

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2025)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/NRPL3020>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/RAIS5912>***Т. А. Калиев¹, Е. Н. Ивашкина²**

¹Инновациялық Еуразия университеті,
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

²Томск политехникалық университеті, Ресей Федерациясы, Томск қ.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9131-1300>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3984-1352>

*e-mail: tkaliyev13@gmail.com

МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬ ӘДІСІМЕН ВАКУУМДЫҚ ГАЗОЙЛЬДІ ГИДРОТАЗАЛАУ ПРОЦЕСІНІҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ

Энергия шығындарының артуы мен экологиялық талаптардың күшеюі жағдайында мұнайды өңдеу процестерін оңтайландыру ерекше маңызға ие болып табылады. Энергияны ең көп қажет ететін процестердің бірі – вакуумдық газойльді алу және оны одан әрі қарай өңдеу, бұл шикізат каталитикалық крекинг үшін пайдаланылады. Мұнайды ұтымды өңдеу, экологиялық қасиеттері жақсартылған сапалы өнімдер алу мәселесі өте өзекті. Осыған байланысты мұнайды терең өңдеуге дайындау өте маңызды. Вакуумдық газойль – қайта өңдеудің маңызды шикізаты, оны алу және қайта өңдеу процестерінің энергия сыйымдылығы жоғары. Вакуумдық газойльді гидротазарту процесінің математикалық моделі қайта өңделетін шикізат пен алынған өнімнің энергетикалық сипаттамаларын жақсартудың және күкірт қосылыстарының қоршаған ортаға әсерін азайтудың, сондай-ақ крекинг катализаторының ұлануын азайтудың маңызды құралы болып табылады. Энергия тиімділігін арттыру арқылы энергия тұтынудың салыстырмалы түрде төмендеуімен өндіріс өсімінің энергия тұтынудың өсуімен ажырамас байланысы бар. Математикалық модель әдісін қолдану нәтижелері шикізат түріне байланысты қондырғының технологиялық режимін оңтайландыру, процестің жұмыс параметрлері, өңделетін шикізаттың құрамы өзгерген кезде қондырғының материалдық балансын болжау және вакуумдық газойльді гидротазарту процесінің энергетикалық тиімділігін арттыру сияқты бірнеше өндірістік мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: вакуумдық газойль, гидротазарту, математикалық модель, фракциялық құрам, болжау, талдау.

Кіріспе

Энергетикалық ресурстарды тұтынудың тиімділігін арттыру бүгінде стратегиялық міндеттердің бірі болып табылады. Қазіргі жағдайда энергия үнемдеу мұнай өңдеу индустриясындағы дамудың маңызды факторларының бірі болып табылады. Математикалық модель әдісімен вакуумдық газойльді гидротазарту процесінің энергетикалық тиімділігін арттыру қондырғы жұмысының технологиялық параметрлерін оңтайландыруға және өндіріс процесіне теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді.

«ПМХЗ» ЖШС технологиялық процестерінің құрамына вакуумдық газойльдің аралас қондырғысы кіреді. Гидротазарту процесін енгізу үшін отын-энергетикалық ресурстардың келесі түрлері қолданылады:

- гидротазартылмаған вакуумдық газойль;
- гидротазаланған вакуумдық газойль;
- дизель отыны;
- тұрақсыз бензин;
- газ тәрізді отын (отын газы).

Вакуумдық газойль қондырғысының энергетикалық тиімділігінің көрсеткіші шикізатты крекирлеу, гидротазарту процесінде гетероорганикалық және металлоорганикалық қосылыстарды жою және крекингтің тауарлық өнімдерінің сапасын арттыру болып табылады.

Вакуумдық газойльді гидротазарту процесінің математикалық моделі қайта өңделетін шикізат пен алынған өнімнің энергетикалық сипаттамаларын жақсартудың және күкірт қосылыстарының қоршаған ортаға әсерін азайтудың, сондай-ақ крекинг катализаторының улануын азайтудың маңызды құралы болып табылады.

