

DOI: 10.32743/UniTech.2021.78.8-3.12107

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПИРОЛИЗНОГО  
ДИСТИЛЛЯТА В ОПЫТНОМ РЕАКТОРЕ****Худайбердиев Абдукарим Абсаломович**

ст. преп. кафедры «Технологические машины и оборудование»  
Наманганского инженерно-технологического института МВиССО РУз.,  
Узбекистан, г. Наманган  
E-mail: [ahudayberdiyev@mail.ru](mailto:ahudayberdiyev@mail.ru)

**Худойбергганов Аброржон Акбарович**

PhD, руководитель группы департамента по реализации  
инвестиционных проектов АО "Узбекнефтегаз",  
Узбекистан, г. Ташкент  
E-mail: [abrorjon@mail.ru](mailto:abrorjon@mail.ru)

**Хурмаматов Абдугаффор Мирзаабдуллаевич**

д-р тех. наук, профессор, заведующий  
лаборатории «Процессы и аппараты химической технологии»  
Института общей и неорганической химии АН РУз.,  
Узбекистан, г. Ташкент  
E-mail: [gafuri19805@mail.ru](mailto:gafuri19805@mail.ru)

**Худайбердиев Абсалом Абдурасулович**

д-р техн. наук, гл. науч. сотр. лаборатории  
«Процессы и аппараты химической технологии»  
Института общей и неорганической химии АН РУз.  
Узбекистан, г. Ташкент  
E-mail: [jarayon@mail.ru](mailto:jarayon@mail.ru)

**THE ANALYSIS OF CATALYTIC PROCESSING RESULTS OF THE PYROLYSIS DISTILLATE  
PRODUCT IN A DEVELOPMENT REACTOR****Abdukarim Khudayberdiyev**

Senior Lecturer of "Technological Machines and Equipment" Chair,  
Namangan Engineering-Technological Institute,  
Ministry of Higher and Secondary Specialized Education of the Republic of Uzbekistan,  
Uzbekistan, Namangan

**Abrorjon Khydoyberganov**

PhD, Division Head of the Department for Implementation  
of Investment Projects of JSC "Uzbekneftegaz",  
Uzbekistan, Tashkent

**Abdugaffor Khurmamatov**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory  
"Processes and Devices of Chemical  
Technology", Institute of General and Inorganic Chemistry  
of Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
Uzbekistan, Tashkent

**Absalom Khudayberdiyev**

Doctor of Technical Sciences, Principal Researcher of the Laboratory  
"Processes and Devices of Chemical Technology",  
Institute of General and Inorganic Chemistry of Academy of Sciences  
of the Republic of Uzbekistan,  
Uzbekistan, Tashkent

### АННОТАЦИЯ

Приведены основные результаты опытов по изучению процессов гидроочистки пиролизного дистиллята и гидрирования промежуточных продуктов в присутствии АНМ и АКМ катализаторов. Показано, что в диапазоне температуры 300÷360 °С и давления водорода 3,5÷4,5 МПа серосодержащие соединения сырья подвергаются превращениям в нужный углеводородный состав конечной продукции. При этом выход гидрогенизата увеличивается на 0,5÷1,0 %, содержание в нем целевой фракции повышается до 75 % (об.), а остаточное содержание сернистых соединений в их пробах уменьшается от 0,1 до 0,08 %. По результатам опытов установлено снижение температурного режима перегонки, что способствовало облегчению фракционного состава гидрогенизата, уменьшению плотности и вязкости дистиллятов фракций в диапазоне регламентированных их значений.

### ABSTRACT

The main results of experiments on the study of the processes of hydrotreating pyrolysis of the distillate product and hydrogenation of intermediate products in the presence of alumina-cobalt-molybdenum catalysts and aluminum-nickel-molybdenum catalysts are presented. It is shown that in the range of temperature 300-360 °C and hydrogen pressure 3.5-4.5 MPa, sulfur-containing compounds of raw materials undergo transformations into the desired hydrocarbon composition of the final product. At the same time, the yield of hydrogenate increases by 0.5-1.0 %, the content of the target fraction in it increases to 75 % (vol.), and the residual content of sulfur compounds in their samples decreases from 0.1 to 0.08 %. According to the results of experiments, a decrease in the temperature regime of distillation has been established, which facilitated the fractional composition of the hydrogenation product, a decrease in the density and viscosity of distillates of fractions in the range of their regulated values.

**Ключевые слова:** переработка газа, пиролизный дистиллят, сернистые соединения, гидроочистка, гидрирование, катализатор, гидрогенизат, перегонка, дистиллят, фракционный состав, плотность, вязкость.

