

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ХИМИЯ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**



**SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

5 (425)

**ҚЫРКУЙЕК – ҚАЗАН 2017 Ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2017 Г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2017**

1947 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1947 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Ағабеков В.Е. проф., академик (Белорус)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Ресей)
Газалиев А.М. проф., академик (Қазақстан)
Ергожин Е.Е. проф., академик (Қазақстан)
Жармағамбетова А.К. проф. (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Қырғыстан)
Итқулова Ш.С. проф. (Қазақстан)
Манташян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Қазақстан)
Баешов А.Б. проф., академик (Қазақстан)
Бүркітбаев М.М. проф., академик (Қазақстан)
Джусипбеков У.Ж. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Молдахметов М.З. проф., академик (Қазақстан)
Мансуров З.А. проф. (Қазақстан)
Наурызбаев М.К. проф. (Қазақстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Рахимов К.Д. проф. академик (Қазақстан)
Стрельцов Е. проф. (Белорус)
Тәшімов Л.Т. проф., академик (Қазақстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Халиков Д.Х. проф., академик (Тәжікстан)
Фарзалиев В. проф., академик (Әзірбайжан)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №1089-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Агабеков В.Е. проф., академик (Беларусь)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Россия)
Газалиев А.М. проф., академик (Казахстан)
Ергожин Е.Е. проф., академик (Казахстан)
Жармагамбетова А.К. проф. (Казахстан), зам. гл. ред.
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Кыргызстан)
Иткулова Ш.С. проф. (Казахстан)
Манташян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Казахстан)
Баешов А.Б. проф., академик (Казахстан)
Буркитбаев М.М. проф., академик (Казахстан)
Джусипбеков У.Ж. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Мулдахметов М.З. проф., академик (Казахстан)
Мансуров З.А. проф. (Казахстан)
Наурызбаев М.К. проф. (Казахстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Рахимов К.Д. проф. академик (Казахстан)
Стрельцов Е. проф. (Беларусь)
Ташимов Л.Т. проф., академик (Казахстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Халиков Д.Х. проф., академик (Таджикистан)
Фарзалиев В. проф., академик (Азербайджан)

«Известия НАН РК. Серия химии и технологии».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10893-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142,
Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского,
каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK **M.Zh. Zhurinov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Agabekov V.Ye. prof., academician (Belarus)
Volkov S.V. prof., academician (Ukraine)
Vorotyntsev M.A. prof., academician (Russia)
Gazaliyev A.M. prof., academician (Kazakhstan)
Yergozhin Ye.Ye. prof., academician (Kazakhstan)
Zharmagambetova A.K. prof. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Zhorobekova Sh.Zh. prof., academician (Kyrgyzstan)
Itkulova Sh.S. prof. (Kazakhstan)
Mantashyan A.A. prof., academician (Armenia)
Praliyev K.D. prof., academician (Kazakhstan)
Bayeshov A.B. prof., academician (Kazakhstan)
Burkitbayev M.M. prof., academician (Kazakhstan)
Dzhusipbekov U.Zh. prof., corr. member (Kazakhstan)
Muldakhmetov M.Z. prof., academician (Kazakhstan)
Mansurov Z.A. prof. (Kazakhstan)
Nauryzbayev M.K. prof. (Kazakhstan)
Rudik V. prof., academician (Moldova)
Rakhimov K.D. prof., academician (Kazakhstan)
Streltsov Ye. prof. (Belarus)
Tashimov L.T. prof., academician (Kazakhstan)
Toderash I. prof., academician (Moldova)
Khalikov D.Kh. prof., academician (Tadjikistan)
Farzaliyev V. prof., academician (Azerbaijan)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.
ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 10893-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry named after D. V. Sokolsky
142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22,
e-mail: orgcat@nursat.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 5, Number 425 (2017), 58 – 64

Y.Y. Nurmakhanov and S.S. Itkulova

D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan
e-mails: yerzhan.nurmakhanov@gmail.com, s.itkulova@ifce.kz

**MODELING OF TECHNOLOGY OF STEAM-DRY
REFORMING OF METHANE OVER Co-CONTAINING
MULTICOMPONENT CATALYST**

Abstract. Technology described in this paper is directed to syngas production by combination of the steam and dry reforming of methane. The experimental data obtained during the long-term testing of the catalyst developed on a base of Co modified by transition metal (M) and supported on rare-earth metal oxide(R1) doped alumina – 5%Co-M(9:1)-5%R1/Al₂O₃ were used. Scheme of syngas production steam-dry reforming of methane and material and heat balances obtained by modeling of technology are presented.

Keywords: technology, modeling, catalyst, methane, carbon dioxide, syngas.

УДК .001.57; 665.644.4; 547.211; 546.264-31

Е.Е. Нурмаханов, Ш.С. Иткулова

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

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАРОУГЛЕКИСЛОТНОГО
РИФОРМИНГА МЕТАНА НА Co-СОДЕРЖАЩЕМ
МНОГОКОМПОНЕНТНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ**

Аннотация. Технология, предлагаемая в данной работе, посвящена производству синтез-газа путем комбинированного углекислотного и парового риформинга метана – пароуглекислотному риформингу метана, с использованием данных, полученных в ходе длительного тестирования собственного разработанного катализатора на основе Co, модифицированного металлом переходного ряда (M) и нанесенного на сложнооксидную матрицу, состоящую из оксида алюминия, промотированной оксидом редкоземельного элемента (PЗЭ-1) – 5%Co-M(9:1)-5%PЗЭ-1/Al₂O₃. Приведены схема производства синтез-газа путем пароуглекислотного риформинга метана и материальные и тепловые балансы, полученные в ходе моделирования.

Ключевые слова: технология, моделирование, катализатор, метан, диоксид углерода, синтез-газ.