Математикалық модель процестің технологиялық схемасы, технологиялық режим нормалары, шикізат пен алынған тауар өнімдерінің сапа нормалары негізінде жасалады. Фракциялардың физика-химиялық қасиеттері мен сапа көрсеткіштері де ескеріледі. Модельдеу күрделі міндет болып табылады, ол технологиялық бақылау мен нақты деректердің ағымдағы талдауларынан да анықталады [1];[2];[3].

Бұл зерттеудің мақсаты вакуумдық газойльді өңдеудің энергетикалық аспектілері математикалық модельді қолдана отырып, вакуумдық дистилляттарды гидротазарту процесінің қайта өңделетін шикізатының физика-химиялық көрсеткіштерін талдау және оңтайландыру болып табылады. Бұл міндет математикалық бағдарламалық өнімді – вакуумдық газойльдің

өнеркәсіптік қондырғысының жұмысын басқаруға, оңтайландыруға және болжауға арналған интеллектуалды жүйені әзірлеу арқылы шешіледі.

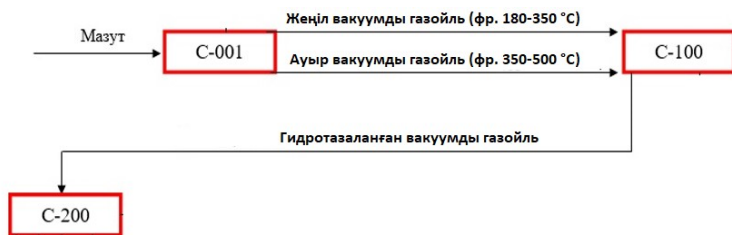
Алынған нәтижелер вакуумдық газойльді гидротазарту процесінің көмірсутек шикізатын терең өңдеу қондырғыларының ресурсы мен энергия тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Математикалық модельдеудің бастапқы деректерін алу үшін вакуумдық дистиллятты гидротазартудың өнеркәсіптік қондырғысының жұмысына мониторинг жүргізілді.

Материалдар мен әдістері

Вакуумдық газойль – жеңіл вакуумдық газойль компоненттерінің қоспасы және мұнайды қайта өңдеуден алынған ауыр вакуумдық газойль [4].

Вакуумдық газойль өндіруге арналған шикізат Батыс Сібір мұнайы болып табылады. Вакуумдық газойльді алу үшін мазут $\text{фр.} > 350^\circ\text{C}$ бастапқы мұнай өңдеуден қолданылады [4]. Технологиялық схема 1 – суретте көрсетілген.



1-сурет – Вакуумдық газойль алу схемасы

Мұнай өңдеу өнеркәсібінде вакуумдық газойль негізінен технологиялық өндірісте терең мұнай өндірісінде, мазутты вакуумдық айдаудың аралас қондырғысында алынады. Вакуумды айдау – бұл энергияны қажет ететін процесс, энергия шығындары негізінен мыналардан тұрады: шикізатты алдын ала қыздыру, вакуумды сақтау, будың конденсациясы.

1-кестеде көрсетілген қайта өңделетін шикізаттың физика-химиялық көрсеткіштерінің құрамы өнеркәсіптік қондырғыны пайдаланудың технологиялық параметрлерімен қатар вакуумдық дистиллятты гидротазарту процесінің өнімділігі мен өнімдерінің құрамына айтарлықтай әсер етеді [5];[6];[7];[8].

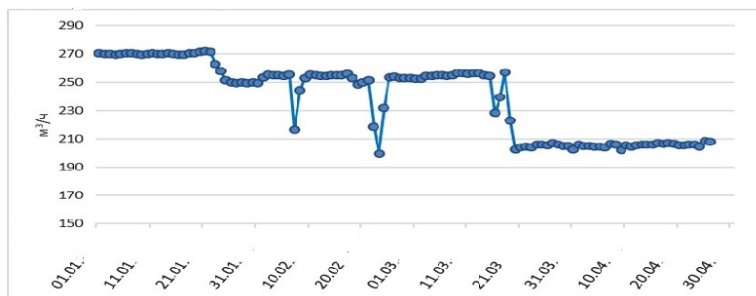
1-Кесте – Гидротазарту процесіне дейінгі вакуумдық дистилляттың негізгі физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Вакуумдық дистиллят
Кокстеу мүмкіндігі, %	0,097
Азоттың массалық үлесі, %	0,1021
Күкірттің массалық үлесі, %	1,56
Тығыздығы 20 °С, кг/м ³	900,30
Температурада қайнауың басталуы, °С	264
10%	331
50%	412
90%	490
95%	511
Температурада қайнауың соңы, °С	534
Сыну көрсеткіші 20 °С	-