**Keywords:** gas processing; pyrolysis of the distillate product; sulphur compound; hydraulic cleaning; hydrogenation; catalyst; hydrogenation product; distilling; distillation product; fractional composition; density; viscosity.

Глубокая переработка природного газа и рациональная утилизация технологических отходов в нефтепродукты с улучшенными экологическими показателями являются одним из приоритетных направлений дальнейшего развития предприятий нефте- и газопереработки.

Объект исследования - пиролизный дистиллят по сущности является технологическим отходом производства газохимических комплексов. Например, при переработке природного газа на СП ООО «Uz-Kor Gas Chemical» в год образуются 103000 т пиролизного дистиллята. В соответствии с прогнозируемым наращиванием объема переработки природного газа в республике [1] растет и объем образуемого пиролизного дистиллята, который в настоящее время не перерабатывается и в силу этого экспортируется по низким ценам.

Пиролизный дистиллят представляет собой смесь насыщенных углеводородов, моноолефинов, рекомбинации низкомолекулярных ненасыщенных соединений, включающих ароматические углеводороды. Учитывая ценность этого отхода как важного сырья, в перспективе каталитическая переработка пиролизного дистиллята в целевые продукты даст возможность расширить ассортимент и увеличить объемы производства нефтепродуктов - фракций бензина (35÷205 °С), легкой нефти (30÷80 °С) и кубового остатка - пиролизного масла (350 °С и выше) [2]. В этом аспекте разработка высокоэффективных процессов глубокой переработки пиролизного дистиллята, основанная на каталитических процессах гидроочистки сырья и гидрирования промежуточных продуктов реакций (гидрогенизата), имеет важное значение.

Исследование процессов гидроочистки сырья и гидрирование гидрогенизата осуществлены в опытном автоклаве с объемом 1,0 л [3], представляющем собой цилиндрический толстостенный сосуд из нержавеющей стали с верхней крышкой, на которой закреплены штуцеры для подачи водорода, карманы для установки термометра и манометра. Автоклав был помещен в специальную электрическую обогревательную печь. Перемешивание сырья с катализатором осуществляется вращением автоклава при помощи электропривода.

Гидроочистку пиролизного дистиллята и гидрирование гидрогенизата проводили с целью установления влияния технологических параметров процесса на глубину превращения (расщепления) серосодержащих компонентов сырья с использованием АКМ и АНМ катализаторов.

Опыты были проведены при рациональных параметрах процесса, установленных по литературным данным [4-6]: под давлением водорода 4÷5 атм и при температуре 300÷420 °С, что близко к условиям работы промышленных установок гидроочистки.

В ходе опытов основное внимание было уделено снижению остаточного содержания серы в пробах сырья, гидрогенизата и дистиллята целевых фракций, в соответствии с ускоренным методом определения серы по ГОСТ 1437-75 [7].

В нижеследующей таблице 1 представлены показатели бензиновой фракции, выделенной в автоклаве из гидрогенизата пиролизного дистиллята при температуре процесса 420±5 °С, давлении водорода 3,5÷4,0 МПа, в присутствии катализатора АКМ и соотношении катализатора к сырью 1:10.

Таблица 1.

**Показатели дистиллята бензиновой фракции из гидрогенизата пиролизного дистиллята при 420±5 °С и давлении водорода 3,5÷4,0 МПа в присутствии катализатора АКМ**

№	Наименование показателей	Гидрогенизат пиролизного дистиллята	Бензиновая фракция (н.к. - 180 °С)
1	Содержание топливной фракции, % (об.)	75,0	58,5
2	Плотность $\rho_{4^{20}}$ , кг/м <sup>3</sup>	842	832
3	Содержание серы, % (масс.)	0,098	0,011
5	Фракционный состав: % (об.), °С:		
	температура начала кипения	40	43
	10 %	57	68
	50 %	96	102
	90 %	166	169
	95 %	170	176
	температура конца кипения	170	182
6	Выход, % (об.)	96	96,5
7	Остаток в колбе и потери, % (об.)	4,0	3,5

Как видно из таблицы 1, при заданных условиях опыта глубина гидроконверсии пиролизного дистиллята в топливные дистилляты составила 75 %. Были получены дистилляты фракций бензина (н.к. - 180 °С) в количестве 58,5 %, с содержанием серы 0,011 % (масс.).

В следующей таблице 2 представлены показатели фракций бензина и керосина, выделенные из гидрогенизата пиролизного дистиллята при температуре 350 °С и под давлением водородосодержащего газа (ВСГ) 3,5 МПа, в присутствии катализатора АКМ и при соотношении катализатора к сырью 1:10.

