

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 5, Number 425 (2017), 119 – 126

**B.T. Tuktin, E.K. Zhandarov, A.M. Zulpuhar,
A.Zh. Kubasheva, A.S. Tenizbayeva, V.I. Yaskovich**

D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan
E-mail: tuktin_balga@mail.ru

**INVESTIGATION OF HYDROTREATING OF GASOLINE
AND DIESEL OIL FRACTIONS OVER MODIFIED ALUMO-COBALT-
MOLYBDENIC CATALYSTS KGO-9 AND KGO-16**

Abstract. The paper presents the results of large-scale investigation of hydroprocessing of straight-run gasoline and diesel fractions over the new zeolite-containing alumo-cobalt-molybdenum catalysts modified with metals with variable valency, phosphorus and rare earth elements. When hydroprocessing straight-run gasoline, the KGO-16 catalyst has the greatest hydrodesulphurizing activity. On this catalyst the degree of hydrodesulfurization reaches 98%. Over the catalyst KGO-16 the octane number of gasoline by the research method after hydroprocessing rises from 79 to 86. The results obtained with the enlarged tests of the catalyst KGO-16 during the hydroprocessing of diesel oil fractions show that the greatest decrease in the pour point and cloud point at a occurs at a temperature of 380-400°C. When hydrotreating diesel and gasoline fractions, the smallest residual sulfur content is observed at a temperature of 400°C. The studied catalysts make it possible to obtain winter grades of diesel fuels with a low sulfur content.

Key words: zeolite, diesel fuel, gasoline, catalyst, hydrotreating

УДК 541.128.665

**Б.Т. Туктин, Е.К. Жандаров, А.М. Зулпухар,
А.Ж. Кубашева, А.С. Тенизбаева, В.И. Яскевич**

Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОПЕРЕРАБОТКИ БЕНЗИНОВЫХ И
ДИЗЕЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ НЕФТИ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ
АЛЮМОКОБАЛЬТМОЛИБДЕНОВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ
КГО-9 И КГО-16**

Аннотация. В работе приведены результаты укрупненных испытаний процесса гидропереработки прямогонной бензиновой и дизельной фракций на новых цеолитсодержащих алюмокобальтмолибденовых катализаторах, модифицированных металлами переменной валентности, фосфором и РЗЭ. При гидропереработке прямогонного бензина наибольшей гидрообессеривающей активностью обладает катализатор КГО-16. На этом катализаторе степень гидрообессеривания достигает 98%. На катализаторе КГО-16 октановое число бензина по исследовательскому методу после гидропереработки повышается от 79 до 86. Результаты, полученные в укрупненных испытаниях катализатора КГО-16 в процессе гидропереработки дизельных фракций нефти, показывают, что наибольшее снижение температуры застывания и помутнения происходит при температуре 380 - 400°C. При гидропереработке дизельных и бензиновых фракций наименьшее остаточное содержание серы наблюдается при температуре 400°C. Изученные катализаторы позволяют получать зимние сорта дизельных топлив с низким содержанием серы.

Ключевые слова: цеолит, дизельное топливо, бензин, катализатор, гидропереработка.

Введение

В последнее время, в связи с вовлечением в переработку высокосернистой нефти и углублением ее переработки возросли требования, предъявляемые к катализаторам гидроочистки бензиновых и дизельных фракций нефти. В мировом производстве моторных топлив наблюдается постоянная тенденция ужесточения их экологических характеристик. Согласно международным стандартам, требуется существенное ограничение содержания серы, бензола, ароматических и олефиновых углеводородов в моторных топливах. Актуальной задачей является получение высококачественных дизельных топлив со сверхнизким содержанием серы (50 ppm и менее). Известные промышленные катализаторы не обеспечивают необходимой степени гидроочистки. Во многих странах ведется поиск катализаторов, позволяющих увеличить глубину удаления серосодержащих соединений, и усовершенствуется технология производства моторных топлив. Разрабатываются специфичные каталитические системы, предназначенные для гидроочистки конкретного вида нефтепродукта. Возрастает потребность в малосернистых низкосазывающих дизельных топливах. В нефтеперерабатывающей промышленности для получения высококачественных моторных топлив все более широко применяются процессы гидроочистки и гидроизомеризации [1 - 20].

