

МАШИНА ЖАСАУ
МАШИНОСТРОЕНИЕ
MECHANICAL ENGINEERINGDOI 10.51885/1561-4212_2024_4_36
MFTAA 55.03.14**Н.А. Камышева¹, А.К. Курманов², У.Б. Хасенов²**¹М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті,
E-mail: nata00000@mail.ru*²«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы, Қостанай қ, Қазақстан
E-mail: kurmanov_ayar@mail.ru
E-mail: kstu-tt@mail.ru**СОҚПАЛЫ-ЦЕНТРДЕН ТЕПКІШ КҮШ АРҚЫЛЫ ӘРЕКЕТ ЕТЕТІН ҰСАҚТАҒЫШТЫҢ
ЖҰМЫС ОРГАНДАРЫНА ТИЕСІЛІ КЕЙБІР КОНСТРУКТИВТІ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ
ҰСАҚТАУ ПРОЦЕСІНЕ ӘСЕР ЕТУІН ТАЛДАУ****АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
РАБОЧИХ ОРГАНОВ УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
НА ПРОЦЕСС ДРОБЛЕНИЯ****ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SOME DESIGN PARAMETERS OF THE WORKING
ENGINES OF AN IMPACT CENTRIFUGAL GRINDER ON THE CRUSHING PROCESS**

Аңдатпа. Қазіргі заманғы астық өңдеу өнеркәсібі салаларының, соның ішінде құрама жем өндірісінің, маңызды мәселесі – олардың жоғары энергия сыйымдылығы болып табылады. Құрама жем өндірісі ауыл шаруашылығының маңызды саласы болып табылады, өйткені мал шаруашылығы саласындағы жоғары экономикалық көрсеткіштер жануарлардың рационына байланысты, оның құрамында организмнің қоректік заттарға қажеттілігін толық қанағаттандыратын заттар жиынтығы және белгілі бір гранулометриялық құрамы болуы керек.

Жұмыстың мақсаты – қолданыстағы дәнді және бұршақты ұсақтағыштарды талдау, соқпалы – ортадан тепкіш ұсақтағыштың кейбір параметрлерін есептеу: үдеткіш қалақтардың саны және диск пен барабан арасындағы минималды саңылауды анықтау.

Түйін сөздер: Протеин, ұсақтау, саңылау, қалақ, диск, барабан, энергия сыйымдылығы.

Аннотация. Существенной проблемой отраслей современной зерноперерабатывающей промышленности, включая комбикормовое производство, является их высокая удельная энергоёмкость. Производство комбикормов является важной отраслью сельского хозяйства, так как высокие экономические показатели в животноводческой отрасли зависят от рациона животных, который должен содержать набор веществ, полностью удовлетворяющий потребности организма в питательных веществах, а также иметь определенный гранулометрический состав.

Цель работы – анализ существующих измельчителей зерна и зернобобовых, расчет некоторых параметров ударно-центробежного измельчителя: количество разгонных лопаток и определение минимального зазора между диском и барабаном.

Ключевые слова: Протеин, измельчение, зазор, лопатка, диск, барабан, энергоёмкость.

Abstract. A significant problem in the modern grain processing industry, including feed milling, is their high specific energy intensity. The production of compound feed is an important branch of agriculture, since high economic indicators in the livestock industry depend on the diet of animals, which must contain a set of substances that fully

satisfies the body's nutritional needs, and also have a certain granulometric composition. The purpose of the work is to analyze existing grain and legume grinders, to calculate some parameters of an impact-centrifugal grinder: the number of accelerating blades and determining the minimum gap between the disk and the drum.

Keywords: Protein, grinding, gap, blade, disk, drum, energy intensity.

Kіріспе. Жануарлардың өнімділігі көбінесе рационның толыққанды протеинмен жеткілікті мөлшерде қамтамасыз етілуіне байланысты болады. Ауыл шаруашылығы жануарларын ғылыми негіздегі азықтандыруды ұйымдастырудағы стратегиялық міндет азықтағы жемдік ақуызды молайту болып саналады, себебі жемшөптегі протеиннің өзгеруі ауыл шаруашылығы жануарларының жағдайына әсер етеді (M.S. Seleem т.б., 2023, M.I. Marcondes, т.б., 2023, M.G. Erickson т.б., 2023).

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, мәселені шешудің ең тиімді бағыты дәнді-бұршақты дақылдарды кеңінен қолдану болып отыр. Бұршақ, люпин, жемдік бұршақты 5-10 % мөлшерінде пайдаланудың оң тәжірибесі сауын сиырларды, мекиен тауықтарды және бройлер балапандарын азықтандыру үшін құрама жем құрылымынан алынған (А. В. Малец, 2023).

Қазіргі таңда осы жемшөп түрлеріне арналған егіс алқаптарының саны өте шектеулі түрде пайдаланылады, алайда бұршақ дақылдарына арналған егіс алқаптарының ұлғаюы, оларды жемшөп шикізаты ретінде мұқият зерттеу жемшөптің қосымша «химиялануына» және импорттық шикізатқа тәуелділікті азайтады.