Таблица 2.

**Результаты анализов пиролизного дистиллята и дистиллятов его фракций, проведенных на заводской лаборатории Бухарского НПЗ**

№ п/н	Наименование показателей	Пиролизный дистиллят	Дистилляты фракций	
			бензина	керосина
1	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	842,5	753,6	835,2
2	Массовая доля серы, мг/кг (ppm), не более	0,019 (190)	0,01 (110)	0,012 (120)
3	Фракционный состав по ГОСТ 2177-99:			
	температура начала кипения, °С, не ниже	45	44	47
	предел перегонки, °С, не выше 10 %	66	62	66
	предел перегонки, °С, не выше 50 %	102	97	102
	предел перегонки, °С, не выше 90 %	177	166	173
	температура конца кипения, °С, не выше	209	178	205
4	Остаток в колбе, % (об.), не более	1,5	1,5	1,5
5	Остаток и потери, % (об.), не более	2,5	2,5	2,5
6	Коррозия на медной пластинке	выдерживает	<b>не выдерживает</b>	выдерживает
7	Давление насыщенных паров бензина, кПа, не более	44	50,7	43,2
8	Массовое содержание смол, мг/100 см <sup>3</sup> , не более	450	330	346
9	Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствует	<b>отсутствует</b>	отсутствует
10	Внешний вид	светло-коричневый	светло-коричневый	светло-коричневый

Как видно из таблицы 2, массовая доля серы во фракциях пиролизного дистиллята, обработанного в присутствии катализатора АКМ при выше приведенных условиях (350 °С и 3,5 МПа), снижается на 70÷80 мг/кг, а массовые содержания смол в их составе падает на 104÷120 мг/100 см<sup>3</sup>. При этом плотность полученных дистиллятов фракций уменьшается на 7,3÷8,9

кг/м<sup>3</sup>, а температурный режим их перегонки существенно не меняется.

В таблице 3 представлены основные показатели дистиллятов фракций гидрогенизата пиролизного дистиллята, подвергнутого гидроочистке в присутствии катализатора АНМ при температуре 350 °С, давлении ВСГ 3,5 МПа и соотношении катализатора к сырью 1:10.

Таблица 3.

Основные показатели свойств гидроочищенных фракций пиролизного дистиллята

№ п/п	Наименование показателей	Показатели фракции	
		Фракция 1 (легкая нефтя)	Фракция 2 (тяжёлая нефтя)
1	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	644,8	731,7
2	Содержание общей серы, %	0,001	0,00053
3	Содержание меркаптановой серы, % (ppm)	0,0007 (0,7)	0,0005 (0,5)
4	Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup>	-	3,6
5	Коррозионная активность (проба на медную пластинку)	1a	1a
6	Фракционный состав, %, :		
	температура начала кипения, °С:	32	88
	10 %	39	97
	20 %	41	101
	30 %	43	105
	40 %	45	107
	50 %	47	112
	60 %	49	118
	70 %	52	125
	80 %	57	134
	90 %	64	144
	95 %	66	156
	температура конца кипения, °С	68	163
7	Выход, %	95,5	98,0
8	Остаток, %	3,0	1,1
9	Потери, %	1,5	0,9

Данные таблицы 3 показывают, что качественные показатели полученных образцов дистиллятов обеих фракций соответствуют требованиям стандартов предприятия ООО Бухарский НПЗ KSt 16472899-022:2006 для легкой нефти и KSt 16472899-026:2006 для тяжелой нефти [8]. Согласно стандартам температура начала кипения фракции 1 (легкой нефти) не регламентируется, а конец ее температуры кипения не должен превышать 85 °С. Аналогичным образом для фракции 2 стандартный предел выкипания пробы составляет: температура начала кипения не менее 85 °С, температуры конца кипения не выше 180 °С. Согласно

данным таблицы 3.3, полученные пробы дистиллятов также характеризуются сниженным содержанием общей серы, мягкими условиями перегонки и регламентированным значением меркаптановой серы [8,9].

В таблице 4 приведены результаты анализа основных показателей дистиллятов керосиновой фракции из гидрогенизата пиролизного дистиллята, подвергнутого гидроочистке при вышеуказанных условиях проведения опытов (температура 350 °С, давление ВСГ 3,5 МПа, катализатор АНМ). Результаты проведенных опытов сопоставлены с известными показателями неотпаренного дистиллята керосина Джет А-1 [8].

Таблица 4.