В данной работе приведены результаты укрупненных лабораторных исследований процесса гидропереработки бензиновой и дизельной фракций нефти на новых цеолитсодержащих алюмокобальтмолибденовых катализаторах, модифицированных металлами переменной валентности, фосфором и РЗЭ (КГО-9, КГО-16).

Экспериментальная часть

Были приготовлены укрупненные партии цеолитсодержащих алюмокобальтмолибденовых катализаторов КГО- 9, КГО-16 и проведены укрупненные лабораторные испытания процесса гидропереработки бензиновых и дизельных фракций нефти на этих катализаторах. Катализаторы готовили пропиткой смеси гидроксида алюминия и цеолита ZSM водными растворами солей модифицирующих добавок. После формования проводилась сушка катализатора при 150⁰С и прокаливание при 550⁰С в течение 5 часов.

Укрупненные испытания катализаторов в процессах гидропереработки бензиновых и дизельных фракций проводили в укрупненной проточной установке высокого давления со стационарным слоем катализатора при температурах 320-400⁰С, давлении 4,0 МПа и объемной скорости подачи сырья 2 ч⁻¹. Температуры застывания, помутнения и предельную температуру фильтруемости дизельного топлива определяли на приборах "ЛАЗ-М2" и "ЛАЗ-М3". Углеводородный состав продуктов реакции анализировали на хроматографах «Хроматэк-Кристалл 5000.2» и «Хром-5». Анализ содержания серы в исходном сырье и продуктах проводился в ТОО «Oilsert International» (г. Алматы) и лаборатории физико-химических методов ИТКЭ им. Д.В.Сокольского.

Результаты и их обсуждение

Проведены укрупненные испытания катализатора КГО-9 при гидропереработке бензиновых фракций нефти при температуре 320-400⁰С, давлении 4,0 МПа и объемной скорости подачи сырья 2,0 ч⁻¹ (таблица 1).

При гидропереработке бензина с содержанием серы 0,0081% на катализаторе КГО-9 с ростом температуры от 320 до 400⁰С содержание изоалканов растет с 39,5 до 42,3% (таблица 1). Концентрация ароматических и нафтеновых углеводородов в получаемом катализате при этом практически не изменяется: 9,6-10,1% и 18,5-20,7% соответственно. Количество олефинов в образующемся продукте составляет 4,8-5,8%. Выход жидкой фазы с ростом температуры от 320 до 400⁰С меняется от 100 до 77,5%. Октановое число облагороженного при 400⁰С бензина составляет 82,1 (И.М.) и 65,2 (М.М.). При гидропереработке бензиновой фракции в этих условиях содержание серы в конечном продукте снижается с 0,0081% (исходный бензин) до 0,0022%.

Исследован процесс гидропереработки бензиновой фракции с содержанием серы 0,0588% на катализаторе КГО-9 (таблица 2). При гидропереработке бензина на катализаторе КГО-9 в интервале температур 320 - 400⁰С максимальное содержание изоалканов в получаемом катализате наблюдается при 320-350⁰С и равно 43,7- 43,9%, что незначительно выше, чем в исходной

бензиновой фракции. Количество ароматических углеводородов растет от 8,4 до 15,3%, тогда как выход нафтеновых углеводородов уменьшается от 18,1 до 12,7%. Выход олефинов колеблется в пределах 4,1 - 5,5%. Выход жидкой фазы с ростом температуры от 320 до 400⁰С уменьшается от 100 до 78,6%. Октановое число облагороженного бензина равно 82,2 (И.М.) и 68,4 (М.М.). Остаточное содержание серы в катализате с ростом температуры до 320⁰С снизилось по сравнению с исходным с 0,0588 до 0,0042, а при 400⁰С - до 0,0015%.

