ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ

TORAIGHYROV UNIVERSITY

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 2 (2026)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность
Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

https://doi.org/10.48081/BGQF2212

Импакт-фактор РИНЦ – 0,216

Импакт-фактор КазБЦ – 0,406

Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Сулейменов Ансаган Дюсембаевич – PhD (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Кажибаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Жунусов Аблай Каиртасович – к.т.н., асс. профессор (доцент) (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Baigang Sun – PhD, профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия)
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).
Чайкин Владимир Андреевич– д.т.н., доцент (Сафоново, Россия);

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

МРНТИ 55.57.43

https://doi.org/10.48081/BGQF2224

Б. А. Молдаханов[1], М. В. Дудкин[2], Т. Лешневский[3],
В. С. Яковлев[4], А. Ж. Байгунусов[5]

[1,2]«Европлюс Восток» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.;
[3]Вроцлав ғылым және технологиялар университеті, Польша, Вроцлав қ.;
[4,5]Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.
[1]ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2977-693X
[2]ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5732-0724
[3]ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1903-3967
[4]ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7315-4719
[5]ORCID: https://orcid.org/0009-0009-8607-4986
*e-mail: bek_m78@mail.ru

ӨСІМДІК ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҚАЛДЫҚТАРЫМЕН ЖЕМ-ШӨП ҚОСПАЛАРЫН АРАЛАСТЫРҒЫШТЫҢ ЖҰМЫС ПРОЦЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Жем-шөп немесе тұз брикеттерін өндіру, түпкілікті өнімнің сапасы мен жай-күйіне қойылатын көптеген нормативтік шектеулер мен жоғары талаптарға ие. Олар тасымалдау мен ылғалды бөлмеде сақтау кезінде берік және тұтас болуы керек. Сонымен қатар, олар барлық дәмдерін сақтап, жануарлар қоректенуге тартымды көрінуі керек. Тиісінше, бұл талап өндірістің технологиялық желісін құрайтын жұмыс жабдықтарының тұтас кешенінің параметрлерін таңдау арқылы қамтамасыз етілуі керек. Мысалы, тұз брикеттері, оған әр түрлі араластырғыштар кіреді, оларды сығымдау алдында жем қоспаларының біркелкі араласуы мен біркелкілігі қамтамасыз етіледі. Қалыпталатын қоспада бірнеше компоненттер бар, олардың концентрациясы немесе көлемдік құрамы мен мөлшері араластырғыштың, содан кейін престеу жабдықтарының жұмыс процесінің параметрлеріне және соңғы өнімнің күйіне – жем немесе тұз брикеттеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Араластырғыштың бүкіл жұмыс процесін жаңартуға және барлық компоненттердің параметрлері өзгерген кезде де жем қоспасы біртекті болғанша біркелкі араластыруға мүмкіндік беретін араластырғыштың жаңа білігін жобалау нәтижелері келтірілген. Эксперименттік тәжірибелер негізінде эксперименттік деректерді статистикалық өңдеуден кейін кіріс факторларының өзгеруіндегі жұмыс процесін барабар сипаттайтын регрессия теңдеулері жасалды және зерттелетін факторлардың өзгеру шектері көрсетілді. Жоғарыда аталған мақсаттардың ең тиімді көрсеткіштеріне қол жеткізуге мүмкіндік беретін қоспа ингредиенттерінің құрамы таңдалды.

Кілтті сөздер: жем-шөп араластырғыш, буындалған білік, араластыру, дәрумендер, қоспаның ылғалдылығы, пресс, ас тұзы.

Кіріспе

Ірі қара малды азықтандыруға арналған тұзды жалақ брикеттері түріндегі қоспаларды өндіруге арналған технологиялық желіге кіретін машиналардың құрылысы, құрылыс немесе жол машиналарынан айтарлықтай ерекшеленбейді. Тек олар әзірленетін материалдарға қойылатын жоғары талаптармен, олардың араластырғышқа жүктелген компоненттерінің пайыздық үлесінің біркелкі еместігінде. Тұз, араластырғыштағы қоспаның жалпы көлемінің 90–95 % құрайды және әрдайым тартымды дәмдік қасиеттерге ие бола бермейді, оны арттыру үшін қоспаға әр түрлі жем-шөп қоспаларының 10 % қосылады. Брикеттегі тұз оны жалаған кезде ірі қара малдың шөлдеуін және тұрақты су тұтынуын тудыру үшін, сиырларда шөпті үнемі шайнау үшін қажетті сілекей қарқынды пайда болуы үшін қажет, оларды тиімді тұтыну сүттің көбеюіне және сиырлар салмағының өсуіне әкеледі (жануарлардың өнімділігі деп аталады).

Қазіргі кезде ірі қара малдардың рационына микро және макроэлементтер мен кейбір дәрумендер жетіспейді. Осыған байланысты малдың өнімділігі төмендейді. Минералды-витаминді компоненттердің жетіспеушілігі ағзаға кері әсерін тигізіп, нәтижесінде сиырлардың тәбеті нашарлайды, сауыны азаяды, бұзаулардың салмағы төмендейді. Осы мәселелерді шешу үшін тұзды жалақ брикеттерін дайындау желісінде қолданылатын машиналарды жаңарту немесе жаңа түрін әзірлеу маңызды. Себебі бұл тек жабдықтарды заманауи деңгейге көтеру ғана емес, сонымен қатар өнім сапасын арттыруға да мүмкіндік береді [1, 3]. Тағы бір айта кететін жайт, тұзды жалақ брикеттерін шығаратын технологиялық желілерде әдетте ұнтақтағыштар, ұсақтағыштар, араластырғыштар және престеу жабдықтары кездеседі.

Жұмыстың мақсаты: тұзды жалақ брикеттерді қоса алғанда, жем-шөп пен жемшөп қоспаларын өндіруге жұмсалатын шығындарды төмендете отырып, жануарлардың барынша өнімділігін арттыратын, алдын ала араластыру кезінде қоспаның барлық компоненттерін біртекті болуын қамтамасыз ететін, тұзды жалақ брикеттер өндірісінің құрылымы мен тәсілін әзірлеу және ғылыми негіздеу. Құрама жем компоненттерін араластырудың теориялық негіздері және оларды аппаратуралық рәсімдеу В.В. Кафаров, Е.И. Резник, В.Н. Иванец, Б.А. Комаров, К. Бенке, Н. Пфост, Н. Сатомо, Т. Танака, Х. Накадзима, К. Эндо және т.б. жұмыстарында көрсетілген. Ғалымдардан басқа әмбебап және тиімді араластырғыштарды әзірлеумен келесі өндірістік фирмалар айналысты: «Bühler», Швейцария, «Simon-Barron», Англия, «Hayes & Stolz», АҚШ, «Amandus Kahl», Германия, «Sprout Voldron», АҚШ, «Strong Skott», АҚШ, «Lödige», Германия, «Sprout-Matador», Дания, және т.б. Аталған фирмалардың араластырғыш конструкциялары әртүрлі араластырғыш органдардан тұрады. Көбінесе компоненттерді араластыру үшін спиральді ленталардың әр түрлі комбинациялары түрінде орындалған араластырғыш жұмыс органдары пайдаланылады [2, 81–90-бб.].

Материалдар мен әдістері

Теңдестірілген рацион құру – бүкіл әлемде жем-шөптің толықтырушы әрекеті қағидатының көмегімен табысты шешілетін маңызды міндет. Бұл қағидатты іске асырудың тәсілдерінің бірі - құрамы мен қасиеттері бойынша оларды өндіретін машиналар мен технологиялық желілердің мүмкіндіктеріне байланысты болатын жем-шөп қоспаларын қолдану. Олар рациондарды қоректік заттар бойынша теңестіреді және олардың неғұрлым тиімді сіңуіне ықпал етеді. Шығыс Қазақстанның шаруа қожалықтарындағы сиырларға арналған азықтың минералдық құрамын зерттегенде шөпте, сүрлемде, концентраттар мен сабанда калий, темір, мыс және мырыштың жеткіліксіз екенін көрсетті. Жалақ түріндегі тұзы бар премикстердің артықшылығы сонымен қатар ірі қара малдың белгілі бір тығыздықтағы тұзды жалау процесінде белсенді сілекей бөлінуіне кепілдік беретіндігіне байланысты, оларды өндірудің технологиялық желісіне кіретін машиналар қамтамасыз етуі керек.