Жемді ұсақтау әдісі – ауылшаруашылық жануарларын азықтандыруға дайындықтың негізгі әдістерінің бірі. Жануарларды, құстарды азықтандыру ғылымы мен практикасы құрама жем жануардың тағамдық құрамы мен түріне қарай теңдестіріліп қана қоймай, сонымен бірге түйірлердің белгілі бір мөлшеріне ие болуы қажет, өйткені түйірлердің мөлшері жем сапасының маңызды факторларының бірі болып табылады, өйткені ол жемді тұтынуға және асқазанның жұмысына, демек, жануарлардың өнімділігіне әсер етуі мүмкін (M. Naeem т.б., 2024, A.M. Lyons т.б., 2022 A.T. Brown т.б., 2023). Кейбір жемшөптердің сипаттамалары 1 кестеде көрсетілген (Н.А. Жазылбеков т.б., 2008).

1-кесте. Кейбір жемшөптердің негізгі сипаттамалары

Жемшөптің түрлері	Ылғалдылық, %	Көлемдік масса, кг/м ³	Тығыздық, г/см ³	Ұсақтау модулі, мм	Үлгідегі түйірлердің мөлшері, %, өлшемі, мм					
Ірі қара малға арналған құрама жем	9,3	584,0	1,54	1,67	14,6	39,1	29,7	11,0	40,5	0,9
Шошқаларға арналған құрама жем	9,0	539,0	1,54	1,31	10,6	40,5	27,6	14,8	50,5	1,0
Үйректерге арналған құрама жем	9,1	618,0	1,38	1,28	12,9	40,4	24,4	15,1	50,5	1,7

Ескерту – негізінде авторлар құрастырған (Жазылбеков т.б., 2008)

Жемшөп құрамында көп мөлшерде ұсақ тартылған ұн тәрізді фракциялар мен жіңішкелеп ұсақталған астық шикізаттарының болуы жануарлардың ағзасына теріс әсер етеді, тіпті асқазанның әртүрлі ауруларын тудырады (Marx F.O. т.б., 2021). Бұл жағдайда жемшөпті сіңіру тиімділігі 15...18 % төмендейді (Л.С. Султанғалиева., 2013).

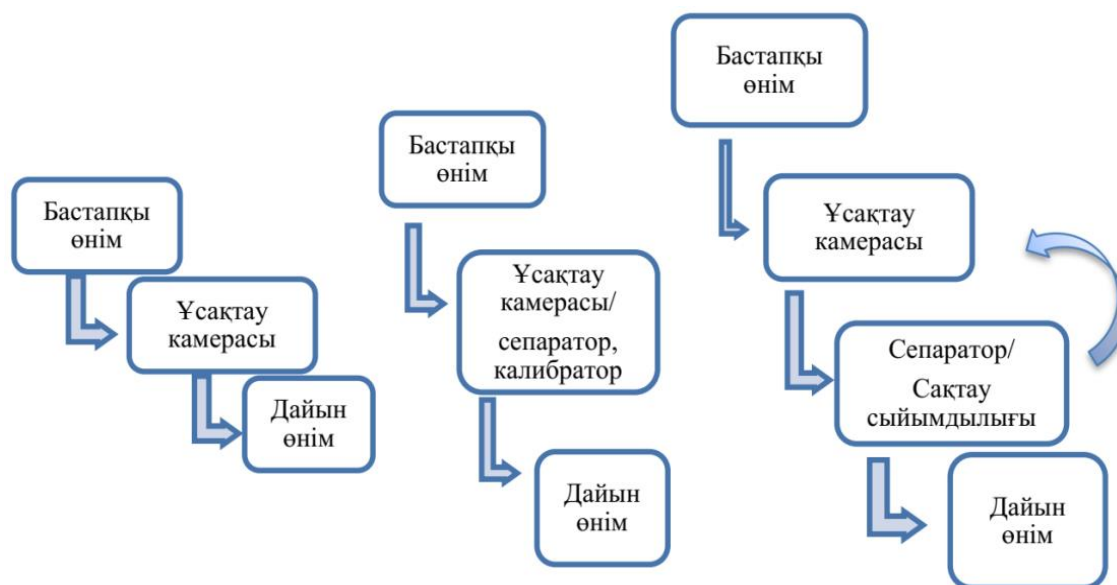
Зерттеу материалдары мен әдістері. Ауыл шаруашылығы өндірісінде астық пен бұршақ дақылдарын ұсақтау үшін қолданылатын негізгі машиналар процесі ұйымдастыруы және құрылымдық белгілері бойынша жіктелетін әртүрлі құрылымды ұсақтағыштар болып табылады:

- қызметі бойынша (арнайы, әмбебапты және аралас);
- жұмыс процесін ұйымдастыру принципі бойынша (үлестік және ағындық);
- жұмыс органдарының типі бойынша (диірмен, шар, балға, ортадан тепкіш, ағынды, құйынды, білікшелі, дискілі, конустық және т.б.);
- материалды ұсақтау камерасына беру тәсілі бойынша (өздігінен ағып немесе мәжбүрлеп);
- ұсақтау өнімдерін шығару әдісі бойынша (өздігінен ағу, механикалық немесе пневматикалық тасымалдағышпен).

Ұсақтағыш конструкциялары мынадай түрлерге жіктеледі:

- торсыз;
- торлы;
- әмбебап.

Ұсақтау кезеңдер санының ұлғаюына байланысты технологиялық процесі орындауға жұмсалатын үлестік шығындардың ұлғаюын атап өткен жөн (Смышляев, А.А., 2022).



