

ӘОЖ 665.658.2
FTAXP 61.51.29

DOI 10.52578/2305-9397-2024-2-2-317-327

Казаринов И.А., химия ғылымдарының докторы., негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-4858-9614>

Н. Г. Чернышевский атындағы Саратов мемлекеттік университеті, Ресей, 410012, Саратов қ., Астраханская көшесі, 83, Kazarinovia@mail.ru

Сатаева С. С., Ph.D., <https://orcid.org/0000-0002-2397-9069>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы, 090009, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, sataeva_safura@mail.ru

Гумарова Ж. М., Ph.D., <https://orcid.org/0000-0003-0043-8208>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы, 090009, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, aina_zhg@mail.ru

Жасұлан А. Ғ., магистрант, <https://orcid.org/0009-0004-4364-2908>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан Республикасы, 090009, Орал қ., Жәңгір хан көшесі, 51, Zhasulan.anargul@mail.ru

Kazarinov I.A., doctor of Sciences in Chemistry, the main author <https://orcid.org/0000-0002-4858-9614>

Saratov State University named after N. G. Chernyshevsky, Saratov, st. Astrakhanskaya, 83, 410012, Russia, Kazarinovia@mail.ru

Gumarova ZH.M., Ph.D., <https://orcid.org/0000-0003-0043-8208>

NJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, aina_zhg@mail.ru

Satayeva S. S., PhD, <https://orcid.org/0000-0002-2397-9069>

NJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, st. Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, sataeva_safura@mail.ru

Zhasulan A. G., master's student, <https://orcid.org/0009-0004-4364-2908>

NJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University», Uralsk, Zhangir Khan str. 51, 090009, Kazakhstan, Zhasulan.anargul@mail.ru

«КОНДЕНСАТ» АҚ ЖАҒДАЙЫНДА ГИДРОТАЗАРТУ ПРОЦЕСІН БАСҚАРУ MANAGEMENT OF THE HYDROTREATING PROCESS IN THE CONDITIONS OF «CONDENSATE» JSC

Аннотация

Соңғы уақытта дизель отынын пайдаланатын жеңіл автокөліктердің үлесі жыл сайын артып келеді. Дизель отынын гидротазарту секциясының технологиясын жаңғырту арқылы төмен температуралы және экологиялық сипаттамалары жақсартылған дизель отынының шығымдылығын арттыру, суық климаты бар Қазақстан өңірлерінде қазіргі отын тапшылығы уақытта қолданылуы өзекті мәселе болып табылады. Каталитикалық депарафинизация процесі параметрлердің тар интервалында жүреді, олардың өзгеруі төмен температуралық қасиеттерді барынша жақсартуға мүмкіндік береді. Процестің негізгі міндеті дизель отынының төмен температуралық қасиеттерін жақсарту болып табылады. Жұмыста мұнай өнімдерінің сапа көрсеткіштерін анықтаудың стандартталған әдістері қолданылды. Орташа дистилляттарды гидродепарафинизациялау процесінде дизель отынын гидротазарту, хош иісті ароматты қосылыстардың қанығуы да жүреді. Зерттеу барысында суару шығыны мен қосымша буландырғыш ағындардың шығындарының тұрақтандыру колоннасының жұмысына әсерін бағалау жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде тұрақтандыру колоннасының оңтайлы жұмыс жағдайлары анықталды. Дизель отынының компонентін гидротазалау процесі Aspen HYSYS бағдарламалық пакетінде модельденген. Дизель отынының құрамдас бөлігін гидротазарту секциясының технологиялық схемасы әзірленді, термодинамикалық деректер мен шикізат пен газ қоспасының құрамы анықталды. Дизель фракциясын гидротазарту нәтижесінде қатаю температурасы -48°C – ке төмен қысқы дизель отыны алынды.

ANNOTATION

Abstract. Recently, the share of passenger vehicles using diesel fuel (diesel fuel) has been increasing annually. Increasing the output of diesel fuel with improved low-temperature and environmental characteristics for regions of Kazakhstan with a cold climate by upgrading the diesel hydrotreating section is currently an urgent problem in conditions of fuel shortage. The process of catalytic dewaxing proceeds in a narrow range of parameters, the change of which makes it possible to maximize the low-temperature properties. The main objective of the process is to improve the low-temperature properties of diesel fuel. Standardized methods for determining the quality of petroleum products were used in the work. During the process of hydrodepaffination of medium distillates, diesel fuel is also hydrotreated and aromatic compounds are saturated. In the course of the study, the impact of irrigation consumption and the cost of additional evaporative flows on the operation of the stabilization column was assessed. As a result of the study, the optimal operating conditions of the stabilization column were determined. The process of hydrotreating the diesel fuel component was modeled in the Aspen Hysys software package. The technological scheme of the hydraulic cleaning section of the diesel fuel component has been developed, thermodynamic data have been determined, and the composition of the gas-raw mixture has been selected as. As a result of hydrotreating the diesel fraction, winter diesel fuel with a solidification temperature of -48°C was obtained.

Ключевые слова: гидроочистка, депарафинизация, дизельное топливо, газойль фракциясы

Key words: hydrotreating, dewaxing, diesel fuel, gas oil fraction

Кіріспе. Жыл сайын мұнай, газ және басқа да шикізат өнімдері барған сайын ғылымды қажет ететін өнімдерге айналууда. Әлемде жыл сайын мұнай мен газ ресурстарын өндіруге және пайдалануға байланысты қызмет секторына жаңа технологияларды енгізу бойынша жаңа әдістемелерді әзірлеудің маңыздылығы артып келе жатқан бірқатар жағдайлар бар [1].

Соңғы уақытта дизель отынын тұтыну көліктің барлық түрлерімен ғана емес, сонымен қатар қазандық отынында, майлау-салқындату және сөндіру сұйықтықтарында да артып келеді. Әсіресе қысқы дизель отынына қатысты тапшылық байқалады. БҚО үшін дизель отынына деген өсіп келе жатқан қажеттілікті "Конденсат" АҚ қызметі есебінен шешуге әбден болады. Қазіргі уақытта "Конденсат" АҚ МӨЗ Қарашығанақ тұрақсыз газ конденсатымен шикізатты қайта өңдеу міндеттерін табысты шешуде, өйткені оның барлық жабдықтары мен тиісті технологиялары бар. Зауыт Қарашығанақ кен орнының аумағында орналасқан, оның мұнай қоры 1,2 млрд тоннаны, ал газ қоры 1,35 трлн текше метрді құрайды.