Таблица 1 - Влияние температуры на процесс превращение бензина с содержанием серы 0,0081% на катализаторе КГО-9 при Р=4,0МПа и V=2,0 ч⁻¹

Продукты, %	Т ⁰ С				
	Исх	320	350	380	400
Парафины C ₅ -C ₆	27,5	27,6	27,9	26,2	24,3
Изо-алканы	39,8	39,5	36,4	40,7	42,3
Олефины	5,8	4,8	5,8	4,8	4,7
Ароматические углеводороды	8,7	9,6	9,2	9,0	10,1
Нафтеновые углеводороды	18,2	18,5	20,7	19,3	18,6
Выход жидкой фазы	-	100	100	85,0	77,5
Октановое число по исслед. методу	79,2	79,5	79,0	80,7	82,1
Октановое число по моторному методу	61,1	61,6	60,8	63,1	65,2
Массовая доля серы, %	0,0081	0,0050	0,0037	0,0034	0,0022

Таблица 2 - Влияние температуры на процесс превращение бензина с содержанием серы 0,0588% на катализаторе КГО-9 при Р=4,0МПа и V=2,0ч⁻¹

Продукты, %	Т ⁰ С				
	Исх	320	350	380	400
Парафины C ₅ -C ₆	25,6	24,0	23,5	24,9	26,4
Изо-алканы	39,6	43,7	43,9	40,9	41,5
Олефины	4,9	5,5	5,4	4,8	4,1
Ароматические углеводороды	9,2	8,4	11,6	15,5	15,3
Нафтеновые углеводороды	20,7	18,1	15,3	13,6	12,7
Выход жидкой фазы	-	100,0	90,0	85,0	78,6
Октановое число по исслед. методу	79,2	79,5	79,5	79,9	82,2
Октановое число по моторному методу	62,7	63,7	65,6	66,6	68,4
Массовая доля серы, %	0,0588	0,0042	0,0032	0,0020	0,0015

При гидропереработке бензина, содержащего 0,0083% серы, на катализаторе КГО-9 при температурах процесса 320-400⁰С содержание изоалканов равно 39,3 - 42,1% (таблица 3). При варьировании температуры в интервале 320-400⁰С количество ароматических и нафтеновых углеводородов незначительно растет от 9,8 до 11,4% и от 19,7 до 22,2%. Количество олефинов в катализате колеблется в пределах 5,4-6,1%. Выход жидкой фазы с ростом температуры от 320 до 400⁰С меняется от 87,0 до 75,0%. Октановое число облагороженного при 400⁰С бензина составляет 83,7 (И.М.) и 79,0 (М.М.).

При гидропереработке бензиновой фракции в этих условиях содержание серы в получаемом продукте снижается с 0,0083% (исходный бензин) до 0,0021%.

При испытаниях катализатора КГО-9 в процессе одностадийной гидропереработки дизельной фракции нефти с содержанием серы 0,5845% показано, что с ростом температуры процесса от 320 до 400⁰С температура застывания дизельной фракции после ее гидропереработки на катализаторе снизилась на 29,0-51,4⁰С по сравнению с исходным сырьем: от минус 16,2 до минус 66,3-45,2⁰С

(таблица 4). Температура помутнения в этих условиях меняется от минус 11,8 до минус 67,6 - 41,0 °С. При температуре проведения процесса 400⁰С предельная температура фильтруемости равна минус 32⁰С. Выход гидрооблагороженного дизельного топлива составляет 87,5-95,0%. Содержание серы после гидропереработки дизельной фракции при 380-400⁰С на катализаторе КГО-9 понижается от 0,5845 до 0,2440- 0,1210 %.

Таблица 3 - Влияние температуры на процесс превращение бензина с содержанием серы 0,0083% на катализаторе КГО-9 при P=4,0 МПа и V=2,0 ч⁻¹

Продукты, %	Т°С				
	Исх	320	350	380	400
Парафины C ₅ -C ₆	25,7	25,4	24,4	23,2	18,9
Изо-алканы	40,3	39,3	39,9	39,4	42,1
Олефины	5,1	5,8	6,1	5,7	5,4
Ароматические углеводороды	8,9	9,8	9,3	9,4	11,4
Нафthenовые углеводороды	20,0	19,7	20,3	22,3	22,2
Выход жидкой фазы		87,0	85,0	77,5	75,0
Октановое число по исслед. методу	89,3	85,7	86,2	85,9	87,3
Октановое число по моторному методу	82,3	77,7	78,2	79,9	79,0
Массовая доля серы, %	0,0083	0,0027	0,0034	0,0031	0,0021