Введение

Начало 21-го столетия для мировой энергетики ознаменовалось возрастанием значения ископаемых углеводородных газов. В настоящее время активно ведутся исследования и разработка технологий переработки природного и попутного нефтяного газов.

Основным компонентом как природного, так и попутного газов является метан, концентрация которого в природном газе может достигать до 98%. В настоящее время доля природного газа в общем объеме производимой энергии составляет одну треть и по прогнозам к 2020 году составит 45-50%, оттеснив на второй план нефть и уголь [1]. Разведанные запасы природного газа на декабрь 2015 года в мире составили 186,9 трлн. куб.м., в том числе Казахстана – 0,9 трлн. куб. м., что составляет 0,5% от мировых запасов. Добыча природного газа в 2015 году составила 3,5 трлн. куб.м., в том числе в Казахстане – 12,4 млрд. куб.м. [2].

Для природного газа актуальной является задача его переработки в удобный для транспортирования продукт на месте его добычи. На решение этой проблемы направлена GTL технология (Gas-to-Liquid – газ-в-жидкость), в результате которой углеводородные, в основном природный и попутный нефтяной, газы, а в перспективе и биогаз, перерабатываются в высокоэнергетическую жидкость:

- синтетическую нефть с ультранизким содержанием серы и благоприятным содержанием углеводородных компонентов;
- газойль, используемый для получения дизельного топлива, практически не содержащий серы;
- керосин – топливо или добавка к нефтяному реактивному топливу с высокими эксплуатационными характеристиками;
- базовые масла, используемые для получения смазок для двигателей;
- парафины и церезины, используемые для производства синтетических моющих средств. Ими можно заменить их аналоги, получаемые на НПЗ из дефицитных керосиновых фракций переработки нефти.

Технология газ-в-жидкость (GTL) рассматривается как экономически обоснованная альтернатива газопроводам и возможность вывода газа отдаленных месторождений на рынки, что позволит утилизировать ПНГ, низконапорный и природный газы небольших месторождений [3]. Развитие данного направления сулит государствам огромные выгоды:

- улучшение экологической обстановки в районах добычи углеводородов;
 - социально-экономические выгоды (рабочие места, налоговые отчисления);
 - монетизация ценного энергетического сырья – природного и попутного нефтяного газов;
 - возможность формирования нового драйвера роста национальной экономики.
- Реализованные технологии GTL состоят из трех ступеней, каждая из которых является отдельным производством:
- получение синтез-газа из метана;
 - конверсия синтез-газа в синтетические жидкие углеводороды;
 - разделение и конечная переработка продуктов.

Синтез-газ, представляющий собой смесь H_2 и CO , является универсальным полупродуктом и служит сырьем для получения ряда химических и нефтехимических продуктов. Он также используется в металлургии [4]. Способы получения синтез-газа с составом, пригодным для синтеза Фишера-Тропша, путем углекислотного и пароуглекислотного риформинга метана были описаны в отчете прошлого года. В настоящем отчете будет описана и изучена паровая конверсия метана, как способ получения водородсодержащего газа (ВСГ).

В GTL технологии стадия производства синтез-газа является самой энерго- и капиталоемкой, на нее приходится более 70% затрат [3-9]. Технология, предлагаемая в данной работе, посвящена производству синтез-газа путем комбинированного углекислотного [10-17] и парового риформинга метана [18-20] – пароуглекислотному риформингу метана [17], проводимого с использованием собственного разработанного катализатора на основе Co , модифицированного металлом переходного ряда (M) и нанесенного на сложнооксидную матрицу, состоящую из оксида алюминия, промотированной оксидом редкоземельного элемента (PЗЭ-1) – $5\%Co-M(9:1)/Al_2O_3-5\%PЗЭ-1$. Технология получения синтез-газа была смоделирована с использованием программного обеспечения Aspen Hysys с заложенными общими принципами расчетов материально-тепловых балансов технологических схем с целью более реалистичного расчета материальных и тепловых балансов и учета потерь реагентов на каждой стадии процесса.

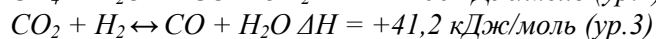
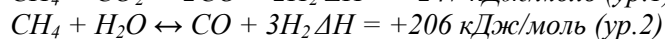
Данное программное обеспечение включает набор вспомогательных подсистем, обеспечивающих решение химико-технологических процессов, таких как:

- набор термодинамических данных по чистым компонентам (база данных) и средства, для выбора компонентов для описания качественного состава рабочих смесей;
- различные методы расчета термодинамических свойств (коэффициент фазового равновесия, энтальпия, энтропия, плотность, фугитивность паров и т.д.);
- набор моделей для расчета отдельных элементов технологических схем – процессов.

При моделировании процесса пароуглекислотной конверсии метана на основе базы данных Aspen Hysys для описания качественного состава рабочей смеси были выбраны следующие компоненты: метан, диоксид углерода, монооксид углерода, водород, вода.

Процесс получения синтез-газа пароуглекислотным риформингом метана включает 3 реакции, протекающих одновременно в реакторе:

- углекислотная конверсия метана (ур.1);
- паровая конверсия метана (ур.2);
- обратная реакция водяного сдвига (ур.3).



В ходе моделирования были сделаны следующие допущения:

- метан без примесей;
- диоксид углерода без примесей;
- процесс протекает без науглероживания катализаторов.

Допущения, принятые при расчете, соответствуют данным реального тестирования катализатора в течение 100 часов непрерывно в процессе пароуглекислотного риформинга с использованием чистых реагентов – метана и диоксида углерода, а также паров воды. Надо отметить, что в течение всего периода непрерывной эксплуатации науглероживания катализатора не происходило.