Минералды қосылыстар ретінде жемде жеткіліксіз микроэлементтерді тең мөлшерде механикалық жолмен енгізу қажет, ал бұл элементтер көлемі бойынша да, нысаны бойынша да, физикалық жай-күйі бойынша да мүлдем әр түрлі болғандықтан, оларды қажетті күйге келтіруге қабілетті машиналар, мысалы ұнтақтау, ұсақтау, кептіру және әзірленіп жатқан қоспаға енгізу машиналары талап етіледі. Тұз брикеттеріне сібір самырсынының қылқан жапырақтарын біркелкі етіп машинамен енгізу анағұрлым пайдалы және қолжетімді.

Жалақ брикеттердің маңызды құрамдас бөлігі тұз болып табылады, ол кәдімгі рационда тапшы болғандықтан, жануарларға өте қажет болады. Өндірісте № 0, 1, 2, 3 стандартты ұсақталған, ылғалдылығы 0,2%, бірінші сортты ас тұзы пайдаланылды. Сонымен қатар жалақ брикет рецептісінің құрамына натрий селениті, күкірт қышқылды марганец, йодты калий, көмірқышқылды кобальт, магний тотығы, монокальций фосфаты, күкірт қышқылды мырыш, және т.б. кіреді [6, 7, 8]. Мысалы, 1-ші және 2-кестелерде келтірілген көмірқышқылды мыс пен күкірт қышқылды марганецтің ұсақтағанға дейін алынған бастапқы әртүрлі гранулометриялық жай-күйін қарастырамыз. Ұсынылып отырған жалақ брикеттер өндірісінің схемасына сәйкес микроэлемент тұздарын шашыраңқы немесе ерітілген күйінде енгізу көзделді. Дайын өнімнің құрамында біркелкі бөлу мүмкіндігін анықтау үшін олардың физикалық-механикалық қасиеттеріне зерттеу жүргізілді.

1-кесте – Әр түрлі ылғалдылықтағы көмірқышқылды мыстың гранулометриялық құрамы

№ р/с	Ылғалдылық, %	Електегі қалдық №, %							Бөлшектердің орташа мөлшері, мм
		2,0	1,2	0,63	0,50	0,25	0,16	Електің түбі	
1	41,2	6,3	28,5	51,4	7,2	4,1	0,2	2,3	1,15
2	38,2	5,3	25,4	46,0	13,5	5,0	0,8	4,0	1,06
3	35,9	1,8	18,6	38,0	30,6	5,7	1,2	4,1	0,89
4	30,4	0,9	10,1	18,3	26,7	20,3	13,5	10,2	0,62

5	25,1	-	2,6	5,5	33,6	28,0	16,8	13,5	0,44
6	22,3	-	0,5	4,3	13,6	24,2	24,9	32,5	0,30
7	19,1	-	0,2	2,6	10,8	27,1	21,1	38,2	0,27
8	15,8	-	-	0,3	9,3	30,7	18,9	40,8	0,25
9	12,5	-	-	0,3	3,5	18,6	33,6	44,0	0,20
10	9,6	-	-	0,1	1,8	7,4	42,2	48,5	0,17
11	3,8	-	-	0,1	1,5	6,6	39,4	52,4	0,16

1-кестедегі мәліметтерден көріп тұрғанымыздай, ылғалдылық төмендеген сайын бөлшектердің орташа мөлшері де азайып отырады. Мысалы, ылғалдылық 41,2 %-дан 25,1 %-ға дейін түскенде, бөлшектер 1,15 мм-ден 0,44 мм-ге дейін ұсақталады, ал ылғалдылық 25 %-дан төмен түскен жағдайда, бөлшектердің мөлшері онша өзгермейтінін байқауға болады (шамамен 0,30–0,16 мм аралығында). Ылғалдылық 9,6 %-ға жеткенде бөлшектердің мөлшері 0,17 мм, ал 3,8 % болғанда 0,16 мм-ге дейін кемиді. Бұл жерде ылғалдылықтың одан әрі төмендеуі бөлшектердің ұсақталуына айтарлықтай әсер етпейді деп айтуға болады.

2-кесте – Әр түрлі ылғалдылықтағы күкірт қышқылды марганецтің гранулометриялық құрамы

№ р/с	Ылғалдылық, %	Електегі қалдық, №, %							Електің түбі	Бөлшектердің орташа мөлшері, мм
		2,0	1,2	1,0	0,63	0,50	0,25	0,09		
1	30,7	61,3	34,2	2,2	1,3	0,5	0,3	0,2	-	2,11
2	27,4	47,2	28,8	8,3	10,2	4,2	0,8	0,5	-	1,84
3	23,6	33,4	15,5	10,1	20,7	15,1	4,2	0,8	0,2	1,53
4	20,4	17,6	12,8	7,3	22,4	30,7	5,6	2,3	1,3	1,11
5	17,8	7,9	9,6	5,5	15,1	48,8	7,3	4,2	1,6	0,84
6	15,4	0,5	5,7	3,7	8,2	55,9	16,5	7,4	2,1	0,60
7	12,2	-	-	0,5	1,1	10,4	51,8	32,8	3,4	0,32
8	9,7	-	-	-	-	-	-	90,3	9,7	0,16
9	6,6	-	-	-	-	-	-	87,6	12,4	0,15
10	3,5	-	-	-	-	-	-	83,6	16,4	0,15

2-кестеде күкірт қышқылды марганецтің нәтижелері көрсетілген. Мұнда да ылғалдылық төмендеген сайын бөлшектердің мөлшері азаяды. Ылғалдылық 30,7 % болғанда бөлшектердің орташа мөлшері 2,11 мм, ал ылғалдылық 9,7 %-ға түскенде бұл көрсеткіш 0,16 мм-ге дейін кемиді. Соңғы екі жолдан (ылғалдылық 6,6 % және 3,5 %) көрініп тұрғандай, мөлшер 0,15 мм шамасында тұрақталып қалады. Бұл кезде материалдың көп бөлігі өте ұсақ фракциялардан тұрады (83–87 %-ы 0,09 мм електен өтеді). Менің байқағаным, мұндай ұсақ бөлшектерді брикет қоспасында біркелкі тарату үшін жақсы араластырғыш қажет болады.

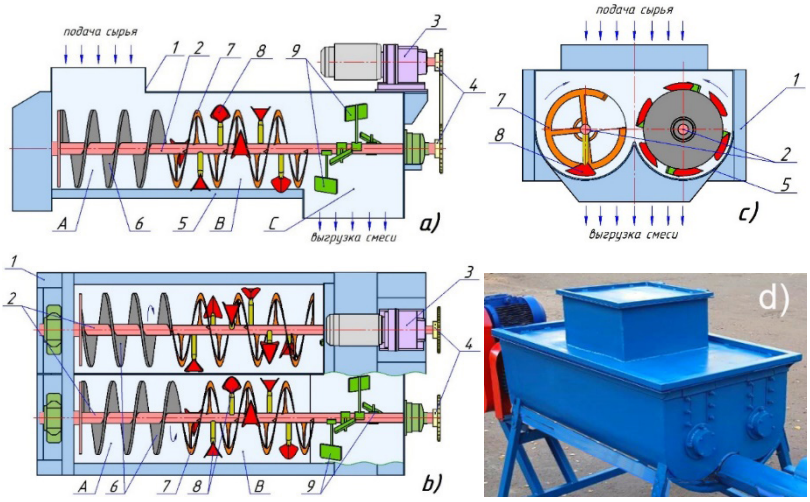
Тазартылмаған күкірт қышқылды марганецтің ылғалдылығы төмендеген сайын оның бөлшектері де ұсақтай түседі. 2-кестеге қарап отырсақ, бұл материалдың тозаңдануы негізінен өте ұсақ бөлшектердің арқасында болып тұр. Атап айтқанда, мөлшері 0,01 мм-ден аспайтын бөлшектер көп. Менің ойымша, мұндай ұсақ фракцияны брикет қоспасының бүкіл көлеміне біркелкі тарату оңай емес. Сондықтан арнайы араластырғыштар керек.

Енді монокальций фосфатына тоқталайық. Бұл орташа гигроскопиялық ұнтақ. Оның түйіршіктерінің мөлшері 0,2-ден 1,4 мм-ге дейін, түсі ақ немесе сұр реңкті. Суда жақсы ериді. Оның негізгі көрсеткіштері төмендегідей: фосфордың жалпы үлесі (Р) – кемінде 22,7%; кальцийдің үлесі (Са) – кемінде 16 %; судың үлесі – 3 %-дан аспайды; тұз қышқылында ерімейтін күл – 10 %-дан аспайды; pH- кемінде 3,3.

Осыған ұқсас зерттеулерді брикеттің барлық компоненттеріне жүргіздік. Осылайша біз әр компоненттің сапасы қандай болуы керектігін анықтадық. Бұл көрсеткіштерді технологиялық желідегі машиналар қамтамасыз етуі тиіс. Жалпы алғанда, зерттелген материалдардың технологиялық қасиеттері жақсы деп бағаланады. Мысалы, олардың табиғи кертпеш бұрышы 40–41 градусты құрады, ал көлемдік салмағы 485–500 кг/м³ аралығында болды.

Зерттеу барысында біз тұзды жалақ брикеттерін алдық. Олардың компоненттері соңғы нығыздау алдында жаңа араластырғыштарда араластырылды.

Ал енді араластырғыштың құрылысына көшейік. 1-суретте шикізатты үздіксіз беріп, дайын қоспаны түсіретін жаңа екі білікті араластырғыштың схемасы (1, а, 1, б және 1, с) және оның фотосуреті (1, d) көрсетілген.

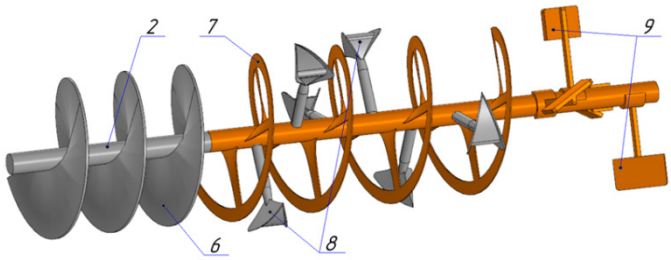


1-сурет – Екі білікті араластырғыштың құрылысы мен жұмыс принципі: а) – араластырғыштың негізгі түрі; b) – араластырғыштың жоғарғы көрінісі; с) – араластырғыштың сол жақ көрінісі; d) – араластырғыштың физикалық (эксперименттік) моделі; 1-корпус; 2-білік; 3 – мотор-редуктор; 4-тізбекті беріліс; 5-негіздің төменгі профильді табағы; 6-шнек; 7-араластырғыштың спиральды қырқұралы; 8-тұмсық тәрізді қопсытқыш; 9-күрек; А – шикізат беру аймағы; В – ингредиенттерді араластыру аймағы; С-түсіру аймағы

Араластырғыштың қосымша элементтері - тұмсық тәрізді қопсытқыштары бар әртүрлі тығыздалған спиральдерден тұратын, құрама біліктің 2 пішінін қайталайтын 5 профильді арнайы төменгі табағы бар 1 қораптық нысандағы корпустан тұрады (2-сурет). Корпустың сыртқы жағында орналасқан мойынтірек тіректерінің

көмегімен корпуста екі құрама білік 2 орналасқан (2-сурет). Құрамдастырылған біліктерге жетек-жеке: әрбір білік 1 корпустың үстінде орналасқан 3 мотор-редуктордан 4 тізбекті беріліс көмегімен айналымға келтіріледі. Құрама біліктердің жетегі айналудың әртүрлі бағыттарын ұйымдастыруға мүмкіндік береді: екі білік бір-бірінен әртүрлі жаққа немесе керісінше өзіне қарай айналуы мүмкін; бір жаққа айналуы мүмкін; біліктердің бірі екіншісіне қарағанда аз жылдамдықпен, оның ішінде біліктердің бірі толық тоқтағанға дейін айналуы мүмкін. Біліктердің айналу нұсқасын таңдау дайын жемдік қоспаның, бастапқы шикізаттың құрамы, оның ылғалдылығы, қоспаны дайындау жылдамдығы бойынша талаптарға байланысты болады.

2-суретте құрама біліктің конструкциясы бейнеленген. Білікте 2 сол жағында шнек 6; оның неғұрлым ұзын ортаңғы бөлігінде орамдарының арасында арнайы орналасқан бекіту нүктелеріне орнатылған 8 тұмсық тәріздес қопсытқыштар бекітілетін 7 спиральді қырқұрал орналасқан. Біліктің оң жағына күрекшелер орнатылған 9. 1-суретте қондырғының бір-біріне қатысты 1200 ығысу бұрышымен 8 және 9 үш қалақтардың алты тұмсық тәрізді қопсытқыштарын бекіту көрсетілген.



2-сурет – Араластырғыштың жаңа аралас білігінің сыртқы түрі:
2 – білік; 6 – шнек; 7 – араластырғыштың спиральді қырқұралы;
8 – тұмсық тәрізді қопсытқыш; 9 – күректер

Спиральды қырқұрал 7, тұмсық тәрізді қопсытқыштар «8» және күрекшелер «9» конструкциясы 7 спиральді қырқұралды созуға немесе тығыздауға болатындай, тұмсық тәрізді қопсытқыштар 8 және күрекшелер 9 орнына қырқұрапдардың әртүрлі конфигурациялары мен нысандарын орнатуға, сондай-ақ араластырғыштың жұмыс элементтерінің оның жұмыс процесінде жемшөп қоспаға кіруінің оңтайлы әсер ету бұрышын беруге болады әртүрлі шикізат үшін тиімді араластыруды қамтамасыз ететін.

Екі білікті араластырғыштың жұмыс істеу принципін түсіндіре ктейік. Бастапқы ингредиенттер жүктеу терезесі арқылы түседі (1, а сурет). Бұл кезде екі білік (2) айнала бастайды. «А» аймағында (шнек орналасқан жер, 6) шикізат екі біліктің арасында бөлінеді. Сосын ол «В» аймағына беріледі. Мұнда компоненттер аздап араласады. «В» аймағы – ең ұзын бөлік. Міне, осы жерде ингредиенттер қарқынды түрде араласады.

Спиральді қырқұрал (7) қоспаны оңға қарай, салыстырмалы түрде баяу жылжытады. Ал тұмсық тәрізді қопсытқыштар (8) оны қосымша араластырады.

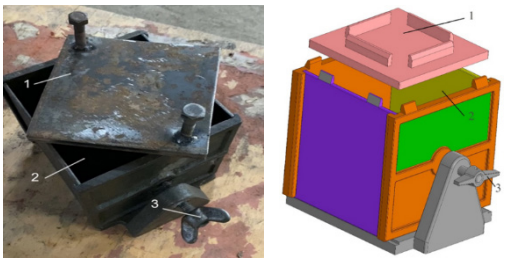
Олар қоспаны көлденеңінен айналдырады. Қопсытқыштардың пішіні арнайы – «тұмсық тәрізді» етіп жасалған. Осының арқасында олар қоспаға тіреледі. Сөйтіп, пайда болған тығыз кесектерді ұсақтайды және қоспа элементтерін әр жаққа шашады. Спиральді қырқұралдың сүйемелдеуші пластиналары да араластыруға көмектеседі.

«С» түсіру аймағында күректер (9) жұмыс істейді. Олар дайын жемшөп қоспасын түсіру терезесіне қарай «лақтырады». Бұл қоспаның тығыздалып кетуіне және корпустың ішкі бетіне жабысып қалуына жол бермейді. Нәтижесінде барлық ингредиенттер көлем бойынша біркелкі араласады. Бір қиындық бар. Араластырғыштағы құбылыстар өте күрделі. Олар компоненттердің пішініне, қасиеттеріне, күйіне, сондай-ақ технологиялық және конструктивтік факторларға байланысты. Сондықтан бөлшектердің қозғалысын математикалық түрде дәл және түсінікті сипаттау қиын. Сондықтан араластыру процесін шынайы зерттеудің негізгі жолы - эксперименттік.

Нәтижелер және талқылау

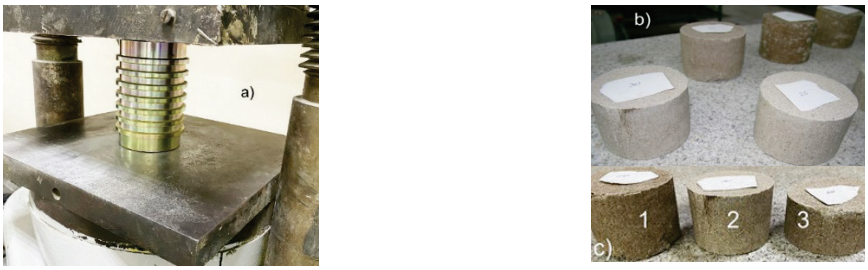
Ұзақ эксперименттік және теориялық зерттеулер нәтижесінде біз компонеттердің оңтайлы құрамын таңдап алдық, ол бойынша әзірленген тұзды жалақ брикеттері ірі қара малдың төлін азықтандыру бойынша тәжірибелерде қолданылды, сондай-ақ тұзды жалақ премикстер өндірісі үшін рецепт жасалды, ол ағымдағы зерттеулерде жаңа компонентерді енгізу және қоспаны дайындау кезінде жаңа араластырғышты қолданған соң, кейбір компоненттердің концентрациясы өзгертілді. Жалақ премикстердің құрамдас бөліктерінің құрамы өзгергенге дейін порциялық араластырғышта жем-шөп тұзының сусымалы материалдарын, минералдық және өсімдік компоненттерін араластыру, кейіннен олардан дайындалған қоспадан фито-минералдық тұз блоктарын дайындау 25 кг/см^2 қысымда П-125 пресінде мынадай арақатынаста жасалды, мас./сағ.: көмірқышқылды мырыш – 0,28; көмірқышқылды мыс – 0,03; йодты калий – 0,05; күкірт қышқылды темір – 0,41; (бентонит) 2 мм-ге дейін ұсақталған цеолит – 30,0; 2 мм дейін ұсақталған тавриялық жусан – 2,0; 1,5 мм дейін ұсақталған сібір самырсының қылқан жапырақтары – 2,5; 2 мм-ге дейін ұсақталған хлорлы натрий (жем тұзы) – 1500,0.

Тұзды жалақ брикеттерді соңғы престеу бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу арнайы эксперименттік жабдықты пайдалана отырып, зертханалық жағдайларда жүзеге асырылды. Көрсеткіштерді алуға неғұрлым ыңғайлы қол жеткізу үшін кейбір тәжірибелер жеке қорап-пішінді қолдана отырып жүргізілді (3-сурет: а) табиғи қорап; б) қораптың компьютерлік моделі).



3-сурет – Эксперименттік табиғи пішін-қорап (а) және оның сандық моделі (б) тұзды жалақ премиксін престеу және сынау үшін: 1-қақпақ-плунжер, 2-өлшемді қорап-қалып, 3-бекіту бұрандалары

Кейбір тәжірибелер цилиндрлік пресс-қалыппен жүргізілді (4, a сурет). 4, b және 4,c-суреттерде бірдей қысым кезінде, бірақ араластыру сапасы мен престелетін қоспа компоненттерінің өлшемдері әртүрлі болған кезде алынған үлгілердің жай-күйі мен биіктігі көрінеді. Бірдей қысым кезінде алынған тұзды жалақ брикеттердің әртүрлі биіктігі қоспаның өсімдік компоненттерінің әртүрлі механикалық қасиеттеріне негізделген. 4-суретте көрсетілген тұзды жалақ брикеттерінің цилиндрлері қалыптық тұз қоспасының бірдей көлемі мен салмағынан алынған, бірақ онда сібір қылқан жапырағы компонентінің ұзындығы әртүрлі: 1–5 мм; 2-үлгіде – 2,5 мм; 3 үлгіде – 1 мм. Барлық үлгілердің пресс-қалыптарының диаметрі бірдей – 60 мм, биіктігі – 120 мм; престің қысымы – 120 МПа. Үлгілердің суретінен көрінгеніндей - қылқан жапырақтардың арматураланған ұзындығы неғұрлым аз болса, тұзды жалақ брикеттер үлгісінің сығылуы мен беріктігі соғұрлым жоғары болады.



4-сурет – Цилиндрлік пресс-қалыппен эксперимент жүргізу:
a) – эксперименттік цилиндрлік пресс-қалыпта; b) – бірдей қысым кезінде алынған үлгілердің жай-күйі мен биіктігі;
c) – араластырудың әртүрлі сапасы мен престелетін қоспа компоненттерінің өлшемдері кезінде алынған үлгілердің жай-күйі мен биіктігі

Араластырудың кіріс факторларын таңдау мен өзгерту шектерін негіздеу үшін жалақ премикстерді алу кезінде компоненттердің массасын араластыру процесіне әсер ететін әртүрлі факторлардың өзара іс-қимылын зерттеу үшін режимдерді іздеу жүзеге асырылды, бұл үшін экспериментті жоспарлаудың математикалық

әдістері қолданылды. Зерттелетін процестің математикалық моделі екінші дәрежелі полинома түрінде ұсынылды:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^{n} b_i X_i + \sum_{i=1}^{n} b_{ii} X_i^2 + \sum_{i \le j}^{n} b_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

мұндағы b_0-қарастырылып отырған факторлар орташа, «нөлдік» деңгейлерде болған жағдайда жауаптың орташа мәніне тең теңдеудің еркін мүшесі; Х-жауап функциясын анықтайтын және өзгеретін факторлардың масштабталған мәндері; bij-бір фактордың әсер ету дәрежесі екіншісінің шамасы өзгерген кезде қаншалықты өзгеретінін көрсететін екі факторлы өзара әрекеттесу коэффициенттері; b_{ii} – факторлардан шығу параметрінің сызықтық еместігін анықтайтын квадраттық әсерлердің коэффициенттері; i, j-факторлардың индекстері; n-жоспарлау матрицасындағы фактілер саны.

Араластырғыштың жұмыс процесінің тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлар (5-сурет): X_1 – сібір самырсының ың қылқан жапырақтарының болуы, %; X_2 – кальций тотығының болуы, %; X_3 – араластырғыш білігінің айналу жиілігі, айн/мин; X_4 – рецепт бойынша қоспада тұздың болуы (концентрациясы), %; X_5 – араластыру уақыты, мин. Олардың әсерін бағалау көрсеткіштері: Y_1 – меншікті өнімділік (q), кг/кВтсағ; Y_2 – энергия сыйымдылығы (N), кВт; Y_3 – араластырудың біркелкілігі (коэффициент) (kh), %. Y_3 қоспасының компоненттерін араластырудың біркелкілігі сұйық хроматография әдісімен А, Д, Е дәрумендерінің қоспасының көлемінде болуы мен концентрациясы бойынша тексерілді (3-кесте). Сондай-ақ, 5,d суретте алынған тұзды жалақ брикеттері партиясының фотосуреті көрсетілген.

3-кесте – Араластыру тиімділігі

Брикеттердегі дәрумендер	Витаминдердің түпкілікті болуы бойынша өнімнің біркелкілігі
А, мг/г	93,3
Д, мг/г	88,7
Е, мг/г	86,8

Зерттеу үшін орталық композициялық ротатабельді униформ-жоспарлау қолданылды және бөлшектік факторлық эксперимент таңдалды. Тәжірибе тәртібі кездейсоқ сандар кестесі арқылы рандомизацияланды, бұл бақыланбайтын факторлардың эксперимент нәтижелеріне әсерін болдырмады. Зерттелетін факторлардың өзгеру шектері 4-кестеде келтірілген.