При гидропереработке дизельной фракции нефти с более высоким содержанием серы (0,8042%) на катализаторе КГО- 9 в интервале 320-400⁰С наблюдается снижение температуры застывания от минус 14,4 до минус 38,7⁰С (таблица 5). Температура помутнения в этих условиях меняется от минус 10,7 до минус 38,5⁰С. Предельная температура фильтруемости при 400⁰С составляет минус 31⁰С. Выход гидрооблагороженного дизельного топлива составляет 95,0-100%. При этом содержание серы снижается от 0,8042 % в исходной фракции до 0,2060-0,3710%.

Таблица 4 - Гидропереработка дизельной фракции нефти с содержанием серы 0,5845% на катализаторе КГО-9

Катализатор	Температура процесса, °С	Т помут, °С	Т заст, °С	Выход, %	Массовая доля серы, %	Предельная температура фильтруемости, °С
Исходная дизельная фракция		-11,8	-16,2		0,5845	-
КГО-9	320	-52,6	-52,9	95	0,2000	-
	350	-67,6	-67,6	90	0,1210	-
	380	-66,1	-66,3	87,5	0,1340	-
	400	-41,0	-45,2	87,5	0,2440	-32

Таблица 5 - Гидропереработка дизельных фракции нефти с содержанием серы 0,8042% на катализаторе КГО-9

Катализатор	Температура процесса, °С	Т помут, °С	Т заст, °С	Выход, %	Массовая доля серы, %	Предельная температура фильтруемости, °С
Исходная дизельная фракция		-10,7	-14,4		0,8042	-
КГО-9	320	-13,7	-21,6	100	0,3710	-
	350	-23,2	-30,7	100	0,2780	-
	380	-32,9	-38,0	97,5	0,2060	-
	400	-38,5	-38,7	95,0	0,2133	-31

Анализ результатов, полученных при укрупненных испытаниях катализатора КГО-9 в гидропереработке дизельных фракций нефти, показывает, что наибольшее снижение температуры застывания и помутнения происходит при температуре 380 - 400⁰С. При гидропереработке

дизельных и бензиновых фракций наименьшее остаточное содержание серы наблюдается при температуре 400°C.

Катализатор КГО-16 испытан в процессе гидропереработки дизельной фракции нефти с содержанием серы 0,8042% (таблица 6). Температура застывания дизельной фракции после ее гидропереработки на катализаторе КГО-16 при 400°C снизилась до минус 52,8°C, тогда как в исходном сырье температура застывания равна минус 14,4°C. Температура помутнения в этих условиях меняется от минус 10,7 до минус 52,5°C. Предельная температура фильтруемости при температуре гидропереработки 400°C составляет минус 48°C. Выход гидрооблагороженного дизельного топлива колеблется в пределах 87,5-100%. При этом содержание серы снижается от 0,8042% в исходной фракции до 0,0952%.

При укрупненных испытаниях катализатора КГО-16 в процессе гидропереработки дизельной фракции нефти с содержанием серы 0,5845% выявлено, что с повышением температуры процесса от 320 до 400°C температура застывания дизельной фракции после ее гидропереработки на катализаторе снизилась на 18,1°C по сравнению с исходным сырьем: от минус 16,2 до минус 34,3°C (таблица 7). Температура помутнения в этих условиях меняется от минус 11,8 до минус 32,0°C. Температура предельной фильтруемости при 400°C составляет минус 32°C. Выход гидрооблагороженного дизельного топлива несколько понижается с ростом температуры гидропереработки от 100 до 93,0%. Содержание серы после гидропереработки дизельной фракции при 320-400°C на катализаторе КГО-16 понижается от 0,5845 до 0,0610%.