Термодинамические свойства были рассчитаны с использованием уравнения состояния Пенг-Робинсона, обычно применяемого при моделировании процессов переработки углеводородных газов и нефти.

Приведены материальные и тепловые балансы, полученные в ходе моделирования с учетом данных, полученных экспериментальным путем.

Результаты

Были использованы технологические параметры, соответствующие экспериментальным данным, полученным на 5%Co-M(9:1)/Al₂O₃-5%PЗЭ-1 катализаторе при пароуглекислотной конверсии в ходе реального тестирования: CH₄/CO₂ на входе соответствует соотношению 1:1, добавка паров воды – 20%, давление в реакторе – 1 атм, t=700°C, конверсия диоксида углерода – 91.3%, конверсия метана – 100%. При моделировании процесса применялся реактор-конвертор с производительностью установки по синтез-газу (основному продукту) ≈ 68 т/ч.

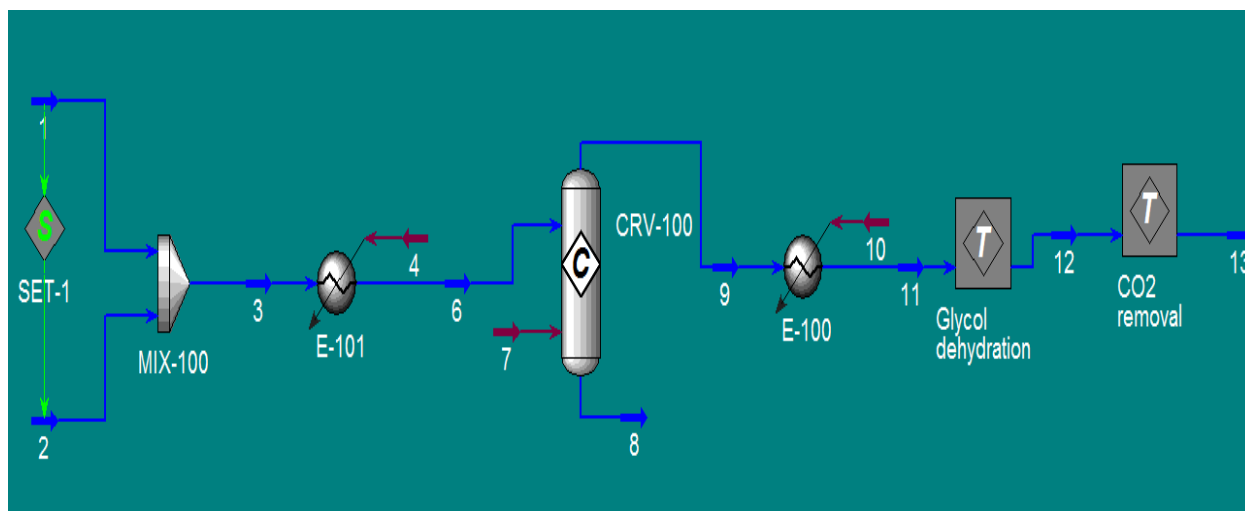


Рисунок 1 – Технологическая схема получения синтез-газа из метана путем пароуглекислотной конверсии

На рисунке 1 приведена технологическая схема получения синтез-газа из метана. Входные потоки газов 1 и 2, состоящие из смеси $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ и паров воды, соответственно, поступают в смеситель *MIX-100*. Далее поток (3), представляющий собой смесь трех компонентов, нагревается до температуры 700°C (значение температуры соответствует показателю реального процесса пароуглекислотного риформинга метана на $5\%\text{Co-M}(9:1)/\text{Al}_2\text{O}_3-5\%\text{PЗЭ-1}$ катализаторе) в теплообменнике *E-101* и поступает в реактор-конвертор *CRV-100*, загруженный катализатором $5\%\text{Co-M}(9:1)/\text{Al}_2\text{O}_3-5\%\text{PЗЭ-1}$. Поток энергии 7 служит для поддержания температуры в реакторе. Выходящий поток 9 охлаждается в теплообменнике *E-100* до температуры 30°C . Вода, содержащаяся в продукте реактора конверсии, отделяется абсорбцией триэтиленгликолем, а непрореагировавший диоксид углерода – абсорбцией метанолом. Далее поток 13, представляющий собой смесь $\text{CO} + \text{H}_2$ с примесями CO_2 и H_2O , направляется на установку синтеза Фишера-Тропша.

В таблице 1 приведены технологические параметры входных потоков сырья, реактора и абсорберов H_2O и CO_2 , соответственно. Входной поток 1, состоящий из смеси $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$, соответствует реальному отношению $\text{CH}_4/\text{CO}_2=1$.

В таблице 2 представлен материальный баланс реактора пароуглекислотной конверсии метана, рассчитанный при моделировании по Aspen Hysys с учетом данных, полученных в ходе реального тестирования. Количество CH_4 и CO_2 на входе соответствует соотношению 1:1. Данные моделирования процесса демонстрируют, что выходящий поток из реактора-конвертора (давление в реакторе – 1 атм, $t=700^\circ\text{C}$) содержит, кроме синтез-газа с соотношением $\text{H}_2/\text{CO} = 1.1$, непрореагировавший диоксид углерода и воду в количестве 4473,3 и 2367,5 кг/ч соответственно.

Таблица 1 – Технологические параметры процесса пароуглекислотной конверсии метана

Элемент технологической схемы	Параметр	Значение
Входной поток $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$	Температура ($^\circ\text{C}$)	25
	Давление (кПа)	110,3
	Массовый расход (кг/ч)	70 000
	- метан (мас. %)	26,71
	- диоксид углерода (мас. %)	73,29
Входной поток H_2O	Температура ($^\circ\text{C}$)	180
	Давление (кПа)	110,3
	Массовый расход (кг/ч)	4200
Реактор пароуглекислотной конверсии	Температура ($^\circ\text{C}$)	700
	Давление (кПа)	101,3
Абсорбер H_2O	Температура ($^\circ\text{C}$)	32
	Давление (кПа)	5000
Абсорбер CO_2	Температура ($^\circ\text{C}$)	45
	Давление (кПа)	4400

Для процессов непрерывного действия, как правило, тепловой баланс рассчитывают на единицу времени. В таблице 3 представлен тепловой баланс реактора пароуглекислотной конверсии метана, полученных расчетным путем по Aspen Hysys.

