

## ЖЕМДІК ҚОСПА НЕГІЗІНДЕГІ ҚҰРАМА ЖЕМ ӨНДІРІСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН МОДЕЛЬДЕУ

Ж. С. Әлімқұлов,<sup>1</sup> т.ғ.д., С. Т. Жиенбаева\* , т.ғ.к.

Қазақ тамақ және қайта өңдеу өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты,  
Алматы технологиялық университеті\*

---

---

Приводятся результаты математического моделирования технологического процесса приготовления комбикормов на основе кормовой добавки, способствующей сокращению времени приготовления готовой продукции.

**Ключевые слова:** математическое моделирование комбикормов, комбикорма, кормовая добавка.



This article shows the results of mathematical modeling of technological process of compound feed on the basis of feed additive which takes a short time for its production.

**Key words:** mathematical modeling of compound feed, compound feed, feed additive.

Құрама жемдердің технологиялық процесі қазіргі жем шығаратын зауыттарда құрауыштарды алдымен дайындап, мөлшерлеп, араластырып, нормативтік-техникалық құжаттарға сай өнім алатын көптеген технологиялық желілерден тұрады.

Технологиялық желілердің көптігі, құрама жем зауыттарына физикалық-химиялық және құрылымдық-механикалық қасиеттері әртүрлі көптеген шикізаттар түседі. Сонымен қатар, құрама жем құрауыштары сусымалы, тығыздалған, ірі кесекті және сұйық түрде болады. Құрама жем зауыттарына түсетін барлық шикізаттар бақыланады, қажет болса машиналарда өңдеуден өтеді.

Құрама жем зауыттарындағы технологиялық желілер технологиялық қасиеттері ұқсас, тазалау, ұнтақтау немесе басқа да өңдеу түрлері бірдей шикізаттарды өңдеуге арналған. Әртүрлі шикізаттарды технологиялық желілерде кезекпен немесе қатар өңдеп, дайындағаннан кейін арнайы қораптарға жібереді [1,2].

Құрама жем кәсіпорындарындағы технологиялық сызбаларды циклограмма арқылы талдаудың қолданылып жүрген әдісі ең перспективті, алайда еңбек сыйымдылығын көп қажет ететін процесс. Сондықтан осы жұмыс көлемінде жемдік қоспа негізіндегі құрама жем өндірісінің технологиялық процестерін модельдеу және технологиялық сызбаның есептеулерін жүргізуді қамтамасыз ететін бағдарламаны жасау алға қойылды.

Бұл міндетті шешу былай жүргізіледі. Стандарт талабына сай келетін жемдік қоспа негізіндегі құрама жем жасау керек және «мөлшерлегіш-араластырғыш» кезеңінің үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету. Құрама жем өндірісінің зерттелетін сызбасы шикізаттың қоймадан өндіріске келіп түсуінен бастап мөлшерлегіш алдындағы қораптарға жіберілуіне дейінгі төрт технологиялық желісінен тұрады. Желілерді төмендегідей нөмірлеу қарастырылды: 1,2 - дөңді дақылдар мен ұншықты шикізат желілері; 3 - жемдік қоспа желісі; 4 - минералды шикізат пен премикс желілері.

Зерттеуді жүргізудің мақсаты - құрама жем технологиясының зерттелетін бөлігінің жұмысын мына негізгі талаптарға сай ұйымдастыру:

– «мөлшерлегіш-араластырғыш» желісі үздіксіз жұмыс істеу жағдайында оның жұмыс істеу уақытының басталуына дейінгі күту уақытының ең аз уақытын қамтамасыз етуі тиіс;

Ары қарай зерттеу үшін маңызды үлес түсінігін анықтаймыз. Үлес деп араластырғыштың сыйымдылығына  $S$  тең мөлшерде құрама жем алу үшін бекітілген рецепке сәйкес мөлшерлік қатынаста алынған әртүрлі шикізаттардың жиынтығы.

Процестің баяндалуы міндетті әртүрлі математикалық бейнелеуді тудырады. Жұмыстың тиімділігін бағалайтын өлшем ретінде – «мөлшерлегіш-араластырғыш» желісінің ең аз қосынды күту уақыты алынды. Ары қарай белгілеулер қолданылды:

$I=1,2,3$  - шикізат түрлерінің мына атауларының: 1 - дөңді дақылдар мен ұншықты шикізат желілері; 2 - жемдік қоспа желісі; 3 - минералды шикізат пер премикстің номерлері;

$a_i$  - бір үлеске ( $i$ -лік өнім бөлігі) кіретін  $i$ -лік өнім түрінің мөлшері;

$S$  - араластырғыштың сыйымдылығы.

Сонда,  $S = a_1 + a_2 + a_3$ ;

k - технологиялық сызбадағы жабдықтардың номерленуі,  
k = 1,2,3...n.

ф - жабдықтың k-лық түрінің өнімділігі;

A - рецепт бойынша құрама жем шығару.

Міндеттің бастапқы мәліметтері ары қарай қажетті келесі шамаларды есептеуге мүмкіндік береді:

M - зауыттың өнімділігіне сәйкес үлес мөлшері,  $M = A / S$ .

$t_0^i$  - қоймадан мөлшерлегіш алдындағы қораптарға дейінгі l-дық желідегі бірінші үлес бөлігінің өңделетін уақыты ұсынылған сызбаға сәйкес:

$$l=1; \quad 2-i=1; \quad l=3-i=2; \quad l=4-i=3;$$

$$t_0^l = \max_k \left\{ \frac{a_i}{\tau_k} \right\} + t_{const}^{ol} \quad (1)$$

Бұл жерде технологиялық сызба бойынша үлестің бірінші бөлігінің жүру спецификасы бекітілген  $t_{const}$

$t_1$  - үлестің әр бөлігінің (бірінші мен соңғыдан басқа) қоймадан мөлшерлегіш алдындағы қораптарға дейін l-дық желімен жүру уақыты:

$$t_1^l = \max_k \left\{ \frac{a_i}{\tau_k} \right\} \quad (2)$$

$t_1$  - l-дық желі бойынша үлестің соңғы бөлігінің жүру уақыты:

$$t_2^l = \max_k \left\{ \frac{a_i}{\tau_k} \right\} + t_{const}^{2l} \quad (3)$$

мұндағы  $t_{const}$  - маршрут бөлігінің кезекпен жүру уақыты.

Қарастырылатын әр желідегі шикізатты өңдеу уақыты мына түрде есептеледі:

$l=1, 2$  - дөңді дақылдар мен ұншықты шикізат желілері :

$$t_0^l = \frac{\max \left\{ \frac{a_i}{\tau_k}; \frac{a_1}{0,8\tau_{10}} \right\}}{k3,13} + t_{const}^{ol} \quad (4)$$

$$t_1^l = \frac{\max \left\{ \frac{a_i}{\tau_k}; \frac{a_1}{0,8\tau_{10}} \right\}}{k3,13} = \frac{a_1}{0,8\tau_{10}} \quad (5)$$

$$t_2^1 = \frac{\max}{k3,13} \left\{ \frac{a_1}{\tau_k}; 0,8\tau_{10} \right\} + \sum_{k=11}^{13} \frac{a_1}{\tau_k} \quad (6)$$

$l=3$  – жемдік қоспа желісі:

$$t_0^3 = \frac{\max}{14,21} \left\{ \frac{a_2}{\tau_k} \right\} + t_{const}^3 \quad (7)$$

$$t_1^3 = \frac{\max}{k=14,21} \left\{ \frac{a_2}{\tau_k} \right\} = \frac{a_2}{\tau_{21}} \quad (8)$$

$$t_2^3 = t_1^3$$

өйткені, осы желінің технологиялық сызбасындағы проблемалы орынға рет бойынша соңғы операция жатады.

$l=4$  - минералды шикізат пен премикс желісі:

$$t_0^4 = \frac{\max}{k=22,25} \left\{ \frac{a_3}{\tau_k} \right\} + t_{const}^4 \quad (9)$$

$$t_1^4 = \frac{\max}{k=22,25} \left\{ \frac{a_3}{\tau_k} \right\} = \frac{a_3}{\tau_{22}} \quad (10)$$

$$t_1^4 = \frac{\max}{k=22,25} \left\{ \frac{a_3}{\tau_k} \right\} + \sum_{k=23}^{25} \frac{a_3}{\tau_k} = \frac{a_3}{\tau_{22}} + \sum_{k=23}^{25} \frac{a_3}{\tau_k} \quad (11)$$

Осындай жолмен есептелген уақыт мәндері мына шамаларды анықтауға мүмкіндік береді:

$T_0, \gamma=0, 1, 2$  - қабылданған технологиялық сызба бойынша қоймадан мөлшерлегіш алдындағы қораптарға дейін әр үлестің жүру уақыты

$$T_0 = \max \left\{ \frac{t_0^1}{2}, t_0^3, t_0^4 \right\} \text{ бірінші үлес үшін;} \quad (12)$$

$$T_1 = \max \left\{ \frac{t_1^1}{2}, t_1^3, t_1^4 \right\} \text{ - барлық үлес үшін, тек алғашқы мен соңғыдан басқа;} \quad (13)$$

$$T_2 = \max \left\{ \frac{t_2^1}{2}, t_2^3, t_2^4 \right\} - \text{соңғы үлеске арналған}; \quad (14)$$

Ары қарай «мөлшерлеу-араластыру» желісіндегі күту уақытын  $U$  арқылы белгілейміз. Сонда:

$$Y = T_1 a_1 + (T_0 - T_1) \rightarrow \min \quad (15)$$

Сонымен қатар өндірістік циклді орындау уақытын анықтайтын мына белгілерді кіргіземіз:

- $c_1$  - мөлшерлегіштің толу уақыты;
- $c_2$  - мөлшерлегіштен араластырғышқа өнімді жіберу уақыты;
- $c_3$  - араластырғышта өнімнің араласу уақыты;
- $c_4$  - араластырғыштан дайын өнімнің шығу уақыты, сонда

$$c_5 = c_2 + c_3 + c_4$$

Ары қарай  $x$ - «мөлшерлегіш-араластырғыш» желісінде өңделетін үлес мөлшерін анықтайтын белгісіз шама болып қабылданын.

Енді міндетті шектеуді жазамыз. Алдымен  $k > m$ ,  $m=0$  жағдайын қарастырамыз. Белгісіз шамаларға  $k$ ,  $m$ ,  $x$  сандары және вектор  $(a_1, v_1, \dots, a_m, v_m, \dots, a_{m+1}, \dots, a_k)$  жатады.

1. «Мөлшерлегіш-араластырғыш» желісінің үздіксіз жұмысын қамтамасыз ететін шектеулер.

Бұл шектеудің мәні, «мөлшерлегіш-араластырғыш» желісінде кезекті өнім мөлшері ( $a_i$  және  $v_i$ ) өтетін өндірістік циклдің операциясына кететін уақыт, келесі партияның ( $a_{i+1} + v_i$  немесе  $a_{i+1} + v_{i+1}$ ) қоймадан мөлшерлегіш алдындағы қораптарға дейін жүретін уақытынан кем болмауы керек. Алдыңғы және соңғы үлестердің басқаларға қарағанда жүру уақытының уақытша ерекшелігін ескеріп, өндірістік циклдің үздіксіздігін қамтамасыз ететін шектеуді былай жазуға болады:

$$C_1 + C_2 [a_1] + (C_3 + C_4) \cdot ([a_1] + 1) \geq T_1 \beta_1 + T_2 a_2 \quad (16)$$

$$C_5 [a_i] \geq T_1 a_{i+1} + T_1 \beta_i, \quad \tau = 2, 3, \dots, m \quad (17)$$

$$C_5 [a_i] \geq T_1 a_{i+1}, \quad i = m+1, \dots, K=2 \quad (18)$$

$$C_5 [a_{k-1}] \geq T_1 a_{k-1} + T_2, \quad (19)$$

(16) және (19) шектеулерді жалпы шектеулер тобынан бөліп алу-дың мәні, алдыңғы және соңғы үлестердің жүру уақытының аралық үлестердің жүру уақытынан айырмашылығы болады.

(16) және (19) шектеулер «мөлшерлеу-араластыру» желісінің үздіксіз жұмысын қамтамасыз етеді.

2. Жалпы жұмыс уақытына шектеулер:

$$C_1 + C_5([x] + 1) + Y_1 \leq T \quad (20)$$

3. Жоспар бойынша шектеулер:

$$a_1 + a_2 + \dots + a_k = X \quad (21)$$

$$\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_m = M - X \quad (22)$$

Енді  $m=0$  жағдайындағы міндеттің толық математикалық жазбасын келтіреміз. Белгісіздерге жататындар  $k > 0$ ,  $a_1, a_2, \dots, a_k > 0$ . Маңызды функция – «мөлшерлеу-араластыру» желісін күту уақыты

$$Y = T_1 a_1 + (T_0 - T_1) \quad (23)$$

Сонда математикалық модель мына түрде болады:

