	0,83	0,83	0,699	0,7	0,63	0,57	0,667
0,4	0,78	0,74	0,697	0,8	0,59	0,51	0,647

(7), (8) формулаларға сәйкес престоуші шнектің өнімділігін келесі түрде анықтаймыз, м³/с

$$Q_H = \frac{\pi D \cos \alpha \cdot h \cdot \frac{a+b}{2} \cdot F_d \cdot \psi \cdot n}{2} - \frac{\frac{a+b}{2} \cdot h^3}{12 l_H} \cdot F_p \cdot \frac{\Delta p}{\eta_{эф}} \tag{9}$$

Мұндағы $\eta_{эф}$ - масса үшін тиімді тұтқырлық, Па·с

$$\eta_{эф} = \eta_M + \frac{\theta_0}{\gamma}, \tag{10}$$

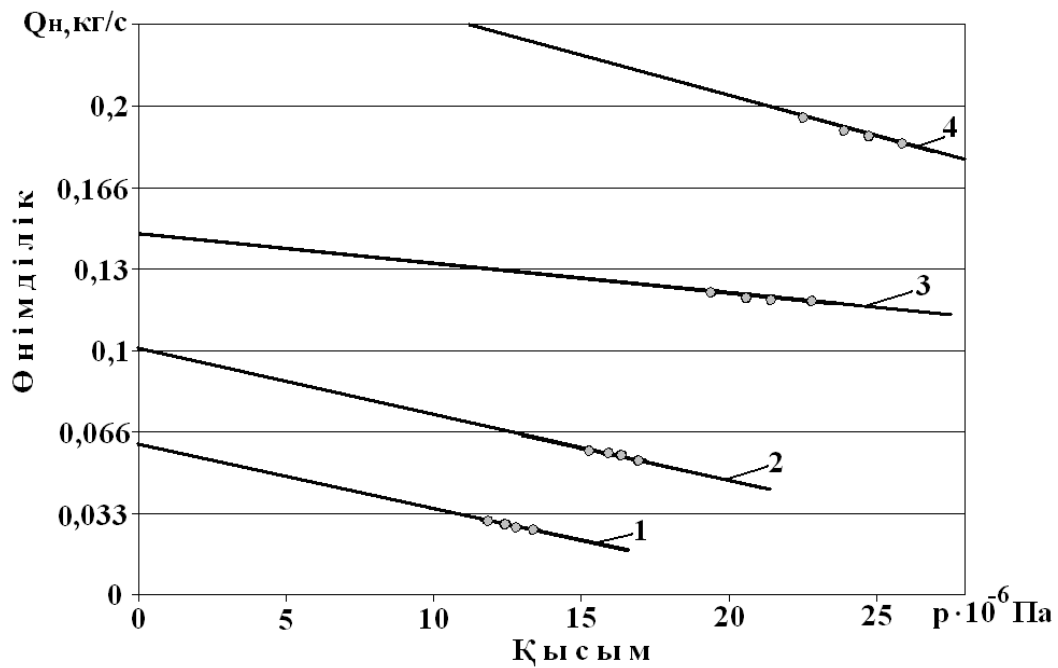
мұнда $\gamma = \frac{\pi D n}{60(D-d)}$ - ығысу кезіндегі деформация жылдамдығы, 1/с;

d - шнектің ішкі диаметрі, м;

θ_0 - шектік ығысу кернеуі. Па.

Егер престоуші шнектің геометриясынан мәжбүрлі ағынның және қарсы ағынның коэффициенттерін K_{H1}, K_{H2} белгілесек, онда шығынды-арынды сипаттамасын келесідей қысқартылған түрде жазуға болады

$$Q_H = K_{H1} n - \frac{K_{H2}}{\eta_{эф}} \Delta p \tag{11}$$



1 - $\omega=5,2$ рад/с; 2 - $\omega=6,2$ рад/с; 3 - $\omega=6,8$ рад/с; 4 - $\omega=7,3$ рад/с.

Сурет 8. Престеуші шнектің жылдамдықтарға тәуелді шығынды-арынды сипаттамасы

Бұл 8 суреттен Q_n престеуші шнектің шығынды-арынды сипаттамасынан қысымдар айырмасына Δp және шнектің айналыс жиілігіне n сызықты түрде тәуелділігін көреміз.

2. Зеерлі цилиндрдің шығынды-арынды сипаттамасы

Біздің жағдайда зеерлі цилиндрдегі саңылаулар бойлық түрде салынған. Олай болса зеерлі цилиндрдің арнасын ұсақ тіктөртбұрыш ретінде қарастыруымызға болады.

Бұндай ұсақ саңылау арналар үшін бүйір қабырғаның әсерін ескермей және біз шексіз жіңішке саңылауды қарастырып жатқандықтан, v_z x бойынша өзгермейді яғни, $\frac{\partial^2 v_z}{\partial \sigma^2} = 0$. Олай болса Пуассон теңдігі ықшамдалады

$$\frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} = -\frac{\Delta p}{\eta_{эф} l} \quad (12)$$

Осы теңдік көмегімен зеерлі цилиндрдің арнасындағы бөлініп жатқан майдың шығынды-арынды сипаттамасын табамыз.

Арнаның қабырға боймен сырғанамау мүмкіндігін шығарамыз. Осы жағдай тұрақты туынды анықтау үшін төмендегідей шектік шарттылықты қолдануға мүмкіндік береді, $y = \frac{b}{2}$

болғанда $v_z=0$, $y = -\frac{b}{2}$ болғанда $v_z=0$.

Интегралдап және шектік шарттылық орындалғаннан кейін соңында төмендегі теңдікті аламыз

$$v_z = \frac{\Delta p b^2}{8 \eta_{эф} l} \left[1 - \left(\frac{2y}{b} \right)^2 \right] \quad (13)$$

Осы теңдік бойынша v_z арнаның биіктігі бойынша тұрақты болмайды. Шығынды табу үшін adv элементарлы алаңшаны координата басынан u еркін қашықтықта бөліп қарастырсақ, онда

$$dQ = v_z a dy \tag{14}$$

$$Q = \int_{-b/2}^{b/2} dQ = \int_{-b/2}^{b/2} v_z a dy \tag{15}$$

(2) теңдігінен v_z қойғаннан кейін және интегралдап

$$Q = \frac{1}{\eta_M} \frac{ab^3}{12l} \Delta p \tag{16}$$

(16) теңдігі майдың шығынының арна арқылы Δp бүйірлік қысымның айырмасына тәуелділігін береді және де майдың шығынды-арынды сипаттамасы болып табылады.

Егерде былай белгілесек

$$\frac{1}{12} \frac{ab^3}{l} = K_{3,i} \tag{17}$$

мұнда K_3 – зеерлі цилиндрлі арнаның геометриялық коэффициенті.

Олай болса, осы коэффициент арқылы майдың шығынды-арынды сипаттамасын мына түрде жазуға болады

$$Q_M = \frac{K_{3,i}}{\eta_M} \Delta p \tag{18}$$

Осы формуланың көмегімен осы зеерлі цилиндрдің бойлық саңылауларынан ағатын май ағынының көлемдік шығынын анықтасақ, m^3/c

$$Q_M = \frac{N_3 \cdot ab^3 \cdot \Delta p_i}{12l\eta_M} \tag{19}$$

мұнда Δp_i - зеерлі цилиндрдің тесіктерінің а қиындысындағы қысымдар айырмасы, Па;

η_M - майдың тұтқырлығы, Па·с;

a - бір орам шегіндегі саңылаулардың ұзындығы, яғни шнектің қадамындағы t , м;

b - саңылаулардың ені, м;

N_3 - зеерлі цилиндр саңылауларының саны;

l - май ағатын саңылаулардың арнасының ұзындығы, яғни цилиндрдің қалыңдығы, м.

Зеерлі цилиндрдің саңылауларының а аралығындағы қысымдар айырмасын Δp_i орташа мәнмен алайық

$$\Delta p_i = i \cdot p_{op.} = i \cdot \frac{\Delta p_{r,max}}{N_0} \tag{20}$$

мұнда $\Delta p_{r,max} = \xi \cdot \Delta p_{max}$ - радиал бас қысым, Па;

ξ - қысымның бүйірлік коэффициенті;

N_0 - шнектер арнасындағы орамдар саны;

Δp_{max} - шнектің қалыптаушы құрылғысындағы қысымдар айырмасы.

Зеерлі цилиндрдің тесіктерінен өтетін жалпы майдың көлемдік шығыны, m^3/c

$$Q_M = N_3 \cdot \sum_{i=1}^{N_0} Q_i = N_3 \cdot \sum_{i=1}^{N_0} \frac{ab^3 \cdot \Delta p_i}{12l\eta_M} = \frac{N_3 ab^3}{12l\eta_M} \cdot \sum_{i=1}^{N_0} \Delta p_i =$$

$$= \frac{N_3 ab^3}{12l\eta_M} \cdot \frac{N_0}{2} \Delta p_{r.\max} = \frac{N_0 ab^3 \cdot N_3 \cdot \Delta p_{r.\max}}{24l\eta_M} = \frac{N_3 L b^3 \Delta p}{24l\eta_M},$$

мұнда L - өс бойынша зерлі саңылаудың ұзындығы.

Престеуші шнектің бірқалыпты қозғалысы кезінде зерлі цилиндрдің тесіктерінен өтетін жалпы майдың көлемдік шығыны, м³/с

$$Q_M = \frac{N_3 ab^3}{24l\eta_M} \cdot \xi \cdot \Delta p_{\max} = \frac{N_3 ab^3 \cdot \xi}{24l} \cdot \frac{\Delta p_{\max}}{\eta_M} = K_3 \frac{\Delta p_{\max}}{\eta_M}.$$

Ал массалық шығыны, кг/с

$$m_M = Q_M \cdot \rho_M = K_3 \frac{\Delta p_{\max}}{\eta_M} \rho_M,$$

мұнда K₃ - зерлі цилиндрдің геометриялық коэффициенті, м³

q_M - майдың тығыздығы.

фө майлылықтағы массалық өнімнің шығыны $m = Q_{II} \cdot \rho_{II}$ теңдігі арқылы өрнектесек

$$m = Q_{II} \cdot \rho_{II} = K_{II.1} \cdot n \cdot \rho_{II},$$

мұнда Q_{II} - престің шығынды-арынды сипаттамасы, м³/с

теңдіктің шарттылығының сақталуы үшін $m_M = q_0 \cdot m$ және осыған сәйкес

$$K_3 \frac{\Delta p_{\max} \cdot \rho_M}{\eta_{эф}} = q_0 \cdot Q_{II} \cdot \rho_{II}$$

Осы теңдіктен қажетті қысымды анықтаймыз, Па

$$p_{\max} = \frac{Q_{II}}{K_3} \eta_{эф} \cdot q_0 \frac{\rho_{II}}{\rho_M},$$

Сонымен, престеу барысында майды бөліп алу үшін, әрі шарттарын қанағаттандыратын қалыптаушы құрылғыда немесе шнектің бойлық өсі бойынша қысым мөлшері төмендегідей өрнекпен табылады:

$$p_{\max} = q_0 \frac{Q_{II}}{K_3} \eta_{эф}$$

мұнда q₀ – майды белгілі мөлшерде бөліп алудағы сапалық көрсеткіш.

3. Пресс жабдығының шығынды-арынды сипаттамасы

K_{н1}, K_{н2} және K_ф мәндерін (21) теңдіктерге қойып, пресс жабдығының бірінші және екінші геометриялық коэффициенттерін анықтасақ

$$K_{II.1} = \frac{K_{H.1}}{K_{H.2} + K_{\phi}},$$

$$K_{П2.} = \frac{K_{H.1} \cdot K_{\Phi}}{K_{H..2} + K_{\Phi}} \quad (28)$$

(27) теңдіктен (5) теңдіктегі матрицалы қалыптаушы құрылғыдағы қысымдар айырмасын анықтаймыз, Па

$$\Delta p = K_{П.1} \cdot \eta_{эф.} \cdot n, \quad (29)$$

Осыдан пресс жабдығының жалпы өнімділігін анықтасақ, кг/с

$$Q_{П} = K_{П.2} \cdot n \cdot \rho_{П}, \quad (30)$$

мұнда $\rho_{П}$ – престелген өнімнің тығыздығы, кг/м³;

(30) теңдік престің соңындағы қысымды анықтауға мүмкіндік береді

$$p = \frac{K_{H.1} \cdot K_{\Phi}}{K_3(K_{H..2} + K_{\Phi})} q_{\rho} \cdot n \cdot \eta_{эф}, \quad (31)$$

мұнда $q_{\rho} = q_0 \frac{\rho_{П}}{\rho_M}$ - майды тиімді мөлшерде бөліп алудағы сапалық көрсеткіш.

Осы (31) теңдіктегі K_3 зеерлі цилиндрдің геометриялық коэффициенті

$$K_3 = \frac{N_3 L_3 b_3^3 \xi}{24l_3}, \quad (32)$$

b_3 – зеерлі саңылаулардың ені, м;

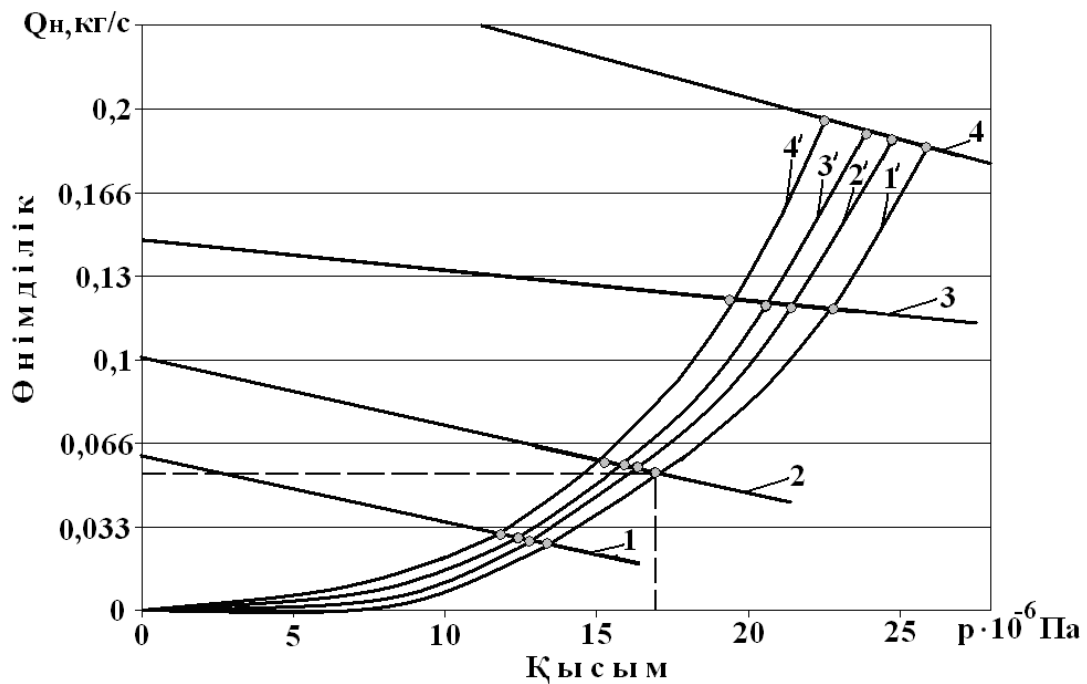
L_3 – зеерлі саңылаулардың ұзындығы, м;

l_3 - зеерлі цилиндрдің қабырғасының қалыңдығы, м;

ξ - қысымның бүйірлік коэффициенті;

N_3 - зеерлі саңылаулардың саны.