Выходящий из реактора пароуглекислотной конверсии поток содержит, кроме H_2 и CO , непрореагировавший диоксид углерода и воду, последние в данной модели далее подвергали удалению и осушке соответственно.

В таблице 4 показан материальный баланс абсорбера после осушки синтез-газа. В данной работе при моделировании применена широко используемая стандартная технология осушки природного газа триэтиленгликолем (ТЭГ). Осушка триэтиленгликолем (ТЭГ) основана на следующем принципе: захват из газа влаги (воды) за счет водородных связей, образующихся между полярными молекулами ТЭГ и H_2O . Влажный газ, подаваемый в абсорбер, проходит через структурированный насыпной слой противотоком через ТЭГ до достижения точки росы. Насыщенный водой ТЭГ уводится с низа абсорбера на регенерацию. Полученную на стадии регенерации воду можно возвращать в цикл на стадию получения синтез-газа, а ТЭГ – обратно на стадию осушки. Содержание воды в очищенном потоке составляет менее 1%.

Таблица 2 – Материальный баланс реактора пароуглекислотной конверсии метана и сепаратора отделения воды

Затрачено	Кол-во, кмоль/ч	Кол-во, кг/ч	Получено	Кол-во, кмоль/ч	Кол-во, кг/ч
Метан	1165,6	18700,3	Водород	2432,9	4904,8
Диоксид углерода	1165,6	51299,8	Монооксид углерода	2229,6	62454,4
Вода (пар)	233,1	4199,9	Вода (пар)	131,5	2367,5
			Диоксид углерода	101,6	4473,3
Итого	2564,3	74200	Итого	4895,7	74200

Таблица 3 – Тепловой баланс реактора пароуглекислотной конверсии метана

Приход тепла, кДж/ч	Расход тепла, кДж/ч
$5,2 \cdot 10^8$	$5,2 \cdot 10^8$

Для удаления из синтез-газа непрореагированного диоксида углерода при моделировании применяли абсорбцию метанолом, являющегося хорошим растворителем CO_2 . Повышение давления в абсорбере и понижение температуры дает возможность резкого повышения эффективности работы установки за счет увеличения поглотительной способности метанола. На данной стадии моделирования применяли технологию, известную под названием «Ректизол» – высокоэкономичный процесс, применяемый для очистки газов с высокой концентрацией CO_2 . Материальный баланс абсорбера CO_2 представлен в таблице 5. В ходе осушки достигается 99% очистка от CO_2 .

Таблица 4 – Материальный баланс осушки выходящего из реактора потока газов

Затрачено	Кол-во, кмоль/ч	Кол-во, кг/ч	Получено	Кол-во, кмоль/ч	Кол-во, кг/ч
Водород	2432,9	4904,8	Водород	2432,8	4904,5
Монооксид углерода	2229,6	62454,4	Монооксид углерода	2229,3	62445,9
Вода (пар)	131,5	2367,5	Вода (пар)	0,18	3,2
Диоксид углерода	101,6	4473,3	Диоксид углерода	101,5	4469
			Отвод воды с примесями		
			Вода (пар)	131,3	2364,3
			Диоксид углерода	0,1	4,3
			Водород	0,1	0,3
			Монооксид углерода	0,3	8,5
Итого	4895,7	74200	Итого	4895,7	74200

Таблица 5 – Материальный баланс установки очистки потока от CO_2

Затрачено	Кол-во, кмоль/ч	Кол-во, кг/ч	Получено	Кол-во, кмоль/ч	Кол-во, кг/ч
CO_2	101,5	4469	CO_2	2,27	99,9
Водород	2432,8	4904,5	Водород	2366,3	4770,5
CO	2229,3	62445,9	CO	2135,1	59806,3
Вода (пар)	0,18	3,2	Вода (пар)	0	0
			Отвод CO_2 с примесями		
			CO_2	99,3	4369,1
			Водород	66,5	134
			CO	94,2	2639,6
			Вода (пар)	0,18	3,2
Итого	4763,8	71822,6	Итого	4763,8	71822,6

Т.о. результаты моделирования показывают, что очистка синтез-газа, выходящего из реактора-конвертора, от непрореагировавших диоксида углерода и воды достигается более 99%.

Выводы

Было проведено моделирование процесса пароуглекислотной конверсии метана в синтез-газ на 5%Co-M(9:1)/Al₂O₃-5%PЗЭ-1 катализаторе. В основу расчета были положены экспериментальные данные, полученные при длительном тестировании катализатора в условиях: CH₄/CO₂ на входе соответствует соотношению 1:1, добавка паров воды – 20%, давление в реакторе – 1 атм, t=700°C, конверсия диоксида углерода – 91.3%, конверсия метана – 100%, науглероживание отсутствует. Рассчитаны материальный и тепловые балансы процесса конверсии метана, осушки от воды и очистки от диоксида углерода. Результаты моделирования конверсии сырья в реакторе-конверторе демонстрируют, что при расходе сырья 18700,3 и 51299,8 кг/ч метана и диоксида углерода соответственно образуются 4904,8 и 62454,4 кг/ч водорода и оксида углерода соответственно. Потери при осушке и очистке от остатков диоксида углерода составляют менее 1%. Образующийся синтез-газ с соотношением H₂/CO=1.1 можно использовать далее, в частности, в процессе Фишера-Тропша для получения синтетических жидких углеводородов.