Таблица 6 - Гидропереработка дизельной фракции нефти с содержанием серы 0,8042% на катализаторе КГО-16

Катализатор	Температура процесса, °C	T помут, °C	T заст, °C	Выход, %	Массовая доля серы, %	Предельная температура фильтруемости, °C
Исходная дизельная фракция		-10,7	-14,4		0,8042	-
КГО-16	320	-23,5	-29,4	100	0,3100	-
	350	-38,0	-40,9	100	0,2600	-
	380	-39,1	-39,4	95	0,2400	-
	400	-52,5	-52,8	87,5	0,0952	-48

Таблица 7 - Гидропереработка дизельных фракции нефти с содержанием серы 0,5845% на катализаторе КГО-9

Катализатор	Температура процесса, °C	T помут, °C	T заст, °C	Выход, %	Массовая доля серы, %	Предельная температура фильтруемости °C
Исходная дизельная фракция		-11,8	-16,2		0,5845	-
КГО-16	320	-16,6	-25,3	100	0,2680	-
	350	-23,8	-30,5	100	0,1370	-
	380	-31,3	-33,7	96	0,0620	-
	400	-32,0	-34,3	93	0,0610	-32

Проведены укрупненные испытания катализатора КГО-16 при гидропереработки бензиновых фракций нефти при температуре 320-400°C давлении 4,0 МПа и объемной скорости подачи сырья 2,0 ч⁻¹. Исследования показали, что изменение температуры гидропереработки бензиновой фракции с содержанием серы 0,0588% на катализаторе КГО-16 в интервале 320-400 °C не оказывает существенного влияния на количество изо-алканов в катализате (таблица 8). Содержание ароматических и нафтеновых углеводородов повышается от 8,9 до 18,6% и от 20,0 до 24,5% соответственно. Количество олефиновых углеводородов колеблется в пределах от 5,1 до 6,2%. В этих условиях наблюдается снижение выхода жидкой фазы от 100,0 до 62,5% Октановое число получаемого бензина равно 86,0 (ИМ) и 72,6 (ММ). В бензине, гидрооблагороженном на катализаторе КГО-16, происходит снижение содержания серы по сравнению с исходным с 0,0588 до 0,0012%.

Таблица 8 - Влияние температуры на процесс гидропереработки бензина с содержанием серы 0,0588% на КГО-16 при P=4,0 МПа и V=2,0 ч⁻¹

Продукты, %	Т°С				
	Исх	320	350	380	400
Парафины C ₅ -C ₆	25,7	19,4	18,4	12,1	11,0
Изо-алканы	40,3	41,1	42,2	40,5	39,7
Олефины	5,1	5,9	5,2	5,8	6,2
Ароматические углеводороды	8,9	9,1	12,8	11,8	18,6
Нафтенковые углеводороды	20,0	24,5	21,5	29,8	24,5
Выход жидкой фазы	-	100	87,5	80,0	62,5
Октановое число по исслед методу	79,0	79,1	82,0	82,7	86,0
Октановое число по моторному методу	62,4	63,9	67,2	69,7	72,6
Массовая доля серы, %	0,0588	0,0019	0,0020	0,0013	0,0012

Исследован процесс гидропереработки бензиновой фракции с содержанием серы 0,0081% на катализаторе КГО-16 (таблица 9). Выход жидкой фазы с ростом температуры от 320 до 400 °С уменьшается от 83,5 до 70,0%. При гидропереработке бензина на катализаторе КГО-16 в интервале температур 320 - 400°С максимальное содержание изоалканов в получаемом катализате наблюдается при 320°С и равно 41,3%. Следует отметить, количество изо-алканов в получаемом после гидропереработки катализате мало зависит от температуры процесса и равно 36,9-41,3%, что выше, чем в исходной бензиновой фракции. Количество ароматических углеводородов повышается от 8,7 до 19,7% с ростом температуры процесса до 400°С. Количество олефинов незначительно увеличивается по сравнению с исходным от 5,8 до 6,2%. Количество нафтенковых углеводородов в образующемся катализате колеблется в пределах 20,1-25,3%.

Октановое число обогащенного бензина повышается по сравнению с исходным от 19,2 до 87,3 (И.М.) и от 61,1 до 72,7 (М.М.). Содержание серы в катализате с ростом температуры процесса до 400°С снизилось по сравнению с исходным от с 0,0081 до 0,0023%.