Основные показатели свойств гидроочищенных фракций керосина из пиролизного дистиллята

№ п/п	Наименование показателей	Контрольные показатели неотпаренного дистиллята керосина Джет А-1	Фракция керосина	
			до гидроочистки	после гидроочистки
1	Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	780	778,3	775,1
2	Содержание общей серы, %	0,09	0,1	0,08
3	Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup>	0,78	1,86	0,82

Продолжение таблицы 4.

4	Содержание меркаптановой серы, %	-	0,051	0,0145
5	Коррозионная активность (проба на медную пластинку)	3а	не выдерживает	выдерживает, 3а
6	Содержание ароматических углеводородов, %	26,8	28,97	27,76
7	Фракционный состав, °С:			
	температура начала кипения	109	149	90
	10 %	138	157	125
	20 %	149	162	145
	30 %	160	167	155
	40 %	169	170	164
	50 %	181	173	169
	60 %	185	177	174
	70 %	192	180	178
	80 %	199	184	182
	90 %	209	191	189
	95 %	217		
	температура конца кипения	227	204	199
8	Выход, %	98,0	98,0	97,5
9	Остаток, %	1,2	1,2	1,8
10	Потери, %	0,8	0,8	0,7

Как видно из таблицы 4, гидроочищенный в присутствии АНМ катализатора дистиллят керосиновой фракции по сравнению с керосином Джет А-1 имеет сниженную плотность (на 4,9 кг/м<sup>3</sup>), в ней массовая доля серы меньше на 0,01 % и фракция перегоняется в относительно мягких режимах (температурный предел выкипания образца ниже на 19÷28 °С). При этом кислотность данного образца дистиллята повышена на 0,4 мг КОН/100 см<sup>3</sup>. Содержание меркаптановой серы в пробе гидроочищенной керосиновой фракции составляет 0,0145, что меньше на 0,037 % по сравнению с ее содержанием в неочищенной фракции.

Таким образом, вышеприведенные результаты опытов по изучению процессов гидрогенизации пиролизного дистиллята в присутствии катализаторов

АКМ и АНМ показывают, что, в диапазоне температуры 300÷360 °С и давления водорода 3,5÷4,5 МПа, серосодержащие соединения исходного сырья подвергаются превращениям в нужный углеводородный состав конечной продукции. Об этом свидетельствует существенное снижение температурного режима перегонки и облегчение фракционного состава гидрогенизата. Благодаря этому плотность и вязкость полученных дистиллятов фракций снижаются, в их пробах остаточное содержание серы (сернистых соединений) уменьшается в 1,25 раза (от 0,1 до 0,08 %). Благодаря этому выход гидрогенизата увеличивается на 0,5÷1,0 %, содержание в нём топливной фракции повышается до 75 % (об.), а технологические показатели полученных дистиллятов фракций улучшаются.

#### Список литературы:

1. Султанов А.С. Развитие технологических процессов подготовки сырьевого газа в Шуртанском газохимическом комплексе // Узбекский журнал нефти и газа. Специальный выпуск. - Ташкент, май 2010. - с. 88-91.
2. Худайбердиев А.А., Раджибаев Д.П., Хурмаматов А.М. Фракционный состав пиролизного дистиллята // Актуальные проблемы очистки нефти и газа от примесей различными физико-химическими методами: Сборник трудов республиканской НПК. - Карши: Карши ДУ, 27 апреля 2019 г. - С.201-203.
3. Худайбердиев Аб.А., Хурмаматов А.М. Опытная установка для изучения процессов каталитической переработки пиролизного дистиллята // Материалы республ. НПК: Актуальные проблемы развития производств промышленных отраслей в Республике Каракалпакстан. - Нукус, 26 апреля 2021 г. - С. 110-112.
4. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, доп. и перераб. - СПб.: Недра, 2013. - 544 с.
5. Ахметов С.А., Сериков Т.П., Кузеев И.Р., Баязитов И.М. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: учебное пособие / Под ред. С.А. Ахметова. - СПб.: Недра, 2006. - 868 с.
6. Капустин В.М., Гуреев Т.Г. и др. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть вторая. Деструктивные процессы. - М.: Химия, КолосС, 2008. - 334 с.

7. Химия нефти. Руководство к лабораторным занятиям: Учебное пособие для вузов / И.Н. Дияров, И.Ю. Батуева, А.Н. Садыков, Н.Л. Солодова. - Л.: Химия, 1990. - 240 с.
8. Технологический регламент установки атмосферной перегонки смеси газоконденсата и нефти и фракционирования гидроочищенной нефти Бухарского НПЗ. - TR 16472899-001: 2009.
9. Технологический регламент установки переработки газоконденсата и углеводородного сырья ООО «Игилик-газ». - TR 18841651-01:2009.