$$T_1 a_1 + (T_0 - T_1) \rightarrow \min \quad (24)$$

мына шектеулерде

$$C_1 + C_2[a_1] + (C_3 + C_4) \cdot [a_1 - 1] \geq T_1 a_1 \quad (25)$$

$$C_5[a_i] \geq T_1 a_{i+1}, \quad i = 2, 3, \dots, k-2; \quad (26)$$

$$C_5[a_{k-1}] \geq T_1 a_{k-1} + T_2 \quad (27)$$

$$a_1 + a_2 + \dots + a_k = M \quad (28)$$

$$T_1 a_1 + (T_0 - T_1) + C_1 + C_5([M] + 1) \leq T \quad (29)$$

$$k > 0, \quad a_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (30)$$

(24)-(30) моделінің негізінде алгоритмизацияның кейбір мүмкін болатын нұсқаларын қарастырамыз. Белгісіз шамаларға индекс  $k > 0$  және вектор  $(a_1, \dots, a_k)$  жатады. Сонда, осы есеп сызықсыз оптимизацияға жататын есеп болып табылады. Ары қарай алгоритмизация әдістерімен болжап,  $k$  индексін таңдауға болады. Онда  $k$  индексі белгіленген болсын. Нәтижесінде (8)-(14) есептері сызықтық бағдарлаудың жар-тылай бүтінсандық есебіне жатады.

**Құрама жем өндірісінің технологиялық желілерін модельдеу  
нәтижелері**

Құрама жемнің рецептері	Блок- тың №	Күту уақыты, мин	Блоктың жұмыс істеу уақыты, мин	Желінің жұмыс уақыты, мин				
				1	2	3	4	5
<b>Ірі қара малға арналған құрама жем :</b>	<b>Дәстүрлі технологиямен құрама жем дайындау</b>							
Дәнді дақылдар 61,9%	1	22,50	28,22	28,22	-	-	-	-
Ұншықты шикізат 13%	2	18,40	22,34	-	22,34	-	-	-
Шроттар-15,0%	3	16,30	18,44	-	-	18,44	-	-
Тамақ өндірісінің жанама өнімдері 6,0%	4	11,20	16,0	-	-	-	16,0	-
Минералды шикізат пен премикс желісі-4,1%	5	8,0	12,6	-	-	-	-	12,6
<b>Барлығы 100%</b>		76,40	97,60	28,22	22,34	18,44	16,0	12,6
<b>II Ірі қара малға арналған құрама жем</b>	<b>Жемдік қоспа негізінде ұсынылған технология бойынша құрама жем дайындау</b>							
Дәнді дақылдар 43,0, %	1	20,45	26,44	26,44	-	-	-	-
Ұншықты шикізат 5,0 %	2	14,50	18,60	-	18,60	-	-	-
Жемдік қоспа және тамақ өндірісінің жемдік өнімдері 49,0 %	3	22,20	24,36	-	-	24,36	-	-
Минералды шикізат пен премикс желісі 3,0 %	4	8,0	12,60	-	-	-	12,60	-
<b>Барлығы, 100 %</b>		65,15	82,0	26,44	18,60	24,36	12,60	-

Жоғарыда келтірілген модельге сәйкес диалогты режимдегі симплекс-әдістің стандартты бағдарламасының көмегімен ЭЕМ-да жас ірі қара малға арналған құрама жемнің рецептері есептелді. Құрама жем дәстүрлі технология және жемдік қоспа негізінде ұсынылған технология бойынша дайындалды. Бағдарлаудың қорытынды кезеңіндегі салыстырмалы нәтижелер 1-кестеде берілген.

Осылай жасалынған математикалық модель негізінде ЭЕМ-да құрама жем өндірісінің кез келген рецептері үшін «мөлшерлеу-араластыру» желісінің үздіксіз жұмыс істеуіндегі мөлшерленетін құрауыштарды дайындаудың оптималды уақытын есептеуге болады.

Кестеден жемдік қоспа негізінде құрама жем жасау технологиясын қолданғанда құрама жем құрауыштарын дайындаудың ең аз уақыты қамтамасыз етілетіндігі көрінеді.

Математикалық модель негізінде ЭЕМ-да құрама жем өндірісінің кез келген рецептері үшін «мөлшерлеу-араластыру» желісінің үздіксіз жұмыс істеуіндегі мөлшерленетін құрауыштарды дайындаудың оптималды уақытын есептеуге болады.

### **Әдебиеттер**

1. Чеботарев О. Н., Шаззо А. Ю., Мартыненко Я. Ф. Технология муки, крупы и комбикормов. - М.: ИКЦ «МарТ», 2004. - 688 с.
2. Кошелев А. Н., Глебов Л. А. Производство комбикормов и кормовых смесей. - М.: Агропромиздат, 1986. - 176 с.