Таблица 9 - Влияние температуры на процесс превращение бензина с содержанием серы 0,0081% катализаторе КГО-16 при P=4,0 МПа и V=2,0 ч⁻¹

Продукты, %	Т°С					
	Исх	320	350	380	380	400
Парафины C ₅ -C ₆	27,5	17,0	12,7	12,8	18,2	14,2
Изо-алканы	39,8	41,3	40,0	36,9	39,2	39,8
Олефины	5,8	5,6	6,3	5,6	6,6	6,2
Ароматические углеводороды	8,7	12,9	15,7	22,8	12,6	19,7
Нафтенковых углеводороды	18,2	23,2	25,3	21,9	23,4	20,1
Выход жидкой фазы		77,0	60,0	65,0		50,0
Октановое число по исслед. методу	79,2	84,0	86,4	85,2	82,5	87,3
Октановое число по моторному методу	61,1	68,7	71,0	70,8	68,2	72,7
Массовая доля серы,%	0,0081	0,0036	0,0027	0,0023	0,0021	0,0016

Выводы. Результаты, полученные при укрупненных испытаниях катализатора КГО-16 в гидропереработке дизельных фракций нефти, показывают, что наибольшее снижение температуры застывания и помутнения происходит при температуре 380 - 400°С. При гидропереработке дизельных и бензиновых фракций наименьшее остаточное содержание серы наблюдается при температуре 400°С. Изученные катализаторы позволяют получать зимние сорта дизельных топлив с низким содержанием серы. Таким образом, данные, полученные при исследовании процесса гидропереработки прямогонной бензиновой и дизельной фракций на катализаторах КГО-9 и КГО-16, показывают, что разработанные и синтезированные катализаторы обладают полифункциональными свойствами и в одну стадию проводят гидроочистку, гидроизомеризацию с получением малосернистого, низкосазывающего дизельного топлива и малосернистого высокооктанового бензина.