Гидротазарту нәтижесінде мұнай дистилляттарынан қоспалар алынып тасталады, отынның пайдалану қасиеттері жақсарады. Гидротазарту процесі отынның коррозиялық агрессивтілігін төмендетеді және қоршаған ортаға улы газ шығарындыларын азайтады.

Гидрокүкіртсіздендіру - катализатордың белсенді беттік әрекеттесуімен қатар, құрамында сутегі бар газ ортасында шикізатты тазарту процесі [2]. 2018 жылдан бастап "Конденсат" АҚ МӨЗ – де К5 экологиялық класты мотор отыны өндіретін - жаңа еуропалық стандарт дизель отынының компоненттерін гидротазарту секциясы бар қондырғы жұмыс істейді. "Конденсат" АҚ отынды гидротазарту бойынша барлық процестер бір реакторда өтеді. Гидрокүкіртсіздендіру кезінде күкіртті органикалық және ішінара оттегі мен азот бар қосылыстар бөлінеді. Әрі қарай, ыдырау өнімдері күкіртсутек, су, аммиак, сондай-ақ шекті және хош иісті көмірсутектер сияқты қарапайым қосылыстар түзу үшін сутегімен қаныққан [2, б. 28]. Дизель отынының төмен температуралық қасиеттері лайлану температурасы және сүзгіштіктің шекті температурасы (ПТФ) сияқты көрсеткіштермен сипатталады [3].

Дизель фракцияларының лайлану температурасын төмендету қайнау температурасын төмендету арқылы олардың фракциялық құрамын жеңілдетуге көмектеседі, яғни ең жоғары қайнаған көмірсутектерді жояды [4, 5].

Дизельді отынды гидротазартудың технологиялық процесінің өнім сапасының негізгі көрсеткіші "гидротазартылған дизель отынындағы күкірт мөлшері" параметрі болып табылады. Осы параметрдің сапасы бойынша қорды азайту есебінен (нормаларға жақындату) қондырғыға отын газын тұтынуды азайту жүзеге асырылады, осылайша процестің тиімділігі артады [6].

Дизель отынын тұтынуды арттыра отырып, пайдаланылған газдардың зиянды шығарындыларын азайтуға ерекше назар аударылады. Бұл міндет индустриалды дамыған елдер үшін басымдық болып табылады. Еуропадағы парниктік газдар шығарындыларын азайту мақсатында Үкімет дизельді автокөлік иелеріне әр түрлі салық жеңілдіктері және дизель бағасын тұтынушылар үшін тартымды деңгейде ұстау арқылы "дизельдеуді" ынталандырады (бензин бағасымен салыстырғанда). 2007 жылдың мамырында Еуропалық Кеңес дизельді көліктерге арналған Еуро-5 және Еуро-6 жаңа стандарттарын енгізуді мақұлдады. Еуро-5 сәйкес азот оксидтерінің шығарындылары 180 мг/км-ден аспауы керек, ал бөлшектер шығарындылары 25-тен 5 мг/км-ге дейін төмендейді. 2014 жылдың қыркүйегінде күшіне енген Еуро-6 стандарты азот оксидтерінің 80 мг/км-ден аспайды. Еуро-4-пен салыстырғанда NOx-тың төмендеуі азот оксидтерінің шамамен 70%-ға, ал бөлшектердің 80% - ға төмендеуіне әкеледі. Зиянды заттардың құрамын шектеуден басқа, «бу әсері» және жаһандық климаттың өзгеруі де бар [7,8].

Дизель фракцияларының лайлану температурасы олардың құрамындағы жоғары балқитын парафиндерге байланысты. Оларды фракцияның қайнау температурасын төмендету арқылы жою және осылайша оның фракциялық құрамын жеңілдету вакуумдық газойльдерді гидрокрекинг процесінде алынған гидротазартылған дизель фракциясы мен дизель фракциясының лайлану температурасын төмендетудің ең қарапайым және тиімді әдісі болып табылады [9,10].

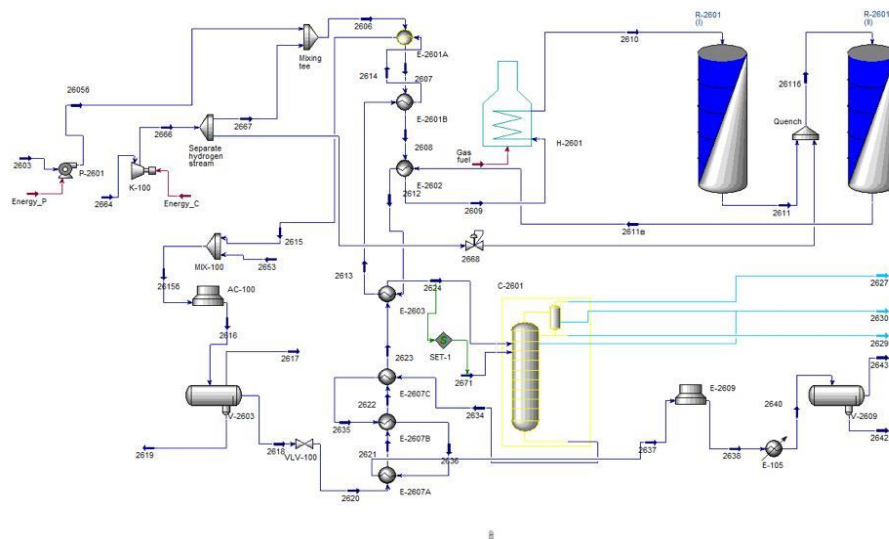
Авторлар, реактордың өнімділігі мен процестің жалпы тиімділігін қосылыстардың конверсиясына қатысты гидродеароматизация кинетикасына тәуелді болған мен, каталитикалық реакцияның барлық негізгі параметрлеріне, катализатордың сулану тиімділігіне, күкірттің конверсиясына ең көп әсер ететін реактордағы температураның жоғарылауы деп есептейді [11]. Құрамында күкірт бар қосылыстардан дизельді гидротазарту механизмі кванттық-химиялық принципін қолдана отырып тұжырымдалады [12]. Дизель отынындағы күкірттің құрамы миллионға 167,3 -191,7 бөлік келетіндей оңтайлы диапазонына келтіру арқылы дизель отынын гидротазарту процесінің қоршаған ортаға әсерін азайтуға болады [13]. Мұнай негізіндегі отынды күкіртсіздендіру экожүйелер мен адам денсаулығына Sox шығарындыларының экологиялық жүктемесін азайтудың кең таралған тәжірибесі болып табылады. Көптеген елдерде көлік құралдарының жанармайындағы күкірт мөлшері миллионға 10 бөлікпен шектеледі. Реактордан шығатын күкірт концентрациясы, температура, газдар жылдамдығы және май шығыны сияқты параметрлерді бақылау арқылы ластаушы заттардың құрамын S10 дизель отынының өнімділік диапазонына дейін төмендетуге болады [14, 20]. Зерттеушілер үш негізгі реакцияның гетерогенді моделін - гидродесульфуризация, гидроденитрогенизация және гидродеароматизацияны қолдану арқылы дизель отынын гидротазарту реакторының ең жақсы жұмыс жағдайларын анықтады [15]. Катализатордың жүктемесін азайту тұрғысынан төмен қайнаған және жоғары қайнаған реакторларға дизель отынының фракцияларын бөлек беретін гидротазарту процесінің екі реакторлы схемасы оңтайлы болып табылады [16]. Авторлар алдын ала фракцияланған шикізатты бөлек гидрогенизациялаудың артықшылығын негіздейді, бұл әртүрлі күкіртті органикалық заттар үшін гидродеобессеризация реакцияларының катализінің ерекшеліктерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді [17]. Гидротазартылған жеңіл кокстелетін газойльдің шағын фракцияларының қасиеттерін талдау оның негізінде жазғы дизель отынының орнына авиакеросин мен қысқы дизель отынын алудың теориялық мүмкіндігін көрсетті [18]. Таза дизельдің болашағы үшін цетан санына, хош иісті заттарға, дистилляцияның 90% температурасына және күкірт құрамына қатаң талаптар қойылады [19].