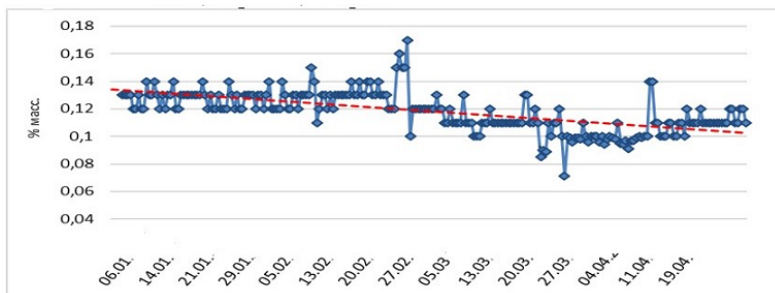
Математикалық модельдеу әдісіне қатысатын негізгі компоненттерді анықтау үшін алдымен келесі параметрлердің өзгеруін қарастырамыз және талдаймыз: Шикізат шығыны, шикізаттағы күкірт мөлшері, шикізаттағы азот мөлшері.

Бұл фракцияларды вакуумдық газойл гидротазарту қондырғысында негізгі шикізатпен, вакуумдық газойл қоспасында қайта өңдеу зауыттың жұмыс нұсқаларына байланысты.

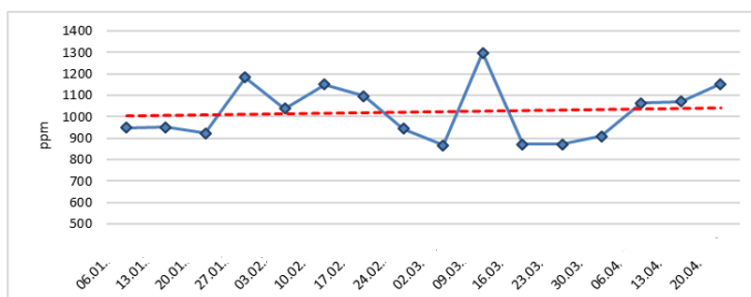
Математикалық модельдеу әдісіне қатысатын негізгі компоненттерді анықтау үшін келесі параметрлердің өзгеруін қарастырыңыз және талдаңыз: шикізат шығыны, шикізаттағы күкірт мөлшері, шикізаттағы азот мөлшері.



2-сурет – Шикізаттың жалпы шығыны



3-сурет – Шикізаттағы күкірт мөлшері



4-сурет – Шикізаттағы азот мөлшері

Қарастырылып отырған кезеңде шикізаттағы күкірттің мөлшері массаның 1,4–1,71 % аралығында өзгерді. (кезеңдегі орташа мән – массаның 1,56 %), массаның 1,8 % нормадан аспайды (3-сурет), қарастырылып отырған уақыт ішінде шикізаттағы азот мөлшері тұрақты және орташа есеппен 1021 ppm құрайды (4-сурет). Шикізаттың жалпы шығыны норма шегінде өзгереді (2-сурет).

Технологиялық процестің қасиеттерін басқару мен зерттеуде сандық, эксперименттік және зертханалық зерттеулерге кешенді тәсіл қолданылады. Осының бәрі шикізат құрамының сипаттамаларын белгілеу, гидротазарту процесінің өнімдерінің шығымдылығын өзгерту үшін қажет [5];[6];[7];[8].

Технологиялық схема №1 ПППН С-100 атмосфералық газойльді, баяу кокстеу қондырғысын (массаның 5 % дейін шикізатқа) жеңіл газойльді (бензинді) шикізат ретінде пайдалануды қарастырады, сондай-ақ жеңіл каталитикалық газойль С-200 (фр.195–340 °С) (массаның 15 % дейін) ПГПН № 3, фракциясы 330–360 °С с С-100 ПППН №1, С-001 ПГПН № 3 секциясының вакуумдық газойлі, С-100 ПППН №1 секциясының жеңіл

вакуумдық газойлі және ауыр газойлі, №4 ППТНО УПБ с 350–450 °С фракциясы, ППТНО УЗК бар ауыр газойль [9].