Пресс жабдығына 7, 8 суреттерге сәйкес қалыптаушы қысым беру механизмі мен жылдамдықтарды сипаттайтын номограммаларды біріктіріп, 9 суретке сәйкес көлбеулік өзгерістердің қиылыстарынан майдың тиімді бөлінуіне қажетті үйлесімді өнімділік пен қысымды таңдап аламыз.



1' - $\delta=1 \cdot 10^{-3}$ м; 2' - $\delta=3 \cdot 10^{-3}$ м; 3' - $\delta=5 \cdot 10^{-3}$ м; 4' - $\delta=7 \cdot 10^{-3}$ м;

1 - $\omega=5,2$ рад/с; 2 - $\omega=6,2$ рад/с; 3 - $\omega=6,8$ рад/с; 4 - $\omega=7,3$ рад/с.

Сурет 9 - Қалыптаушы қысым беру механизмі мен жылдамдықтарға қатысты майдың тиімді бөлінуіне қажетті өнімділік пен қысымды таңдап алудың сараптамалық жүйесі

Қалыптаушы қысым беру механизм және престоуші шнек құрылғыларына жасалған математикалық моделдеудің сараптама жүйесі, пресс жабдығының белгілі бір шеңбердегі жылдамдықтар мен қалыптаушы саңылау арасындағы байланысынан майдың тиімді бөлінуі кезіндегі өнімділік пен қысымның өзгерісін анықтауға көмектеседі.

Белгілі бір шеңбердегі жылдамдықтар мен диафрагмалық саңылау арасындағы байланысынан престоу процесінің талаптарын қанағаттандыратын, үйлесімді параметрлері $\omega=2,093$ рад/с жылдамдық пен $\delta=6 \cdot 10^{-3}$ м шнек пен зерлі цилиндрлер саңылауларның көлбеулік қиылыстарынан көрсетілген үзік сызық арқылы майдың тиімді бөлінуі кезіндегі өнімділік пен қысымды анықтадық. Тәжірибелік алынған нәтижелер мен математикалық моделдеудің сараптама жүйесінің нәтижелері арасындағы сәйкестіктерінің ауытқу мөлшері 4,6 % аспайды.

Қорытынды

Жетілдірілген жабдықтың құрылымына қысым реттегіш механизмін кіргізу нәтижесінде, конусты шнек пен конус тәрізді тордың арасындағы саңылаудың тұтас өзгеруін қамтамасыз ете отырып қысымның шнектің бойлық өсіне біркелкі таралуын қамтамасыз ету арқылы шырын бөлу процесін қарқындытып, меншікті қуат шығынын азайтуға қол жеткізуге болады. Нәтижелер көрсеткендей, жұмыс мақсаттарына сәйкес келетін оңтайлы параметрлер $\omega=2,093$ рад/с жылдамдықта және престоу процесінің талаптарын қанағаттандыратын $\delta=6 \cdot 10^{-3}$ м диафрагмалық саңылауда анықталды.

Әдебиеттер тізімі

1. Alfonso Cerrotta, Lilia Ivone Lindström and Viviana Echenique. Selection tools for oil content and fatty acid composition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Article in Breeding Science October 2020 DOI: 10.1270/jsbbs.20053. Pages 11–20.
2. Suryakant Chakradhari, Ingus Perkons, Inga Mišina, Elise Sīpeniece, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela,