Гидротазарту реакторында тікелей айдайтын мұнай фракцияларының күкіртті және азотты қосылыстарынан қажетті мандерге дейін тазарту жүргізіледі. "Конденсат" АҚ МӨЗ бірегейлігі барлық тазарту операциялары гидротазарту реакторында бір өту арқылы қамтамасыз етілуі мүмкін.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеуді жүргізу үшін бастапқы материалдар материалдық теңгерімді, тұрақтандыру бағанының технологиялық жұмыс режимдерін, тұрақтандыру бағанының ағындарының құрамын қамтитын каталитикалық депарафинизацияның өнеркәсіптік қондырғысында алынған қасиеттер, эксперименттік деректер болды. Дизель отынының компоненттерін гидротазарту секциясының шикізаты

тікелей айдайтын газойль фракциясы, дизель отынының құрамдас бөлігі (жеңіл вакуумды газойль) және жеңіл мұнай өнімдерінің құрамдас бөлігі болып табылады. Дизель отынының құрамдас бөлігін гидротазарту процесін оңтайландыру Aspen hysys ортасында модель құру арқылы жүзеге асырылды. Зерттеу әдістері ретінде қысқы дизель отынының сапа көрсеткіштерін ГОСТ Р 55475-2013 сәйкестігіне анықтаудың стандартталған әдістері қолданылды.

Нәтижелер және оларды талқылау. Aspen hysys бағдарламасының көмегімен дизельді гидротазартудың технологиялық схемасы модельденді. Модельдеу процесінің арқасында компоненттердің мазмұны мен ағындардың технологиялық параметрлері туралы мәліметтер алынды. Бұл бағдарлама модельденген процестің технологиялық ортасын барабар бағалауға мүмкіндік береді, соның арқасында өндірістегі қателер саны азаяды, бұл технологиялық процестің сапасы мен өнімділігін арттырады. Шикізат жалпы құбыр арқылы секцияға түседі. Шикізат картридж сүзгісіндегі механикалық қоспалардан тазартылады. Сүзгіден кейін тазартылған шикізат сақтау сыйымдылығына түседі, онда шикізат резерві жинақталады (номиналды өнімділік кезінде шамамен 30 минут жұмыс істейді) және өндеудің және сақтаудың алдыңғы кезеңдерінде технологиялық режимнің бұзылуына байланысты шикізатта болуы мүмкін бос су жойылады. Сақтау сыйымдылығындағы қысым отын газының көмегімен жасалған газ "жастықшасының" көмегімен сақталады. Отын газы секция құрамына кіретін отын газын дайындау торабынан беріледі. Сыйымдылықтағы қысым $0,25 \div 0,35$ Мпа шегінде сақталады. Сақтау сыйымдылығынан шикізат Р-2601 А/В шикізат беру сорғыларын қабылдауға түседі (бір жұмысшы, екінші резерв). Р-2601 А/В шикізатын беру сорғыларынан алынған шикізат айналымдағы АСГ-мен араластыру үштігінде араластырылады. АСГ араластыру тісіне К-2601 А/В циркуляциялық компрессормен беріледі, араластыру тісіне АСГ шығынының шикізат шығынына қатынасы кемінде 350 болуы керек. Араластырудағы АСГ шығыны $5952,5 \div 13095,5$ нм³/сағ шегінде болуы тиіс. Үштікте араластырғаннан кейін газ-шикізат қоспасы (АСГ) Е-2601 А/В "шикізат/реактор өнімі". Қос жылу алмастырғыштың құбыр-аралық кеңістігіне жіберіледі, онда ол газ-өнім қоспасының (ГШҚ) жылуын қалпына келтіру есебінен жылытылады. Е-2601 А/В Жылу алмастырғыштан кейін ГШҚ Е-2602 "шикізат/реактор өнімі" жылу алмастырғышының құбыраралық кеңістігіне жіберіледі, онда R-2601 гидротазарту реакторынан келетін ГӨҚ жылуын қалпына келтіру есебінен қыздырылады. Е-2602 жылу алмастырғыштан кейін алдын ала қыздырылған газ-шикізат қоспасы Н-2601 қыздыру пешіне жіберіледі.