4-кесте – Эксперимент жоспарының негізгі сипаттамалары

Жоспарлау шарттары	Факторлардың өзгеру шектері				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Нөлдік деңгей (0)	50	15	35	35	10
Өзгеру аралығы	10	5	15	15	2
Жоғарғы деңгей (+1)	60	20	50	50	12
Төменгі деңгей (-1)	40	10	20	20	8

Жоғарғы «жұлдыз» нүктесі (+2)	70	25	65	65	14
Төменгі «жұлдыз» нүктесі (-2)	30	5	5	5	6

Жоспарлау матрицасына сәйкес бес кіру факторы үшін эксперименттер саны 32-ге тең болады. Эксперимент нәтижелерін өңдеу кезінде (5-кесте) мынадай статикалық критерийлер қолданылды: дисперсиялардың біртектілігін тексеру – Кохрен критерийі, регрессия теңдеулері коэффициенттерінің маңыздылығы –Стьюдент критерийі, теңдеулердің сәйкестігі - Фишер критерийі.

5-кесте – Экспериментті жоспарлау матрицасы

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y_1	Y_2	Y_3
-1	-1	-1	-1	1	69	0.53	91
1	-1	-1	-1	-1	40	0.58	81
-1	1	-1	-1	-1	60	0.6	92
1	1	-1	-1	1	47	0.62	86
-1	-1	1	-1	-1	61	0.59	89
1	-1	1	-1	1	57	0.58	84
-1	1	1	-1	1	59	0.65	93
1	1	1	-1	-1	45	0.7	84
-1	-1	-1	1	-1	59	0.53	90
1	-1	-1	1	1	47	0.69	81
-1	1	-1	1	1	57	0.72	93
1	1	-1	1	-1	43	0.59	80
-1	-1	1	1	1	63	0.7	95
1	-1	1	1	-1	53	0.73	83
-1	1	1	1	-1	57	0.73	89
1	1	1	1	1	41	0.8	89
-2	0	0	0	0	56	0.51	92
2	0	0	0	0	41	0.7	75
0	-2	0	0	0	57	0.54	80
0	2	0	0	0	45	0.8	93
0	0	-2	0	0	41	0.51	80
0	0	2	0	0	61	0.53	97
0	0	0	-2	0	65	0.51	96
0	0	0	2	0	55	0.53	79
0	0	0	0	-2	40	0.55	87
0	0	0	0	2	57	0.77	95
0	0	0	0	0	49	0.61	85
0	0	0	0	0	55	0.6	91
0	0	0	0	0	51	0.59	89
0	0	0	0	0	50	0.6	88
0	0	0	0	0	52	0.61	90
0	0	0	0	0	51	0.61	88

Зерттеу үшін орталық композициялық ротатабельді униформ-жоспарлау қолданылды және бөлшектік факторлық эксперимент таңдалды. Тәжірибе тәртібі кездейсоқ сандар кестесі арқылы рандомизацияланды, бұл бақыланбайтын факторлардың эксперимент нәтижелеріне әсерін болдырмады. Араластырғыштың жұмыс процесінің математикалық моделі эмпирикалық түрде алынған және

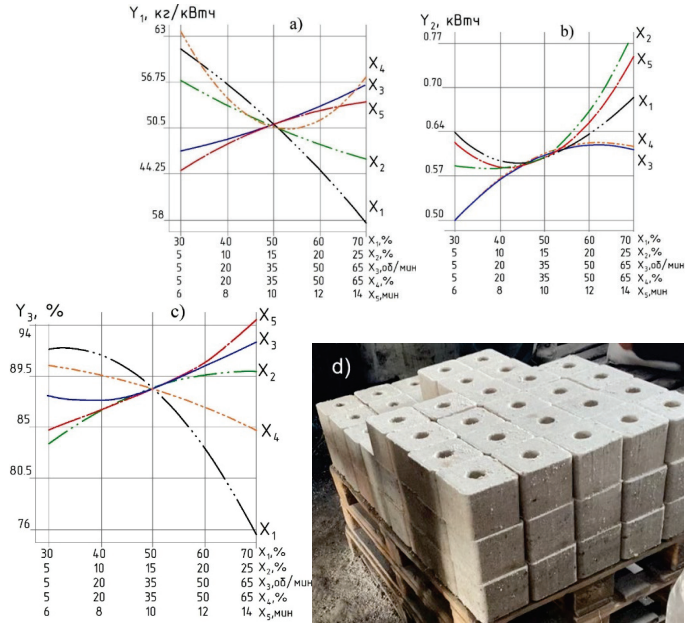
кіріс факторларының өзгеруі кезінде жұмыс процесін барабар сипаттайтын эксперименттік деректерді статистикалық өңдеу нәтижесінде табылған регрессия теңдеулерінің түріне ие:

$$Y_1 = 51{,}51 - 6{,}23 \cdot X_1 - 1{,}91 \cdot X_2 + 1{,}79 \cdot X_3 - 1{,}56 \cdot X_4 + 1{,}67 \cdot X_5 + \\ +1{,}06 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0{,}63 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0{,}75 \cdot X_3 \cdot X_5 - 0{,}81 \cdot X_4 \cdot X_5 + 1{,}92 \cdot X_4^2 \quad (2)$$

$$Y_2 = 0{,}61 + 0{,}024 \cdot X_1 + 0{,}039 \cdot X_2 + 0{,}031 \cdot X_3 + 0{,}033 \cdot X_4 + 0{,}023 \cdot X_5 - \\ - 0{,}015 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0{,}015 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0{,}18 \cdot X_2^2 + 0{,}017 \cdot X_2^2 \quad (3)$$

$$Y_3 = 88{,}98 - 4{,}00 \cdot X_1 + 1{,}11 \cdot X_2 + 1{,}46 \cdot X_3 - 1{,}14 \cdot X_4 + 1{,}29 \cdot X_5 + \\ +0{,}78 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0{,}75 \cdot X_3 \cdot X_5 + 0{,}71 \cdot X_4 \cdot X_5 - 0{,}99 \cdot X_1^2 \quad (4)$$

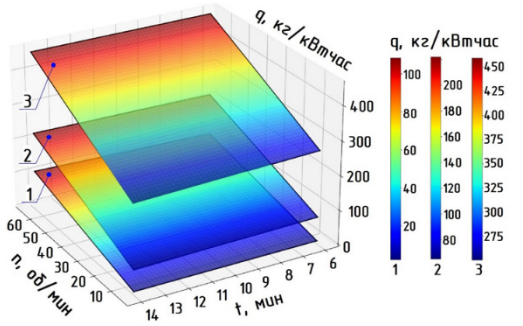
Жаңа араластырғыш жұмысының тиімділігін қоспадағы ингредиенттер құрамының берілген рецептілері және жұмыс процесінің кіріс факторларының шығыс деректеріне әсері бойынша егжей-тегжейлі бағалау регрессия (2), (3), (4) теңдеулерінен алынған.



5-сурет – Xi кіріс факторларының Yj шығыстарынан әсерін анықтауға тәуелділіктер: a) – меншікті өнімділік, кг/кВтсағ; b) – энергия шығыны, кВт; c) – араластырудың біркелкілігі, %; d) – дайын жалақ премикстерінің партиясы

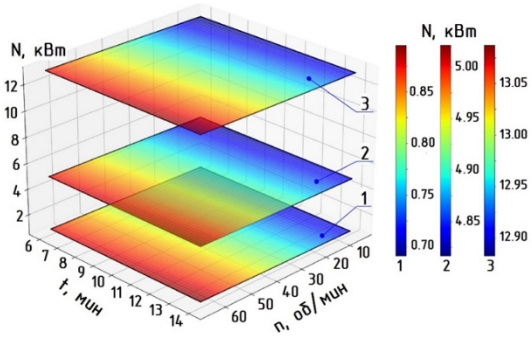
Нақты өнімділіктің q (кг/кВт.сағ) араластырғыш білігінің N-айналу жиілігінің өзгеруіне, айн/мин және t – араластыру уақытының, мин, X_1, X_2 және X_4 белгіленген параметрлері кезінде тәуелділіктерінің графикалық бейнесі 6-суретте келтірілген; N (Вт) энергия шығынының араластырғыштың N-айналу жиілігінің өзгеруіне тәуелділігі, айн / мин және t араластыру уақыты, мин, X_1,

X_2 және X_4 бекітілген параметрлерде, 7-суретте берілген; kh (%) араластыру коэффициентінің араластырғыштың N-айналу жиілігінің өзгеруіне тәуелділігі, айн/мин және t-араластыру уақыты, мин, X1, X2 және X4 бекітілген параметрлерде 8-суретте келтірілген.