1-сурет. Ұсақтау этаптарының саны бойынша ұсақтағыштардың түрлері
Ескерту – негізінде автор құрастырған (Смышляев, А.А., 2022)

Ұсақтағыштың түрін таңдаған кезде, жалпы артықшылықтарды, кемшіліктерді келесі параметрлер бойынша бағалау маңызды: меншікті өнімділік, энергия және металл сыйымдылығы, алынған өнімнің сапасы (азықтандыру нормаларына сәйкес келетін гранулометриялық құрамын), сенімділік, жұмыс беттерінің тозуға төзімділігі және құрылымның және оның жеке түйіндерінің тиімділігін, сенімділігін анықтайтын басқа параметрлер.

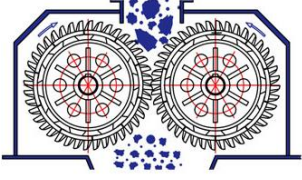
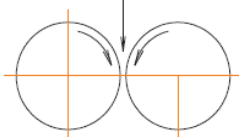
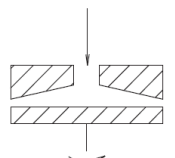
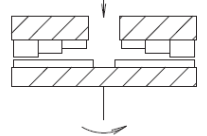
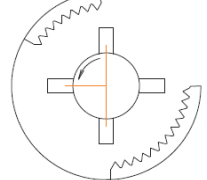
Ұсақтағыштардың басқа да топтасуы бар, мұндағы жұмыс органдары мен өнделетін материал арасындағы өзара әрекеттесуі деген өлшемшарт қолданылады:

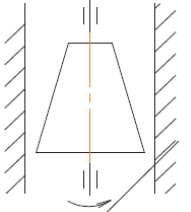
- а) қысу;

- б) кесіп бөлу және кесу;
в) соққы / шағылысқан соққы;
г) үгілу.

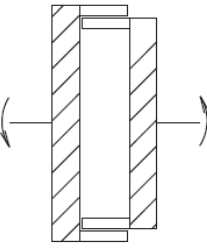
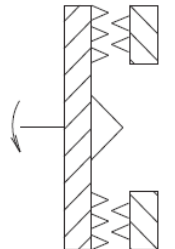
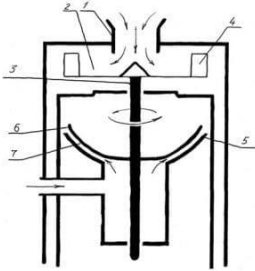
Ең танымал ұсақтағыштардың талдауы 2-кестеде толығырақ көрсетілген.

2-кесте. Материалға механикалық әсер ету әдісі бойынша астық ұсақтағыштардың негізгі түрлері мен бағалануы

Ұсақтағыштар құрылымы	Ұсақтау әдісі	Артықшылықтары	Кемшіліктері
1	2	3	4
<p>Орамды ұсақтағыш</p> 	<p>Қысу; кесіп бөлу және кесу;</p>	<p>Ұсақтау өнімдерінің жоғары біркелкілігі; Шаңның аз қалыптасуы; Пайдалану қарапайымдылығы мен сенімділігі.</p>	<p>Берік және абразивті материалдарды ұсақтау кезінде біліктердің жұмыс беттерінің қарқынды және біркелкі емес тозуы; Салыстырмалы түрде төмен меншікті өнімділік; Шамадан жоғары меншікті энергия тұтыну</p>
<p>Жаншу станогы</p> 	<p>Қысу</p>	<p>Құрылымның және қызмет көрсетудің қарапайымдылығы, пайдаланудағы сенімділік</p>	<p>Электр энергиясының үлестік шығынының артуы; Жоғары металл сыйымдылығы</p>
<p>Бұрғы диірмені</p> 	<p>Қысу Зақымдау</p>	<p>Ұсақтаудың жоғары деңгейі</p>	<p>Ұсақтау өнімдерінің гранулометриялық құрамының біркелкі болмауы; Шаң фракцияларының айтарлықтай шығымы, электр энергиясының жоғары меншікті шығыны, қызмет көрсетудің күрделілігі</p>
<p>Пышак диірмені</p> 	<p>Кесу Зақымдау</p>	<p>Төмен меншікті энергия сыйымдылығы; Біркелкі гранулометриялық құрам</p>	<p>Жұмыстағы техника Жұмыс барысындағы қызмет көрсетудің күрделілігі; Жұмыс органдарының төменгі сенімділігі мен беріктігінің нашарлығы</p>
<p>Балғамен ұсақтағыш</p> 	<p>Соққы Үгілу Кесу</p>	<p>Құрылымның қарапайымдылығы; Жоғары өнімділік; Сенімділік; Ықшамдылық</p>	<p>Шаң тәріздес түйірлердің үлкен шығымы бар біркелкі емес фракциялық құрамы, жоғары энергия сыйымдылығы, жоғары металл сыйымдылығы</p>
<p>Конустық ұсақтағыш</p>	<p>Үгілу Қысу</p>	<p>Құрылымның қарапайымдылығы, жоғары деңгейлі ұсақтау;</p>	<p>Жоғары меншікті энергия сыйымдылығы; шикізатты шан тәрізді тозан қалыптасқанша асыра ұсақтау</p>