Авторы выражают благодарность МОН РК за финансирование работы, проводимой по проекту № 5433/ГФ4.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кириллов Н.Г., Белозерова Т.Б., Лазарев А.Н. Сжиженный природный газ и перспективы отечественного производства // Газохимия. – 2010. - № 6. - С. 23-29.
- [2] BP statistical review of world energy: BP, 2016 (www.bp.com)
- [3] Park D., Lee C., Moon D.J., Kim T. Design, analysis, and performance evaluation of steam-CO₂ reforming reactor for syngas production in GTL process // International Journal of Hydrogen Energy. – 2016. - V. 40. - P. 11785-11790.
- [4] Оостеркамп П. ван ден, Вагнер Э., Росс Дж. Достижения в производстве синтез-газа // Российский химический журнал. – 2000. - № 1. - С. 34-42.
- [5] Кузнецов А.М., Савельев В.И., Бахтизина Н.В. Индустрия GTL: состояние и перспективы // Нефтепереработка и нефтепродуктообеспечение. Научно-технический вестник ОАО «НК «РОСНЕФТЬ» 2012. с. 44-49
- [6] Quinlan, C.W. et al. 2000. The Evolution of Gas-to-Liquids Technology and Industry Perspectives on its Environmental Benefits. 2000 World Gas Conference, Nice, France, 6–9 June.
- [7] Rostrup-Nielsen J.R., Christiansen L.J. Concepts in syngas preparation (Catalytic Science series). London: Imperial College Press. – 2011.
- [8] Tsang S.C., Claridge J.B., Green M.L.H. Recent advances in the conversion of methane to synthesis gas // Catalysis Today. – 1995. - V. 23. - P. 3-15.
- [9] Восмериков А.В., Кудряшов С.В. Перспективные технологии химической переработки попутного нефтяного газа в ценные жидкие продукты // Газохимия. – 2010, - № 2, - С. 62-68.
- [10] Ross J. R. H. Natural gas reforming and CO₂ mitigation // Catal. Today. – 2005. – Vol. 100. – P. 151–158.
- [11] Jang W.J., Jeong D.W., Shim J.O., Kim H.M., Roh H.S., Son I.H., Lee S.J. Combined steam and carbon dioxide reforming of methane and side reactions: Thermodynamic equilibrium analysis and experimental application // Applied Energy. – 2016. – Vol.173. – P. 80–91.
- [12] Takanabe K., Nagaoka K., Nariai K., Aika K. Titania-supported cobalt and nickel bimetallic catalysts for carbon dioxide reforming of methane // J Catal. – 2005. – Vol. 232. – P.268-275.
- [13] Ruckenstein E., Wang H.Y. Carbon Deposition and Catalytic Deactivation during CO₂ Reforming of CH₄ over Co/Al₂O₃ // J Catal. – 2003. – Vol. 205. – P. 289-293.
- [14] Edwards J.H., Maitra A.M. The chemistry of methane reforming with carbon dioxide and its current and potential applications // Fuel Process Technol. – 1995. – Vol. 42. – P. 269-289.
- [15] Ay H., Uner D. Dry reforming of methane over CeO₂ supported Ni, Co and Ni-Co catalysts // Applied Catalysis B: Environmental. – 2015. – Vol. 179. – P. 128–138.
- [16] Bradford M.C.J., Vannice M.A. CO₂ reforming of CH₄ // Rev. Catal. Eng. Sci. – 1999. – Vol. 41. – P. 1-42.
- [17] Itkulova S.S., Zakumbaeva G.D., Nurmakanova Y.Y., Mukazhanova A.A., Yermaganbetova A.K. Syngas production by biforming of methane over the Co-based alumina supported catalysts // Catalysis Today. – 2014 – Vol. 228 – P. 194–198.
- [18] Rostrup-Nielsen J.R. Catalytic Steam Reforming // Catalysis Science and Technology. Springer, Berlin, – 1984. – Vol. 5. – P.1-117.
- [19] Rostrup-Nielsen J.R., Dybkjaer I., Christiansen L.J. // Steam reforming opportunities and limits of the technology // NATO ASI Chemical reactor technology for Environmentally Safe Reactors and products. – P. 249-281.
- [20] Rostrup-Nielsen J.R., Bogild J. Steam reforming for Fuel Cells // Fuel Cells Technologies for Fuel Processing. – 2011. – V.4. – P. 49-71.