- Anna Grygier, Magdalena Rudzińska, Khageshwar Singh Patel, Monika Radzimirska-Graczyk & Paweł Górnaś. Profiling of the bioactive components of safflower seeds and seed oil: cultivated (*Carthamus tinctorius* L.) vs. wild (*Carthamus oxyacantha* M. Bieb.). *European Food Research and Technology*, Volume 246, pages 449–459 (2020).
3. A.Chapuis, J.Blin, P.Carre, D.Lecomte. Separation efficiency and energy consumption of oil expression using a screw-press: The case of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial Crops and Products* Volume 52, January 2014, Pages 752–761
4. Savoie, R. Screw Pressing Application to Oilseeds. *Reference Module in Food Science*, 2017. Pages 243–259
5. Spyridon A. Petropoulos, Angela Fernandes, Ricardo C. Calhelhab, Nikolaos Danalatos, Lillian Barros, Isabel C.F.R. Ferreirab. How extraction method affects yield, fatty acids composition and bioactive properties of cardoon seed oil? *Industrial Crops & Products*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop. Pages 158–172
6. Natacha Rombaut, Raphaëlle Savoie, Brigitte Thomasset, Jeremie Castello. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63: p. 26-33. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.10.001
7. ErnaSubroto, Robert Manurung, Hero Jan Heeres, Antonius Augustinus Broekhuis. Mechanical extraction of oil from *Jatropha curcas* L. kernel: Effect of processing parameters. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63: pages 303–310. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.018
8. Fantino V. M., Bodoira R. M., Penci M. C., Ribotta P. D., Martínez M. L. 2020. Effect of screw-press extraction process parameters on the recovery and quality of pistachio oil. *Grasas y Aceites*. 71(2): e360. DOI: 10.3989/GYA.0107191.
9. Wu C., Ge F., Zhang G., Wang G., Zhao M., Wu L., Guo H. 2021. Design of Screw Type Automatic Apple Juicer. *Journal of Physics: Conference Series*. 1750(1): 012042. DOI: 10.1088/1742-6596/1750/1/012042. pages 198–210
10. Muratzhankyzy N., Kassenov A., Kakimov M., Orynbekov D., Moldabayeva Zh., Tokhtarova S., Tokhtarov Zh. Design and Engineering calculation of a screw press for extracting juice from sea buckthorn. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. VOL. 16, NO. 8, APRIL 2021
11. Nnamdi U. B., Onyejiuwa C.T., Ogbuke C.R. 2020. Review of Orange Juice Extractor Machines. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 5(5): 485–492 p.
12. Какимов М.М., Жолжаксина А.Д., Паримбеков З.А., Касенов А.Л., Тохтаров Ж.Х., Орынбеков Д.Р. Шырын бөліп алуға арналған шнекті пресс. Өнертабысқа инновациялық патент сипаттамасы. *ВЗОВ 9/12* (2010.01).
13. М.Т. Мурсалыкова, М.М. Какимов, А.Л. Касенов, Б.М. Искаков. Шағын өндірістік цехтар жағдайында мақсары майын өндіруге арналған пресс жабдығын жетілдіру. Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. 2022. №1. 58–65 б.
14. М.Т. Мурсалыкова, М.М. Какимов, А.Л. Касенов, Д.Р. Орынбеков, Ж.Х. Тохтаров, Б.М. Искаков, Шағын өндірісте мақсары майын өндеуге арналған технологиялық желісі. Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Хабаршысы. *Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы № 1 (138)/2022*. 59–67 б. ISSN: 2616-7263, ISSN: 2663-1261
15. Кук Г.А. Процессы и аппараты молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 768 с.
16. Федоров В.Г. Теплометрия в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность. 1974. – 176с.
17. Лифшиц А.Л., Малыц Э.А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. – М.: Сов. 1978. – 248с.

М.Т. Мурсалыкова¹, М.М. Какимов², А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³, Б.М. Искаков²

¹Университет имени Шакарима г. Семей, Семей, Казахстан

²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

³Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Проектирование и расчет пресса для производства сафлорового масла

Аннотация. В последнее время спрос на сафлоровую продукцию растет из года в год, что подразумевает увеличение посевных площадей и популярность сафлорового масла среди потребителей.

В данной статье на основе научно-исследовательских работ был рассмотрен шнековый пресс для производства сафлорового масла. Дана методика регулирования разности давлений прессования с помощью зазоров между шнеком и зерным цилиндром. Предлагается математическая и номограммная модель, которая дает качественные и количественные характеристики пресса. Как показали литературные обзоры исследований, проведенных в современном мире и Республике Казахстан, следует остановиться на отличиях и особенностях пресса, в том числе принципиального характера современных аналогов шнекового оборудования. В любой отрасли шнековое устройство является уникальным рабочим инструментом широкого применения, поскольку оно одновременно и непрерывно выполняет несколько функций. Поскольку очень сложно дать математическую характеристику шнековому устройству, в том числе и прессующему шнековому устройству, во всех работах, рассмотренных при литературном обзоре, ограничиваются отдельными решениями, связанными с целевыми особенностями. Особенностью этой работы является не только математическое, но и номограммное моделирование, позволяющее подобрать оптимальные разницу давлений и производительность с учетом геометрической конструкции прессового шнека и зерного цилиндра, а также конструктивно-механических свойств сырья.

Ключевые слова: оборудование, пресс, шнек, регулятор давления, отжим, сафлор, растительное масло.

M. Mursalykova¹, M. Kakimov², L. Kassenov², B. Lobassenko³, B. Iskakov²

¹Shakarim University, Semey, Kazakhstan

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan

³L. Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Design and calculation of a press for the production of safflower oil

Abstract. Recently, the demand for safflower products has been growing from year to year, which includes an increase in acreage and the popularity of safflower oil among consumers.

In this article, based on scientific research, a screw press for the production of safflower oil was considered. The method of regulating the pressure difference of pressing by means of gaps between the screw and the core cylinder is given. A mathematical and nomogram model is proposed, which gives qualitative and quantitative characteristics of the press. As the literature reviews of studies conducted in the modern world and the Republic of Kazakhstan have shown, we will focus on the differences and features of the press, including of a fundamental nature from modern analogues of screw equipment. In any industry, the screw device is a unique working tool of wide application, since it simultaneously and continuously performs several functions. Therefore, the mathematical nature of the screw device, including the pressing screw device, is so complex that in all works in the literary review, due to their target features, they are limited to individual solutions. A feature of the work is not only mathematical, but also nomogram modeling, which allows you to choose the optimal pressure difference and productivity, taking into account the geometric design of the press screw and the seed cylinder and the

structural and mechanical properties of raw materials.

Keywords: equipment, press, auger, pressure regulator, spin, safflower, vegetable oil.

References

1. Alfonso Cerrotta, Lilia Ivone Lindström and Viviana Echenique. Selection tools for oil content and fatty acid composition in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Article in *Breeding Science* · October 2020 DOI: 10.1270/jsbbs.20053.
2. Suryakant Chakradhari, Ingus Perkons, Inga Mišina, Elise Sipeņiece, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela, Anna Grygier, Magdalena Rudzińska, Khageshwar Singh Patel, Monika Radzimirska-Graczyk & Paweł Górnaś. Profiling of the bioactive components of safflower seeds and seed oil: cultivated (*Carthamus tinctorius* L.) vs. wild (*Carthamus oxyacantha* M. Bieb.). *European Food Research and Technology*, Volume 246, pages 449–459 (2020).
3. A. Chapuis, J. Blin, P. Carré, D. Lecomte. Separation efficiency and energy consumption of oil expression using a screw-press: The case of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial Crops and Products* Volume 52, January 2014, Pages 752-761
4. Savoie, R. Screw Pressing Application to Oilseeds. Reference Module in Food Science, 2017.
5. Spyridon A. Petropoulos, Ângela Fernandes, Ricardo C. Calhelhab, Nikolaos Danalatos, Lillian Barros, Isabel C.F.R. Ferreirab. How extraction method affects yield, fatty acids composition and bioactive properties of cardoon seed oil? *Industrial Crops & Products*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop.
6. Natacha Rombaut, Raphaëlle Savoie, Brigitte Thomasset, Jérémie Castello. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63:26-33. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.10.001
7. ErnaSubroto, Robert Manurung, Hero Jan Heeres, Antonius Augustinus Broekhuis. Mechanical extraction of oil from *Jatropha curcas* L. kernel: Effect of processing parameters. January 2015. *Industrial Crops and Products* 63:303-310. DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.018
8. Fantino V. M., Bodoira R. M., Penci M. C., Ribotta P. D., Martínez M. L. 2020. Effect of screw-press extraction process parameters on the recovery and quality of pistachio oil. *Grasas y Aceites*. 71(2): e360. DOI: 10.3989/GYA.0107191
9. Wu C., Ge F., Zhang G., Wang G., Zhao M., Wu L., Guo H. 2021. Design of Screw Type Automatic Apple Juicer. *Journal of Physics: Conference Series*. 1750(1): 012042. DOI: 10.1088/1742-6596/1750/1/012042
10. Muratshankyzy N., Kassenov A., Kakimov M., Orynbekov D., Moldabayeva Zh., Tokhtarova S., Tokhtarov Zh. Design and Engineering calculation of a screw press for extracting juice from sea buckthorn. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. VOL. 16, NO. 8, APRIL 2021
11. Nnamdi U. B., Onyejiuwa C.T., Ogbuke C.R. 2020. Review of Orange Juice Extractor Machines. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. 5(5): 485-492.
12. Kakimov M., Zholtzhaksina A., Parimbekov Z., Kassenov A., Tokhtarov Zh., Orynbekov D. Screw press for juicing. An innovative patent for an invention. *A23P1/10* (2010.01), *B30B 9/12* (2010.01).
13. Mursalykova M., Kakimov M., Kassenov A., Iskakov B. Improvement of pressing equipment for the production of safflower oil under the conditions of mini-production shops. *Bulletin of Almaty Technological University*. 2022. №1. 58-65.
14. M. Mursalykova, M. Kakimov, L. Kassenov, D. Orynbekov, Zh. Tokhtarov, B. Iskakov Technological line for the production of safflower oil in a mini-production. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University Technical science and technology series* № 1 (138)/2022. 59-67.
15. G.A. Cook Processes and devices of the dairy industry. – M.: Food industry, 1973. – 768 p.
16. V.G. Fedorov Thermometry in the food industry. – M.: Food industry. 1974. – 176 p.
17. A.L. Lifshits, E.A. Malts. Statistical modeling of queuing systems. – M.: Sov. 1978. – 248 p.

Авторлар туралы мәліметтер:

М.Т. Мурсалыкова – «технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасыны докторанты, Семей қ. Шәкәрім атындағы университет, Физкультурная көш., 4, Семей, Қазақстан.

М.М. Какимов – техника ғылымдарынын кандидаты, «тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедрасынын меңгерушісі, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

А.Л. Касенов – техника ғылымдарынын докторы, «тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедрасынын профессор м.а., С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

Б.А. Лобасенко – техника ғылымдарынын докторы, Кемерово мемлекеттік университетінің профессоры, Красная көшесі, 6, Кемерово қаласы, Ресей.

Б.М. Искаков – «тамақ және өңдеу өнеркәсібінің технологиясы» кафедрасынын докторанты, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Жеңіс даң., 62, Астана, Қазақстан.

М.Т. Мурсалыкова – докторант кафедры «технологическое оборудование и машиностроение», Университет имени Шакарима г. Семей, ул. Физкультурная, 4, Семей, Казахстан.

М.М. Какимов – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Жеңіс, 62, Астана, Казахстан.

А.Л. Касенов – доктор технических наук, и.о.профессора кафедры «технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Жеңіс 62, Астана, Казахстан.

Б.А. Лобасенко – доктор технических наук, профессор Кемеровского государственного университета, ул. Красная, 6, г. Кемерово, Российская Федерация.

Б.М. Искаков – докторант кафедры «технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, пр. Жеңіс, 62, Астана, Казахстан.

M. Mursalykova – doctoral student of the department "technological equipment and mechanical engineering", Shakarim University, 4 Fizkulturnaya str., Semey, Kazakhstan.

M. Kakimov – candidate of technical sciences, Head of the Department of «Food Technology and Processing Products», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

A. Kassenov – doctor of Technical Sciences, professor of the department of «Food Technology and Processing Products», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.

B. Lobasenko – doctor of Technical Sciences, professor, Kemerovo Technological University, 6 Krasnaya str., Kemerovo city, Russian Federation.

B. Iskakov – doctoral student of the department of «Food Technology and Processing Products», S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, 62 Zhenis ave., Astana, Kazakhstan.