		<p>Қатты және тұтқырлы шикізатты ұсақтауға да жарамды</p>	
---	--	---	--

2-кестенің соңы

1	2	3	4
<p>Дезинтегратор</p> 	<p>Сокқы Үгілу</p>	<p>Ұсақтаудың жоғары деңгейі</p>	<p>Құрылымның мен қызмет көрсетудің күрделілігі; Үгілу өнімдерінің біркелкі емес фракциялық құрылымы; Жоғары меншікті энергия сыйымдылығы</p>
<p>Дисмембратор</p> 	<p>Сокқы Үгілу</p>	<p>Құрылымның және қызмет көрсетудің қарапайымдылығы</p>	<p>Біркелкі емес ұсақтау; Шаңның қалыптасуы; Жоғары меншікті энергия сыйымдылығы</p>
<p>Сокпалы-центрден тепкіш күш арқылы әрекет ететін ұсақтағыш</p> 	<p>Сокқы/шағ ылысқан сокқы; Үгілу</p>	<p>Өнімділік; Құрылымның және қызмет көрсетудің қарапайымдылығы; Ұсақтаудың жоғары меншікті жылдамдығы</p>	<p>Біркелкі емес ұсақтау; Шаңның қалыптасуы.</p>

Ескерту – автор құрастырған

Бүгінгі таңда, әртүрлі салаларда, материалды аз энергия шығынымен ұсақтайтын сокпалы-ортдан тепкіш күш арқылы әрекет ететін ұсақтағыштарға көбірек қызығушылық танытуда (Воронин В.В., 2022, Шатохин В.М., 2012, Курманов А.К., 2020, Абалихин А.М., 2018).

Олардың өзіне тән сипаттамалық ерекшелігі – қалақты ротордың (үдеткіш) бетінен, инерцияның ортадан тепкіш күштердің әсерінен, шектік қирау жылдамдығынан едәуір

асатын үдеумен материал екпіндеп ұшып, кейін қозғалмайтын деканың бетіне немесе басқа қозғалатын тосқауылға соғылумен орындалатын жұмыс процесі.

Құрылымы бойынша олар бір және бірнеше, вертикаль немесе горизонталь орналасқан айналу осьтерінде бір роторлы немесе көп роторлы болуы мүмкін.

Кез келген соқпалы-ортадан тепкіш күш арқылы әрекет ететін ұсақтағышты аналитикалық зерттеудің маңызды міндеті – ұсақтағыштың айналу жиілігіне байланысты үдеткіш ротордан шыққан кезде материалдың жылдамдығы мен бағытын анықтау. Соққының қирату күші аталған параметрлерге байланысты.

Бұл мәселені шешудің бірден бір әдісі – дәндер траекториясының әртүрлілігін (бұзылған және бұзылмаған) ескере отырып, материалды аралық бөлуді қолдану мүмкіндігінің болуы.

Авторлар вертикалды осьте орналасқан қарама-қарсы айналмалы роторлары бар үш роторлы типтегі соқпалы-ортадан тепкіш ұсақтағышты негіздеді (Ляпин В.В., 2007).

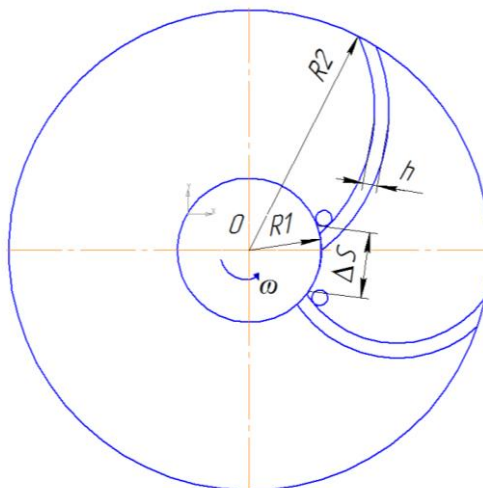
Сондай-ақ, соқпалы-ортадан тепкіш үш сатылы ұсақтағыштың конструктивті шешімі қызығушылық тудырады, мұндағы жұмыс сенімділігін арттыру үшін сепаратор ұсақтау аймағынан шығарылды. Гравитациялық күштердің әсерінен бөлінген ұсақталған материал гравитациялық күштердің әсерінен беттердің үстімен қозғалады (Ляпин В.В., 2007).

Авторлар дәлелдегендей (Шатохин В.М., 2012), түзу сызықты қалақтың бұрышы және үйкеліс күшінің максималды жоғарылауымен түйірдің түсу жылдамдығының төмендеуі 17 % тен, қисық сызықты қалақ үшін тек 6 % болады. Атап айтқанда, ротордың қабылданған айналу жиілігі үшін түйірдің тасымалданатын жылдамдық модулі салыстырмалы модульден екі есе дерлік асып түсетіндігіне байланысты.

Соқпалы – ортадан тепкіш ұсақтағыштардағы дәндердің қирау процесін зерттеуге қатысты жұмыстарды талдағанда, ұсақтау процесін жетілдіру негізінен дискідегі үдеткіш қалақтардың шағылысатын органдардың бетіне ең жоғары жылдамдықпен астықтың тікелей соққысын қамтамасыз ету арқылы жүзеге асырылатынын байқауға болады. Ұсақтағыштың корпусына немесе декасына соғылған кезде дәннің сыртқы бетінің өсуінің негізгі факторларға тәуелділігін анықтайтын математикалық модель: шабуыл бұрышы, ұсақтағыштың қалақшасынан түйірдің ұшып шығу жылдамдығы, кейін соқпалы-ортадан тепкіш ұсақтағыштың оңтайлы құрылымдық-режимдік параметрлерін одан әрі анықтауға мүмкіндік беретінін біз бұрын анықтадық (Курманов А.К., Камышева Н.А., 2020). Бұл жұмыс барысында біз қалақтардың санын және диск пен ұсақтағыш барабанының арасындағы минималды сағылауын есептедік.

Материал түйірінің қалақ арасындағы кеністікке, жұмыс органдарының арасына, яғни қалақ бетінен түйірдің, дәлірек айтқанда, қалақтың ішкі радиусына сәйкес келетін ($S=R1$) қашықтыққа ұшып кету шартынан СОҰ дискісіндегі қалақтардың санын есептеп анықтауға болады (Абалихин А.М., 2018).

Түйірдің (бұршақ дәні) құрылғының жүктеме аузынан жұмыс дискісінің ортасына түскені 2-суретте көрсетілген.



2-сурет. Қалақтардың оңтайлы санын анықтау

Ескерту – автор құрастырған

Түйірдің үдеткіш қалақтар арасындағы кеңістікке ену уақытының шамасын қозғалыс теңдеуіне сүйене отырып табуға болады:

$$S(t) = \vartheta_{0t} + \frac{gt^2}{2} \quad (1)$$

мұндағы, ϑ_{0t} – түйірдің бастапқы жылдамдығы, м/с; g – еркін түсу үдеуі, м/с²; t – түйірдің қозғалу уақыты, с.

Түйірдің бастапқы жылдамдығы нөлге тең (ϑ_{0t}) деп қабылдаймыз. Олай болса, түйірдің шеңбер доғасы бойымен 0 нүктеден А нүктесіне орын ауыстыру уақытының мәні келесідей болады:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2S}{g}} \quad (2)$$

Кейін, түйір өз салмағының әсерінен біршама қашықтыққа жылжып кетеді, ол қашықтық ротор осінен үдеткіш қалақтардың жоғарғы беттеріне дейінгі қашықтықтардың қосындысына түйірдің эквивалентті диаметрін қосқанда табылады:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(R+d_{\text{э}})}{g}} \quad (3)$$

мұндағы, d – түйірдің эквивалентті диаметрі, м.

Осылайша, t_2 және t_1 айырмашылығы ретінде СОҰ қалақтары арасындағы кеңістікке түйірдің ену уақытын табуға болады. Бұл уақытты Δt деп белгілейміз:

$$\Delta t = \sqrt{\frac{2(R+d_{\text{экв}})}{g}} - \sqrt{\frac{2S}{g}} \quad (4)$$

Қалақтар арасындағы доғаның ұзындығын t уақыт аралығындағы қалақтың ΔS орын ауыстыру қашықтығы ретінде анықтайық:

$$\Delta S = \frac{L}{z} \quad (5)$$

мұндағы, L – шеңбер ұзындығы, м; z – үдеткіш пышақтардың саны, дана.

Шеңбердің ұзындығын формула бойынша анықтауға болады:

$$L = 2\pi R_1 \quad (6)$$

мұндағы R_1 – үдеткіш қалақтардың ішкі беттерінің айналу радиусы, м.

Үдеткіш қалақтардың ені мен санын ескере отырып, формула келесідей түрге ие болады:

$$\Delta L = \frac{2\pi \cdot R_1 - b \cdot z}{z} = \frac{2\pi R_1}{z} - b \quad (7)$$

мұндағы, b – қалақтың ені, м.

Сонымен, үдеткіш қалақтардың ішкі беттерінің бұрыштық жылдамдығы мен айналу радиусының R_1 берілген шамаларында үдеткіш қалақтың ΔL қашықтыққа орын ауыстырған уақытын келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$t = \frac{\Delta L}{\omega \cdot R_1} \quad (8)$$

мұндағы, ω – бұрыштық жылдамдық, айн/мин.

СОҰ білігінің айналу жылдамдығы арқылы бұрыштық жылдамдықты көрсетеміз:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (9)$$

мұндағы, n – жетек білігінің айналу жиілігі, айн/мин.

Демек:

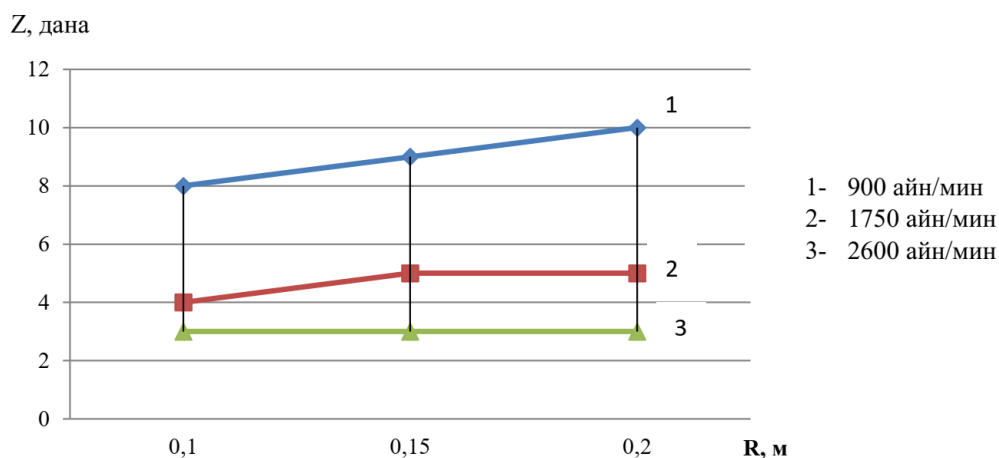
$$\Delta t = \frac{60 \left(\frac{2\pi R_1}{z} - k \right)}{2\pi n \cdot R_1} \quad (10)$$