REFERENCES

- [1] Kirillov N.G., Belozerova T.B., Lazarev A.N. Szhizhennyi prirodnyy gaz i perspektivy otechestvennogo proizvodstva // *Gazohimija*. **2010**, 6, 23-29.
- [2] BP statistical review of world energy: BP, **2016** (www.bp.com)
- [3] Park D., Lee C., Moon D.J., Kim T. Design, analysis, and performance evaluation of steam-CO₂ reforming reactor for syngas production in GTL process // *International Journal of Hydrogen Energy*. **2016**, 40, 11785-11790.
- [4] Oosterkamp P. vanden, Vagner E., Ross Dj. Dostizheniya v proizvodstve sintez-gaza // *Rossiyskiy himicheskij zhurnal*. **2000**, 1, 34-42.
- [5] Kuznecov A.M., Savel'ev V.I., Bahtizina N.V.. Industriya GTL: sostojanie i perspektivy // *Neftepererabotka i nefteproduktoobespechenie. Nauchno-tehnicheskij vestnik OAO «NK «ROSNEFT»* **2012**, 44-49
- [6] Quinlan, C.W. et al. 2000. The Evolution of Gas-to-Liquids Technology and Industry Perspectives on its Environmental Benefits. *2000 World Gas Conference, Nice, France*, 6-9 June.
- [7] Rostrup-Nielsen J.R., Christiansen L.J. Concepts in syngas preparation (Catalytic Science series). *London: Imperial College Press*. **2011**.
- [8] Tsang S.C., Claridge J.B., Green M.L.H. Recent advances in the conversion of methane to synthesis gas // *Catalysis Today*. **1995**, 23, 3-15.
- [9] Vosmerikov A.V., Kudrjashov S.V. *Gazohimija*. **2010**, 2, 62-68.
- [10] Ross J. R. H. *Catal. Today*. **2005**, 100, 151-158.
- [11] Jang W.J., Jeong D.W., Shim J.O., Kim H.M., Roh H.S., Son I.H., Lee S.J. *Applied Energy*. **2016**, 173, 80-91.
- [12] Takanabe K., Nagaoka K., Nariai K., Aika K. *J Catal*. **2005**, 232, 268-275.
- [13] Ruckenstein E., Wang H.Y. *J Catal*. **2003**, 205, 289-293.
- [14] Edwards J.H., Maitra A.M. The chemistry of methane reforming with carbon dioxide and its current and potential applications // *Fuel Process Technol*. **1995**, 42, 269-289.
- [15] Ay H., Uner D. *Applied Catalysis B: Environmental*. **2015**, 179, 128-138.
- [16] Bradford M.C.J., Vannice M.A. *Rev. Catal. Eng. Sci*. **1999**, 41, 1-42.
- [17] Itkulova S.S., Zakumbaeva G.D., Nurmakanov Y.Y., Mukazhanova A.A., Yermaganbetova A.K. *Catalysis Today*. **2014**, 228, 194-198.
- [18] Rostrup-Nielsen J.R. *Catalysis Science and Technology*. Springer, Berlin, **1984**, 5, 1-117.
- [19] Rostrup-Nielsen J.R., Dybkjaer I., Christiansen L.J. *NATO ASI Chemical reactor technology for Environmentally Safe Reactors and products*. – P. 249-281.
- [20] Rostrup-Nielsen J.R., Bogild J. *Fuel Cells Technologies for Fuel Processing*. **2011**, 4, 49-71.

Е.Е. Нұрмақанов, Ш.С. Иткүлова

«Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, Катализ және Электрохимия Институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

**Со-ҚҰРАМДЫ КӨПКOMPONENTТІ КАТАЛИЗАТОРДА ЖҮРЕТІН МЕТАННЫҢ БУЛЫ
КӨМІРҚЫШҚЫЛДЫ РИФОРМИНГІ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ МОДЕЛДЕНУІ**

Түйін. Осы жұмыста (М) ауыспалы қатар металымен модифицирленген және алюминий тотығынан тұратын күрделі тотық матрицасына қондырылған, сондай-ақ, сирек жер элементі тотығымен промотирленген 5%Со-М(9:1)-5%РЗЭ-1/Al₂O₃ жасалған катализаторын ұзақ тексеру жолында алынған мәліметтердің қолданылуымен ұсынылып отырған технология - метанның біріктірілген көмірқышқылды және булы көмірқышқылды жолымен алынатын синтез-газ өндірісіне негізделген. Моделдеу жолында алынған метанның булы көмірқышқылды риформингі жолымен алынатын синтез-газ өндірісінің сұлбасы, материалдық және жылулық балансы келтірілген.

Тірек сөздер: технология, моделдеу, катализатор, метан, көміртек қостотығы, синтез-газ.