Источник финансирования исследований: Работа выполнена в рамках программы ПЦФ "Разработка катализаторов и безотходных технологий комплексной переработки углеводородного сырья для производства высококачественных моторных топлив" Комитета науки МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Klicpera T., Zdazil M. Preparation of high-activity MgO-supported Co-Mo and Ni-Mo sulfide hydrodesulfurization catalysts // *J.catal.* - 2002. - Vol. 206, № 2. - P. 314-320.
- [2] Барсуков О.В., Талисман Е.Л., Насиров Р.К. О перспективных катализаторах гидроочистки нефтяных фракций // Нефтепереработка и нефтехимия. - 1996. - № 9. - С. 14-21.
- [3] Rodriguez-Castellon E., Jimenez-Lopez A., Eliche-Quesada D. Nickel and cobalt promoted tungsten and molybdenum sulfide mesoporous catalysts for hydrodesulfurization // *Fuel.* - 2008. - V. 87. - P. 1195-2006.
- [4] Dengqian Zhang, Aijun Duan, Zhen Zhao, Chunming Xu. Synthesis, characterization and catalytic performance of NiMo catalysts supported on hierarchically porous Beta-KIT-6 material in the hydrodesulfurization of dibenzothiophen // *J. of catalysis.* - 2010. - V. 274, № 2. - P. 273-286.
- [5] Youssef Saih, Kohichi Segawa. Catalytic activity of CoMo catalysts supported on boron-modified alumina for the hydrodesulphurization of dibenzothiophene and 4,6- dimethyldibenzothiophene // *Applied. catalysis A.* - 2009. - V. 353. - P. 258-265.
- [6] Неведов Б.К. Технологии и катализаторы глубокой гидроочистки моторных топлив для обеспечения требований нового стандарта Евро-4 // Катализ в промышленности. - 2003. - № 2. - С. 20-27.
- [7] Радченко Е.Д., Неведов Б.К., Алиев Р.Р. Промышленные катализаторы гидрогенизационных процессов нефтепереработки. - М.: Химия, 1987.- 224 с.
- [8] Toru Takatsuka, Shin-ichi Inoue, Yukitaka Wada. Deep hydrodesulfurization process for diesel oil // *Catalysis Today.* - 1997. - Vol. 39. - P. 69-75.
- [9] Озеренко А.А., Заманов В.В. Нано-технология глубокой переработки нефти // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2007.- № 3. - С. 28-32.
- [10] Рустанов М.И., Абад-Заде Х.И., Пириев Н.Н., Гадтров Г.Х., Мухтарова Г.С., Ибрагимов Р.Г. Разработка технологии и комплексной схемы для получения экологически чистого бензина и дизельного топлива из казахстанской нефти // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2009. - № 10. - С. 8-13.
- [11] Егоров О.И., Чигаркина О.А., Баймуханов А.С. Нефтегазовый комплекс Казахстана: проблемы развития и эффективного функционирования. - Алматы, 2003. - 536 с.
- [12] Смирнов В.К., Ирисова К.Н., Талисман Е.Л. Новые катализаторы гидрооблагораживания нефтяных фракций и опыт их эксплуатации // Катализ в промышленности. - 2003.-№ 2. - С.30-36.
- [13] Капшин О.Н., Ермоленко А.Д., Фирсова Т.Г., Рудин М.Г. Проблемы производства высококачественных бензинов и дизельных топлив // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2005. - № 5. - С. 32-38.
- [14] Зуйков А.В., Чернышева Е.А., Хавкин В.А., Особенности гидрирование полициклических ароматических углеводородов в условиях получения низкосернистого дизельного топлива процессом гидроочистки // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2012. - № 5. - С. 23-27.
- [15] Файрузов Д.Х., Файрузов Р.Х., Ситдикова А.В., Баулин О.А., Рахимов М.Н. Производства сверхмалосернистого дизельного топлива // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2009. - № 6. - С. 12-18.
- [16] Chavarria J.C., Ramirez J., Gonzalez H and Baltanas M.A. Modelling of hexadecane hydroisomerization and hydrocracking reactions on a Mo/HB-alumina Bifunctional catalyst, using the single event concept // *Catal.Today.* - 2004. - Vol. 98, № 1-2. - P. 235-242.
- [17] Deng Zhonghuo, Wang Tiefeng, Wang Zhanwen. Hydrodesulfurization of diesel in a slurry reactor // *Chem. Eng. Sci.* - 2010. - V. 65, № 1. - P. 480-486.
- [18] Filipe Marques Mota, Christophe Bouchy, Emmanuelle Guillon, Antoine Fécant, Nicolas Bats, Johan A. Martens. IZM-2: A promising new zeolite for the selective hydroisomerization of long-chain n-alkanes // *J. of Catalysis.* - 2013. - V. 301. - P. 20-29.
- [19] Velichkina L. M. Hydrogen-Free Domestic Technologies for Conversion of Low-Octane Gasoline Distillates on Zeolite Catalysts // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering.* - 2009. - Vol. 43, № 4. - С. 486-493.
- [20] Looij van F., Laan van der P., Stork W.H.J., DiCamillo D.J., Swain J. Key parameters in deep hydrodesulfurization of diesel fuel // *J.Appl.Cat.A: General.* - 1998. - Vol. 170. - P. 1-12.

REFERENCES

- [1] Klicpera T., Zdazil M. *J.catal.* **2002.** 206, № 2, 314-320 (in Eng).
- [2] Barsukov O.V., Talisman B.L., Nasirov R.K. *Refining and Petrochemica*, **1996**, 9, 14-21. (in Russ).
- [3] Rodriguez-Castellon E., Jimenez-Lopez A., Eliche-Quesada D. *Fuel.* **2008.** 87, 1195-2006. (in Eng).
- [4] Dengqian Zhang, Aijun Duan, Zhen Zhao, Chunming Xu. *J. of catalysis.* **2010.** 274, 2, 273-286. (in Eng).
- [5] Youssef Saih, Kohichi Segawa. *Applied. catalysis A.* **2009.** 353, 258-265. (in Eng).
- [6] Nefedov B.K. *Catalysis in Industry.* **2003.** 2, 20-27. (in Russ).
- [7] Radchenko B.D., Nefedov B.K., Aliyev P.P. Industrial catalysts of hydrogenation refining processes. M.: Chemistry, **1987**, S. 227. (in Russ)
- [8] Toru Takatsuka, Shin-ichi Inoue, Yukitaka Wada. *Catalysis Today.* **1997**, 39, 69-75. (in Eng).

- [9] Ozerenko A.A., Zamanov V.V. *Refining and Petrochemicals*. **2007**, 3, 28-32. (in Russ).
- [10] Rustanov M.I., Abad-Zade X.I., Piriyeu N.N., Gadrov G.H., Mukhtarova G.S., Ibragimov R.G. *Refining and Petrochemicals*. **2009**, 10, 8-13. (in Russ).
- [11] Egorov O.I., Chigarkina O.A., Baimukanov A.S. Oil and gas complex of Kazakhstan: problems of development and effective functioning. - Almaty, **2003**. 536 p. (in Russ).
- [12] Smimov V.K., Irisova K.N., Talisman E.L. *Catalysis in industry*. **2003**, 2, 30-36. (in Russ).
- [13] Kashin O.N., Ermolenko A.D., Firsova T.G., Rudin M.G. *Refining and Petrochemicals*. **2005**, 5, 32-38. (in Russ).
- [14] Zuikov A.V., Chernyshev E.A., Khavkin V.A. *Refining and Petrochemicals*. **2012**, 5, 23-27. (in Russ).
- [15] Fairuzov D.H., Fairuzov A.D., Sitdikova A.V., Baulin O.A., Rakhimov M.N. *Refining and Petrochemicals*. **2009**, 6, 12-18. (in Russ).
- [16] Chavarria J.C., Ramirez J., Gonzalez H and Baltanas M.A. *Catal.Today*. **2004**, 98, 1-2, 235-242. (in Eng).
- [17] Deng Zhonghuo, Wang Tiefeng, Wang Zhanwen. *Chem. Eng. Sci.* **2010**. 65, 1, 80-486. (in Eng).
- [18] Filipe Marques Mota, Christophe Bouchy, Emmanuelle Guillon, Antoine Fécant, Nicolas Bats, Johan A. Martens. *J. of Catalysis*. **2013**, 301, 20-29. (in Eng).
- [19] Velichkina L. M. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. **2009**, 43, 4, 486-493. (in Eng).
- [20] Looij van F., Laan van der P., Stork W.H.J., DiCamillo D.J., Swain J. *J.Appl.Cat.A: General*. **1998**, 170, 1-12. (in Eng).

Б.Т. Туктин, Е.К. Жандаров, А.М. Зулпухар, А.Ж. Кубашева, А.С. Тенизбаева, В. И. Яскеевич

Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы қ., Қазақстан

**КГО-9 ЖӘНЕ КГО-16 МОДИФИЦИРЛЕНГЕН АЛЮМОКОБАЛЬТМОЛИБДЕН
КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА МҰНАЙДЫҢ БЕНЗИН ЖӘНЕ ДИЗЕЛЬ ФРАКЦИЯЛАРЫН
ГИДРОӨНДЕУДІ ЗЕРТТЕУ**

Аннотация. Жұмыста фосфор, сирек кездесетін жер элементтері және ауыспалы валентті металдармен модифицирленген жаңа цеолитқұрамды алюмокобальтмолибденді катализаторларда тура айдалған бензин және дизель фракцияларын гидроөндеудегі ірілендірілген сынақтар нәтижелері көрсетілді. Тура айдалған бензинді гидроөндегенде КГО-16 катализаторы жоғары гидрокүкіртсіздендіру қабілетіне ие. Осы катализаторда гидрокүкіртсіздендіру дәрежесі 98%-ды құрайды. КГО-16 катализаторында бензиннің зерттеу әдісі бойынша октан саны 79-дан 86-ға өсті. КГО-16 катализаторының мұнайдың дизельді фракцияларын гидроөндеу процесінде ірілендірілген сынақтардың нәтижесінде қату және лайлану температурасының ең көп төмендеуі 380 - 400°С-та байқалды. Бензин және дизель фракцияларын гидроөндеу кезінде қалдық күкірттің ең аз мөлшері 400°С-та анықталды. Зерттелген катализаторлар қыстық күкірті аз дизель отындарын алуға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: цеолит, дизель отыны, бензин, катализатор, гидроөндеу.