Бұдан, қалақтардың санын келесідей анықтауға болады:

$$z = 60 \cdot 2\pi R / \frac{2\pi n}{60} R \Delta t + k \quad (11)$$

Өрнек мәнін жеңілдету арқылы, бұрыштық жылдамдық ω және айналу радиусының берілген шамаларында СОҰ дискісіндегі жұмыс үдеткіш қалақтардың қажетті санын есептеу үшін өрнектің келесі түрін аламыз:

$$z = 2\pi R \sqrt{g} / 60\pi R n (\sqrt{2(R + d_{\text{ЭКВ}})} - \sqrt{2R}) + k \sqrt{g} \quad (12)$$



3-сурет. Бұрыштық жылдамдық және айналу радиусының берілген шамаларында СОҰ дискісіндегі үдеткіш қалақтар санының тәуелділігі

Ескерту – автор құрастырған

Қалақтардың саны шексіз болуы мүмкін емес. Доңғалақ қалақтар санының артуымен қарсылықтың жоғарылауымен және қалақ арасындағы кеңістіктің бітелуімен байланысты

екенін ескеру керек, біз қалақтар санын шектеу шартын көрсетеміз (Абалихин А.М., т.б., 2018):

$$z \leq \frac{\pi D_0}{d_3 + \delta} \quad (13)$$

мұндағы δ – қалақтың қалыңдығы, м; D_0 – үдеткіш дискінің диаметрі, м; d_3 – дискіге түсетін түйірдің эквивалентті диаметрі, м.

Аталған өнімділік көрсеткіштеріне, энергия шығынына, сондай-ақ ұсақтау модуліне әсер ететін маңызды факторлардың бірі – ротор дискісі мен статор дискісі арасындағы h_L саңылауының мөлшері. Ұсақтағышта h_L саңылауының мөлшері 0,65...4,0 мм аралығында өзгереді.

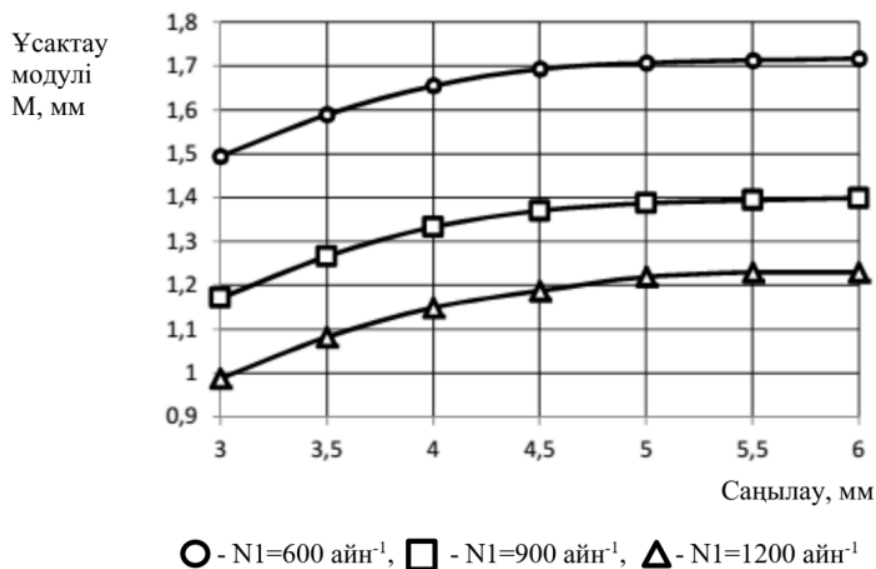
Теориялық және эксперименттік деректерді талдауы көрсеткендей h_L саңылауы мен дәнді дақылдарды ұсақтау модулі арасындағы өзара байланысын практикалық талдау үшін жеткілікті дәлдігімен екінші ретті полином көмегімен сипаттауға болады:

$$M = a_0 + a_1 h + a_2 h^2 \quad (14)$$

мұндағы M – ұсақтау модулі, мм; h – диск пен ұсақтағыштың барабаны арасындағы саңылау, мм; a_0, a_1, a_2 – ұсақталған материалдың есептік коэффициенттері.

Яғни, регрессивті талдау жүргізу кезінде эксперименттік деректердің нәтижелерімен өрнекке алмастыру арқылы алынған параметрлердің есептік мәндерінің алшақтығы 5,0 %-дан аспады.

В.А. Федоровтың қатысымен эксперименттер нәтижесінде (Федоров В.А., 2000) келесі график алынды (4-сурет).