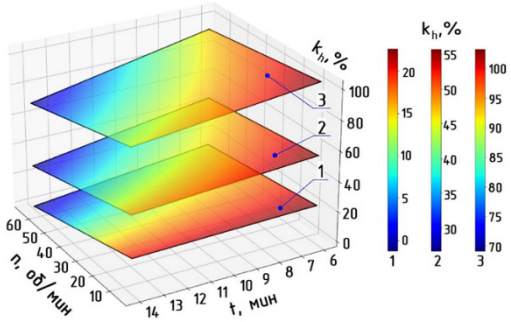
6-сурет – Өнімділікке әсер ететін екі фактор

Бұл жерде q (кг/кВт · сағ) шамасының X3 (біліктің айналу жиілігі, айн/мин) және X_5 (араластыру уақыты, мин) өзгерісіне тәуелділігі көрсетілген. Үш түрлі жағдай алынды: X_1, X_2, X_4 мәндері бекітілген. 1-жағдай: X_1 = 30 %, X_2 = 5 %, X_4 = 5 %; 2-жағдай: X_1 = 50 %, X_2 = 15 %, X_4 = 35 %; 3-жағдай: X_1 = 70 %, X_2 = 25 %, X4=65%. Әрбір жағдай үшін беттік графигі және жылу картасы келтірілген.



7-сурет – Энергия шығынының (N, Вт) X_3 және X_5-ке тәуелділігі

Бұл жерде X_1, X_2, X_4 мәндері бекітілген. 1-жағдай: X_1 = 30 %, X_2 = 5 %, X_4 = 5 %; 2-жағдай: X_1 = 50 %, X_2 = 15 %, X_4 = 35 %; 3-жағдай: X_1 = 70 %, X_2 = 25 %, X_4 = 65 %. Әр жағдай үшін беттік графигі (3D) және жылу картасы көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, энергия шығыны айналу жиілігі мен уақыт өскен сайын артады.



8-сурет – Араластыру біркелкілігінің (kh, %) өзгеруі

Бұл суретте де дәл сол бекітілген параметрлер (X_1, X_2, X_4) және екі өзгеретін фактор (X_3 пен X_5) бар. Үш түрлі жағдай келтірілген (1, 2, 3). Графиктерден мынаны байқауға болады: біркелкілік коэффициенті айналу жиілігі мен араластыру уақытының артуымен, әдетте, жоғарылайды.

6, 7 және 8-суреттердегі графиктер (олар (2), (3), (4) регрессия теңдеулері негізінде салынған) бойынша мынадай қорытындылар жасауға болады. Төменде әр факторға жеке-жеке тоқталамын.

1 Сібір самырсынының қылқан жапырақтары (X_1). Бұл фактор меншікті өнімділікке (q) кері әсер етеді (теріс сызықтық мүше бар). Бірақ X_3-пен бірге оң әрекеттеседі. Ал біркелкілік коэффициентіне (kh) ол тіпті күштірек кері әсер етеді (теңдеуде үлкен теріс квадраттық мүше бар). Сондықтан q пен kh-ты көбейту, ал энергия шығынын (N) азайту үшін X_1 мөлшерін барынша азайтқан жөн. Егер X1 қажетті компонент болса, онда онымен оң әрекеттесетін басқа факторларды – мысалы, X_3 (айналу жиілігі) немесе X_2 (кальций тотығы) – реттеу арқылы ымыралы шешім табуға болады.

2 Кальций оксиді (X_2). Бұл фактор энергия шығынын (N) айтарлықтай арттырады. Әсіресе жоғары концентрацияда, квадраттық әсер күшейе түседі. Энергия тұрғысынан бұл тиімсіз. Бірақ оң жағынан қарасақ, X_2 араластыру біркелкілігіне (kh) оң әсер етеді және X_1-мен бірге де kh-ты жақсартады. Сондықтан X_2-ні оңтайландырғанда, біртектілік пен энергия шығынының арасындағы тепе-теңдікті сақтау керек.

3 Айналу жиілігі (X_3) және араластыру уақыты (X_5). Бұл екеуі – жақсы «әмбебап» факторлар. Екеуі де q пен kh-ты арттырады, сонымен қатар олар бір-бірімен оң әрекеттеседі (X_3 – X_5). Жалпы, X_3 пен X_5-ті арттыру процесті жақсартады. Дегенмен, ескеретін жайт: олардың өсуі энергия шығынын (N) да аздап болса да көбейтеді (бірақ X_2-ге қарағанда әлдеқайда аз). Сондықтан рұқсат етілген қуат шегінде жоғары X_3 және X_5 мәндерін пайдалану ұсынылады.

4 Тұздың мөлшері (X_4). Бұл фактор қызықты әсер көрсетеді. Ол меншікті өнімділікті (q) сызықты емес түрде арттырады (квадраттық мүше бар). Бірақ араластыру біркелкілігіне (kh) кері әсер етеді. Ал энергия шығынына (N) - оң әсер етеді. Сонымен қатар, X_4 пен X_5-тің бірлескен әрекеттесуі kh-қа оң әсер етеді,

бірақ q-ға кері әсер етеді. Бұл тұздың процестегі рөлі өте күрделі екенін көрсетеді. Оңтайлы X_4 мәнін табу үшін, әсіресе X_5-пен бірге, қосымша зерттеулер қажет.

5. Уақыт (X5). Бұл фактордың әсері салыстырмалы түрде аз. Ол меншікті өнімділікке (q) және біркелкілікке (kh) шамалы оң әсер етеді.

Жалпы саны отыздан астам эксперимент жүргізілді. Эксперименттер 5 кіру факторына арналған матрица бойынша жасалды. Нәтижесінде компоненттерді араластыру процесінің математикалық моделін құрдық. Бұл модель арқылы келесі көрсеткіштерді есептеуге болады: жаңа араластырғыштың үлестік өнімділігі; энергия шығындары; араластырудың біртектілігі мен тиімділігі.

Ескерту: бұл есептеулер кіріс факторларын түрлендірудің таңдалған интервалдары шегінде ғана дұрыс болады. Модельді құру үшін біз бастапқы факторлардың өзара тәуелділік деректерін жинадық.

Талдау нәтижесінде жұмыс процесін жүргізудің тәжірибелік келісімді ұсынымдары алынды:

1 Кальций тотығының (X_2) құрамын ең төменгі деңгейге (≈ 5%) дейін төмендету - энергия шығындарын айтарлықтай азайтады (Y_2).

2 Сібір самырсынның қылқан жапырақтарын (X_1) төмен немесе орташа деңгейде ұстау (қоспадағы берілген ең жоғары құрамның ≈ 30–40 %) – біркелкілікті бұзбауға мүмкіндік береді. Сібір самырсынның қылқан жапырақтары тым көп мөлшерде болуы (X_1) қоспаны (kh) (Y_3) араластырудың біркелкілігін күрт нашарлатады.

3 Араластырғыш білігінің айналу жылдамдығын (X_3) жоғарғы шекараға дейін арттыру (≈ 55–65 айн/мин) – меншікті өнімділікке (Y_1) және қоспаны араластырудың біркелкілігіне (Y_3) оң әсер етеді.

4 Қоспадағы тұз құрамының артуы (X_4) салмақ есептеуінде (Y_1) меншікті өнімділіктің үлкен өсімін береді, бірақ сақ болу керек: модельде бұл қоспадағы тұздың ең үлкен массасы мен көлеміне байланысты (Y_1) өнімділіктің жоғарылауының өте үлкен мәндерін береді (мүмкін орындалмайтын) – егер технологиялық шектеулер рұқсат етсе, онда X_4 ұлғаюы теориялық тұрғыдан өнімділікті ≈ 60 % дейін арттыруға болады.

5 Араластыру уақыты (X_5) диапазонның жоғарғы бөлігіне дейін (≈ 12–14 мин), жақсы біркелкілікке оң әсер етеді.

Егер басты мақсатымыз энергия шығындарын азайту болса, онда басты рецепт – кальций тотығының (X_2) мөлшерін барынша азайту болып табылады; қалған айнымалылар қажетті біркелкілік пен өнімділікке байланысты таңдалады.

Жоғарыда көрсетілген оңтайландырудың мақсаты – жем-шөп араластырғышының жұмыс процесінің математикалық моделін әзірлеу, онда тұзды жалақ премикстеріне кіретін ингредиенттердің берілген кіріс салмағы мен сандық арақатынасының түрленуінің кең ауқымы жаңа араластырғыш үшін Y_1 ең жоғары меншікті өнімділігін және біркелкілігін қамтамасыз ететін қолжетімді жұмыс режимдерін таңдауға мүмкіндік берер еді, сондай-ақ өнімді алу кезіндегі Y_2 энергия шығыны аз кетеді.

Оңтайландыру тапсырмасының жеңілдетілген математикалық жинағы жалпы түрде келесі модель ретінде болуы мүмкін:

$$x \in D \text{ үшін } q = q \cdot (Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3) \rightarrow optimum \quad (5)$$

Осы үлгі үшін мәндер аумағын сәйкестендіреміз:

$$D: Y_1(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \rightarrow max \quad (6)$$

$$Y_3(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \rightarrow max \quad (7)$$

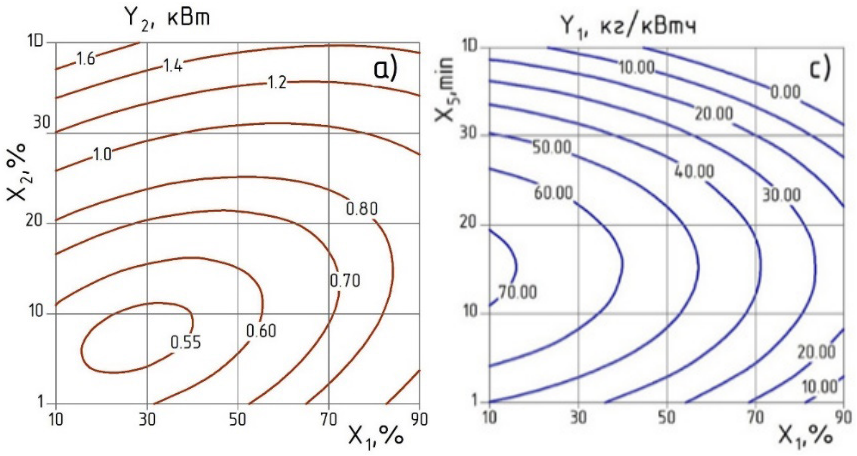
$$Y_2(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \rightarrow min \quad (8)$$

Оңтайландыру нәтижесінде бастапқы кіріс факторлары аралықтарының ұтымды мәндері алынды: X_1= 5,0–7,2 %; X_2= 3,0–6,1 %; X_3 = 46–49 айн/мин; X_4 = 60–80 %; X_5 = 10,5–12,5 мин.

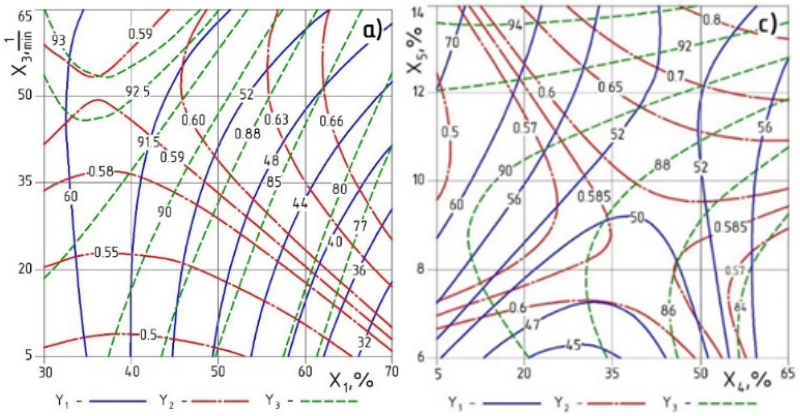
Ұтымды параметрлердің сәйкестігін растау үшін нәтижелері барлық сапа критерийлері үшін 14,1–%-дан аспайтын орташа квадраттық қатемен сенімді аралық көрсеткіштері бойынша елестетілген бірнеше қатар тексеру эксперименттері жүргізілді.

9-суретте ғылыми негіздемеге әлі де қызығушылық танытатын және процесс көрсеткіштерінің зерттелетін саласындағы басқа кіріс факторларының мәндерін олармен салыстыруға және олардың осы саладан тыс шамаларының өзгеруін болжауға мүмкіндік беретін жемшөп қоспаларының жаңа араластырғышының тиісті шығыс көрсеткіштерінің дөңгелектенген нәтижелі желілері орналастырылған.

Осы мақсаттар үшін 10-суреттің номограммалары (а, с) жаңа араластырғыштың шығу параметрлерінің көрсеткіштерін зерттелетін мәндердің шекаралары шегінде табу үшін жасалды.



9-сурет – Әртүрлі факторлардың әсері: а) энергия шығынының (Y_2, кВт) өзгеруі; X_1 – сібір майқарағайының ұсақталған қылқан жапырағының мөлшері (%); X_2 – кальций тотығының болуы (%); б) меншікті өнімділіктің өзгеруі (Y_1, кг/кВт · сағ); X_1 – қылқан жапырағы, %; X_5 – араластыру ұзақтығы, мин



10-сурет – Номограммалар көмегімен факторларды іздеу
а) қылқан жапырағы мөлшерінің (X_1, %) араластырғыш білігінің айналым санына тәуелділігі (X_3, айн/мин); с) қылқан жапырағы мөлшерінің (X_1, %) араластыру ұзақтығына тәуелділігі (X_5, мин)

Жоғарыда келтірілген талдаулар мен оңтайландыру нәтижелеріне сүйене отырып, мынадай қорытынды жасауға болады. Жаңа араластырғыштың шығыс параметрлерін қажетті мәндерге келтіруге болады. Ол үшін оларды үш өлшем бойынша түрлендірудің ұтымды аймағынан шығып кетпеу керек. Сонымен бірге, қажет болған жағдайда сәйкесті технологиялық шешімдер қабылдауға болады.

Жалпы математикалық модельді келесі жағдайларда пайдалануға болады:

– жаңа азықтық араластырғыштардың параметрлерін есептеу кезінде;

– араластыру процестерін автоматтандыру үшін;

– шығыс параметрлерін басқару алгоритмдерін әзірлеу кезінде.

Бұл модель жұмыс істеуге жарамды және практикалық есептерді шешуге көмектеседі.

Қаржыландыру туралы ақпарат

Осы жұмыстарға байланысты зерттеулерді ҚР Ғылым және Жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (AP26102017 – «Өнімділігі жоғары өсімдік қалдықтарын қайта өңдеудің инновациялық технологиясы үшін параметрлерді негіздеу және жабдықтарды әзірлеу» гранты).

Қорытынды

Тұзды жалақ премикс брикеттерін дайындау үшін қоспасының компоненттерін араластыру процесіне қатысты орындалған эксперименттік, талдамалық және конструкторлық зерттеулер мынадай қорытындылар жасауға мүмкіндік береді:

1 Араластырғыштың құрама біліктері жаңартылды. Олар өз конструкциясында шнек, спиральді қауырсын, тұмсық тәрізді қопсытқыштар мен араластырғыш қалақтарды біріктіреді және аралас компоненттердің тұтастығы мен сапасының сақталуына зиянды әсер етпей, әртүрлі шикізат үшін оңтайлы араластыруды қамтамасыз етеді.

2 Экспериментті көп факторлы жоспарлау әдісін қолдану тұздық витаминдендірілген премикс-жалақтарды дайындау үшін қоспа компоненттерін

араластыру процесінің математикалық үлгілерін алуға мүмкіндік берді, солардың көмегімен араластыру процесінің тиімділігін айқындайтын басты факторлар бөлінді және олардың оңтайлы мәндерінің графикалық тәуелділіктері алынды.

3 Теориялық және эксперименттік зерттеулер нәтижесінде араластырғыш біліктерін жаңартудың орындылығы расталды. Жаңа араластырғышта араластыру процесінің кіріс параметрлерінің өзгеруінің диапазонында ең жоғары меншікті өнімділікке және біртектілікке қол жеткізуге мүмкіндік берген тұздық премикс-жалақтар құрамының түпкілікті өнімі анықталды.

4 Дайын өнімнің сапасына кешенді талдау жүргізілді. Қоспа ингредиенттерін араластыру процесіне енгізілетін витаминдер мен элементтердің гигроскопиялық және пластикалық қасиеттерінің өзгеруі және құрамы зерттелді.

5 Компоненттердің оңтайлы құрамы таңдалды, сондай-ақ тұзды премикс-жалақтар өндіру үшін рецепт жасалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Doudkin, M., Kim, A., Vavilov, A., Guryanov, G., Yakovlev, V., Varavin, Ye.** Justification Of The Efficiency Of Modernizing A Grain Extruder For The Production Of Feed Additives Using Crop Residues. Engineering, Technology & Applied Science Research. – Vol. 15. – № 5: October, 2025.

2 **Doudkin, M., Kim, A., Yakovlev, I., Vasilkov, D., Asangaliev, Ye., Moldakhanov, B.** Analysis of experimental studies on the efficiency of a new mixer for molding mixtures components for the production of premix lick blocks and the final product effect. Production Engineering Archives. – 2025. – 31(1). – P. 81–90.

3 **Salem Ali Karrab and Mohamed Ali Ballem.** Failure Analysis and Repair of a Broken Extruder Shaft: A Case Study. EJERS, European Journal of Engineering Research and Science. – Vol. 5. – № 1. – P. 107–111, January 2020. – http://dx.doi.org/10.24018/ejers.2020.5.1.1738

4 **Lytkina, L. I., Shevtsov, A. A., Shentsova, E. S., Apalikhina, O. A.** The probabilistic model of the process mixing of animal feed ingredients into a continuous mixer-reactor. Proceedings of VSUET. – № 2. – 2016. – P. 16–21.

5 **Lytkina, L. I., Shevcov, A. A., Pereverzeva, S. A., Sazonova, S. I.** Mixer with Z-image working body for mixing high-typical components // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2017. № 5. P. 65–68.

6 **Shevtsov, A. A., Drannikov, A. V., Shentsova, E. S., Lytkina, L. I.** Pereverzeva S.A. Method for the production of feed briquettes based on molasses and a line for its implementation. Patent RF, № 2630453. – 2017.

7 **Hedegaard, C. J., Strube, M. L., Hansen, M. B., Lindved, B. K. et al.** Natural Pig Plasma Immunoglobulins Have Anti-Bacterial Effects: Potential for Use as Feed Supplement for Treatment of Intestinal Infections in Pigs // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11. – № 1. – https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147373

8 **Mahfuz, S., Piao, X. S.** Application of Moringa (Moringa oleifera) as Natural Feed Supplement in Poultry Diets // Animals. – 2019. – Vol. 9. – № 7. – P. 431. – https://doi.org/10.3390/ani9070431

9 **Cai M., Mu L., Wang Z.-l., Liu J.-y.** Assessment of mulberry leaf as a potential feed supplement for animal feeding in P. R. China // Asian-Australas J Anim Sci. – 2019. – Vol. 32. – № 8. – P. 1145–1152.

10 **Shilong Li, Jun Lu.** Finite Element Analysis of Worm Auger in Meat Grinder. Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 945–949. – P. 162–165. – https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.162

03.04.26 ж. баспаға түсті.
06.04.26 ж. түзетулерімен түсті.
18.05.26 ж. басып шығаруға қабылданды.

Б. А. Молдаханов[1], М. В. Дудкин[2], Т. Лешневский[3],
В. С. Яковлев[4], А. Ж. Байгунусов[5]
[1,2]ООО «Европлюс Восток», Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск;
[3]Вроцлавский университет науки и техники, Польша, г. Вроцлав;
[4,5]Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск.
Поступило в редакцию 03.04.26.
Поступило с исправлениями 06.04.26.
Принято в печать 18.05.26.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ С ОТХОДАМИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Производство кормовых или солевых брикетов имеет множество нормативных ограничений и высоких требований к качеству и состоянию конечной продукции. Они должны быть прочными и целыми при транспортировании и хранении во влажном помещении. При этом они должны сохранять все вкусовые качества и быть привлекательными для питания животных. Соответственно, это требование должно обеспечиваться выбором параметров всего комплекса рабочего оборудования, составляющего технологическую линию производства. Например, брикеты соли, в которые входят различные смесители, перед прессованием которых обеспечивается равномерное перемешивание и равномерность кормовых добавок. Формуемая смесь содержит несколько компонентов, концентрация или объемный состав и количество которых могут существенно повлиять на параметры рабочего процесса смесителя, а затем прессового оборудования и состояние конечного продукта - на кормовые или солевые брикеты. Приведены результаты проектирования нового вала смесителя, позволяющие обновить весь рабочий процесс смесителя и равномерно смешивать его до однородности кормовой смеси даже при изменении параметров всех компонентов. На основе

экспериментального опыта были сделаны уравнения регрессии, адекватно характеризующие рабочий процесс в изменении входящих факторов после статистической обработки экспериментальных данных и указаны пределы изменения исследуемых факторов. Выбран состав ингредиентов смеси, позволяющий достичь наиболее эффективных показателей вышеуказанных целей.

Ключевые слова: смеситель для корма, шарнирный вал, перемешивание, витамины, влажность смеси, пресс, поваренная соль.

B. A. Moldakhanov[1], M. V. Doudkin[2], T. Leśniewski[3],
V. S. Yakovlev[4], A. Zh. Baigunussov[5]
[1,2]LLP «Europlyus Vostok», Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk;
[3]Wrocław University of Science and Technology, Poland, Wrocław;
[4,5]East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbaev,
Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk.
Received 03.04.26.
Received in revised form 06.04.26.
Accepted for publication 18.05.26.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE EFFICIENCY OF THE WORKING PROCESS OF THE MIXER OF FEED MIXTURES WITH CROP WASTE

The production of feed or salt briquettes has many regulatory limitations and high requirements for the quality and condition of the final product. They must be strong and intact when transported and stored in a wet room. At the same time, they must maintain all taste and be attractive for animal nutrition. Accordingly, this requirement must be ensured by selecting the parameters of the entire complex of working equipment that makes up the production line. For example, salt briquettes, which include various mixers, before pressing of which uniform mixing and uniformity of feed additives is ensured. The moldable mixture contains several components, the concentration or bulk composition and amount of which can significantly affect the working process parameters of the mixer, and then the press equipment and the state of the final product - on feed or salt briquettes. The results of designing a new mixer shaft are presented, which make it possible to update the entire working process of the mixer and evenly mix it until the feed mixture is homogeneous even when the parameters of all components change. Based on experimental experience, regression equations were made that adequately characterize the work process in changing incoming factors after statistical processing of experimental data, and the limits of changing the studied factors were indicated. The composition of the ingredients of the mixture is selected to achieve the most effective indicators of the above goals.

Keywords: feed mixer, articulated shaft, mixing, vitamins, moisture content of the mixture, press, table salt.

Теруге 10.06.26 ж. жіберілді. Басуға 30.06.26 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
5,07 Mb RAM
Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан
Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4559

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
Торайғыров университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz
nitk.tou.edu.kz