Реакция қоспасында және жүріп жатқан реакцияларда жеке компоненттердің көп болуы, заттардың әрқайсысын тез және дәл анықтаудың мүмкін еместігіне және осы жолмен алынған кинетикалық модельдің қолайсыздығына байланысты процестің математикалық моделін құруды қиындатады. Сондықтан бұл мәселені шешу үшін жеке реагенттер мен жеке реакцияларды сәйкесінше псевдореагенттер мен реакция топтарына біріктіруге негізделген әртүрлі жеңілдетулер қолданылады [10];[11].

Нәтижелер және талқылау

Шикізат пен шикізатты гидротазарту процесінің өнімдерінің құрамы мен физика-химиялық көрсеткіштерін анықтау бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу үшін келесі әдістер қолданылды: сұйық-адсорбциялық хроматографиялық талдау әдісі, шикізат пен гидротазарту процесінің өнімдерінің молекулалық салмағын анықтау үшін криоскопиялық әдіс, ГОСТ 3900-85 «Мұнай және мұнай өнімдері, тығыздықты анықтау әдістері» шикізат пен гидротазарту процесінің өнімдерінің тығыздығын анықтау үшін, шикізаттың қаныққан және ароматты көмірсутектерінің құрылымын анықтауға арналған хромато-масс спектрометрия және т. б.

2-кестеде көрсетілген гидротазалау процесінен кейін вакуумдық дистилляттың негізгі физикалық-химиялық көрсеткіштерін қарастырайық.

2-кесте – Гидротазарту процесінен кейінгі вакуумдық дистилляттың негізгі физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Гидротазаланған вакуумдық дистиллят
Кокстеу мүмкіндігі, %	0,028
Азоттың массалық үлесі, %	0,076
Күкірттің массалық үлесі, %	0,12
Тығыздығы 20 °С, кг/м³	887,52
Температурада қайнауының басталуы, °С	314
10%	352
50%	415
90%	486
95%	507
Температурада қайнауының соңы, °С	531
Сыну көрсеткіші 20 °С	1,499

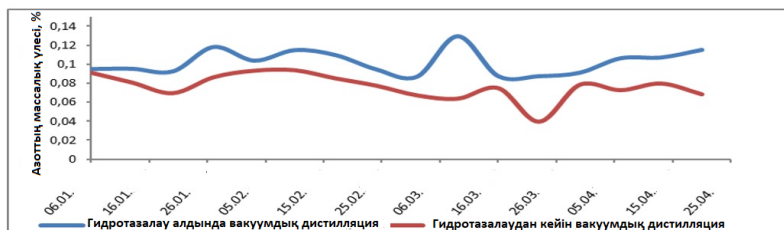
Гидротазарту процесінде күкірттің едәуір мөлшері вакуумдық газойлдан жойылады (4 –сурет), вакуумдық газойлдің күкіртсіздену дәрежесі массаның

1,4–1,71 % аралығында орналасады (кезеңдегі орташа мән – массаның 1,56 %, массаның 1,8 % нормадан аспайды. Гидротазарту процесіне түсетін вакуумдық газойлдағы күкірттің мөлшері барлық уақыт аралығында іс жүзінде өзгермейді.



5-сурет – Гидротазарту процесінде вакуумдық дистилляттағы күкірт құрамының динамикасы

Белгілі бір кезеңде өнімдегі күкірт мөлшері тұрақты төмендеу үрдісін көрсетеді. Қарастырылып отырған кезеңде өнімдегі күкірт мөлшері орташа мән массаның 0,12 % құрады, бұл цех аралық нормадан аспайды (массаның 0,150 % аспайды., 5-сурет). Бұл катализатордың қызмет ету мерзіміне және оның белсенділігіне жағымды әсер етеді.

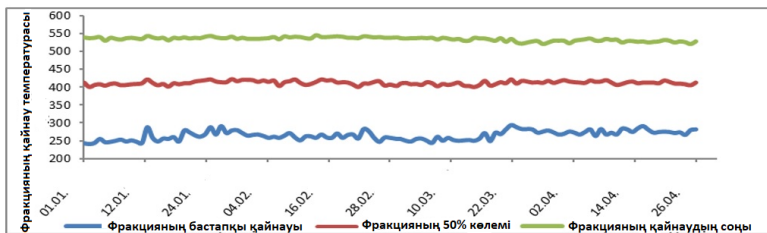


6-сурет – Кезеңдегі гидротазарту процесінде вакуумдық дистилляттағы азот құрамының динамикасы

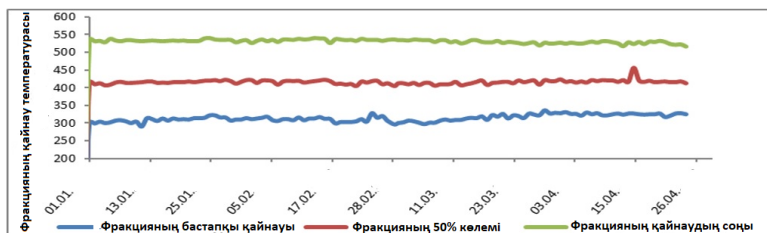
Гидротазартуға дейін және кейін вакуумдық газойльдегі азот құрамының өзгеруі 6-суретте көрсетілген. Вакуумдық дистилляттағы азот мөлшері массаның 0,09–0,12 % гидротазартуға дейін.

Өнімдегі азот мөлшері нормаланбайды, бірақ шикізаттағы азотпен салыстырғанда айтарлықтай төмендеу байқалады (6-сурет).

7,8-суреттерде гидротазартуға дейін және кейін вакуумдық газойльдің фракциялық құрамының динамикалары көрсетілген.



7-сурет – Гидрогазарту процесінің шикізатының фракциялық құрамының динамикасы

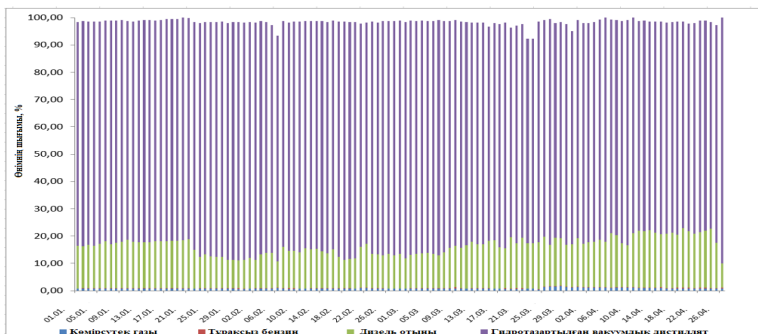


8-сурет – Гидрогазартудан кейінгі вакуумдық дистилляттың фракциялық құрамының динамикасы

Жалпы алғанда, фракциялық құрам қарастырылып отырған уақыт аралығында өзгермейді деп айтуға болады. Қарастырылып отырған уақыт аралығында шикізаттағы күкірт мөлшері массаның 1,4–1,71 % аралығында өзгерді. (кезендегі орташа мән массаның 1,56 % құрайды.), массаның 1,8 % нормадан аспайды. Шикізаттың қасиеттері жобалық көрсеткіштер шегінде орналасқан. Қарастырылып отырған уақыт ішінде шикізаттағы азот мөлшері тұрақты және орташа есеппен 1021 ppm құрайды. Өнімдегі азот мөлшері нормаланбайды, бірақ шикізаттағы азотпен салыстырғанда айтарлықтай төмендеуі байқалады. Белгілі бір кезеңде өнімдегі күкірт мөлшері тұрақты төмендеу үрдісін көрсетеді.

Вакуумдық газойлды гидрогазарту кезінде химиялық түрлендірулерге қатысатын негізгі компоненттерді зерттеу үшін гидрогазартылған шикізат пен гидрогазарту өнімдерінің құрамы мен қасиеттеріне талдау жүргізілді.

Гидрогазарту процесінде гидрогазартылған вакуумдық дистилляттың материалдық балансы бойынша өнімнің шығуына жүргізілген зерттеулердің нәтижелері 9-суретте көрсетілген.



9-сурет – Гидротазалаудан кейін вакуумдық дистиллят өнімдерінің шығымы

Реакция қоспасында және жүретін реакцияларда көптеген жеке компоненттердің болуы заттардың әрқайсысын тез және дәл анықтау мүмкінсіздігіне және осылайша алынған кинетикалық модельдің көлеміне байланысты процестің математикалық моделін жасауды қиындатады. Сондықтан бұл мәселені шешу үшін сәйкесінше жеке реактивтер мен жеке реакцияларды псевдореагенттер мен реакция топтарына біріктіруге негізделген әртүрлі жеңілдетулер қолданылады.

Қайта өңделетін шикізаттың құрамы өнеркәсіптік қондырғыны пайдаланудың технологиялық параметрлерімен қатар вакуумдық дистиллятты гидротазарту процесінің өнімділігі мен өнімдерінің құрамына айтарлықтай әсер етеді.

Қорытынды

Вакуумдық газойль – қайталама өңдеудің ең маңызды шикізаты, оны алу және қайта өңдеу процестерінің энергия сыйымдылығы жоғары.

Математикалық модельді қолдану бірнеше өндірістік мәселелерді шешуге мүмкіндік береді, мысалы, шикізат түріне және пайдаланылған катализаторларға байланысты қондырғының технологиялық режимін оңтайландыру, берілген сападағы өнімнің көп мөлшерде (максималды) шығуына қол жеткізу; процестің жұмыс параметрлері, өңделетін шикізаттың құрамы өзгерген кезде қондырғының материалдық балансын болжау. Вакуумдық газойльді алу және өңдеу процесінде энергия тұтынуды заманауи технологиялар арқылы азайтуға ерекше назар аудару қажет. Перспективалы бағыттардың бірі – математикалық модельді енгізу болып табылады.

Экологиялық талаптарды қатаңдату және энергияны тұтынуды ұлғайту жағдайында мұнай өңдеу процестерінің энергия тиімділігін арттыру ерекше маңызға ие. Мұнайды вакуумдық айдау нәтижесінде алынатын негізгі

өнімдердің бірі — каталитикалық және гидрокрекинг үшін шикізат ретінде қолданылатын вакуумдық газойль. Бұл мақалада оны алу және әрі қарай өңдеудің энергетикалық аспектілері қарастырылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Шишорин, Ю. Р., Цодиков, Ю. М., Мостовой, Н. В., Аксенова, Т. С. Оптимизационное моделирование при перспективном планировании предприятий нефтепереработки и нефтехимии. – М. : Автоматизация в промышленности. – 2018. – №12. – С. 42–48.

2 Соркин, Л. Р., Шишорин, Ю.Р., Цодиков, Ю. М., Мостовой, Н. В. Разработка и моделирование программ долгосрочного развития предприятий нефтепереработки и нефтехимии [Текст] // Труды 10-й межд. Конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2017). Т.1 – М. : ИПУ РАН, 2017. – С. 123–131.

3 Еллерингтон, Т., Пауэр, П., Шишорин, Ю. Р., Аксенова, Т. С. Повышение операционной эффективности и бенчмаркинг российских предприятий топливно-энергетического сектора (на примере НПЗ) – М. : Автоматизация в промышленности. 2018. – № 12. – С. 34–41.

4 Лосикова, В.В. Справочник. Нефтепродукты. Свойства, качества, применение [Текст] // Изд. Химия. Москва. – 1966.

5 Kaliyev, T., Vorobev, A., Antonov, A., Nazarova, G., Ivashkina, E., Ivanchina, E., Chuzlov, V. Development of a two-fluid hydrodynamic model for a riser reactor // Chemical Engineering and Technology. – 2022. – Vol. 45. – № 4. – P. 709–716.

6 Kane, L., Romanow-Garcia, S., Nakamura, D. Process extends visbreaking // Hydrocarbon Processing. – 1998. – Vol. 77. – №4. – P. 36–38.