4-сурет. Ұсақтағыш дискі мен корпус арасындағы саңылауға ұсақтау модулінің тәуелділігі
Ескерту – автор құрастырған

Саңылауды 2 мм-ден аз мөлшерге дейін азайтудың еш мәні жоқ. Ротор мен статордың жазықтықтары арасындағы саңылаудың артуы ұсақтау модулінің ұлғаюына және өнімділіктің жоғарылуына әкеледі, ал жарма жемді дайындаудың энергия сыйымдылығы өз кезегінде төмендегенін байқаймыз.

Бұл заңдылық барлық дәнді дақылдарды ұсақтау кезінде байқалады.

Максималды саңылау кез-келген ұсақталған дақылдың минималды мөлшерінен аз орнатылады, бұл бүтін дәндердің жарма жемге енуіне жол бермейді. 4 суретке сәйкес, өнімнің 1,31 мм ұсақтау дәрежесін алу үшін - диск пен барабан арасындағы ең аз саңылау 3,5-4 мм болуы керек.

Қорытынды. Аталған мәселедегі түрлі тәсілдер мен бағыттарды талдай отырып, бірде-бір теория, энергетикалық, толқындық, жарықтардың пайда болуы мен даму теориясы және т.б. дәннің қирау процесін және энергия шығыны мен сыни жылдамдықтың жеткілікті дәл және қарапайым тәуелділіктерін толық және нақты сипаттай алмайтындығын атап өтуге болады.

Бұл дәннің сызықтық емес ерекшелігі сипатталатын анизотропты түрлері бар биологиялық материал екендігіне байланысты.

Дәннің бұл сипаты әртүрлі факторларға байланысты: дақыл түрі, сұрып, ылғалдылығы, егін жинау орны және т.б.

Демек, мәселені шешу үшін теориялық алғышарттарды эксперименттер кезінде алынған нәтижелермен оңтайлы үйлестіру қажет.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Әдебиеттер тізімі

- A.M. Lyons, C.M. Poholsky, L.S. Erb, P.H. Patterson, J.W. Boney (2023). Hammermill screen selection for soybean processing: effects of soybean meal particle size on amino acid digestibility, feed milling efficiency, and D1-42 broiler performance, *Journal of Applied Poultry Research*, Volume 32, Issue 1, 1082-1094. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100325>.
- A.T. Brown, M.J. Alvarenga, M.E. Lemons, C.D. McDaniel, J.S. Moritz, K.G.S. Wamsley (2023). Determining the average particle size consumed (APSC) between two genetic strains (GS) receiving starter diets varying in feed form (FF) and feed quality (FQ), *Journal of Applied Poultry Research*, Volume 32, Issue 2, 2033-2048. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100336>.
- Marx F.O., Massuquetto A., Bassi L.S., Krabbe E.L., Rocha C. Oliveira S.G., Maiorka A. (2021) Different soybean meal particle sizes on growth performance, nutrient ileal digestibility, digestible energy, and carcass yield of broiler chickens. *Livestock Science*, Volume 247, <https://doi.org/10.1016/j.livsci.104467>, 1568-1582
- M.I. Marcondes, F.P. Provazi, T. Silvestre, A.L. Silva, S.C. Valadares Filho, M.M. Campos, F.S. Machado, P.P. Rotta (2023). Protein requirements for pregnant dairy cows, *Journal of Dairy Science*, Volume 106, Issue 12, 8821-8834. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23321>.
- M.G. Erickson, G.I. Zanton, M.A. Wattiaux (2023). Dynamic lactation responses to dietary crude protein oscillation in diets adequate and deficient in metabolizable protein in Holstein cows, *Journal of Dairy Science*, Volume 106, Issue 12, 8774-8786. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23603>.
- M. Naeem, M.R. Bedford, E.J. Burton, M.R. Azhar (2024). Investigating the effect of pelleting on the particle size of commercial poultry feeds: a case study, *Journal of Applied Poultry Research*, Volume 33, Issue 1, 6872-6889 <https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100390>.
- M.S. Seleem, Z.H. Wu, C.Q. Xing, Y. Zhang, M.D. Hanigan, D.P. Bu (2024). Effects of rumen-encapsulated methionine and lysine supplementation and low dietary protein on nitrogen efficiency and lactation performance of dairy cows, *Journal of Dairy Science*, Volume 107, Issue 4, 2087-2099. <https://doi.org/10.3168/jds>.
- Абалихин А.М., Крупин А.В., Боброва Т.С. (2018). Определение геометрических параметров ударных элементов ударноцентробежного измельчителя. *Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева*, 62-70. DOI 10.35523/2307-5872-2020-31-2-62-70// Abalihin A.M., Krupin A.V., Bobrova T.S. (2018). Opredelenie geometricheskikh parametrov udarnykh jelementov udarnocentrobezhnogo izmel'chitelja. *Agrarnaja nauka v uslovijah modernizacii i innovacionnogo razvitija APK Rossii: materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj 85-letiju Ivanovskoj gosudarstvennoj sel'skhozajstvennoj akademii imeni D.K. Beljaeva*, 62-70. DOI 10.35523/2307-5872-2020-31-2-62-70
- Воронин, В. В. (2022) Пути развития ударно-центробежных измельчителей зерна. Прикладные вопросы физики (к 120-летию со дня рождения академиков И.В. Курчатова и А.П. Александрова): материалы национальной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 26-32// Voronin, V. V. (2022) Puti razvitija udarno-centrobezhnyh izmel'chitelej zerna.

- Prikladnye voprosy fiziki (k 120-letiju so dnja rozhdenija akademikov I.V. Kurchatova i A.P. Aleksandrova): materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 26-32.
- Маслюк А.Н. (2023). Нормированное кормление животных при интенсивных технологиях. Учебное пособие для вузов. 2 изд. Стер.-Санкт-петербург: Лань// Masljuk A.N. (2023). Normirovanное kormlenie zhivotnyh pri intensivnyh tehnologijah. Uchebnoe posobie dlja vuzov. 2 izd. Ster.-Sankt-peterburg, 253-262
- Искендеров, Р.Р. (2017) Повышение эффективности процесса измельчения зерновых материалов в горизонтальной роторной дробилке: дисс.канд. техн.наук: 05.20.01- Ставрополь - 190с.// Iskenderov, R.R. (2017) Povyshenie jeffektivnosti processa izmel'chenija zernovyh materialov v gorizonta'noj rotornoj drobilke: diss.kand. tehn.nauk: 05.20.01- Stavropol' - 190s.
- Курманов, А.К., Камышева Н.А. (2020) Математическая модель процесса дробления зерна в измельчителе ударно-центробежного типа. Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. № 4, 131-135. – DOI 10.51885/15614212_2020_4_131// Kurmanov, A. K., Kamysheva N.A. (2020) Matematicheskaja model' processa droblenija zerna v izmel'chitele udarno-centrobezhnogo tipa. Vestnik Vostochno-Kazahstanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. D. Serikbaeva. № 4, 131-135. – DOI 10.51885/15614212_2020_4_131
- Малец А.В. (2023). Нетрадиционные местные корма – альтернатива импортным источникам протеина.. Аграрное образование и наука для агропромышленного комплекса : материалы республиканской научно-практической конференции. Беларусь агроэнергэсіптік апталығы БЕЛАГРО-2023, 112-118// Malec A. V. (2023). Netradicijonnye mestnye korma – al'ternativa importnym istochnikam proteina.. Agrarnoe obrazovanie i nauka dlja agropromyshlennogo kompleksa : materialy respublikanskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Belarus' agroenergekсіptik aptalygy BELAGRO-2023, 112-118
- Ляпин, В.В. (2007). Измельчитель фуражного зерна ударно-центробежного типа. Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение: Межвузовский сборник науч. тр. – Вып. 3., 95-99// Ljapin, V.V. (2007). Izmel'chitel' fupazhnogo zerna udarno-centrobezhnogo tipa. Pripodopol'zovanie: pecucy, tehničeskoe obecpechenie: Mezhvuzovckij sbornik nauch. tr. – Vyp. 3., 95-99
- Султангалиева Л.С. (2013) Развитие конкурентоспособности отрасли мясного животноводства Республики Казахстан Алматинский технологический университет, Республика Казахстан, г. Алматы, Вестник КазНУ. Серия экономическая №4, 93-100// Sultangalieva L.S. (2013) Razvitie konkurentosposobnosti otrasli mjasnogo zhivotnovodstva Respubliki Kazahstan Almatinskij tehnologicheskij universitet, Respublika Kazahstan, g. Almaty, Vestnik KazNU. Serija jekonomicheskaja №4, 93-100
- Смышляев, А. А. (2022). Исследование ударно-центробежного измельчителя. Тенденции развития технических средств и технологий в АПК : Материалы международной научно-практической конференции, Том Часть I. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 81-86// Smyshljaev, A. A. (2022). Issledovanie udarno-centrobezhnogo izmel'chitelja. Tendencii razvitija tehničeskikh sredstv i tehnologij v APK : Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Tom Chast' I. – Voronezh: Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I, 81-86
- Шатохин, В. М. (2012) Оптимальные траектории движения точки, перемещающейся под действием центробежной силы инерции. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Т. 4, № 7(58), 9-14// Shatohin, V. M. (2012) Optimal'nye traektorii dvizhenija točki, peremeshhajushhejsja pod dejstviem centrobezhnogo sily inercii. Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. T. 4, № 7(58), 9-14.
- Федоров В.А. (2000). Разработка и обоснование основных параметров центробежного дискового измельчителя фуражного зерна. Автореферат диссертации по процессам и машинам агроинженерных систем – Челябинск, 24 с. // Fedorov V.A. (2000). Razrabotka i obosnovanie osnovnyh parametrov centrobezhnogo diskovogo izmel'chitelja furazhnogo zerna. Avtoreferat dissertacii po processam i mashinam agroinženernyh sistem – Cheljabinsk. – 24 s.

Information about authors

Kamysheva Natalya Alexeevna – Master of Engineering Science, Kostanay engineering and economics university named after M.Dulatov, Kostanay city, The Republic of Kazakhstan, nata00000@mail.ru, +77475126855

Kurmanov Ayap Konlyamzhayevich – Non-profit Joint Stock Company «Costa-nai Regional University named after Akhmet Baitursynuly», Kostanay, Republic of Kazakhstan, kurmanov_ayap@mail.ru, +77773752361

Khassenov U.B. – doktor PhD, Senior lecturer of the Department of Mechanical Engineering, Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynuly, Kostanay, Republic of Kazakhstan kstu-tt@mail.ru, +7-700-687-40-74