Н - 2601 пешінде реакция температурасына дейін қыздырылған газ-шикізат қоспасы R-2601 тікелей ағынды реакторының жоғарғы бөлігіне гидрогенизацияға түседі және R-2601 реакторында орналасқан катализатордың екі пакетін жоғарыдан төмен қарай дәйекті түрде өтеді. Газ-шикізат қоспасы екі пакеттің катализаторымен жанасқанда, гидротазалау процесінің реакциялары жүреді. Реакторға түсетін R-2601 ГШҚ температурасы (катализатордың жоғарғы пакетіне кіретін температура) $370\div 395$ °C шегінде сақталады. R-2601 реакторынан шығатын ГӨҚ ағыны E-2602 "шикізат/реактор өнімі" жылу алмастырғыштың құбыр кеңістігіне, содан кейін E-2603 "бу колоннасының шикізаты/реактор өнімі" жылу алмастырғыштың құбыр кеңістігіне және бұдан әрі – E-2601 А/В "шикізат/реактор өнімі" жылу алмастырғыштың құбыр кеңістігіне салқындатуға жіберіледі. E-2602, E-2603, E-2601 А/В жылу алмастырғыштарда салқындатылған ГӨҚ ағыны E-2604 А/В газ-өнім қоспасының ауа тоңазытқыш-конденсаторына дейін салқындатуға түседі.

Технологиялық схемада E-2604 А/В тоңазытқыш-конденсаторына K-2601 А/В компрессорынан және P-2604 А/В сорғысынан шаю суынан құрамында сутегі бар газды (АСГ) E-2604 А/В конденсаторына кірер алдында ГӨҚ ағынына беру көзделген. Аммоний тұздарының тұнбасын болдырмау және E-2604 А/В тоңазытқыш-конденсатор түтіктеріндегі аммоний тұздарының әсерінен коррозияны болдырмау үшін жүйеге шаю суы беріледі. Реакция өнімдерінің, АСГ және шаю суының қоспасы E-2604 А/В ауа тоңазытқыш-конденсаторынан кейін V-2603 реакция өнімдерінің сепараторына түседі, онда бөліну жүреді қоспаның газ фазасына, сұйық гидрогенизатқа және қышқыл суға түсуі V-2603 сепараторында сұйықтықтан бөлінген айналымдағы сутегі бар газ V-2603 сепараторының жоғарғы жағынан шығады және күкіртті сутектен тазарту үшін аминді тазарту блогына жіберіледі. Гидротазартудың мақсатты реакцияларынан басқа, R-2601 реакторында жағымсыз реакциялар аз дәрежеде жүреді, олардың кейбір өнімдері айналымдағы сутегі бар газда жұмыс кезінде жиналатын және сутектің парциалды қысымын төмендететін метан және басқа жеңіл көмірсутектер болып табылады. Құрамында сутегі бар газды метанды және басқа жеңіл көмірсутектерді айналымдағы газдан шығару үшін қышқыл газ ретінде айналым жүйесінен СГКДТ-ның аз мөлшерін тұрақты түрде шығару (үрлеу) қарастырылған. V-2603 сепараторынан қышқыл газ желісіне орнатылған АСГ айналым жүйесінен берілетін қышқыл газдың шығыны (жобалық мәні 402 кг/сағ). V-2603 сепараторынан қышқыл газ ағыны V-2608 бу колоннасының рефлюкс сыйымдылығынан қышқыл газ ағынымен араласқаннан кейін және одан әрі қышқыл газдың біріктірілген ағыны аминді тазартудың үшінші тарап қондырғысына СГКДТ шекарасынан шығарылады. Қышқыл газдың біріккен ағынында ағынды анализаторлар қарастырылған: сутектің көлемдік үлесін бақылау және күкіртті сутектің көлемдік үлесін бақылау. Онда еріген күкіртсутегі (H_2S) және аммиак (NH_3) бар қышқыл су V-2603 сепараторының тұндырғышында жиналады. V-2603 сепараторының тұндырғышынан шығарылатын қышқыл су ағыны V-2602 шикізатының сақтау сыйымдылығынан қышқыл су ағынымен, V-2608 бу колоннасының рефлюкс сыйымдылығы тұндырғышынан қышқыл су ағынымен және V-2609 коалесцер ыдысынан қышқыл су ағынымен біріктіріледі. Қышқыл судың біріктірілген ағыны шығарылады және қышқыл ағынды кәдеге жарату жүйесінің қышқыл су жинау қондырғысына жіберіледі. Сондай-ақ, V-2603 тұндырғышынан қышқыл су V-2611 қышқыл судың сақтау сыйымдылығына рефлюкс ыдысының тұндырғышынан, V-2608 бу колоннасынан ағатын ағынмен біріктіріліп беріледі. V-2603 сепараторынан тұрақсыз гидрогенизат E-2607 А/В жылу алмастырғыштың құбыраралық кеңістігіне және одан әрі C-2601 бу колоннасына тұрақтандыруға беру алдында қыздыру үшін E-2607 "бу колоннасының шикізаты/бу колоннасының текшесі" жылу алмастырғыштың құбыраралық кеңістігіне жіберіледі.

V-2603 сепараторынан келетін тұрақсыз гидрогенизат E-2607 А/В, E-2607 А/В/С жылу алмастырғыштардың құбыраралық кеңістігінде C-2601 бу бағанының текше өнімі ағынының жылуы есебінен қызады, содан кейін E-2603 жылу алмастырғыштың құбыраралық кеңістігінде ГӨС ағынының жылуы есебінен қызады және бу бағанына тұрақтандыруға беріледі. C-2601 бағанының кіре берісіндегі тұрақсыз гидрогенизаттың температурасы (E-2603 жылу алмастырғыштан кейін) $230\div 280$ °C шегінде реттеледі. E-2607 А/В, E-2607 С, E-2603 жылу алмастырғыштарында қыздырғаннан кейін тұрақсыз гидрогенизат C-2601 бу колоннасының 16-шы тарелкасына беріледі. Бу бағанасы 25-ші клапан тарелкаларымен жабдықталған, тарелкаларды санау-төменнен басталады. Жеңіл фракцияларды, күкіртті сутекті және нафтан

күкіртсіздендірілген өнімнен алып тастау, қосымша жылуды енгізу және С-2601 бу колоннасында бу мен сұйық фазаның қарсы ағынын жасау үшін бағанның 1-ші табақшасының астына жоғары қысымды (ВД) су буын беру қарастырылған. С-2601 бу колоннасына жоғары қысым буын беру желісінде клапан қарастырылған. С-2601 бу колоннасының жоғарғы жағынан шығатын көмірсутек буы екі желдеткіші бар бір бөлімнен тұратын Е-2608 бу колоннасының конденсатор-ауа тоңазытқышында салқындатылады және ішінара конденсацияланады. Е-2608 тоңазытқыш шығысындағы салқындатылатын ағынның температурасы 50 °С аспауы тиіс.