7 Kane, L., Romanow-Garcia, S., Nakamura, D. Thermal conversion refinery process // Hydrocarbon Processing. – 1997. – Vol. 76.– № 12. – P. 36–39.

8 Jackson, K. M. HPIN Construction // Hydrocarbon Processing. – 2006. – Vol. 85. – № 3. – P. 33–38.

9 Технологический регламент, комбинированная установка глубокой переработки мазута ПГПН № 3. Секция 100. Гидроочистка сырья каталитического крекинга, СТ ТОО 001140000362-03-007-2023. – С. 263.

10 Окунев, А. Г., Пархомчук, Е. В., Лысиков, А. И., Парунин, П. Д., Семейкина, В. С., Пармон, В. Н. Каталитическая гидропереработка тяжелого нефтяного сырья [Текст] // Успехи химии. – 2015. Т. 84. – № 9. – С. 981–999.

11 Хавкин, В. А., Гуляева, Л. А. Облагораживание тяжелого нефтяного сырья для последующей каталитической переработки. Мир нефтепродуктов // Научно-технический журнал. – 2016. – № 1. – С. 11–17.

REFERENCES

- 1 **Shishorin, U. R., Tsodikov, U. M., Mostovoy, N. V., Aksenova, T. S.** Optimizatsionnoe modelirovanie pri perspektivnom planirovanii predpriyatii neftepererabotki i neftekhimii [Optimization modeling in the long-term planning of oil refining and petrochemical enterprises]. – Moscow : Automation in Industry, 2018 – №12 – P. 42–48.
- 2 **Sorkin, L. R., Shishorin, U. R., Tsodikov, U. M., Mostovoy, N. V.** Razrabotka i modelirovanie programm dolgosrochnogo razvitiya predpriyatii neftepererabotki i neftekhimii [Development and modeling of long-term development programs for oil refining and petrochemical enterprises] // Proceedings of the 10th Interd. Conferences «Management of large-scale systems development» (MLSD'2017). – Vol.1. – Moscow : IPU RAS, 2017, P. 123–131.
- 3 **Ellerington, T., Power, P., Shishorin, U. R., Aksenova, T. S.** Povyshenie operatsionnoy effektivnosti i benchmarking rossiyskikh predpriyatii toplivno-energeticheskogo sektora (na primere NPZ) [Improving operational efficiency and benchmarking of Russian fuel and energy sector enterprises (using the example of refineries)]. – Moscow : Automation in Industry, 2018, № 12 – P. 34–41.
- 4 **Losikova, V. V.** Spravochnik. Nefteprodukty. Svoystva, kachestva, primeneniye [The reference book. Petroleum products. Properties, qualities, application] // Ed. Chemistry. – M., 1966.
- 5 **Kaliyev, T., Vorobev, A., Antonov, A., Nazarova, G., Ivashkina, E., Ivanchina, E., Chuzlov, V.** Development of a two-fluid hydrodynamic model for a riser reactor // Chemical Engineering and Technology. – 2022. – Vol. 45. – № 4. – P. 709–716.
- 6 **Kane, L., Romanow-Garcia, S., Nakamura, D.** Process extends visbreaking // Hydrocarbon Processing. – 1998. – Vol. 77, № 4. – P. 36–38.
- 7 **Kane, L., Romanow-Garcia, S., Nakamura, D.** Thermal conversion refinery process // Hydrocarbon Processing. – 1997. – Vol. 76, № 12. – P. 36–39.
- 8 **Jackson, K. M.** HPIN Construction // Hydrocarbon Processing. – 2006. – Vol. 85. – № 3. – P. 33–38.
- 9 **Tekhnologicheskiiy reglament, kombinirovannaya ustanovka glubokoy pererabotki mazuta PGP №3. Sektsiya 100. Gidroochistka syr'ya kataliticheskogo krekinga** [Technological regulations, combined installation of deep processing of fuel oil PGP №3. Section 100. Hydrotreating of catalytic cracking raw materials]. ST. 001140000362-03-007-2023. – P. 263.
- 10 **Okunev, A. G., Parkhomchuk, E.V., Lysikov, A. I., Parunin, P.D., Semeykina, V. S., Parmon, V. N.** Kataliticheskaya gidropererabotka tyazhelogo neftyanoho syr'ya [Catalytic hydrotreating of heavy petroleum raw materials] [Text]. Successes of Chemistry. – 2015. Vol. 84. – № 9 – P. 981–999.

