

# ЭНЕРГЕТИКА. СБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

---

ӘОЖ 665.6/7:502.171

МҒТАР 61.51.91

**Т. Ж. Жұмағұлов<sup>1</sup>, Т.Ф.К., Г. С. Жамкеева<sup>2</sup>**

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті<sup>1</sup>,  
Қызылорда қ. № 15 мектеп лицейі<sup>2</sup>,  
Қызылорда қ., Қазақстан

## ӨНДІРІСТІК ҚАЛДЫҚТАР НЕГІЗІНДЕ АЛЫНҒАН БРИКЕТ ОТЫНЫНЫҢ ЖАНУ-ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ САПАСЫН ЖУЫҚТАП ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

---

В работе рассмотрены пути утилизации нефтеотходов, в частности с получением топливных брикетов на базе разработанной технологии. С привлечением законов сохранения энергии, массы и вещества проведена количественная оценка топливно-энергетических характеристик топливных брикетов на основе отходов нефтепромысла.

**Ключевые слова:** нефтеотход, теплота горения, топливный брикет.



Берілген жұмыста брикет отынын алу технологиясын пайдалу арқылы мұнай қалдықтарын кедеге жарату жолдары қарастырылған. Энергия сақтау заңдылықтарын қолдану арқылы, брикет отынының құрамындағы әрбір заттың массалық үлесі арқылы жану-энергетикалық сипаттамасына сандық және сапалық бағалау жүргізілді.

**Түйінді сөздер:** мұнай қалдығы, жану жылуы, брикет отыны.



Ways of disposing of oil waste are considered in the paper, in particular obtaining fuel briquettes on the basis of the developed technology. With the use of the laws of conservation of energy, mass and substance are carried out quantitative assessment of energy characteristic of fuel briquettes on the basis of waste of oil fields.

**Key words:** oil waste, heat of combustion, fuel briquettes.

**Кіріспе.** Өндірісте түзілген жоғары парафинді мұнай қалдықтары негізінде брикет отынын дайындаудың тиімді технологиясын жасауда, техногендік қалдықтарға арнайы зертханалар-

да физика-химиялық зерттеулер мен олардың нәтижелеріне математикалық және экологиялық-экономикалық талдаулар жасап, өндірістік-тәжірибеде сынақтар жүргізу арқылы экологиялық қауіпсіздік проблемаларын шешу әдістерінің бірі болып табылады.

Отын – жанған кезде жылу бөлетін заттар, ал алынған жылу технологиялық процестерде қолданылады немесе басқа энергия түріне ауысады. Жанатын заттар өте көп, бірақта қажеттісі табиғатта көп таралғандары. Осы шартқа сәйкес келетіні - құрамы көміртекті заттар. Олар - көмір, жанғыш газдар, мұнай, торф, ағаш және өсімдік қалдықтары (сабан, күріш қауызы және т.б.).

Көміртегі мен сутегі – отынның ең маңызды бөліктері. Көміртегі барлық отын құрамына кіреді: қоңыр көмір мен тас көмірде 65-80%, антрациттерде 90÷95%, мазутта 84÷87% (отынның жанғыш массасына шаққанда). Сутегі мына бөлікте болады: қоңыр көмір мен тас көмірде 3,8÷5,8%, антрацитте 2% және мазутта 10,6÷11,1%.

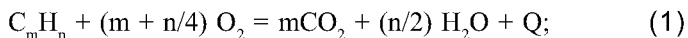
Жанғыш элементтер жану процесінде 1 кг масса үшін төменде келтірілген мөлшерде жылу бөледі:

- көміртегі – 33,65 МДж (8031 ккал/кг),
- күкірт – 9 МДж (2172 ккал/кг),
- сутегі – 141,5 МДж (33 770 ккал/кг).

**Зерттеу әдістемесі.** Парафинді мұнай қалдықтарының негізінде жасалатын брикет отынының құрамын массалық бөлікте жоспарлау үшін мына қоспаларды қарастырайық: мұнай қалдығы (концентрациялық мүмкін өзгеру аймағы - 0%-дан 50%-ға дейін), көмір ұнтағы (концентрациялық мүмкін өзгеру аймағы - 0%-дан 90%-ға дейін), күріш қауызы (концентрациялық мүмкін өзгеру аймағы - 0%-дан 55%-ға дейін).

Мысалы, зерттеліп отырған парафинді мұнай қалдықтарының құрамы мен құрылымы күрделі көміртегі-сутекті қоспа болып келеді, бұл қалдықтарда (массалық) 80,0÷86,0% көміртегі, 7,0÷9,0% сутегі, 9,0%-ға дейін күкірт, 1,0÷9,0% оттегі және 1,5%-ға дейін азот бар, сонымен қатар аз мөлшерде шайырлар, майлар, су және механикалық қоспалар да бар.

Кез келген көмірсутегінің жану реакциясының жалпы теңдеуі:



мұнда,  $m$ ,  $n$  – молекуладағы көміртегі мен сутегі атомдарының саны;

$Q$  – реакцияның жылулық эффектісі немесе жану жылуы.

Осы түрде жүретін реакцияның ерекшелігі "баяу жануы" болып табылады. Өмірде бұл жану түрі тұрғын үйді, ғимараттарды және қазандықтарды жылыту үшін қолданылады. Жану температурасы осы кезде 600-800 °С жетеді.

Бірақ та бұл теңдеу балансты ғана көрсетеді, реакция жылдамдығы, не химиялық түрленулер, не жылу мөлшері жайлы мәндерді алуға болмайды. Сондықтан жану теориясына сүйене отырып, 1 кг қатты отын жану кезінде бөлінетін жылу мөлшерін табу үшін техникалық есептеу жүргізейік. Техникалық есептеуді төменгі жану жылуы арқылы және су буының түзілу жылуын (шамамен 2400 кДж/кг) есепке алмау арқылы жүргіземіз.

Бірінші жағдайда қатты отынды жағу процесін математикалық моделдеу әдісін қолданып, қарастырайық. Осы жағдайда дифференциалдық теңдеулер қатты отынның жануы кезіндегі жүретін нақты физика-химиялық процестерді ескеруі керек.

Жану динамикасы негізіне жұмыстың нәтижелерімен қатар [1], феноменологиялық термодинамика әдістері де қолданылды [2,3].

Отынның жану процесі келесі физика-химиялық шарттардың орындалуына тікелей тәуелді:

- қатты отын құрамында жанатын құрама қоспалардың болуы;
- газ-ауа ортасының болуы;
- отын мен жану өнімдерінің арасында жылу алмасудың жүріп отыруы;
- жанушы отын бөліктері мен газ-ауа арасында конвективті және радиациялы жылу алмасудың болуы;
- жанудан болған өнімдердің жану ортасынан сыртқа шығарылып отыруы.

Осы шарттарға сәйкес термодинамиканың бірінші және екінші заңдарына сүйеніп, масса, энергия және қозғалыс мөлшерінің

сақталу заңдарын құрастырамыз:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho_j)}{\partial t} &= -\operatorname{div}(\rho_j \cdot v_j) + m_j \\ \frac{\partial(\rho_j \cdot e_j)}{\partial t} &= -\operatorname{div} J e \\ \frac{\partial(\rho_j \cdot v_j)}{\partial t} &= -\operatorname{div}(\rho_j \cdot v_j \cdot v_j + P) \end{aligned} \quad (2)$$

мұнда,  $\rho_j$  –  $i$ -ші қоспаның элементар көлемдегі масса тасымалдану ағынының тығыздығы;

$v_j$  – элементар көлемнің массалар ортасының жылдамдығы, м/с;

$e$  –  $i$ -ші қоспаның бірлік массаға шаққандағы толық энергиясы, Дж/кг;

$J e$  – энергияның толық меншіктік-массалық ағыны, Вт/м<sup>2</sup>;

$P$  – элементар көлемге түсетін қысымдар тензоры, Па;

$m_j$  –  $j$ -ші қоспаның масса өзгерісінің меншікті қуаты, (кг/с)/м<sup>3</sup>.

Жану процесі үштік өлшемдегі көлемде және уақытқа тәуелді жүріп отырады.

Жалпы түрде бұл теңдеулер жүйесінің шешімін табу мүмкін емес, сондықтан бірлік өлшемге көшіру керек, сонда жүйе мына түрге келеді:

$$\begin{aligned} \frac{d(M_j)}{dt} &= D'_j(t) - D''_j(t) + m_j \cdot dV \\ \frac{d(M_j \cdot i_j)}{dt} &= D'_j(t) \cdot i'_j - D''_j(t) \cdot i''_j + m_j \cdot dV \cdot Q_j^E \\ \frac{d(M_j \cdot v_j)}{dt} &= P' \cdot F' - P'' \cdot F'' \end{aligned} \quad (3)$$

мұнда,  $D'_j$  және  $D''_j$  –  $j$ -ші қоспаның жану алдындағы және жанғаннан кейінгі шығыны;

$M_j$  –  $j$ -ші қоспаның жүйе көлеміндегі массасы;

$dV$  – моделденіп отырған элементар аумақтың көлемі;

$i_j'$  және  $i_j''$  –  $j$ -ші қоспаның жану алдындағы және жанғаннан кейінгі энтальпиясы;

$Q_j^p$  –  $j$ -ші қоспаның жану жылуы.

Осы (2) теңдеудегі барлық шамалар отынның 1 кг массасына қарасты алынған.

Көміртегінің жану жылдамдығы Аррениус заңы бойынша температураға былай тәуелді:

$$m_c \cdot dV = -\frac{dG_c}{dt} \cdot M_{\text{мол}c} \cdot F_{\text{пов.}} \quad (4)$$
$$\frac{dG_c}{dt} = C_c \cdot k_{oc} \cdot e^{-\frac{E_c}{R \cdot T}} = C_c \cdot k_c$$

мұнда  $G_c$  – көміртектің жану жылдамдығы, кмоль/( $m^2 \cdot c$ );

$M_{\text{мол}c} = 12$  кг/кмоль- көміртектің молекулалық массасы;

$F_{\text{пов.}}$  – жануға қатысушы бөлшектердің ауданы;

$k_c$  – көміртектің жану жылдамдығының тұрақтысы.

Көміртектің жану жылдамдығының тұрақтысы ( $C+O_2 \rightarrow CO_2$ ) реакцияның белсенділік энергиясы  $E_c$  арқылы табылады:

$$k_{oc} \cdot e^{-\frac{E_c}{R \cdot T}} = k_c = k^* \cdot \exp\left[-\frac{E_c}{R \cdot T_c} \cdot \left(1 - \frac{T_c}{T^*}\right)\right] \quad (5)$$

мұндағы  $\{k^*; T^*\} = \{10 \text{ м/с}; 2500 \text{ К}\}$  – полюстер координатасы [3].

Енді мұнай қалдықтарынан жасалынатын отынға келетін болса\*, оны біртекті және көміртегі мен сутегіден тұрады деп қарастырамыз. Құрамдық бөлшектердің формасы куб немесе сфера тәрізді деп аламыз. Сонда бірінші жағдайда отын көлемінде бос кеңістік аз болады, екінші жағдайда бос кеңістік отын көлемінде пайда болады, себебі сфералардан құралған. Есептеуді осы екі жағдай үшін жүргіземіз де, орташа жану жылуының мәнін анықтаймыз.

Барлық шарттар мен қабылданатын түзетулерді ескере отырып, қатты отынның жану процесін анықтайтын теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{aligned} \frac{d(M_j)}{dt} &= D'_j(t) - D''_j(t) - \frac{dG_j}{dt} \cdot M_{\text{молж}} \cdot F_{\text{нож}} \\ \frac{d(M_j \cdot i_j)}{dt} &= D'_j(t) \cdot i'_j - D''_j(t) \cdot i''_j - \frac{dG_j}{dt} \cdot M_{\text{молж}} \cdot F_{\text{нож}} \cdot Q_j^P \\ \frac{d(M_j \cdot v_j)}{dt} &= P' \cdot F' - P'' \cdot F'' \\ \frac{dG_j}{dt} &= C_j \cdot k_{0j} \cdot e^{-\frac{E_j}{RT}} = C_j \cdot k_j \\ \frac{dC_{\text{NO}}}{dt} &= \frac{2 \cdot K_0 \cdot k_1}{\sqrt{C_{\text{O}_2}}} \cdot \frac{1}{K^2} \cdot (C_{\text{NO}}^2 - C_{\text{NO}}^2) \end{aligned} \quad (6)$$

Жуықтаулар арқылы, осы теңдеулерді интегралдау жүргізіп және тек қана сутегі мен көміртегін қарастыру барысында химиялық құрамы мұнай қалдықтарына сай келетін отын үшін иммитациялық математикалық моделдеу негізінде жану жылуының орташа шамасы есептелінеді:

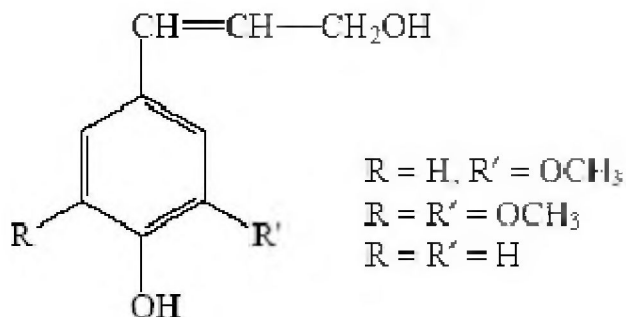
$$Q = \left[ \Delta D_j(t) - \sum M_j \cdot i \right] \cdot \exp\left(\frac{E}{RT}\right) / M_{\text{молж}} \cdot F \cdot C_j \cdot k_j \quad (7)$$

Осы теңдеуге мұнай қалдықтары үшін табылған келесі мәндерді қою арқылы:  $M = \Sigma M_i = 1$  кг (отын құрамындағы қоспалар массасының қосындысы),  $M_{\text{моль C}} = 12$  кг/кмоль,  $E_C = 150$  кДж/моль,  $i = -395$  кДж/моль - процесс энтальпиясы,  $k_C = 20000$  - жану жылдамдығының тұрақтысы,  $F$  – меншікті жану ауданы, оның мәні кубтар мен сфераларды құрастыру арқылы алынатын отын формасына тәуелді табылып отырады.

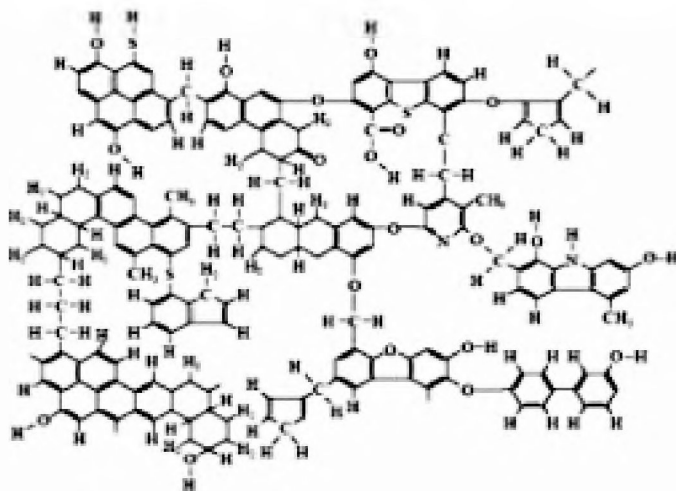
Күріш қауызының құрамында лигнин бар, осы арқылы брикет қоспасы жабысқақ қасиетке ие болады (1-сурет).

Ал қазбалы көмір торша полимер болып келеді, онда ароматикалық, фенолдық және басқа да фрагменттер бар (2-сурет).

Осындай құрылым мұнайдың ауыр қалдықтарына, асфальттендерге, гудрондарға да тән. Жанғыш материалдардың құрамдық аналогиясын білу мұнай қалдықтарын пайдаланудың бірегей жолын табуға полимерлік тұрғыда септігін тигізеді.



1-сурет. Табиғи полимер лигниннің полимер бөлігінің фрагменті



2-сурет. Қазба көмірдің құрылымы

Отынның жану уақытын анықтау үшін инженерлік есептеулер жүргізгенде жану кезі шартты түрде ірі төрт есептеулік кезеңдерден тұрады:

1) отынды жану аумағына енгізуден бастап ұшқыш құрамының жануы аралығына дейін, бұл уақыт ұшқыш денелердің шығуымен анықталады;

2) жана бастағаннан бастап жанудың көрінуіне дейінгі уақыт;  
3) көрінетін жану тоқтағаннан кейін кокс қалдығының жана бастауы аралығының уақыты;

4) кокс қалдығының жана бастауының аяқталуына дейінгі уақыт аралығы.

Жану кезіндегі химиялық реакцияның жылдамдығы жануға қатысатын заттар концентрацияларының көбейтіндісіне тура пропорционал болады:

$w = kC_1C_2$ , мұндағы  $C_1$  және  $C_2$  – жанғыш заттар концентрациялары, кмоль/м<sup>3</sup>;

$k$  – реакция жылдамдығының тұрақтысы, ол температура мен жанғыш заттардың табиғатына тәуелді.

Реакция жылдамдығының тұрақтысы Аррениус теңдеуімен анықталады:

$$K = K_0 e^{-E/RT} \quad (8)$$

мұндағы  $K_0$  – экспоненциалдық көбейткіш, биометрикалды біртекті қоспалар үшін  $\approx 1,0$ ;

$E$  – активация энергиясы, кДж/кмоль, көптеген жанғыш заттар үшін  $(80 \div 150) \cdot 10^3$  кДж/кмоль;

$R$  – универсал газ тұрақтысы, Дж/(кгоК);

$T$  – абсолюттік температура, К (°С);

$e$  – натурал логарифм негізі.

Жанғыш материалдар құрамы арқылы ерекшелінеді (1-кесте).

1-кесте

**Мұнай және басқа жанғыш заттардың құрамы**

Отын және шикізат	Элементтік құрамы				
	С	Н	N	S	О
Жеңіл мұнай	84,0÷87,0	12,5÷14,0	0,1÷0,2	0,1÷4,5	0,1÷2,0
Ауыр мұнай	83,0÷87,0	10,0÷12,0	0,3÷1,2	3,0÷8,0	0,5÷2,0
Табиғи битумдар	80,0÷86,0	9,0÷11,0	0,3÷0,8	2,5÷10,0	0,6÷3,0
Тас көмір	76,0÷94,0	4,0÷6,0	1,5÷1,8	0,5÷7,0	2,0÷17,5
Қоңыр көмір	65,0÷76,0	4,0÷6,8	0,1÷0,3	0,3÷6,3	17,0÷28,0
Биомасса (лигнин)	28,0÷53,0	5,5÷7,5	0,01÷0,3	0,0÷0,4	38,0÷44,0



Жану жылуы 1 кг қатты отынның жануы кезінде бөлініп шығатын энергия мөлшерін білдіреді.

Төменгі жану жылуы отынның ең маңызды сипаттамасына жатады және әрбір зат үшін тәжірибеден анықталады. Элементтік құрамы белгілі кезде жану жылуын Д.И. Менделеев формуласы арқылы табуға болады (кДж/кг немесе ккал/кг):

$$Q_H^P = 339C^P + 1256H^P - 109(O^P + S_L^P) - 25,14(9H^P + W^P)$$

$C^P, H^P, O^P, S_L^P, W^P$  – отын құрамындағы көміртегі, сутегі, оттегі, күкірт және ылғалдың қоспалық мәні (массалық %).

Отын қазып алған кезде немесе технологиялық жолмен жасалғанда өз құрамында органикалық массамен қатар күл мен ылғалды да ұстайды, оны балласт дейміз.

Жылу есептеу кезінде отынды жұмыстық, құрғақ, және жанғыш отын массасы деп бөледі. Сондықтан отын құрамына кіретін затты белгілегенде жоғары жағына әріппен белгілеу жасайды (р - жұмыстық, с - құрғақ, немесе, г - жанғыш). Отынның жұмыстық құрамы:

$$C^P + H^P + O^P + N^P + S_0^P + S_K^P + A^P + W^P = 100 \% \quad (9)$$

Егер отыннан балласты алып тастасақ, онда отынның жанғыш массасын табамыз:

$$C^Г + H^Г + O^Г + N^Г + S_0^Г + S_K^Г = 100 \% \quad (10)$$

Отынның құрғақ массасы ылғалсыздандырылған отын массасын береді және құрамы:

$$C^C + H^C + O^C + N^C + S_0^C + S_K^C + A^C = 100 \% \quad (11)$$

Есептеу жүргізгенде бір отын түрінен екінші бір түріне келесі коэффициенттер арқылы ауысады (2-кесте) [4,5].

**Нәтижелер мен талқылаулар.** Мұнай қалдықтарынан жасалатын брикет құрамы АШПШ-нен, көмір ұнтағынан және күріш қалдығынан (күріш қауызынан) тұрады деп алып, келтірілген формулаларды қолданып, осы жоспарланып отырған брикет үшін жану жылуын табайық.

**Отын құрамын бір массадан екінші массаға ауыстыру  
коэффициенттері**

Отынның берілген массасы	Ізделініп отырған отын массасы		
	Жұмыстық	Құрғақ	Жанғыш
Жұмыстық	1	$\frac{100}{100-W^p}$	$\frac{100}{100-W^p-A^p}$
Құрғақ	$\frac{100-W^p}{100}$	1	$\frac{100}{100-A^c}$
Жанғыш	$\frac{100-W^p-A^p}{100}$	$\frac{100-A^c}{100}$	1

Осы есептеулерді жүргізу үшін брикет құрамына кіретін қоспалардың концентрацияларын мүмкін болатын диапазонда өзгерте отырып, және әрқайсысының концентрациясын жекелей белгілі бір мәнінде тұрақты ұстай отырып анықтаймыз. Барлық есептеулер компьютерлік бағдарлама құру арқылы жүргізілді және алынған нәтижелер 3 - 6 кестелер мен 6-суретте көрсетілген.

Брикет құрамындағы жанғыш қоспалардың барлығының концентрациялары үшін бір мезетте әртүрлі мәндер қабылдау кезіндегі жану жылу мәндері 3-кестеде келтірілген [6].

Брикет құрамындағы күріш қауызының концентрациясы тұрақты (0,10% массалық бөлікте) деп алып, қалған жанғыш қоспалардың концентрациялары бір мезетте әртүрлі мәндер қабылдау кезіндегі жану жылу мәндері 4-кестеде келтірілген.

Брикет құрамындағы көмір ұнтағының концентрациясы тұрақты (0,40 % массалық бөлікте) деп алып, қалған жанғыш қоспалардың концентрациялары бір мезетте әртүрлі мәндер қабылдау кезіндегі жану жылу мәндері 5- кестеде келтірілген.

Брикет құрамындағы жанғыш қоспалардың концентрациялары әртүрлі өзгеруі арқылы алынған жану жылуы мәндерінің орташа шамасы 6-кестеде келтірілген.

**Барлық құрамдық заттардың өзгермелі концентрациялары үшін брикеттің жану жылуы**

Меншікті жану жылуы, ккал/кг			Брикет құрамы, массалық бөлікте, %			Құрам қосындысы	Жану жылуы Q, ккал
АШПШ	Көмір ұнтағы	Күріш қауызы	АШПШ	Көмір ұнтағы	Күріш қауызы		
10400	6500	3180	0	0,90	0,10	1	6168
10400	6500	3180	0,05	0,80	0,15	1	6197
10400	6500	3180	0,10	0,70	0,20	1	6226
10400	6500	3180	0,15	0,60	0,25	1	6255
10400	6500	3180	0,20	0,50	0,30	1	6284
10400	6500	3180	0,25	0,40	0,35	1	6313
10400	6500	3180	0,30	0,30	0,40	1	6342
10400	6500	3180	0,35	0,20	0,45	1	6371
10400	6500	3180	0,40	0,10	0,50	1	6400
10400	6500	3180	0,45	0	0,55	1	6429

**Күріш қауызы концентрациясы тұрақты, қалған құрамдық заттардың өзгермелі концентрациялары үшін брикеттің жану жылуы**

Меншікті жану жылуы, ккал/кг			Брикет құрамы, массалық бөлікте, %			Құрам қосындысы	Жану жылуы Q, ккал
АШПШ	Көмір ұнтағы	Күріш қауызы	АШПШ	Көмір ұнтағы	Күріш қауызы		
10400	6500	3180	0	0,90	0,10	1	6168
10400	6500	3180	0,05	0,85	0,10	1	6363
10400	6500	3180	0,10	0,80	0,10	1	6558
10400	6500	3180	0,15	0,75	0,10	1	6753
10400	6500	3180	0,20	0,70	0,10	1	6948
10400	6500	3180	0,25	0,65	0,10	1	7143
10400	6500	3180	0,30	0,60	0,10	1	7338
10400	6500	3180	0,35	0,55	0,10	1	7533
10400	6500	3180	0,40	0,50	0,10	1	7728
10400	6500	3180	0,45	0,45	0,10	1	7923

5-кесте

**Көмір ұнтағы концентрациясы тұрақты, қалған құрамдық заттардың өзгермелі концентрациялары үшін брикеттің жану жылуы**

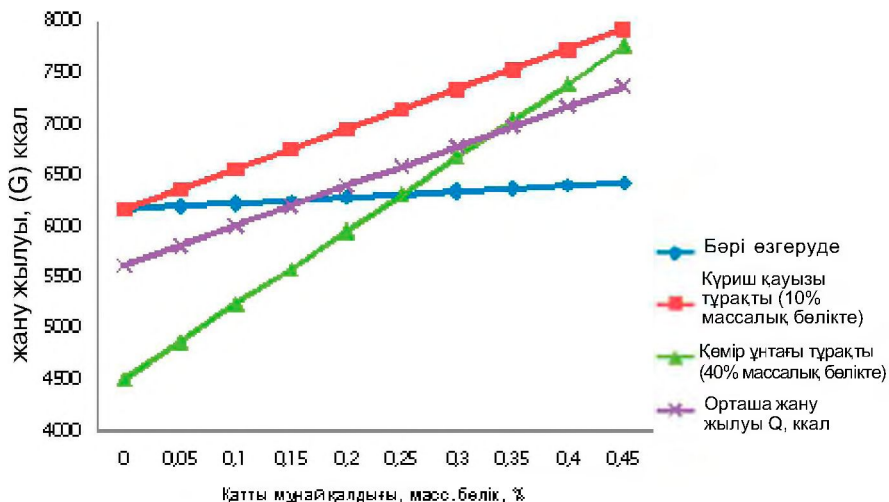
Меншікті жану жылуы, ккал/кг			Брикет құрамы, массалық бөлікте, %			Құрам қосындысы	Жану жылуы Q, ккал
АШПШ	Көмір ұнтағы	Күріш қауызы	АШПШ	Көмір ұнтағы	Күріш қауызы		
10400	6500	3180	0	0,40	0,60	1	4508
10400	6500	3180	0,05	0,40	0,55	1	4869
10400	6500	3180	0,10	0,40	0,50	1	5230
10400	6500	3180	0,15	0,40	0,45	1	5591
10400	6500	3180	0,20	0,40	0,40	1	5952
10400	6500	3180	0,25	0,40	0,35	1	6313
10400	6500	3180	0,30	0,40	0,30	1	6674
10400	6500	3180	0,35	0,40	0,25	1	7035
10400	6500	3180	0,40	0,40	0,20	1	7396
10400	6500	3180	0,45	0,40	0,15	1	7757

6-кесте

**Брикеттің орташа жану жылуы**

Меншікті жану жылуы, ккал/кг			Брикет құрамының жану жылуы Q, ккал			Орташа жану жылуы Q, ккал
АШПШ	Көмір ұнтағы	Күріш қауызы	Бәрі өзгеруде	Күріш қауызы тұрақты (10% массалық бөлікте)	Көмір ұнтағы тұрақты (40% массалық бөлікте)	
10400	6500	3180	6168	6168	4508	5614
10400	6500	3180	6197	6363	4869	5809
10400	6500	3180	6226	6558	5230	6004
10400	6500	3180	6255	6753	5591	6199
10400	6500	3180	6284	6948	5952	6394
10400	6500	3180	6313	7143	6313	6589
10400	6500	3180	6342	7338	6674	6784
10400	6500	3180	6371	7533	7035	6979
10400	6500	3180	6400	7728	7396	7174
10400	6500	3180	6429	7923	7757	7369

Осы 6 кестелердең алынған мөндерден жасалған жану жылуының өзгеру сызықтары суретте көрсетілген.



3-сурет. Жану жылуының брикет құрамының концентрациялық өзгерулеріне байланысты алатын мөндері және орташа мөндері

3-суретте көрініп тұрғандай, жану жылуының барлық қарастырылған жағдайлары үшін табылған орташа мөндері 5614 ккалдан 7369 ккал-ға дейінгі аралықта өзгереді [6]. Сондықтан, жану жылуының нақты шамасы осы құрамдардың өзара сәйкестенуі олардың желімдесуі мен технологиялық тұрғыда брикет отынын алу шарттарына тікелей тәуелді болады.

### Қорытынды

Сонымен, қарастырылған екі теориялық есептеулер бойынша мұнай қалдықтарынан жасалатын брикет отыны үшін жану жылуының ең аз мәні  $Q_{\min} = 4500$  ккал болатынын, ал ең үлкен мүмкін мәні  $Q_{\max} = 7923$  ккал болатыны анықталды.

Қазіргі таңда экологиялық мәселерді оңтайлы шешу мақса-

тында брикет отынының жаңа түрін жасау мақсатында жақсы нәтиже алу үшін отын құрамындағы әрбір жаңа қоспалар бойынша зерттеулер жүргізілуде.

### Әдебиеттер

1 Основы практической теории горения: учеб. пособие для вузов / под ред. В.В. Померанцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.

2 *Бабий В. И.* Горение угольной пыли и расчёт пылеугольного факела / В. И. Бабий, Ю. Ф. Куваев. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.

3 *Семёнов, Н. Н.* О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 686 с.

4 *Жұмағұлов Т. Ж.* Мұнай қалдықтарын пайдалану технологиясы және оның экологиялық тиімділігін зерттеу (Құмкөл кен орны негізінде): автореф.... техн. ғыл.канд.: 25.00.36. - Алматы: Д.А. Қонаев атындағы Кен істері институты, 2010. – 24 б.

5 *Ручкина О. И., Анциферова И. В., Максимова С. В., Петров В. Ю.* Экологический менеджмент: учеб. пособие. – Пермь: ГТУ, 2000. – 34 с.

6 *Қалдығезов Е., Қалдығезова С.* Отын мен мұнай өнімдері терминдерінің орысша-қазақша түсіндірме сөздігі. – Алматы: "Білім", 2001. – 153 б.