МАЗМУНЫ

<i>Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Мамырбекова А.</i> ДМСО- $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ жүйесінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу.....	5
<i>Темиргалиева А.Н., Лесбаев Б.Т., Байсейітов Д.А., Мансуров З.А.</i> Наноөлшемді TiO_2 қасиеттері және оны сонохимиялық әдіспен синтездеу.....	9
<i>Елеманова Ж.Р., Дауылбай А.Д., Асылхан Н.Ф., Қудасова Д.Е.</i> Дәруменмен байытылған кэмпиттердің құрамын зерттеу	14
<i>Баешов А.Б., Адайбекова А.А., Гаипов Т. Е., Сарсенбаев Н.Б., Журинов М.Ж.</i> Импульсті токпен поляризацияланған титан электродында родий иондарының катодты тотықсыздануына ультрадыбыс өрісінің әсері.....	20
<i>Баймукашева Г.К., Нажетова А.А., Алтай Қ.А., Насиров Р.Н.</i> Трифенилметанға натриймен әсер еткенде карбанионның түзілу механизмі.....	28
<i>Ерғожин Е.Е., Мухитдинова Б.А., Хакимболатова Х.К., Никитина А.И., Даулеткулова Н.Т.</i> Өртүрлі хинондар және ЭДЭ-10П негізіндегі аниониттің Pb^{2+} иондарының сорбисы.....	32
<i>Закарина Н.А., Волкова Л.Д., Шадин Н.А., Ким О.К.</i> ВГ крекингінде үлкейтілген реакторда алюминиймен пилларленген самм НҮ- цеолитті катализаторын сынақтан өткізу.....	36
<i>Шлыгина И.А., Бродский А.Р., Хусаин Б.Х., Чанышева И.С., Яскевич В.И., Жұрынов М.</i> Силоксан аэрогелдер қалыптасу процесінің реагенттер мен өнімдердің кванттық химиялық модельдеуі. III. Алкоксисилан олигомерлерінің көлемі мен нақты салмағын есептеу.....	42
<i>Исаева А.Б., Айдарова С.Б., Шарипова А.А., Муталиева Б.Ж., Григорьев Д.О.</i> Полиуретан/полимочевина қабықшасымен және Dsoit ядросымен қапталған микро- және нанокапсулалар. II Dsoit микор- және нанокапсулалардан бөлініп шығу кинетикасын зерттеу.....	52
<i>Нұрмақанов Е.Е., Итқұлова Ш.С.</i> Со-құрамды көпкомпонентті катализаторда жүретін метанның булы көмірқышқылды риформингі технологиясының моделденуі.....	58
<i>Қазанқарова М.К., Наурызбаев М.К., Ермагамбет Б.Т., Ефремов С.А., Брайда В.</i> Микроағзалармен иммобилизденген шунгит сорбенттерін қолдану арқылы мұнаймен ластанған топырақтың биоремедиациясын зерттеу.....	65
<i>Сасыкова Л.Р., Жәкірова Н.Қ., Жұмақанова А.С.</i> Қазақстанда білікті химик мамандарды дайындау: тарихы мен болашағы	73
<i>Мамырбекова А., Мамитова А.Д., Шырынбекова Б.Ж., Мамырбекова А.</i> Құрамында диметилсульфоксиді бар электролит ерітінділерінен ұсақ дисперсті мыс ұнтақтарын алу.....	79
<i>Мофа Н.Н., Қалиева Ә.М., Садықов Б.С., Осеров Т.Б., Шабанова Т.А., Мансуров З.А.</i> Құрамында күміс нанобөлшектері бар композитті материалдар.....	87
<i>Жәкірова Н.Қ., Сасыкова Л.Р., Қадірбеков Қ.А., Жұмақанова А.С.</i> Гетерополиқышқылдар негізіндегі крекинг катализаторларын синтездеу және зерттеу.....	95
<i>Рахадиллов Б.К., Скаков М.К., Сағдолдина Ж.Б.</i> Электролиттік плазмалық беттік беріктендіруден кейін 20 гл болаттың құрылымдық өзгерістері.....	103
<i>Қасенов Б.Қ., Қасенова Ш.Б., Сағынтаева Ж.И., Түртүбаева М.О., Қуанышбеков Е.Е., Исабаева М.А.</i> Жаңа $\text{NdM}^{II}_2\text{ZnMnO}_6$ ($\text{M}^{II} - \text{Sr, Ba}$) Цинкат-манганиттерінің термодинамикалық және электрфизикалық қасиеттерін зерттеу.....	110
<i>Туктин Б.Т., Жандаров Е.К., Зултухар А.М., Кубашева А.Ж., Тенизбаева А.С., Яскевич В. И.</i> КГО-9 және КГО-16 модифицирленген алюмокобальтмолибден катализаторларында мұнайдың бензин және дизель фракцияларын гидроөңдеуді зерттеу.....	119
<i>Туктин Б.Т., Шаповалова Л.Б., Кубашева А.Ж., Егизбаева Р.И.</i> Модифицирленген цеолитқұрамды кпм катализаторларында ілеспе мұнай газын өңдеу.....	127

СОДЕРЖАНИЕ

Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Мамырбекова А. Исследование физико-химических свойств системы ДМСО- $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	5
Темиргалиева А.Н., Лесбаев Б.Т., Байсейитов Д. А., Мансуров З.А. Свойства и синтез наноразмерного TiO_2 сонохимическим методом.....	9
Елеманова Ж.Р., Дауылбай А.Д., Асылхан Н.Ф., Қудасова Д.Е. Исследование состава конфет, обогащенных витаминами.....	14
Баешов А.Б., Адайбекова А.А., Гаипов Т.Е., Сарсенбаев Н.Б., Журинов М.Ж. Влияние ультразвукового поля на катодное восстановление ионов родия на титановом электроде при поляризации импульсным током.....	20
Баймукашева Г.К., Нажетова А.А., Алтай К.А., Насиров Р.Н. Механизм образования карбаниона из трифенилметана при восстановлении натрием.....	28
Ергожин Е.Е., Мухитдинова Б.А., Хакимболатова Х.К., Никитина А.И., Даулеткулова Н.Т. Сорбция ионов Pb^{2+} редокс-полимерами на основе анионита ЭДЭ-10П и различных хинонов.....	32
Закарин Н.А., Волкова Л.Д., Шадин Н.А., Ким О.К. Испытание НУ-цеолитного катализатора на пилларированном алюминии СаММ в крекинге ВГ в укрупнённом реакторе.....	36
Шлыгина И.А., Бродский А.Р., Чанышева И.С., Яскевич В.И., Хусайн Б.Х., Журинов М.Ж. Квантово- химическое моделирование реагентов и продуктов в процессе формирования силоксановых аэрогелей. III. Расчет объема и удельного веса олигомеров алкоксигидроксисилоксанов.....	42
Исаева А.Б., Айдарова С.Б., Шарипова А.А., Муталиева Б.Ж., Григорьев Д.О. Микро- и нанокапсулы с оболочкой из полиуретана/полимочевины и ядром из Dsoit. II. Изучение кинетики высвобождения Dsoit из микро- и нанокапсул.....	52
Нурмаканов Е.Е., Иткулова Ш.С. Моделирование технологии пароуглекислотного риформинга метана на Со-содержащем многокомпонентном катализаторе.....	58
Казанкапова М.К., Наурызбаев М.К., Ермагамбет Б.Т., Ефремов С.А., Брайда В. Исследование биоремедиации нефтезагрязненных почв с использованием шунгитовых сорбентов, иммобилизованными микроорганизмами.....	65
Сасыкова Л.Р., Жакирова Н.К., Жумаканова А.С. Подготовка квалифицированных кадров химиков в Казахстане: история и перспективы.....	73
Мамырбекова А., Мамитова А.Д., Шырынбекова Б.Ж., Мамырбекова А. Получение мелкодисперсных медных порошков из диметилсульфоксидно-водных растворов электролитов.....	79
Мофа Н.Н., Калиева А.М., Садыков Б.С., Осеров Т.Б., Шабанова Т.А., Мансуров З.А. Композиционные материалы с наночастицами серебра.....	87
Жакирова Н.К., Сасыкова Л.Р., Кадирбеков К.А., Жумаканова А.С. Синтез и исследование катализаторов крекинга на основе гетерополикислот.....	95
Рахадиллов Б.К., Скаков М.К., Сағдолдина Ж.Б. Структурное превращение стали 20Гл после электролитно-плазменной поверхностной закалки.....	103
Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Туртубаева М.О., Куанышбеков Е.Е., Исабаева М.А. Термодинамические и электрофизические свойства оксидов цинкато-манганитов $\text{NdM}^{\text{II}}_2\text{ZnMnO}_6$ ($\text{M}^{\text{II}} - \text{Sr, Ba}$).....	110
Туктин Б.Т., Жандаров Е.К., Зултухар А.М., Кубашева А.Ж., Тенизбаева А.С., Яскевич В.И. Исследование гидропереработки бензиновых и дизельных фракций нефти на модифицированных алюмокобальтмолибденовых катализаторах КГО-9 и КГО-16.....	119
Туктин Б.Т., Шаповалова Л.Б., Кубашева А.Ж., Егизбаева Р.И. Переработка попутного нефтяного газа на модифицированных цеолитсодержащих катализаторах КПМ.....	127

CONTENTS

<i>Mamyrbekova A., Mamitova A., Tukibayeva A., Mamyrbekova A.</i> Research of physicochemical properties of the DMSO-Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O system.....	5
<i>Temirgaliyeva A.N., Lesbayev B.T., Baiseitov D.A., Mansurov Z.A.</i> Properties of nanosized TiO ₂ by synthesized sonochemical method.....	9
<i>Yelemanova Zh.R., Dauylbai A.D., Asilkhan N.G., Kudasova D.E.</i> Investigation of the composition of sweets enriched with vitamins.....	14
<i>Bayesov A.B., Adaibekova A.A., Gaipov T.E., Sarsenbaev N.B., Zhurinov M.Zh.</i> Influence of ultrasound field on cathode recovery rhodium ions on the titanium electrode at polarization by pulse current.....	20
<i>Baymukasheva G.K., Nazhetova A.A., Altai K.A., Nasirov R.N.</i> Formation mechanism of carbanion from triphenylmethane during deoxidization with sodium.....	28
<i>Ergozhin E.E., Mukhitdinova B.A., Khakimbolatova Kh.K., Nikitina A.I., Dauletkulova N.T.</i> Sorption of Pb ²⁺ ions by redox-polymers on the basis of anionite EDE-10P and various quinones.....	32
<i>Zakarina N. A., Volkova L.D., Shadin N.A., Kim O.K.</i> Test of HY-zeolite catalyst based on Al-pillared CaMM in VG cracking in big size reactor	36
<i>Shlygina I.A., Brodskiy A.R., Khusain B.H., Chanysheva I.S., Yaskevich V.I., Zhurinov M.Z.</i> Quantum chemical modeling of reagents and products in the process of siloxane airtel formation. III. Molecular volumes of alcoxyhydroxysiloxane oligomers and their specific weights.....	42
<i>Issayeva A., Aidarova S., Sharipova A., Mutaliev B., Grigoriev D.</i> Micro- and nanocapules with shell of polyurethane / polyurea and core from Dcoit. II. Study of the kinetics of release of Dcoit from micro- and nanocapules.....	52
<i>Nurmakanov Y.Y., Itkulova S.S.</i> Modeling of technology of steam-dry reforming of methane OVER Co-containing multicomponent catalyst	58
<i>Kazankapova M.K., Nauryzbayev M.K., Ermagambet B.T., Efremov S.A., Braida W.</i> Research of bioreemedation of oil-contaminated soils using microorganisms immobilized on schungite sorbents.....	65
<i>Sassykova L.R., Zhakirova N.K., Zhumakanova A.S.</i> Preparation of qualified personnel of chemists in Kazakhstan: history and prospects	73
<i>Mamyrbekova A., Mamitova A.D., Shirinbekova B.Zh., Mamyrbekova A.</i> Production of finely divided copper powder from water-containing dimethylsulphoxide electrolytes	79
<i>Mofa N.N., Kaliyeva A.M., Sadykov B.S., Oserov T.B., Shabanova T.A., Mansurov Z.A.</i> Composite materials with silver nanoparticles.....	87
<i>Zhakirova N.K., Sassykova L.R., Kadirbekov K.A., Zhumakanova A.S.</i> Synthesis and research of catalysts of cracking on the basis of heteropolyacids	95
<i>Rakhadilov B.K., Skakov M.K., Sagdoldina Zh.B.</i> Structural transformation in steel 20g1 after electrolyte-plasma surface Hardening	103
<i>Kasenov B.K., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I., Turtubaeva M.O., Kuanyshbekov E.E., Issabaeva M.A.</i> Thermodynamic and electrophysical properties of new zincato-manganites NdM ^{II} 2ZnMnO ₆ (M ^{II} -Sr, Ba).....	110
<i>Tuktin B.T., Zhandarov E.K., Zulpuhar A.M., Kubasheva A.Zh., Tenizbayeva A.S., Yaskevich V.I.</i> Investigation of hydrotreating of gasoline and diesel oil fractions over modified alumo-cobalt-molybdenic catalysts KGO-9 and KGO-16....	119
<i>Tuktin B.T., Shapovalova L.B., Kubasheva A.Zh., Egizbaeva R.I.</i> Processing of associated petroleum gas on modified zeolitecontaining KPM-catalysts.....	127

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации
в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.chemistry-technology.kz/index.php/ru/>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

Редакторы: *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 03.10.2017.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
8,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19