Е-2608 конденсатор-ауа тоңазытқышынан С-2601 бағанының жоғарғы погонының салқындатылған ағыны V-2608 бу бағанының рефлюкс сыйымдылығына түседі, онда ол қышқыл газға, тұрақсыз нафтаға және қышқыл суға бөлінеді. V-2608 рефлюкс сыйымдылығы-қышқыл газ сепараторынан тамшы сұйықтығының ағып кетуіне жол бермейтін газ шығысында ішкі тамшы ұстағышпен және қышқыл суды жинауға арналған тұндырғышпен жабдықталған көлденең цилиндрлік аппарат. V-2608 рефлюкс сыйымдылығынан тұрақсыз нафта Р-2603 А/В бу колоннасының рефлюкс сорғыларын қабылдауға түседі. Р-2603 А/В сорғыларын айдаудан тұрақсыз нафта С-2601 колоннасына жедел суару ретінде беріледі. Р-2603 А/В сорғыларын айдаудан тұрақсыз нафтаньң баланстық саны нафтаньң гидротазарту блогына беріледі. С-2601 бу колоннасының текшесінде дизель отынының гидротазартылған компоненті (тұрақты гидрогенизат) жиналады. Жүйенің артық қысымы есебінен С-2601 бу колоннасының тарелкасынан алынған тұрақты гидрогенизат «бу колоннасының шикізаты/бу колоннасының текшесі» Е-2607 А/В/С жылу алмастырғыштардың құбыр кеңістігіне салқындатуға жіберіледі, онда ол бу колоннасының қоректену ағынына жылу береді. Е-2607 А жылу алмастырғыштан кейін тұрақты гидрогенизат ағыны екі желдеткіші бар бір секциядан тұратын Е-2609 дизель отынының гидротазартылған компонентінің ауа тоңазытқышына дейін салқындатуға жіберіледі. Е-2609 ауа тоңазытқышынан кейін тұрақты гидрогенизат Е-2610 дизель отынының гидротазартылған компоненті тоңазытқышының құбыраралық кеңістігіне одан әрі салқындатуға түседі, онда салқындату құбыр кеңістігіне этиленгликольдің 50% ерітіндісінің берілетін ағынымен жүргізіледі. Е-2610 кейін этиленгликоль ерітіндісінің ағыны К-2601 А/В газ компрессорларынан және Е-2605 тоңазытқыштан кейін этиленгликоль ерітіндісінің ағындарымен біріктіріледі.

Е-2610 тоңазытқышында салқындағаннан кейін тұрақты гидрогенизат эмульсия түрінде болатын суды бөлу үшін V-2609 коалесцер жіберіледі. Коалесцер V-2609 сыйымдылығындағы дизель отынының гидротазартылған компонентін судан босату дәрежесі жеткіліксіз болған кезде V-2609 кейін дизель отынының гидротазартылған компоненті V-2610 тұз кептіргішке жіберіледі. Тұз кептіргіште адсорбент ретінде натрий хлориді (тас тұзы) қолданылады. Суды қатты натрий хлоридімен адсорбциялау кезінде қаныққан тұзды ерітінді түзіледі, ол құрғатқыштың төменгі бөлігінде жиналады және мезгіл-мезгіл СГКДТ дренаж жүйесіне (дизель отынының компонентін гидротазалау бөлімі) ағызылады. Дизель отынының гидро тазартылған құрамдас бөлігіндегі судың қанағаттанарлық құрамы кезінде V-2609 коалесцер сыйымдылығынан кейін дизель отынының гидротазартылған құрамдас бөлігінің ағынын тұз кептіргіштің айналма жолы бойынша қайта бағыттай отырып, технологиялық схемадан V-2610 тұз кептіргішті ажырату мүмкіндігі көзделген.

Кесте 1 – Дизель отыны компонентінің гидротазарту бөліміне кіріс ағынының технологиялық параметрлері.

Параметрлер	Жалпы	Сұйық фаза	Бу фазасы
1	2	3	4
Бу / фаза үлесі	0.0000	1.0000	0.0000
Температура (С)	28.34	28.34	28.34
Давление (kPa)	300.0	300.0	300.0
Моль шығыны (kgmole/h)	135.1	135.1	0.0000
Жаппай тұтыну (kg/h)	2.730e+004	2.730e+004	0.0000
Бастапқы сұйықтықтың стандартты көлемдік ағыны (m ³ /h)	33.10	33.10	0.0000

1	2	3	4
Молярлық энтальпия (kJ/kgmole)	-4.307e+005	-2.420e+005	0.0000
Молярлық энтальпия (kJ/kgmole-С)	421.5	421.5	164.4
Жылу ағыны (kJ/h)	-5.819e+007	-5.819e+007	0.0000
Стандартты жағдайдағы көлемдік ағын (m ³ /h)	33.04	33.04	0.0000
Қату температурасы (С)	-23.95	-	-
Массалық тығыздық (kgm ³)	825	-	-

СГКДТ кіріс ағынының технологиялық параметрлері (1-кесте) шикізатты технологиялық режим бойынша одан әрі өңдеуге мүмкіндік береді. Гидротазарту дәрежесіне әсер ететін негізгі технологиялық параметрлер: шикізатты берудің сағаттық көлемдік жылдамдығы, катализатор қабатының (пакетінің) орташа өлшенген температурасы (Тсвз), сутектің парциалды қысымы, шикізатқа АСГ айналымының еселігі, катализатордың белсенділігі болып табылады. Жұмыс параметрлері күкіртті, азотты және оттегі бар органикалық қосылыстардан қажетті тазарту дәрежесіне жету үшін секцияның реактор блогында реттелуі мүмкін. Бастапқы шикізатты күкірттен, азоттан және басқа микро коспалардан тазарту тереңдігі шикізаттың берілу жылдамдығына, процестің температурасына, қысымға, АСГ берілу жиілігіне, катализатордың белсенділігіне байланысты.

Кесте 2 – Кіріс ағынына шикізаттың сипаттамасы

Тығыздығы 20 °С, кг/м ³	825
Кинематикалық тұтқырлық, мм ² /с:	
– 20 °С	3.345
Жоғалту температурасы, °С	Минус 18
Жабық тигельдегі жаркыл нүктесі, °С	67.6
Фракциялық құрамы ГОСТ 2177, °С:	
– бастапқы қайнау температурасы	164
– 10 % температурада қайнайды	195
– 50 % температурада қайнайды	257
– соңғы қайнау температурасы	351

Гидротазарту процесінің бастапқы шикізаты ретінде қайнау аралығы 164-351°С болатын дизель фракциясы пайдаланылды (2-кесте). Зерттеуді 164-351°С қайнау аралығы бар дизель фракциясы түріндегі шикізат мысалында жүргізу, 10 ppm деңгейінде күкірттің қажетті мөлшері бар тауарлық гидрогенизатты алу процесінің заңдылықтарын зерттеуден басқа, бастапқы отынның жеткіліксіз тазартылған ауыр фракциясымен кейіннен біріктіру үшін жеңіл фракцияның терең күкіртсізденуін қамтамасыз етуді қарастыруға мүмкіндік береді. Қайнау аралығы бойынша таңдалған 164-351 фракциясы сәйкес сипаттамалары бар ЭЛОУ АТ қондырғысынан келетін тікелей қысқы, арктикалық дизельге сәйкес келеді.

Кесте 3 – Дизель отынының компонентін гидротазарту секциясына шығыс ағынының технологиялық параметрлері.

Параметрлер	Жалпы	Сұйық фаза
1	2	3
Бу / фаза үлесі	0.0000	1.0000
Температура (С)	35.00	35.00
Давление (kPa)	800.0	800.0
Моль шығыны (kgmole/h)	123.5	123.5
Жаппай тұтыну (kg/h)	1.949e+004	1.949e+004

1	2	3
Бастапқы сұйықтықтың стандартты көлемдік ағыны (m ³ /h)	24.50	24.50
Молярлық энтальпия (kJ/kgmole)	-3.366e+005	-3.366e+005
Молярлық энтальпия (kJ/kgmole-С)	304.5	304.5
Жылу ағыны (kJ/h)	-4.158e+007	-4.158e+007
Стандартты жағдайдағы көлемдік ағын (m ³ /h)	24.46	24.46
Қату температурасы (С)	-48	-
Массалық тығыздық (kgm ³)	784.5	784.5

Шығыс ағынының технологиялық параметрлерінде (кесте 3) ең маңызды параметр қату температурасы болып саналады. Дизель отынының қату температурасы-бұл белгілі бір жағдайларда мұнай өнімдері қозғалғыштығын жоғалтатын температура. Бұл парафинді көмірсутектердің бөлінуінен немесе төмен температурада қатып қалуынан болады. Бұл сипаттама жұмыс кезінде де, тасымалдау кезінде де өте маңызды. Қату температурасы -48 °С болатын алынған арктикалық дизель отыны ГОСТ Р 55475-2013 барлық параметрлеріне сәйкес келеді.

Кесте 4 – Шикізаттың шығыс ағынына сипаттамасы.

Тығыздығы, кг/м ³ (при 15 °С)	800
2 Фракциялық құрамы:	
- 180 °С дейін тазартылады, % об	< 10
- 250 °С температурада тазартылады, % об	< 65
- 350 °С температурада тазартылады, % об	> 85
- 360 °С дейін тазартылады, % об	> 95
- 95% температурада қайнайды	< 360
3 40 °С температурада кинематикалық тұтқырлық, мм ² /с	2,3 - 4,5
4 Лайлану температурасы, °С, жоғары емес	Минус 10
5 Сүзгіштіктің шекті температурасы, °С, жоғары емес	(А) -44,-48,-52
6 Жарқыл температурасы жабық тигель, °С	30
7 Күкірт мөлшері, мг/кг	< 10
8 Су мөлшері, мг/кг	< 200
9 Түсі	Т.
10 Хош иісті полициклді көмірсутектердің құрамы, % масс.	< 8,0
11 10% үдеткіш қалдығының кокстелуі, % масс.	< 0,3
12 Күлділігі, % масс.	< 0,01
13 Жалпы ластану, мг/кг	24
14 Майлау қабілеті (60 °С температурада тозу дақтарының түзетілген диаметрі), мкм, артық емес	< 460
15 Мыс табақшасын сынау	Класс 1

Дизель отынында механикалық қоспалардың, судың, шайырлы заттардың, парафиндер мен сабындардың молекулалық құрылымының болуы қозғалтқыштың отын жабдықтарының тиімділігі мен сенімділігіне теріс әсер етеді. 4 - кестенің деректері шығыс ағынындағы шикізаттың төмен температуралы отын үшін рұқсат етілген параметрлері бар екенін көрсетеді, бұл өз кезегінде отын жабдығында кристалдардың пайда болу қауіпін азайтады. ДО құрамына

кіретін қалыпты құрылымдағы жоғары молекулалы парафинді көмірсутектер жеткілікті жоғары балку жылдамдығымен отынның төмен температуралық қасиеттерін анықтайды. Қоршаған орта температурасының төмендеуі отыннан n - парафиндердің әртүрлі формадағы кристалдар түрінде кездеседі.

Қорытынды. Осылайша, Aspen hysys ортасында модель құру арқылы дизельді гидротазарту қондырғысының өнімділігін модельдеу және бағалау жүргізілді. Орнату параметрлері анықталды (компоненттердің өнімділігі мен сандық мазмұны). Гидротазарту қондырғылары қатаю температурасы -48°C дизель отынын алуға мүмкіндік береді. Күкірт мөлшері өте төмен температуралық қасиеттерін жақсарту өндірісін ұйымдастыру кезінде мұнай өңдеу кәсіпорындары бір уақытта екі күрделі мәселені шешуі керек: төмен температуралық қасиеттерді жақсарту және гидротазартуды едәуір тереңдету. МӨЗ технологиялық схемасына каталитикалық гидродепарафинизация процесін енгізу бастапқы шикізаттың химиялық құрамын кең ауқымда түрлендіруге, оны пайдалану дәрежесін едәуір арттыруға, демек, мақсатты өнімдердің шығымдылығы мен сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Джантасов, М.С. Развитие инновационного потенциала нефтегазового сектора Западного Казахстана [Текст] / М.С. Джантасов, В.А. Бурахта // Вестник Западно-Казахстанского инновационно-технологического университета. – 2020. – №1 (9). – С. 24-27.
- 2 Кожемякин, М. Ю. Гидроочистка дизельного топлива [Текст] / М. Ю. Кожемякин, Е. И. Черкасова // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18, №23. – С. 28-30.
- 3 Ермак, А.А., Бурая И.В., Спиридонов А.В., Сюзарева Е.В., Ковалева И.В. Способы регулирования температуры помутнения дизельных топлив [Текст] / А.А. Ермак, И.В. Бурая, А.В. Спиридонов, Е.В. Сюзарева, И.В. Ковалева // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2018. – Серия В. – С. 112-117.
- 4 Маннапов, И.В. Модификация свойств дизельных топлив присадками различного функционального назначения [Текст] / И.В. Маннапов, А.Ю. Спащенко // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. – 2014. – №3. – С. 168–186.
- 5 Лобашова, М.М. Улучшение качества дизельных и котельных топлив присадками [Текст] / М.М. Лобашова // Всероссийский науч.-исслед. ин-т по переработке нефти. – М., 2014. – 125 с.
- 6 Хакимов, Р.А. Идентификация математической модели процесса гидроочистки дизельного топлива для создания системы оптимизации группы технологических установок нефтеперерабатывающего завода [Текст] / Р.А. Хакимов // Омский научный вестник. – 2018. – № 4. – С. 174-178.
- 7 Меньшикова, Т.С. Новые данные о применении алкилнитратов и пероксидов в качестве цетаноповышающих присадок для дизельного топлива [Текст] / Т.С. Меньшикова, Д.А. Халикова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №19. – С.141-142.
- 8 Халикова, Д.А. Сравнение ключевых показателей дизельных топлив зарубежного и отечественного производств [Текст] / Д.А. Халикова, Т.С. Меньшикова // Вестник КНИТУ. – 2012. – Т.15, №9. – С. 226-227.
- 9 Камешков, А.В. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами [Текст] / А.В. Камешков, А.А. Гайле // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2015. – №29. – С. 49–60.
- 10 Мейерс, Р.А. Основные процессы нефтепереработки [Текст] / Р.А. Мейерс // – 2011. – ЦОП «Профессия». – 944 с.
- 11 Glisic, S. B. The Influence of Hydrodearomatisation Reaction Kinetics on the Modelling of Sulphur and Aromatics Removal from Diesel Fuel in an Industrial Hydrotreating Process [Text] / S. B. Glisic, A. M. Orlovic // Energies. – 2021. – Vol. 14(15). 4616.
- 12 Petrova, D. Energy Basics of Catalytic Hydrodesulfurization of Diesel Fuels [Text] / D. Petrova, V. Lyubimenko, E. Ivanov, P. Gushchin, I. Kolesnikov // Catalysts. – 2022. – Vol. 12, 1301.

- 13 Le, Wu. Environmental impacts of hydrotreating processes for the production of clean fuels based on life cycle assessment [Text] / Le Wu, Yongzhong Liu // Fuel, Volume 164. – 2016. – P. 352-360.
14. Roberta, Olindo. The Role of Hydrogen in the Ecological Benefits of Ultra Low Sulphur Diesel Production and Use: An LCA Benchmark [Text] / Roberta Olindo, Joost G. Vogtländer // Sustainability. – 2019. – Vol. 11(7)
- 15 Ali Bakhshi Ani. Simulation and Multi-Objective Optimization of a Trickle-Bed Reactor for Diesel Hydrotreating by a Heterogeneous Model Using Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II [Text] / Ali Bakhshi Ani, Habib Ale Ebrahim // Energy Fuels. – 2015. – Vol. – 29, 5.
- 16 Samoilov, N. A. Mathematical Modeling and Optimization of Diesel-Fuel Hydrotreatment [Text] / N. A. Samoilov // Theor Found Chem Eng. – 2021. – Vol. 55. – P. 91–100
- 17 Zhilina V. A. Mathematical modeling of the process of separate hydrotreating of pre-fractionated diesel fuel [Text] / V. A. Zhilina, N. A. Samoilov // Oil and Gas Business. – 2021. – P. 146-172.
- 18 Tarusov, D. Changing the properties of narrow fractions in the process hydrotreating light coking gas oil [Text] / D. Tarusov, V. Slakaev, G.S. Mutovkin, V.E. Znaemov, A.N. Karpov, N.Y. Bashkirtseva, A.V. Tarasov, D. Borisanov // World of petroleum products. – 2022.
- 19 Akasaka, Y. Trends in automotive diesel fuel properties and hydrotreating process fuel [Text] / Akasaka Y., Tanaka E // Nihon Enerugi Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Energy. – 2000.
- 20 Da Silva, J. I. Model predictive control for production of ultra-low sulfur diesel in a hydrotreating process [Text] / J. I. Da Silva, A. R. Secchi // Brazilian Journal of Chemical Engineering. – 2019. – Vol. 36, No. 01. – P. 439 – 452.

REFERENCES

- 1 Dzhantasov, M.S. Razvitie innovacionnogo potenciala neftegazovogo sektora Zapadnogo Kazakhstana [Tekst] / M.S. Dzhantasov, V.A. Burakta // Vestnik Zapadno-Kazakhstanskogo innovacionno-tekhnologicheskogo universiteta. – 2020. – №1 (9).– S. 24-27.
- 2 Kozhemyakin, M. YU. Gidroochistka dizel'nogo topliva [Tekst] / M. YU. Kozhemyakin, E. I. Cherkasova // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – T.18, №23. – S. 28-30.
- 3 Ermak, A.A., Buraya I.V., Spiridonov A.V., Syubareva E.V., Kovaleva I.V. Sposoby regulirovaniya temperatury pomutneniya dizel'nyh topliv [Tekst] / A.A. Ermak, I.V. Buraya, A.V. Spiridonov, E.V. Syubareva, I.V. Kovaleva // Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. – 2018. – Seriya V. – S. 112-117.
- 4 Mannapov, I.V. Modifikaciya svojstv dizel'nyh topliv prisadkami razlichnogo funkcional'nogo naznacheniya [Tekst] / I.V. Mannapov, A.YU. Cpashchenko // Neftegazovoe delo: elektron. nauch. zhurn. – 2014. – №3. – S. 168–186.
- 5 Lobashova, M.M. Uluchshenie kachestva dizel'nyh i kotel'nyh topliv prisadkami [Tekst] / M.M. Lobashova // Vserossijskij nauch.-issled. in-t po pererabotke nefti. – M., 2014.– 125 s.
- 6 Hakimov, R.A. Identifikaciya matematicheskoy modeli processa gidroochistki dizel'nogo topliva dlya sozdaniya sistemy optimizacii gruppy tekhnologicheskikh ustanovok neftepererabatyvayushchego zavoda [Tekst] / R.A. Hakimov // Omskij nauchnyj vestnik. – 2018. – № 4.– S. 174-178.
- 7 Men'shikova, T.S. Novye dannye o primenenii alkilnitrato i peroksidov v kachestve cetanopovyshayushchih prisadok dlya dizel'nogo topliva [Tekst] / T.S. Men'shikova, D.A. Halikova // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2012. – №19. – S.141-142.
- 8 Halikova, D.A. Sravnenie klyuchevykh pokazatelej dizel'nyh topliv zarubezhnogo i otechestvennogo proizvodstv [Tekst] / D.A. Halikova, T.S. Men'shikova // Vestnik KNITU. – 2012. – T.15, №9. – S. 226-227.
- 9 Kameshkov, A.V. Poluchenie dizel'nyh topliv s uluchshennymi nizkotemperaturnymi svojstvami [Tekst] / A.V. Kameshkov, A.A. Gajle // Izvestiya SPbGTI (TU). – 2015. – №29. – S. 49–60.
- 10 Mejers, R.A. Osnovnye processy neftepererabotki [Tekst] / R.A. Mejers // – 2011. – COP «Professiya». – 944 s.

- 11 Glisic, S. B. The Influence of Hydrodearomatisation Reaction Kinetics on the Modelling of Sulphur and Aromatics Removal from Diesel Fuel in an Industrial Hydrotreating Process [Text] / S. B. Glisic, A. M. Orlovic // *Energies*. – 2021. – Vol. 14(15). 4616.
- 12 Petrova, D. Energy Basics of Catalytic Hydrodesulfurization of Diesel Fuels [Text] / D. Petrova, V. Lyubimenko, E. Ivanov, P. Gushchin, I. Kolesnikov // *Catalysts*. – 2022. – Vol. 12, 1301.
- 13 Le, Wu. Environmental impacts of hydrotreating processes for the production of clean fuels based on life cycle assessment [Text] / Le Wu, Yongzhong Liu // *Fuel*, Volume 164. – 2016. – P. 352-360.
- 14 Roberta, Olindo. The Role of Hydrogen in the Ecological Benefits of Ultra Low Sulphur Diesel Production and Use: An LCA Benchmark [Text] / Roberta Olindo, Joost G. Vogtländer // *Sustainability*. – 2019. – Vol. 11(7)
- 15 Ali Bakhshi Ani. Simulation and Multi-Objective Optimization of a Trickle-Bed Reactor for Diesel Hydrotreating by a Heterogeneous Model Using Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II [Text] / Ali Bakhshi Ani, Habib Ale Ebrahim // *Energy Fuels*. – 2015. – Vol. – 29, 5.
- 16 Samoilov, N. A. Mathematical Modeling and Optimization of Diesel-Fuel Hydrotreatment [Text] / N. A. Samoilov // *Theor Found Chem Eng.* – 2021. – Vol. 55. – P. 91–100
- 17 Zhilina V. A. Mathematical modeling of the process of separate hydrotreating of pre-fractionated diesel fuel [Text] / V. A. Zhilina, N. A. Samoilov // *Oil and Gas Business*. – 2021. – P. 146-172.
- 18 Tarusov, D. Changing the properties of narrow fractions in the process hydrotreating light coking gas oil [Text] / D. Tarusov, V. Slakaev, G.S. Mutovkin, V.E. Znaemov, A.N. Karpov, N.Y. Bashkirtseva, A.V. Tarasov, D. Borisanov // *World of petroleum products*. – 2022.
- 19 Akasaka, Y. Trends in automotive diesel fuel properties and hydrotreating process fuel [Text] / Akasaka Y., Tanaka E // *Nihon Enerugi Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Energy*. – 2000.
- 20 Da Silva, J. I. Model predictive control for production of ultra-low sulfur diesel in a hydrotreating process [Text] / J. I. Da Silva, A. R. Secchi // *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. – 2019. – Vol. 36, No. 01. – P. 439 – 452.

РЕЗЮМЕ

В последнее время ежегодно увеличивается доля легкового автотранспорта, использующего дизельное топливо (ДТ). Увеличение выхода дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными и экологическими характеристиками для применения в регионах Казахстана с холодным климатом путем модернизации технологического оформления секции гидроочистки дизельного топлива является в настоящее время актуальной проблемой в условиях дефицита топлива. Процесс каталитической депарафинизации протекает в узком интервале параметров, изменение которых позволяет максимально улучшить низкотемпературные свойства. Основной задачей процесса является улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива.

В работе применялись стандартизованные методики определения показателей качества нефтепродуктов. В ходе процесса гидродепарафинизации средних дистиллятов происходит также гидроочистка дизельного топлива, а также насыщение ароматических соединений. В процессе исследования проводились оценка влияния расхода орошения и расходов дополнительных испаряющих потоков на работу колонны стабилизации. В результате исследования определены оптимальные условия эксплуатации колонны стабилизации. Процесс гидроочистки компонента дизельного топлива был смоделирован в программном пакете Aspen Hysys. Разработана технологическая схема секции гидроочистки компонента дизельного топлива, определены термодинамические данные, выполнен подбор состава газосырьевой смеси в качестве сырья секции гидроочистки. В результате гидроочистки дизельной фракции было получено зимнее дизельное топливо с температурой застывания -48°C .