11 **Khavkin, V. A., Gulyaeva, L. A.** Oblagorazhivanie tyazhelogo neftyanoho syr'ya dlya posleduyushchey kataliticheskoy pererabotki [Refining of heavy petroleum raw materials for subsequent catalytic processing] // The world of petroleum products. Scientific and Technical Journal. – 2016. – №1. – P. 11–17.

17.04.25 ж. баспаға түсті.

30.04.25 ж. түзетулерімен түсті.

03.06.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

*Т. А. Калиев¹, Е. Н. Ивашкина²

¹Инновационный Евразийский университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;

²Томский политехнический университет,
Российская Федерация, г. Томск.

Поступило в редакцию 17.04.25.

Поступило с исправлениями 30.04.25.

Принято в печать 03.06.25.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ГИДРООЧИСТКИ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В условиях роста энергетических затрат и экологических требований особое значение приобретает оптимизация процессов переработки нефти. Одним из наиболее энергоёмких процессов является получение и дальнейшая переработка вакуумного газойля, который служит сырьём для каталитического крекинга. В этой связи подготовка нефти к глубокой переработке, имеет важное значение. Вакуумный газойль — важнейшее сырьё вторичной переработки, энергоёмкость процессов его получения и переработки высока. Математическая модель процесса гидроочистки вакуумного газойля является важнейшим инструментом улучшения энергетических характеристик перерабатываемого сырья и получаемой продукции, и минимизацию воздействия сернистых соединений на окружающую среду, а также снижению отравлению катализатора крекинга. Существует неразрывная связь роста производства с ростом энергопотребления при относительном снижении энергопотребления за счет повышения энергоэффективности. Результаты использования математической модели позволят решить несколько производственных задач таких как, оптимизация технологического режима работы установки в

зависимости от типа сырья, прогнозирование материального баланса установки при изменении рабочих параметров проведения процесса, состава перерабатываемого сырья и повысит энергетическую эффективность процесса гидроочистки вакуумного газойля.

Ключевые слова: вакуумный газойль, гидроочистка, математическая модель, фракционный состав, прогнозирование, анализ.

**Т. А. Калиев¹, Е. Н. Ивашкина²*

¹Innovative University of Eurasia, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

²Tomsk Polytechnic University, Russian Federation, Tomsk.

Received 17.04.25.

Received in revised form 30.04.25.

Accepted for publication 03.06.25.

ENERGY ASPECTS OF THE HYDROTREATING PROCESS OF VACUUM GAS OIL USING THE MATHEMATICAL MODEL METHOD

In the context of increasing energy costs and environmental requirements, optimization of oil refining processes is of particular importance. One of the most energy-intensive processes is the production and further processing of vacuum gas oil, which serves as a raw material for catalytic cracking. The problem of rational oil refining and obtaining high-quality products with improved environmental properties is very relevant. In this regard, the preparation of oil for deep processing is important. Vacuum gas oil is the most important raw material of secondary processing, the energy intensity of its production and processing processes is high. The mathematical model of the vacuum gas oil hydrotreating process is an essential tool for improving the energy characteristics of processed raw materials and products, and minimizing the environmental impact of sulfur compounds, as well as reducing poisoning of the cracking catalyst. There is an inextricable link between the growth of production and the growth of energy consumption, with a relative decrease in energy consumption due to increased energy efficiency. The results of using the mathematical model will allow solving several production tasks such as optimizing the technological mode of operation of the installation depending on the type of raw materials, predicting the material balance of the installation when changing the operating parameters of the process, the composition of the processed raw materials, and increasing the energy efficiency of the vacuum gas oil hydrotreating process.

Keywords: Vacuum gas oil, hydrotreating, mathematical model, fractional composition, forecasting, analysis.

Теруге 09.06.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 25,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4417

Сдано в набор 09.06.2025 г. Подписано в печать 30.06.2025 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 25,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4417

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

Е-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz