

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

№ 4 (2020)

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

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

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

<https://doi.org/10.48081/UYM14654>

**Г. Ж. Сейтенова¹, Р. М. Дюсова², Г. Р. Бурумбаева³,
С. Б. Умурзакова⁴**

^{1,2,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

³«ПМХЗ» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

ПАВЛОДАР МҰНАЙ-ХИМИЯ ЗАУЫТЫНЫҢ РИФОРМИНГ ҚОНДЫРҒЫСЫНДА КАТАЛИЗАТОРДЫ СЫНАУ ЖӘНЕ ТАҢДАУ

Бұл мақалада каталитикалық риформингті орнатуға арналған катализаторларды сынау және таңдау нәтижелері берілген. Каталитикалық риформинг – республиканың мұнай өңдеу саласының тізбегіндегі іргелі процесс. Мұнайды қайта өңдеудің каталитикалық кезеңінің тиімділігі технологиялық режимдер мен белсенділікті таңдаудың дұрыстығына, қолданылатын катализаторлардың селективтілігі мен тұрақтылығына байланысты. Катализаторлар мұнай өңдеу саласындағы шығын материалы болып табылады. Жұмысты оңтайландыру энергия және экономикалық шығындарды бірнеше есе қысқартуға мүмкіндік береді, өйткені катализаторлар қымбат тұратын компонент болып табылады. Цифрлық технологияны қолдану ірі габаритті қондырғылардың жұмысын талдау және мониторингілеу үшін оңтайлы шешім болып табылады. Зерттеу үшін каталитикалық риформинг процесінің тұрақсыздығы мен көп факторлығын толық ескеруге мүмкіндік беретін математикалық модельдеу әдісі қолданылды. Pt-Re каталитикалық риформинг катализаторларын өнеркәсіптік пайдаланудан нақты деректерді пайдалана отырып, парафиндерді дегидроциклизациялаудың каталитикалық риформинг реакцияларында жоғары селективтілікті көрсеткен ПР-71 катализаторын Қазақстанның жоғары парафинді мұнайын өңдеу үшін жүктеген жөн екендігі дәлелденді. Тиісінше, бұл атмосфераға зиянды шығарындыларды азайту, өңдеу тереңдігі артады, каталитикалық риформинг өнімдері сапалы болады. Сондай-ақ бұл аномалды реологиялық қасиеттері бар қазақстандық шикізатты барынша орынды пайдалануға мүмкіндік береді.

Кілтті сөздер: каталитикалық риформинг, мотор отыны, цифрлық технологиялар, болжамалы модельдер, катализаторды сынау және таңдау.

Кіріспе

Мұнай өңдеу және мұнай-химия процестерінің цифрлық технологиялары Ресейде және шетелде басым ғылыми бағыттардың бірі болып табылады. Жұмыс істеп тұрған жабдық жұмысының тиімділігін арттыру проблемасын шешу математика, физика, информатика ғылымдары мен химиялық технология тоғысында құрылған көмірсутек шикізатын өңдеудің цифрлық технологияларын әзірлеу арқылы мүмкін болды. Бұл бағыт әсіресе мұнай өңдеу және мұнай-химия салаларының кәсіпорындары үшін өзекті болып табылады.

Мұндай әзірлемелердің көптеген отандық және шетелдік аналогтары белгілі. Бірақ, сонымен бірге, көп жағдайда компьютерлік модельдеу ақпараттық және статистикалық тәсілдерге негізделген және өндірістік процестердің физика-химиялық және технологиялық мәніне әсер етпейді. Сапа көрсеткіштерін модельдеу статикалық заңдарға сәйкес осындай жүйелермен жүзеге асырылады, бұл өнеркәсіптік процесті стационарлық жүргізу жағдайында ғана қолданылады. Алайда, мұнай өңдеу мен мұнай химиясының өнеркәсіптік каталитикалық процестерінің басым көпшілігі стационарлы емес.

Өнеркәсіптік процестің өту жағдайында өңделетін көмірсутек шикізатының құрамы тұрақсыз болып табылады, бұл көмірсутектердің реактивтілігіне шешуші әсер етеді. Мұнай өңдеу және мұнай-химия процестерінің көпшілігі каталитикалық болып табылады және тепе-теңдіктен алыс жүреді. Оңтайлы белсенділікпен жұмыс істеу кезінде катализатор ресурсының ұлғаюы бүкіл өндірістің экономикасына шешуші әсер етеді. Осыған байланысты көп компонентті каталитикалық процестердің физика-химиялық модельдеріне негізделген зияткерлік бағдарламалық кешендерді құру бағыты сұранысқа ие.

Томск политехникалық университетінде құрылған мұнай өңдеу мен мұнай химиясының өнеркәсіптік процестерінің энергия және ресурс тиімділігін арттыру үшін зияткерлік жүйелерді құру әдістемесі білім жинақтаудың иерархиялық құрылымына негізделген, бұл көмірсутекті шикізатты қайта өңдеудің өнеркәсіптік процестерінің барысын кезең-кезеңімен талдау мен болжауды жүзеге асыруға, бензиндердің каталитикалық риформингі, изомерлеу, дегидрлеу, алкилдеу, каталитикалық крекинг процестерінде пайдаланылатын катализаторлардың белсенділігін мониторингілеу мен оңтайландыруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Цифрлық технологияларды қолдану шикізаттың химиялық құрамын ескере отырып, технологиялық режимдерді оңтайландыруды жүргізу үшін риформингтің, изомерлеудің, дегидрлеудің өнеркәсіптік қондырғыларының

жұмысына үздіксіз мониторинг жүргізуге және катализаторлардың кокстеу дәрежесін сандық бағалауға мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер

Қазіргі уақытта контактілердің каталитикалық қасиеттерін зерттеудің екі бағыты бар: аспаптық және кинетикалық. Аспаптық әдістер нәтижесінде реакция жағдайында белсенді орталықтың құрылымын, реактивті заттардың активтену формасын анықтауға және осы байланыстағы беттік механизмді негіздеуге мүмкіндік береді.

Аспаптық әдістер

Осы әдістерді қолдана отырып, катализаторлардың құрылымы және олардың компоненттерінің көлемдік қасиеттері орнатылады. Алайда, олар тек бетінің құрылымы, белсенді орталықтардың құрылымы және т. б. туралы жанама ақпарат береді.

Риформинг процесінің катализаторларын зерттеудің аспаптық әдістері физикалық сипатта өте алуан түрлі, бірақ ең маңызды сипаттамалары бойынша бірнеше кіші топтарды бөлуге болады:

- 1 Температураны бағдарламалаумен тотығу және тотықсыздану.
- 2 Электронды микроскопия.
- 3 Рентгенографиялық әдістер.
- 4 Оптикалық және ультракүлгін спектроскопия.
- 5 Катализаторлардың магниттік қасиеттерін зерттеу.
- 6 Электрондық парамагниттік резонанс.
- 7 Ядролық магниттік резонанс.
- 8 Мессбауэровлық спектроскопия.

Тек аспаптық әдістерге негізделген риформинг процесінің катализаторларының каталитикалық қасиеттерін сипаттау толық суретті ұсынуға мүмкіндік бермейді, өйткені онда байланыс бетіндегі көмірсутектердің өзгеру механизмдері мен жылдамдығы туралы мәліметтер жоқ. Кинетикалық заңдылықтарды зерттеу үшін кинетикалық әдістер қолданылады.

Кинетикалық әдістер

Кинетикалық әдістер процесінің формальды механизмін негіздеуге, нақты реакциялардың физика-химиялық механизмін ашуға, демек, осы реакцияларды практикалық іске асыруда саналы басқару үшін бастапқы ақпаратты алуға, реакциялардың кинетикалық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

Кинетикалық тәсілді қолдану риформинг процесінің платина бар катализаторында көмірсутектерді түрлендірудің формальды механизмін құруға, модель жағдайында катализатордың белсенділігі мен тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді.

Риформинг процесінің катализаторларын зерттеудің аспаптық және кинетикалық әдістерінің негізінде өнеркәсіптік жағдайларда пайдалану

кезінде оның каталитикалық қасиеттерін (белсенділігі, тұрақтылығы, селективтілігі) сенімді болжау мүмкін емес, өйткені өндірістік жағдайларға ауқымды көшу ескерілмейді. Шикізат пен технологиялық жағдайларды өзгерту кезінде математикалық модельдеу әдісін қолдану кезінде болдырмауға болатын көп еңбекті қажет ететін сынақтардың қайталанған сериясы қажет.

Бұл әзірленген катализатордың құрамын оңтайландыруға және кері кинетикалық есепті шешу арқылы байланыстың кинетикалық параметрлерін сипаттауға мүмкіндік беретін математикалық модельге енгізілген аспаптық және кинетикалық зерттеу әдістерінің нәтижелерінің үйлесімі. Сонымен қатар, «кинетикалық тәсіл» «аспаптық» тәсіліне қайшы келмейді, бірақ зерттелген үлгілердің белсенділігі мен тұрақтылығын неғұрлым толық және дәл сипаттауға мүмкіндік береді.

Риформинг реакциясы бифункционалды механизм арқылы жүреді. Катализатордың қартаюуы реакциялар арасындағы тепе-теңдіктің өзгеруіне байланысты процестің селективтілігін өзгертеді, бұл өз кезегінде катализатордың құрамына байланысты.

Егер кристаллиттердің мөлшері реакция жылдамдығына және оның селективтілігіне әсер етсе, онда бұл металлдағы орталықтардың арақатынасының өзгеруіне әкеледі, ал өте кішкентай кристаллдардың электрондық қасиеттері металлдың электронды қасиеттерінен көлемде ерекшеленеді. Парафинді көмірсутектердің дегидроциклденуінің, изомерленуінің және гидрокрекингінің құрылымдық-сезімтал реакцияларының өту механизмдері катализатордың қартаюуының кинетикалық модельдерімен сипатталады:

$$\frac{K_1}{K_1^0} = K_{01} e^{-I_1 D},$$

$$\frac{K_2}{K_2^0} = K_{02} e^{-I_2 D},$$

$$\frac{K_3}{K_3^0} = K_{03} \operatorname{ch}(I_3 D)$$

Мұндағы I_1, I_2, I_3 – қартаюу есебінен катализатордың қайтымсыз дезактивация жылдамдығы; K_0 – жентектеу процесінің энтропиялық факторы; K_1, K_2, K_3 – құрылымдық-сезімтал реакциялар жылдамдықтарының константалары (дегидроциклзация, изомеризация және гидрокрекинг тиісінше); K_1^0, K_2^0, K_3^0 – катализатордың қартаюу процесін ескерместен құрылымдық-сезімтал реакциялар жылдамдықтарының константалары.

Осылайша, полиметалл катализаторларындағы бензиндердің каталитикалық риформингінің толық математикалық моделі уақыт өте келе өндірістік катализаторлардың белсенділігі мен селективтілігінің динамикалық процесін көрсетеді. Өз кезегінде, бұл нақты процесті дұрыс сипаттайтын модель негізінде белгілі бір процесс үшін катализаторды таңдауды анықтайтын стационарлық емес кинетика. Математикалық модельдердің бұл түрін қолдану катализатордың нақты стационарлық жағдайларда ғана емес, оны реактор блогына тиеу кезінде де болжауға мүмкіндік беретіні анық, сонымен қатар жұмыс кезінде оның дезактивациясы мен улану динамикасын болжауға мүмкіндік береді, осыған байланысты жүйенің каталитикалық қасиеттері болжамының сенімділігі бірнеше есе артады.

Химиялық реакциялар жылдамдығының константаларын есептеудің бұл әдісі жұмыс циклі кезінде, сондай-ақ жаңа жүктеме сынағы кезінде әр түрлі зарарсыздандыру құбылыстарының бір уақытта әсерін ескеруге мүмкіндік береді. Жедел тестілеу процедуралары катализатордың қартаю, улану және оның белсенді бетін кокстау жағдайында өнеркәсіптік жұмысына толық сәйкес келе алмайды, бұл нәтижелерді түсіндіруді қиындатады.

Осылайша, бағдарламаны қолдана отырып, тізімнен кез-келген катализаторды таңдауға, шикізаттың осы түріне есептеулер жүргізуге және осы қондырғы үшін оңтайлы катализаторды анықтауға болады. Сондай-ақ, бағдарламаның мүмкіндіктері технологиялық процесті оңтайландыруға, технологиялық жағдайлар бойынша ұсыныстар беруге мүмкіндік береді.

Белсенділік – бұл катализатордың химиялық реакцияны тездететін қасиеті. Сандық тұрғыдан алғанда, белсенділік катализаторсыз жылдамдықты алып тастағанда бірдей реакцияның жылдамдығы мен сол жағдайдағы айырмашылыққа тең. Химиялық реакция жылдамдығының тұрақтысы – катализатор белсенділігінің сандық өлшемі.

Катализатордың белсенділігі кокс түзілу, улану және термиялық дезактивация процестерінің жүруіне байланысты өзгереді. Сандық жағынан, бұл салыстырмалы белсенділікпен көрінеді (жаңа катализаторға қатысты), ал dT – бұл өтемақы температурасы.

Риформинг процесінің тиімділігін анықтайтын фактор Pt-катализаторларының белсенділігі, селективтілігі және тұрақтылығы болып табылады. Үшінші буынды полиметалл катализаторларын енгізу жоғары октанды бензиндерді өндіру мүмкіндігін қамтамасыз етті және регенерацияаралық циклды екі еседен астам ұзартуға мүмкіндік берді. Алайда, көбінесе Pt-катализаторларының белсенділігі, селективтілігі мен тұрақтылығын салыстырмалы бағалау зертханалық кинетикалық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады, содан кейін оларды тәжірибелік және тіпті өнеркәсіптік қондырғыларда сынайды.

Сонымен бірге, процестерді кинетикалық талдау практикасында математикалық модельдеу әдістерін дамыту эксперименттік деректер бойынша кері кинетикалық есепті шешу арқылы әртүрлі катализаторлардың кинетикалық параметрлерін бағалау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Бұл жағдайда катализатордың жұмысын басқа қондырғыға, басқа процеске ауыстыруға және пайдалану жағдайларына байланысты оның тиімділігін салыстыруға болады.

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен дәлдігі Pt-катализаторларындағы каталитикалық риформингтің көп компонентті процесінің механизмін олардың реактивтілігі мен Гиббс бос энергиясының жақындығы принципіне сәйкес біріктіру арқылы, сондай-ақ кокс түзілу, улану және қартаю процестерінің нәтижесінде катализатордың кинетикалық параметрлерінің стационарлы еместігін ескере отырып, барабар сипаттаумен анықталады.

Pt-Re катализаторларын тестілеудің сенімділігі модельдеу кезінде химиялық реакциялар ағымының термодинамикалық және кинетикалық заңдылықтарын, сондай-ақ өндірістік процестердің стационарлы емес факторларының кешенін ескерумен байланысты.

Өңделетін шикізат компоненттерінің химиялық реакциялардың жылдамдық константаларының сандық мәні бойынша реактивтілігін есепке алу қолданылатын Pt-Re катализаторларын салыстырмалы талдау үшін негіз болып табылады.

Нәтижелер және талқылау

RG сериялы катализаторлардың белсенділігін бақылау және оңтайландыру

Кері кинетикалық есепті шешумен анықталатын бензиндердің риформингі процесінде көмірсутектердің конверсиясының кинетикалық заңдылықтары дегидрлеу реакцияларының және нафтен көмірсутектерінің изомеризациясының, гидрокрекингтің, дегидроциклизацияның және парафиндердің изомеризациясының, сондай-ақ кокс түзілу реакцияларының механизмінің егжей-тегжейлі деңгейін таңдаудың дұрыстығын растайды. Бұл бензинді риформинг катализаторларын сынау және салыстырмалы талдау үшін теориялық негіз болып табылады.

Кесте 1 – RG сериялы катализаторлардағы химиялық реакциялар жылдамдығының константалары (салыстырмалы біріктерде)

Реакция	Катализатор		
	RG-492,582	RG-682	PP-71
гидрокрек <i>n</i> -П	3,1	1,9	1,8
<i>n</i> -П → <i>изо</i> -П	1,3	1,4	1.6
<i>изо</i> -П → <i>n</i> -П	1,2	1,2	1.2

<i>H</i> -П → H-6	3,0	3,0	3,0
гидрокрек <i>изо</i> -П	7,4	4,16	3,2
<i>изо</i> -П → H-6	6,3	6,8	6,8
H-5 → <i>изо</i> -П	3,3	2,4	2,2
H-6 → H-5	0,2	0,2	0,2
H-6 → Ар	0,5	0,5	0,5
Ар → H-6	0,1	0,1	0,1
<i>H</i> -П → H-5	4,9	5,3	5,5
<i>изо</i> -П → H-5	4,7	4,9	5,3
H-5 → H-6	1,7	3,8	3,8
H-5 → <i>и</i> -П	0,85	0,85	0,5

Кесте 2 – RG-682 катализатор жұмысын RG 492, 582 катализатор жүйесімен салыстырғанда талдау

Катализатор	RG 492, 582	RG 492, 582	RG 492, 582	RG 492, 582	RG-682	RG-682
Белсенділігі	0,95	0,86	0,87	0,85	1,22	1,12
Қайта өңделген шикізат т.	377496,00	1060355,00	1114992,00	1227700,00	192167,00	275527,00
Крекинг саны	3,10	1,90	1,90	1,90	2,10	1,80
Кіру температурасы	501,00	492,00	495,00	496,00	490,00	483,00
Шикізат шығыны м ³ /ч	170,00	143,60	157,40	157,20	194,00	135,00
Пар/(Нафт+ Хош иісті көмірсутек) шикізатта	1,35	1,34	1,34	1,34	1,49	1,51
Қалыпты Пар/ <i>изо</i> -Пар шикізатта	1,14	1,06	1,06	1,06	1,29	0,95
Айналым еселігі м ³ /м ³	1132,00	1372,80	1252,80	1249,40	1000,00	1481,50
Изомеризация дәрежесі	62,00	45,00	45,00	45,00	83,00	49,00
Хош иістендіру дәрежесі	26,75	19,17	18,89	18,85	26,20	25,74
Хош иіс, % салмағы.	65,88	60,83	60,55	60,50	63,21	63,27
Зерттеу әдісі бойынша октан саны	97,70	97,00	96,20	97,00	98,30	98,60
МЦП катал, % салмағы.	0,61	0,30	0,31	0,31	0,40	0,33
Температура айырмашылығы	60,00	64,50	66,90	65,70	73,00	73,00
Кокс, % салмағы.	4,03	5,79	6,10	6,76	1,75	1,72
Риформат шығыны	85,04	85,36	85,71	85,69	87,67	87,62

Осылайша, катализаторлардың салыстырмалы талдауы RG-682 селективтілігінің едәуір артқанын көрсетті, бұл парафиндердің гидрокрекингі мен нафтен гидрогенолизінің химиялық реакцияларының жылдамдық константаларының төмендеуімен расталады. Сонымен қатар, парафиндер мен нафтеннің изомеризация реакцияларының жылдамдығы артты. Парафиндердің дегидроциклдену жылдамдығында аз өзгеріс байқалады. Есептеулердің дәлдігі және сенімді нәтижелер алу Pt-катализаторларында каталитикалық риформингтің көп компонентті процесінің формаланған механизмін олардың реактивтілігінің жақындығы қағидаты бойынша агрегаттау және физикалық қартаю, улану және кокс түзілуіне байланысты оның дезактивациясы салдарынан катализатордың кинетикалық параметрлерінің стационарлы еместігін ескере отырып дұрыс қалыптасуымен анықталады. Жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып, RG-682 катализаторы риформинг қондырғысына жүктелді.

Алайда бұдан кейінгі зерттеулер ПР-71, 81 сериялы катализаторлардың (Омбы көмірсутектерді өңдеу мәселелері институтын әзірлеу, А. С. Белый, М. Д. Смоликов, РФА СБ, Ресей) парафиндерді дегидроциклизациялау реакцияларының өтуіне қатысты жоғары селективтілігі бар екенін көрсетті, бұл Павлодар мұнай-химия зауытының жоғары парафинді шикізатын өңдеу үшін өте маңызды.

Белгілі болғандай, мұнай өңдеу және мұнай химиясы катализаторларының маңызды қасиеттері белсенділік, селективтілік және тұрақтылық болып табылады. Белсенділік пен селективтілік каталитикалық реакцияның жылдамдығын және сәйкесінше алынған өнімнің шығымдылығы мен сапасын қамтамасыз етеді. Тұрақтылық – катализатордың қызмет ету мерзімі ішінде осы көрсеткіштердің тұрақтылығы. Кокс түзілу реакциясының тепе-теңдік жағдайларын сақтау және тығыздаудың аралық өнімдерін гидрогенизациялау кезінде катализатордың оңтайлы белсенділік деңгейіне қол жеткізіледі, оның көмегімен өзін-өзі қалпына келтіру жүреді. Оңтайлы белсенділікте жұмыс істеу риформинг катализаторларының регенераралық жүрісінің мерзімін едәуір ұзартуға мүмкіндік береді [3].

Платина бар дегидрлеу катализаторларының бетінде түзілетін коксогенді қосылыстардың тотығу реакциясының термодинамикалық тепе-теңдік жағдайларына сүйене отырып, өнеркәсіптік реакторға су берудің оңтайлы режимдері анықталды, бұл катализатордың қызмет ету мерзімін 20 %-ға арттыруды қамтамасыз етті [4].

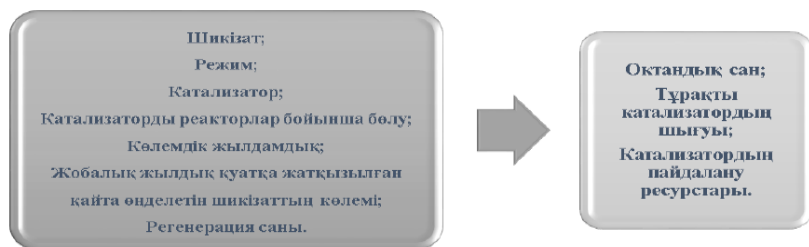
Pt-Re-катализаторларының заманауи модификациялары ИОЧ 96–98 бар жоғары октанды катализатты 87–90 % салм. таңдауымен алуға мүмкіндік береді. Алайда, пайдалану процесінде олардың тұрақтылығы туралы мәселе сөзсіз туындайды, ол қайта өңделетін шикізаттың көмірсутек

құрамымен, реактор блогының технологиялық режимімен және құрылымдық ерекшеліктерімен анықталады. Мақсатты және жағымсыз реакциялардың физикалық-химиялық заңдылықтарын ескерместен, өндірістік катализаторды пайдалану сипаттамалары бойынша «шетелдік» және «отандық» деп бөлуге бағытталған көп факторлы бақылау міндетін азайту түбегейлі дұрыс емес. Катализаторлардың жұмысын болжаудың осы көп факторлы мәселесін тек кинетикалық модельді қолдану арқылы шешуге болады, ол кокс түзілу, улану және қартаю процестерінің дезактивациясына кешенді әсерін ескереді. Сонымен қатар, оған катализатордың технологиялық деңгейін қосу керек.

Цифрлық технологиялар катализатордың қышқылдық және металлдық белсенділігінің теңгерімділігі есебінен тиімділікті арттыруды қамтамасыз ететін өңделетін шикізаттың оңтайлы технологиялық жағдайлары мен көмірсутектік құрамын анықтауға, яғни өнеркәсіптік реакторды пайдаланудың түрлі режимдерінде оның жұмысын оңтайландыруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Катализатордың ағымдағы потенциалын және оңтайлы белсенділікті сандық бағалауды ескере отырып (кокс түзілу реакцияларының термодинамикалық тепе-теңдік жағдайына сәйкес келетін белсенділік және тығыздаудың аралық өнімдерін гидрогенизациялау) катализаторлардың жұмысын бақылау Жүйесін қолдана отырып жүргізілді.

Оңтайлы жағдайда катализатордың жұмыс потенциалын іске асыру қондырғы жұмысының технологиялық режимін реттеу процесіне барлық көрсеткіштерді (факторларды) тарту дәрежесіне байланысты болады. Бұл жағдайда тәуелді және тәуелсіз факторларды ажыратылады (сурет. 1).



Сурет 1 – Реакция жүйесіне әсер ететін факторлар

Катализатордың потенциалын да, оны жүзеге асыру дәрежесін де сипаттайтын жалпыланған критерий болған кезде көп параметрлік реттеу ең тиімді болып табылады. Мұндай критерий ретінде катализатордың бегінде кокстың пайда болуы, шикізат циклдерінің ұзақтығы және өңделген шикізаттың жалпы көлемі қолданылады. Төменде ЛЧ-35-11/600,

Кесте 3 – ПР-71 катализаторын тиеу кезінде Л-35-11/600 қондырғысының жұмыс моделіне болжам (модельге есептеу)

Қайта өңделген шикізат т.	496224,00	988974,00	1564074,00
Кіру температурасы	487,00	493,00	495,00
Хош иістендіру дәрежесі	29,92	29,88	30,00
Хош иіс, % салмағы.	59,19	59,15	59,26
Сутектің шығуы, %	2,11	2,11	2,12
Кокс, % салмағы.	4,11	8,16	10,95
Шикізат шығыны м ³ /сағ	75,00		
Пар/(Нафт+Хош иісті көмірсутек) шикізатта	1,36		
Қалыпты Пар/ изо-Пар шикізатта	0,98		
Айналым еселігі м3/м3	1333,30		
Изомеризация дәрежесі	49,00		
Зерттеу әдісі бойынша октан саны	96,00		

Кесте 3 – RG-682 катализаторындағы Л-35-11/600 қондырғысының жұмысына мониторинг (нақты деректер)

Қайта өңделген шикізат т.	496224,00	988974,00	1564074,00
Кіру температурасы	485,00	491,00	498,00
Хош иістендіру дәрежесі	19,83	19,79	19,91
Хош иіс, % салмағы.	61,35	62,21	60,43
Сутектің шығуы, %	2,12	2,12	2,13
Кокс, % салмағы.	2,50	4,97	11,89
Шикізат шығыны, м ³ /сағ	75,00		
Пар/ (Нафт+Хош иісті көмірсутек) шикізатта	1,36		
Қалыпты Пар/изо-Пар шикізатта	0,98		
Айналым еселігі м ³ /м ³	1333,30		
Изомеризация дәрежесі	49,00		
Зерттеу әдісі бойынша октан саны	96,00		

Қаржыландыру туралы ақпарат

Мақала AP05131846 «Каталитикалық крекинг, риформинг және изомерлеу қондырғыларында жоғары октанды бензин, дизель отыны және майлы газ өндіру технологияларының ресурс тиімділігін арттыру» ғылыми-техникалық жобасы бойынша гранттық қаржыландыру шеңберінде жарияланды.

Қорытынды

Осылайша, RG және PP сериялы катализаторларды пайдаланудың нақты деректерін пайдалана отырып, Қазақстанның Жоғары парафинді мұнайын өңдеу үшін парафиндерді дегидроциклизациялау риформингінің қиын реакциясында жоғары селективтілікті көрсеткен PP-71 катализаторын жүктеу орынды екені көрсетілген.

Энергияны үнемдеу кезінде шикізаттың өнімге айналу дәрежесін арттыруға мүмкіндік беретін технологиялық әдістердің бірі математикалық модельдеу әдісіне және каталитикалық риформинг процесінде мұнай фракцияларының көмірсутектерінің реактивтілігін ескеретін модельдер құруға негізделген көп сатылы каталитикалық процестердің режимдерін оңтайландыру және болжау болып табылады. Мұнайды қайта өңдеудің каталитикалық кезеңінің тиімділігі технологиялық режимдер мен белсенділікті таңдаудың дұрыстығына, қолданылатын катализаторлардың селективтілігі мен тұрақтылығына байланысты. Бұл мақалада каталитикалық риформинг процесінің математикалық модельдерін қолданудың орындылығын растайтын модельдеу нәтижелері берілген. Қайта өңделетін шикізат құрамының және қолданылатын катализаторлардың технологиялық режимдерге белсенділігінің өзгеруін есепке алу қажеттілігі көрсетілген, бұл тауарлық өнім шығару сапасын арттыруды қамтамасыз етеді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Sharikov, V. Petrov, P.** Universal model for catalytic reforming, *Chem. Petrol. Eng.*, 43, (2007) 580–584.

2 **Froment, G.** Modeling of catalyst deactivation, *Applied Catalysis A: General*, (212(1,2)) (2001) 117–128.

3 **Aguaayo, A. Gayubo, A. Atutxa, A. Olazar, M. Bilbao, J.** Catalyst Deactivation by Coke in the Transformation of Aqueous Ethanol into Hydrocarbons. Kinetic Modeling and Acidity Deterioration of the Catalyst, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 41(17) (2002) 4216–4224.

4 **Ostrovskii, N.** Problems in the study of catalyst deactivation kinetics, *Kinet. Catal.*, 2005, 46(5), 693–704.

5 **Ancheyta, J. Villafuerte-Macias, E.** Kinetic modeling of naphtha catalytic reforming reactions, *Energy Fuels*. 14 (2000) 1032–1037.

6 **Stijepovic, M. Ostojic, A. Milenkovic, I. Linke, P.** Development of a kinetic model for catalytic reforming of naphtha and parameter estimation using industrial plant data, *Energy Fuels*. 23 (2009) 979–983.

7 **Rodríguez, M. Ancheyta, J.** Detailed description of kinetic and reactor modeling for naphtha catalytic reforming, *Fuel*. 90 (2011) 3492–3508.

8 **Wei, W. Bennet, C. Tanaka, R. Hou G. et al.**, Detailed kinetic models for catalytic reforming, *Fuel Process. Tech.*, 89(4) (2008) 344–349.

9 **Arani, H. Shirvani, M. Safdarian, K. Dorostkar, E.** Lumping procedure for a kinetic model of catalytic naphtha reforming, *Braz. J. Chem. Eng.* 26(4) (2009) 723–732.

10 **Belyi, A.** Reforming Catalysts of the PR Family: Scientific Foundations and Technological Advancement, *Kinet. Catal.* 46(5) (2005) 684–692.

11 **Noskov, A.** Two centuries of mathematical modelling. Report at the problem seminar on 90-th anniversary of M.G. Slinko, (2005).

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

Г. Ж. Сейтенова¹, Р. М. Дюсова², Г. Р. Бурумбаева³, С. Б. Умурзакова⁴

Тестирование и выбор катализатора на установке риформинга павлодарского нефтехимического завода

^{1,2,4}Торайғыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

³ТОО «Павлодарский нефтехимический завод»,

Республика Казахстан, г. Павлодар.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

G. Zh. Seytenova¹, R. M. Dyussova², G. R. Burumbayeva³, S. B. Umurzakova⁴

Testing and selection of the catalyst at the Pavlodar petrochemical plant's reforming unit

^{1,2,4}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³LLP «Pavlodar Oil Chemistry Refinery»,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 11.12.20.

В данной статье представлены результаты тестирования и выбора катализаторов для установки каталитического риформинга для энергосбережения и повышения ресурсоэффективности. Каталитический риформинг – фундаментальный процесс в цепочке нефтеперерабатывающей отрасли республики. Эффективность каталитической стадии переработки нефти зависит от правильности выбора технологических режимов и активности, селективности и стабильности применяемых катализаторов. Катализаторы являются расходным материалом в нефтеперерабатывающей отрасли. Оптимизация работы позволит сократить энерго- и экономические затраты в несколько раз, т.к. катализаторы являются дорогостоящим

компонентом. Применение цифровых технологий является оптимальным решением для анализа и мониторинга работы крупногабаритных установок. Для проведения исследования был использован метод математического моделирования, который позволяет в полной мере учесть нестационарность и многофакторность процесса каталитического риформинга. С использованием фактических данных с промышленной эксплуатации Pt-Re катализаторов каталитического риформинга доказано, что для переработки высокопарафинистых нефтей Казахстана целесообразна загрузка катализатора ПР-71, который показал высокую селективность в реакциях каталитического риформинга дегидроциклизации парафинов. Соответственно, это уменьшит вредные выбросы в атмосферу, увеличится глубина переработки, продукты каталитического риформинга станут более качественными. Также это позволит использовать казахстанское сырье с аномальными реологическими свойствами более целесообразно.

Ключевые слова: каталитический риформинг, моторное топливо, цифровые технологии, прогностические модели, тестирование и выбор катализатора.

This article presents the results of testing and selection of catalysts for the installation of catalytic reforming to save energy and increase resource efficiency. Catalytic reforming is a fundamental process in the chain of the Republic's oil refining industry. The efficiency of the catalytic stage of oil refining depends on the correct choice of technological modes and activity, selectivity and stability of the catalysts used. Catalysts are consumable in the oil refining industry. Optimization of operation will reduce energy and economic costs several times, since catalysts are an expensive component. The use of digital technologies is the optimal solution for analyzing and monitoring the operation of large-sized installations. To conduct the study, we used a mathematical modeling method that allows us to fully take into account the non-stationary and multi-factor nature of the catalytic reforming process. Using the actual data from the commercial operation of Pt-Re catalytic reforming catalysts, it is proved that for the processing of high-paraffin oil in Kazakhstan, it is advisable to load the PR-71 catalyst, which has shown high selectivity in the reactions of catalytic reforming of paraffin dehydrocyclization. Accordingly, this will reduce harmful emissions into the atmosphere, increase the depth of processing, and improve the quality of catalytic reforming products. It is also possible to use Kazakhstan raw materials with abnormal rheological properties more expediently.

Keywords: catalytic reforming, motor fuel, digital technologies, predictive models, testing and selection of the catalyst.

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,99 Мб RAM

Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.

Электронное издание

3,99 Мб RAM

Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz