

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 3(631) '2022

Head Editor

**B. P. Tumanyan** – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

**I. A. Arutyunov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**S. N. Volgin** – Dr. Eng. Sci., prof.

**I. B. Grudnikov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**I. P. Karlin** – Dr. Chem. Sci., prof.

**V. L. Lashkhi** – Dr. Eng. Sci., prof.

**A. Luksa** – Dr. Eng. Sci., prof. (Poland)

**A. M. Mazgarov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**K. B. Rudyak** – Dr. Eng. Sci., prof.

**E. P. Seregin** – Dr. Eng. Sci., prof.

Publisher— ICST «TUMA Group» LLC

Редактор

**В. С. Дмитриева**

Ответственный секретарь

**О. В. Любименко**

Графика и верстка

**В. В. Земсков**

Подготовка материалов

**С. О. Бороздин,**

**А. Д. Остудин,**

**В. Ю. Попова**

Адрес редакции:

119991, ГСП-1, Москва, В-296,

Ленинский просп., 65. РГУ нефти и газа

им. И. М. Губкина, редакция «ХТТМ»

Телефон/факс: (499) 507-80-45

e-mail: [httm@list.ru](mailto:httm@list.ru)

Материалы авторов не возвращаются.

Редакция не несет ответственности

за достоверность информации

в материалах, в том числе

рекламных, предоставленных

авторами для публикации.

Формат 60 × 84 1/8.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в ООО ИПФ «СТРИНГ»

424006, Республика Марий Эл,

г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

## Contents

<i>I. A. Mustafin, R. N. Galiakhmetov, A. K. Kurochkin, A. F. Akhmetov, A. R. Khanov.</i> Thermdestructive Distillation of Gas Oil And Fuel Oil in The Presence of Ultrafine, Metal-Containing Catalytic Systems in Pilot-Industrial Conditions	5
<i>M. M. Dolomatova, A. I. Bystrov, R. I. Khairudinov, R. S. Manapov, N. A. Zhuravleva, R. Z. Bakhtizin, I. G. Kuzmin.</i> The Possibility of Estimating the Characteristics for the Fractional Composition of Heavy Oils by Optical Absorption Spectra	10
<i>R. R. Yapaev, I. R. Faskhutdinov, L. A. Nasyrova, R. R. Faskhutdinov, R. Sh. Iapaev, O.Y u. Belousova</i> Biofuel Production Is a Promising Direction for Reducing the Carbon Footprint during the Transition to "Green" Energy	14
<i>I. R. Rakhmatullin, D. M. Sidenev, A. F. Akhmetov, A. R. Gaysina.</i> Development of a Method for Forecasting the Quality of Petroleum Coke	18
<i>D. M. Sidenev, S. A. Savelyev, A. R. Valieva, A. R. Gaysina, R. G. Khasanov.</i> Improving the Efficiency of the Heat Exchange Network of the Delayed Coking Plant	22
<i>M. R. Yusupov, K. E. Umurakova, A. V. Gantsev, A. F. Ahmetov.</i> Use of Side Gasoline Fractions Produced in the Combination of Fuel and Petrochemical Production	27
<i>A. K. Knyazeva, M. N. Rakhimov, N. G. Evdokimova, R. F. Akhmetov.</i> Selection of the Absorbent and Technological Parameters of the Natural Gas Purification Process with Equal Ratio of Acid Components	31
<i>F. M. Sultanov, A. I. Yamalov.</i> Optimization of Operation of Heat Exchange Equipment at the Unit of Super Critical Regeneration of Solvent of the Unit of Deasphaltization of Hudrons	35
<i>B. S. Zhirnov, M. R. Fatkullin, N. N. Luneva.</i> Mathematical Simulation of the Reactor of the Process of Thermolysis of Heavy Oil Residues	40
<i>A. D. Badikova, M. A. Tsadkin, S. R. Sakhibgareev, E. F. Gumerova, A. V. Rullo.</i> Catalytic Cracking of Fuel Oil on a Zeolite-Containing Ferrate Catalyst	43
<i>O. S. Travkina, B. I. Kutepov.</i> Crystallization of Zeolite X Used in Adsorbents for Drying and Purification from H <sub>2</sub> S From Natural and Associated Gas from Kaolins of Various Deposits	48
<i>T. I. Mannanov, S. K. Churakova.</i> Research of Packed Demisters By CFD-Analysis	53
<b>INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF OIL AND GAS</b>	
<i>I. A. Pronchenkov, S. A. Antonov, A. I. Matveeva, R. V. Bartko, P. A. Nikulshin, A. Yu. Kilyakova, B. P. Tonkonogov, O. B. Dogadin.</i> Deoiling of Slack Waxes by Static Crystallization	57
<i>V. G. Kutcherov, A. I. Chernoutsan.</i> Glass Transition in Oil Fractions	62
<i>B. M. Anikushin, V. V. Ignatev, A. A. Kraynov, D. S. Kopitsyn, V. A. Vinokurov.</i> Synthesis of Polyhydroxyethylacrylate Hydrogels in Nanocellulose Matrix	65
<i>T. V. Salnikova, B. P. Tumanyan, G. V. Vlasova, N. A. Pivovarova, O. N. Kozyrev, V. M. Kolosov.</i> Some Features of Formation Deposits in Oil and Gas Processing Equipment	70
<i>A. Iusovskii, R. Boldushevskii, A. Mozhaev, O. Shmelkova, A. Guseva, E. Chernyshova, V. Kapustin, I. Pronchenkov, P. Nikulshin.</i> New NiMo/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Catalysts for Hydrodearomatization of Secondary Middle Distillates	78
<i>Bo Zhao, Jianbin Yu, Tengfei Sun, Liqin Ding.</i> Drilling Safety Assessed by Anisotropic Strength Criterion of Rocks in Deep Fractured Formation: Trajectory Optimization of Inclined Wells	85
<i>Zhangzhen Deng, Liangyi Yang, Yini Yang, Zhanrui Wang, Pengcheng Zhang.</i> Application of Electrochemical Model of a Lithium-Ion Battery	92
<i>Baocheng Wu, Shanzhi Shi, Tao Zhang, Jia Wang, Mingxing Wang, Jian Wang, Jiutao Wang, Zhenyu Wang.</i> Study on Field Test and Plugging Simulation of the Knot Temporary Plugging Agent	100
<i>Jiangwen Xu, Jia Wang, Mingxing Wang, Guangjun Hu, Peiyao Zhou, Hongsheng Miao, Kaifeng Kang, Hu Feng.</i> Performance Research and Field Application of the Knot Temporary Plugging Agent	109
<i>Zhi Yang, Jian Yang, Qiang Wang, Fengjing Sun.</i> Research and Application of Plunger Airlift Draining Gas Recovery Intelligent Control Technology in Shale Gas Horizontal Wells	115
<i>Juan Zhao, Yinan Liu, Jian Zhang, Yiqiang Li, Xinyang Sun.</i> Quantitative Study on Matching Relationship between a Prefomed Particle Gel Particle and a Pore Throat	120

*И. А. Мустафин<sup>1</sup>, Р. Н. Галиахметов<sup>2</sup>, А. К. Курочкин<sup>3</sup>, А. Ф. Ахметов<sup>1</sup>, А. Р. Ханов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,

<sup>2</sup>Башкирский государственный университет,

<sup>3</sup>ГУП «ИПТЭР», г. Уфа

iamustafin@gmail.com

**Термодеструктивная перегонка газойля и мазута в присутствии ультрадисперсных, металлсодержащих каталитических систем в опытно-промышленных условиях**

*В работе исследован процесс термодеструктивной разгонки вакуумного газойля с получением ультрадисперсной каталитической системы, содержащей никель. Приведены результаты последующей переработки мазута с применением этой каталитической системы на опытной установке. Установлено, что в присутствии 2-этилгексаноата никеля термодеструктивная разгонка вакуумного газойля до 405°C позволяет выделить 61,2% масс дистиллятных фракций. При использовании в процессе переработки мазута термическим воздействием 10% масс кубового остатка, образующейся при разгонке вакуумного газойля, было получено 64,6% масс дистиллята.*

**Ключевые слова:** вакуумный газойль, мазут, нанокатализаторы, термическая деструкция, ультрадисперсные каталитические системы, 2-этилгексаноат никеля.

*I. A. Mustafin<sup>1</sup>, R. N. Galiakhmetov<sup>2</sup>, A. K. Kurochkin<sup>3</sup>, A. F. Akhmetov<sup>1</sup>, A. R. Khanov<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University,

<sup>2</sup>Bashkir State University,

<sup>3</sup>State Unitary Enterprise IPTER RB, Ufa

**Thermdestructive Distillation of Gas Oil and Fuel Oil in The Presence of Ultrafine, Metal-Containing Catalytic Systems in Pilot-Industrial Conditions**

*The results of studies of the process of thermdestructive distillation of vacuum gas oil with the production of an ultrafine catalytic system containing nickel are presented. The results of the subsequent processing of fuel oil using this catalytic system at a pilot plant are also presented. It has been established that in the presence of nickel 2-ethylhexanoate, the thermdestructive distillation of vacuum gas oil to 405°C allows the separation of 61.2% of the mass of distillate fractions. When using in the process of processing fuel oil by thermal action of 10% of the mass of the VAT residue formed during the distillation of vacuum gas oil, 64.6% of the mass of the distillate was obtained.*

**Key words:** vacuum gas oil, fuel oil, nanocatalysts, thermal degradation, ultrafine catalytic systems, nickel 2-ethylhexanoate.

*М. М. Доломатова<sup>1,2</sup>, А. И. Быстров<sup>2</sup>, Р. И. Хайрудинов<sup>2</sup>, Р. С. Манапов<sup>1</sup>,*

*Н. А. Журавлева<sup>4</sup>, Р. З. Бахтизин<sup>3</sup>, И. Г. Кузьмин<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,

<sup>2</sup>АО «Институт нефтехимпереработки», г. Уфа,

<sup>3</sup>Физико-технический институт, Башкирский государственный университет,

<sup>4</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет

milana.1992@mail.ru

## **О возможности оценки характеристик фракционного состава тяжелых нефтей по спектрам оптического поглощения**

*Показана возможность оценки фракционного состава по параметрам оптических спектров поглощения для тяжелых нефтей и газойлей каталитического крекинга. Обработкой экспериментальных данных по кривым истинных температур кипения (ИТК) с использованием метода оптимизации Ньютона — Рафсона получены характеристики нормального распределения состава по температурам кипения. Установлены зависимости, связывающие средние температуры кипения и дисперсии закона нормального распределения состава.*

*Полученные зависимости могут быть использованы для первичных оценок фракционного состава сырья и эффективности работы фракционирующих колонн НПЗ.*

**Ключевые слова:** фракционный состав, температура кипения, характеристики нормального распределения состава, углеводородные фракции, оптические параметры спектра.

*M. M. Dolomatova<sup>1,2</sup>, A. I. Bystrov<sup>2</sup>, R. I. Khairudinov<sup>2</sup>, R. S. Manapov<sup>1</sup>, N. A. Zhuravleva<sup>4</sup>,  
R. Z. Bakhtizin<sup>3</sup>, I. G. Kuzmin<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University,

<sup>2</sup>Bashkir Scientific Research Institute of Petroleum Refining,

<sup>3</sup>Institute of Physics and Technology of Bashkir State University,

<sup>4</sup>Ufa State Aviation Technical University

## **The Possibility of Estimating the Characteristics for the Fractional Composition of Heavy Oils by Optical Absorption Spectra**

*The possibility of estimating the fractional composition by the parameters of optical absorption spectra is shown for heavy oils and gas oils of catalytic cracking. The characteristics of the normal distribution of the composition by boiling points were obtained by processing experimental data on the ITK curves using the Newton – Raphson optimization method. The dependences linking the average boiling point  $\mu$  and the dispersion of the normal distribution law for the composition are established. The obtained dependences can be used for primary estimates of the fractional composition for raw materials and the efficiency of the fractionating columns on the refinery.*

**Key words:** *fractional composition, boiling point, the normal distribution characteristics of the composition, hydrocarbon fractions, optical parameters of the spectrum.*

*P. P. Янаев, И. Р. Фасхутдинов, Л. А. Насырова, Р. Р. Фасхутдинов, Р. Ш. Янаев, О. Ю. Белоусова*

Уфимский государственный нефтяной технический университет

seriyjah@gmail.com

## **Производство биотоплива — перспективное направление сокращения углеродного следа при переходе к «зеленой» энергетике**

*В статье описаны меры государственного регулирования стран Европейского союза по формированию стимулов для снижения углеродного следа. Изложены сведения об альтернативных видах энергии и топлив, дан анализ эффективности альтернативной энергетики и проблем, которые возникают в процессе*

перехода на «зеленую» энергетику. Описана энергоэффективная технология производств биометана из органосодержащих отходов.

**Ключевые слова:** альтернативная энергетика, парниковые газы, биотопливо, углеродный след, производство водорода, твердые коммунальные отходы, технологии замкнутого цикла.

**R. R. Yapaev, I. R. Faskhutdinov, L. A. Nasyrova, R. R. Faskhutdinov, R. Sh. Iapaev, O. Y u. Belousova**

Ufa State Petroleum Technological University

### **Biofuel Production Is a Promising Direction for Reducing the Carbon Footprint during the Transition to "Green" Energy**

*The article presents the measures of state regulation of the European Union countries on to create incentives to reduce the carbon footprint. Information about alternative types of energy and fuels is presented, an analysis of the effectiveness of alternative energy and problems that arise in the process of transition to "green" energy is given. An energy-efficient technology for the production of biomethane from organic waste is described.*

**Key words:** *alternative energy, greenhouse gases, biofuels, carbon footprint, hydrogen production, solid municipal waste, closed-cycle technologies.*

**И. Р. Рахматуллин, Д. М. Сиденев, А. Ф. Ахметов, А. Р. Гайсина**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

rir\_tng@mail.ru

### **Разработка метода прогноза качества нефтяного кокса**

*Внедрение в химическую промышленность алгоритмов, обеспечивающих выработку продукции нужного качества практически без участия обслуживающего персонала, является неотъемлемой частью современного нефтеперерабатывающего завода. Они хорошо зарекомендовали себя на технологических установках с непрерывным движением потоков. Однако особенности работы установок замедленного коксования создают определенные проблемы по созданию рабочих адекватных моделей. В работе предпринята попытка разработать метод прогноза качества нефтяного кокса на основе статистических данных работы установки. В качестве базы научных исследований была выбрана промышленная установка замедленного коксования. В качестве массива данных разрабатываемой модели отобраны технологические показатели установки и качественные показатели сырья.*

**Ключевые слова:** коксовая камера, установка замедленного коксования, прогноз качества продукции, математическое моделирование.

**I. R. Rakhmatullin, D. M. Sidenev, A. F. Akhmetov, A. R. Gaysina.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **Development of a Method for Forecasting the Quality of Petroleum Coke**

*The introduction of algorithms into the chemical industry that ensure the production of products of the desired quality practically without the participation of maintenance personnel is an integral part of a modern oil refinery. They have proven themselves well in technological installations with continuous flow movement. But the peculiarities of the operation of delayed coking plants create certain problems in creating adequate working models. This article attempts*

*to develop a method for predicting the quality of petroleum coke based on the statistical data of the installation. An industrial delayed coking plant was chosen as the base of scientific research. Technological parameters of the installation and quality indicators of raw materials were selected as an array of data of the developed model.*

**Key words:** *coke chamber, delayed coking unit, product quality forecast, mathematical modeling.*

**Д. М. Сиденев, С. А. Савельев, А. Р. Валиева, А. Р. Гайсина, Р. Г. Хасанов**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

dmitrysidenev@gmail.com

### **Повышение эффективности теплообменной сети установки замедленного коксования**

*Тепловая интеграция технологических процессов нефтепереработки является наиболее эффективным инструментом при проектировании и реконструкции существующих промышленных объектов.*

*Особенно важно рациональное использование тепла внутренних потоков для энергоемких процессов переработки тяжелых нефтяных остатков, таких, как замедленное коксование. В данной работе построена модель существующей теплообменной сети процесса получения кокса, для которой был проведен пинч-анализ и определен потенциал энергосбережения. В ходе анализа также были выявлены нарушения основных пинч-правил, допущенные при проектировании существующей схемы, и предложен вариант повышения ее энергоэффективности, основанный на переобвязке действующего оборудования без вовлечения дополнительной поверхности теплообмена.*

**Ключевые слова:** замедленное коксование, теплообмен, пинч-анализ, сеточная диаграмма, теплоемкость.

**D. M. Sidenev, S. A. Savelyev, A. R. Valieva, A. R. Gaysina, R. G. Khasanov.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **Improving the Efficiency of the Heat Exchange Network of the Delayed Coking Plant**

*Thermal integration of technological processes of oil refining is the most effective tool in the design and reconstruction of existing industrial facilities. The rational use of the heat of internal flows is especially important for energy-intensive processes of processing heavy oil residues, such as delayed coking. In this article, a model of the existing heat exchange network of the coke production process was constructed, for which a pinch analysis was carried out and the energy saving potential was determined. The analysis also revealed violations of the basic pinch rules made during the design of the existing circuit and proposed an option to increase its energy efficiency based on the re-linking of existing equipment without involving an additional heat exchange surface.*

**Key words:** *delayed coking, heat exchange, pinch analysis, grid diagram, heat capacity.*

**М. Р. Юсупов, К. Е. Умуракова, А. В. Ганцев, А. Ф. Ахметов**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

marsel.yusupov.2014@mail.ru

### **Использование побочных бензиновых фракций, вырабатываемых при совмещении топливного и нефтехимического производств**

*В статье рассмотрены варианты переработки рафината, вырабатываемого на установке экстракции бензолсодержащих фракций, продуктов каталитического риформинга. В промышленности распространен метод ароматизации бензинов путем каталитического риформинга. В случае целевого направления использования полученных ароматических углеводородов как нефтехимического сырья, для выделения бензола бензолсодержащая часть реформата проходит технологическую стадию экстракции, в ходе которой образуется побочный продукт, рафинат каталитического риформинга. В работе представлены результаты моделирования и расчетов совмещенной работы каталитического риформинга с непрерывной регенерацией катализатора и установки изомеризации, а также предложена оптимальная схема переработки рафината, позволяющая увеличить выход товарных продуктов.*

**Ключевые слова:** рафинат, гидрогенизат, энергоэффективность, производство ароматических углеводородов, изомеризация, каталитический риформинг.

**M. R. Yusupov, K. E. Umurakova, A. V. Gantsev, A. F. Ahmetov.**

Ufa State Petroleum Technological University

### **Use of Side Gasoline Fractions Produced in the Combination of Fuel and Petrochemical Production**

*The article considers options for processing raffinate produced at the reformate extraction unit of the complex for the production of aromatic hydrocarbons. In industry, the method of aromatization of gasolines by catalytic reforming is widespread. In the case of the targeted use of the obtained aromatic hydrocarbons as a petrochemical feedstock, to isolate arenes, the reformate passes the technological extraction stage, during which a by-product, the catalytic reforming raffinate, is formed. The article presents the results of modeling section unit of production of aromatic hydrocarbons and the stabilization unit of the isomerization unit, as well as the optimal raffinate processing scheme, which allows increasing the yield of commercial isomerizate, respectively.*

**Key words:** raffinate, hydrogenate, energy efficiency, production of aromatic hydrocarbons, rectification process, catalytic reforming unit.

**A. K. Князева, M. H. Рахимов, Н. Г. Евдокимова, Р. Ф. Ахметов**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

obidova\_amina@mail.ru

### **Подбор абсорбента и технологических параметров процесса очистки природного газа с равным соотношением кислых компонентов**

*Природный газ большинства месторождений содержит в своем составе нежелательные кислые примеси (сероводород и углекислый газ). Удаление данных примесей традиционно осуществляется посредством абсорбционной очистки с применением различных поглотителей, чаще всего алканоламинов. Основным фактором, влияющим на выбор абсорбента, является компонентный состав природного газа (содержание кислых компонентов и их соотношение). В работе представлены результаты моделирования блока очистки природного газа с целью подбора абсорбента и оптимальных технологических параметров процесса.*

*Исследован процесс очистки природного газа с равным соотношением кислых компонентов различными абсорбентами (моноэтаноламин, диэтаноламин, метилдиэтаноламин и диэтаноламин +*

метилдиэтанолламин). На основании полученных результатов представлены технологические параметры процесса с применением эффективного абсорбента. Исследовано влияние основных технологических параметров на потребление энергоресурсов в процессе регенерации подобранного абсорбента.

**Ключевые слова:** природный газ, абсорбция, аминовая очистка, десорбция, кислые компоненты, сероводород,

диоксид углерода, моноэтаноламин, диэтаноламин, метилдиэтанолламин, комбинированный абсорбент.

*A. K. Knyazeva, M. N. Rakhimov, N. G. Evdokimova, R. F. Akhmetov.*

Ufa State Petroleum Technological University

### **Selection of the Absorbent and Technological Parameters of the Natural Gas Purification Process with Equal Ratio of Acid Components**

*Natural gas from most fields contains undesirable acid impurities (hydrogen sulfide and carbon dioxide). The removal of these impurities is traditionally carried out by absorption purification using various absorbents, most often alkanolamines. The main factor influencing the choice of absorbent is the component composition of natural gas (the content of acidic components and their ratio). The paper presents the results of modeling a natural gas purification unit in order to select an absorbent and optimal technological parameters of the process. Studies of the purification process of natural gas with an equal ratio of acidic components with monoethanolamine, diethanolamine, methyldiethanolamine and diethanolamine + methyldiethanolamine absorbents were carried out. Based on the results obtained, the technological parameters of the process using an effective absorbent are presented. The results of the analysis of the influence of the main technological parameters on the consumption of energy resources in the process of regeneration of the selected absorbent are also given.*

**Key words:** natural gas, absorption, amine purification, desorption, acid components, hydrogen sulfide, carbon dioxide, monoethanolamine, diethanolamine, methyldiethanolamine, combined absorbent.

**Ф. М. Султанов, А. И. Ямалов**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

yamalov.artur96@mail.ru

### **Оптимизация работы теплообменного оборудования на узле сверхкритической регенерации растворителя установки деасфальтизации гудронов**

*В статье приведено описание и практическое применение одного из способов оптимизации энергопотребления на промышленных установках — пинч-анализа. Данный метод позволяет эффективно распределять и использовать энергетические потоки на технологических установках. Рассмотрен пинч-анализ рекуперативных теплообменников на установке деасфальтизации гудронов. Сольвентная деасфальтизация является одним из самых энергозатратных процессов нефтепереработки и, в основном, энергоемкость процесса определяет конечную себестоимость деасфальтизата, который является либо сырьем установок каталитического крекинга и гидрокрекинга, либо компонентом масляного производства. Поэтому одним из источников повышения энергоэффективности данных установок является оптимизация работы теплообменного оборудования при помощи пинч-анализа.*

**Ключевые слова:** пинч-анализ, деасфальтизация, энергоэффективность, теплообменник, капитальные затраты.

*F. M. Sultanov, A. I. Yamalov.*

Ufa State Petroleum Technological University

### **Optimization of Operation of Heat Exchange Equipment at the Unit of Super Critical Regeneration of Solvent of the Unit of Deasphaltization of Hudrons**

*This article provides a description and practical application of one of the ways to optimize energy consumption in industrial plants – pinch analysis. This method makes it possible to efficiently distribute and use energy flows in technological installations. In particular, the article discusses a pinch analysis of recuperative heat exchangers at a tar deasphalting unit. Solvent deasphalting is one of the most energy-consuming oil refining processes and mainly the energy intensity of the process determines the final cost of deasphalting, which is either a feedstock for catalytic cracking and hydrocracking units, or a component of oil production. Therefore, one of the sources for increasing the energy efficiency of these installations is the optimization of the operation of heat exchange equipment using pinch analysis.*

**Key words:** pinch analysis, deasphalting, energy efficiency, temperature, heat exchanger, capital costs.

*Б. С. Жирнов, М. Р. Фаткуллин, Н. Н. Лунева*

Институт нефтепереработки и нефтехимии

Уфимского государственного нефтяного технического университета, г. Салават

jbc2@mail.ru

### **Математическое моделирование реактора процесса термолитиза тяжелых нефтяных остатков**

*На основании проведенных лабораторных исследований и математической обработки экспериментальных данных в работе представлено математическое описание промышленного реактора процесса термолитиза тяжелых нефтяных остатков. На примере процесса термолитиза гудрона конкретной нефти показан выбор оптимального варианта аппаратного оформления процесса термолитиза тяжелых нефтяных остатков при проектировании. Математическая модель можно использовать при ведении процесса на промышленном реакторе для получения заданного качества нефтяной спекающей добавки. Экономический расчет показал возможность увеличения маржинальной прибыли предприятия.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, термолитиз, нефтяная спекающая добавка, автокаталитическая реакция, коксогенные вещества, реактор идеального смешения, реактор идеального вытеснения, реактор периодического действия.

*B. S. Zhirnov, M. R. Fatkullin, N. N. Luneva.*

Ufa State Petroleum Technological University (Branch in Salavat)

### **Mathematical Simulation of the Reactor of the Process of Thermolysis of Heavy Oil Residues**



*Based on mathematical processing of experimental data, this paper provides a mathematical description of the industrial reactor of the process of thermalize of heavy oil residues. This paper provides a mathematical description (model) of the industrial reactor of the process of thermalize of heavy oil residues. The proposed mathematical description allows you to calculate different types of reactors. The example of the thrombolysis process of a particular oil buzzer shows the choice of the optimal version of the hardware design of the process of thrombolysis of heavy oil residues during the design. The mathematical model can be used in the process at an industrial reactor to obtain a specified quality of oil-baking additives. The economic calculation showed the possibility of increasing the company's margin profit.*

**Key words:** *mathematical modeling, thermalizes, oil-baking additive, autocatalytic reaction, coking substances, ideal mixing reactor, ideal displacement reactor, periodic reactor.*

*A. D. Бадикова<sup>1</sup>, М. А. Цадкин<sup>2</sup>, С. Р. Сахибгареев<sup>1</sup>, Э. Ф. Гумерова<sup>2</sup>, А. В. Рулло<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технической университет,

<sup>2</sup>Башкирский государственный университет

badikova\_albina@mail.ru

### **Каталитический крекинг мазута на цеолитсодержащем ферратном катализаторе**

*Разработан катализатор на основе цеолита, модифицированный активной каталитической добавкой хлорферрата, являющейся слабокислым регулятором активности процесса. Катализатор проявляет высокую активность в процессе каталитического крекинга прямогонного мазута с образованием легких газообразных углеводородов и широкого спектра жидких изомерных и ароматических углеводородов. Осуществление процесса сопровождается низким коксообразованием. Применение изученного катализатора в относительно мягких температурных условиях позволяет повысить процент извлечения светлых нефтепродуктов.*

**Ключевые слова:** *каталитический крекинг, цеолиты, мазут, тяжелые нефтяные продукты, светлые фракции, комплексы на основе хлоридов металлов, хлорферратный комплекс, коксообразование.*

*A. D. Badikova<sup>1</sup>, M. A. Tsadkin<sup>2</sup>, S. R. Sakhibgareev, E. F. Gumerova, A. V. Rullo.*

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University,

<sup>2</sup>Bashkir State University

### **Catalytic Cracking of Fuel Oil on a Zeolite-Containing Ferrate Catalyst**

*A zeolite-based catalyst modified with an active catalytic additive of chloroferrate, which is a weakly acidic regulator of the process activity, has been developed. The catalyst exhibits high activity in the process of catalytic cracking of fuel oil with the formation of light gaseous hydrocarbons and a wide range of liquid isomeric and aromatic hydrocarbons. The implementation of the process is accompanied by low coke formation. The use of the studied catalyst under relatively mild temperature conditions certainly allows us to speak about the possibilities for increasing the percentage of light oil products extraction.*

**Key words:** *catalytic cracking, zeolites, fuel oil, heavy oil products, light fractions, complexes based on metal chlorides, chloroferrate complex, coke formation.*

**О. С. Травкина<sup>1,2</sup>, Б. И. Кутепов<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН,

<sup>2</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,

simchanka@mail.ru

**Кристаллизация используемого в адсорбентах для осушки и очистки от сероводорода природного и попутного газа цеолита X из каолинов различных месторождений**

*Проведено детальное исследование характеристик выпускаемых в настоящее время в России в промышленных масштабах каолинов. Изучена возможность кристаллизации из них цеолита X, используемого в адсорбентах для осушки и очистки от сероводорода природного и попутного газа. Установлено, что только из каолинов марок П-2 и КЖВ возможна кристаллизация цеолита X высокой степени кристалличности и фазовой чистоты. Предложена методика, позволяющая определить реакционную способность каолина и возможность синтеза из него цеолита X, основанная на частичном растворении метакаолина в щелочном растворе.*

**Ключевые слова:** адсорбция, цеолит X, каолин, метакаолин, кристаллизация.

**O. S. Travkina<sup>1,2</sup>, B. I. Kutepov<sup>1,2</sup>.**

<sup>1</sup>Institute of Petrochemistry and Catalysis UFIC RAS,

<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technological University

**Crystallization of Zeolite X Used in Adsorbents for Drying and Purification from H<sub>2</sub>S from Natural and Associated Gas from Kaolins of Various Deposits**

*A detailed study of the characteristics of kaolins currently produced in Russia on an industrial scale has been carried out. The possibility of crystallization of zeolite X from them, which is used in adsorbents for drying and purification of natural and associated gas from H<sub>2</sub>S, was studied. It has been established that only from kaolins of grades P-2 and KZhV crystallization of zeolite X with a high degree of crystallinity and phase purity is possible. A method has been proposed to determine the reactivity of kaolin and the possibility of synthesizing zeolite X from it, based on the partial dissolution of metakaolin in an alkaline solution.*

**Key words:** adsorption, zeolite X, kaolin, metakaolin, crystallization.

**Т. И. Маннанов, С. К. Чуракова**

Уфимский государственный нефтяной технический университет

t.i.mannanov@yandex.ru

**Исследование насадочных каплеотбойных устройств методом CFD-анализа**

*В статье представлены результаты CFD-анализа насадочного каплеотбойника. Получен диапазон работы противоточных (горизонтальных) и перекрестноточных (вертикальных) одноступенчатых насадочных каплеотбойников. Показано, что диапазон работы перекрестноточного одноступенчатого каплеотбойника в два раза больше, чем противоточного каплеотбойника, что может объясняться явлениями вторичного каплеуноса. Определены расчетные гидравлические сопротивления насадочных каплеотбойников.*

**Ключевые слова:** каплеотбойник, каплеунос, насадочный каплеотбойник, сепаратор, устройство ввода сырья, CFD-анализ.

*T. I. Mannanov, S. K. Churakova.*

Ufa State Petroleum Technological University

### **Research of Packed Demisters by CFD-Analysis**

*The article presents the results of the CFD-analysis of the packed demister. The range of operation of counter-current (horizontal) and cross-current (vertical) single-stage packed demisters is obtained. It is shown that the range of operation of a cross-flow single-stage packed demister is 1.91 times greater than that of a horizontal packed demister, which can be explained by the phenomena of secondary drop entrainment. In addition, calculated hydraulic resistances of the packed demisters are determined.*

**Key words:** CFD-analysis, demister, drop entrainment, packed demister, raw material input device, separator.

*И. А. Пронченков<sup>1,2</sup>, С. А. Антонов<sup>1,2</sup>, А. И. Матвеева<sup>1,2</sup>, Р. В. Бартко<sup>1</sup>, П. А. Никульшин<sup>1,2</sup>,  
А. Ю. Киякова<sup>2</sup>, Б. П. Тонконогов<sup>2</sup>, О. Б. Догадин<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти»,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

<sup>3</sup>ПАО «НК «Роснефть»

pronchenkovia@vniinp.ru

### **Обезмасливание гачей методом статической кристаллизации**

*В статье показана возможность производства полуочищенных и глубокообезмасленных марок парафинов из гачей с использованием процесса обезмасливания методом статической кристаллизации.*

*Определены оптимальные параметры одностадийного процесса обезмасливания для получения полуочищенных марок парафинов с содержанием масла менее 3% мас. Показан потенциал двухстадийного процесса обезмасливания для производства глубокообезмасленных парафинов с содержанием масла менее 1% мас. Расчетами подтверждена экономическая эффективность внедрения технологии обезмасливания гачей методом статической кристаллизации.*

**Ключевые слова:** нефтяные твердые парафины, обезмасливание гачей термическими методами, статическая кристаллизация.

*I.A. Pronchenkov<sup>1,2</sup>, S.A. Antonov<sup>1,2</sup>, A.I. Matveeva<sup>1,2</sup>, R.V. Bartko<sup>1</sup>, P.A. Nikulshin<sup>1,2</sup>,  
A.Yu. Kilyakova<sup>2</sup>, B.P. Tonkonogov<sup>2</sup>, O.B. Dogadin<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Oil Refining

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

### **Deoiling of Slack Waxes by Static Crystallization**

*The article shows the possibility of producing semi-refined and deeply oil-free paraffin grades from slack waxes produced at native refineries using de-oiling process by static crystallization. The optimal parameters of a one-stage deoiling process for obtaining semi-refined paraffins with oil content less than 3 wt % were determined. The potential of a two-stage de-oiling process for the production of paraffins with an oil content of less than 1 wt % is shown.*

*Calculations confirmed the economic efficiency of the introduction technology of deoiling slack waxes by static crystallization.*

**Key words:** *paraffin waxes, deoiling of slack waxes by thermal methods, static crystallization.*

***V. G. Kuchеров<sup>1,2</sup>, A. I. Черноуцан<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

<sup>2</sup>Department of Energy Technology, KTH Royal Institute of Technology, Sweden

Vladimir.kuchеров@energy.kth.se

### **Стеклование нефтяных фракций**

*Методом дифференциальной сканирующей калориметрии исследован переход в стеклообразное состояние широкой тяжелой фракции Кумкольской нефти и ее шести узких тяжелых фракций в интервале температур 150–370 К. Процесс стеклования в исследованных узких фракциях протекает при различных температурах. Были проверены два наиболее распространенных уравнения, связывающих температуру стеклования смеси (широкая тяжелая фракция) и температуры стеклования ее компонентов (узкие тяжелые фракции), линейная аддитивная и обратно-аддитивная зависимости.*

**Ключевые слова:** *тяжелые нефтяные фракции, температура стеклования, удельная теплоемкость, дифференциальная сканирующая калориметрия.*

***V. G. Kuchеров<sup>1,2\*</sup>, A. I. Chernoutsan<sup>2</sup>***

<sup>1\*</sup>Department of Energy Technology, KTH Royal Institute of Technology,

<sup>2</sup>Gubkin University

Vladimir.kuchеров@energy.kth.se

### **Glass Transition in Oil Fractions**

*The transition to the glassy state in wide heavy fraction of Kumkolsk crude oil and its six narrow heavy fractions has been investigated in the temperature range of 150–350 K by differential scanning calorimetry. The glass transition process in the narrow fractions investigated occurs at different temperatures. Two of the most widely used equations connecting the glass transition temperature of a mixture (wide heavy fraction) and the glass transition temperatures of its components (narrow heavy fractions) were tested, the linear additive and the inversely additive relationships.*

**Key words:** *oil heavy fractions, glass transition, specific heat capacity, differential scanning calorimetry.*

***Б. М. Аникушин, В. В. Игнатъев, А. А. Крайнов, Д. С. Копицын, В. А. Винокуров***

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

kopicin.d@inbox.ru

### **Синтез гидрогелей на основе полигидроксиэтилакрилата, армированного наноцеллюлозой**

*В работе осуществлен синтез полигидроксиэтилакрилата путем полимеризации мономера 2-гидроксиэтилакрилата непосредственно на волокнах наноцеллюлозы. Полученный материал изучен*

методами ИК-спектроскопии, термогравиметрии, дифференциальной сканирующей калориметрии, сканирующей электронной микроскопии. Равномерное распределение полимера на фибриллах целлюлозы обуславливает его высокое влагопоглощение при ограниченном набухании, устойчивость к механическим воздействиям, а также возможность многократного циклического использования в режиме влагопоглощения и влаговыделения.

**Ключевые слова:** гидрогель, полигидроксиэтилакрилат, наноцеллюлоза.

*B. M. Anikushin, V. V. Ignatev, A. A. Kraynov, D. S. Kopitsyn, V. A. Vinokurov*

Gubkin University

### **Synthesis of Polyhydroxyethylacrylate Hydrogels in Nanocellulose Matrix**

*In this work, polyhydroxyethyl acrylate was synthesized by polymerization directly on nanocellulose fibers. The resulting material was characterized by IR spectroscopy, thermogravimetry, differential scanning calorimetry, and scanning electron microscopy. The uniform spreading of the polymer on the cellulose fibrils determines its ability to high moisture absorption, resistance to mechanical stress in the wet form, as well as the possibility of cyclic use with water absorption and release.*

**Key words:** hydrogel, polyhydroxyethyl acrylate, nanocellulose.

*T. V. Сальникова<sup>1</sup>, Б. П. Туманян<sup>2</sup>, Г. В. Власова<sup>1</sup>, Н. А. Пивоварова<sup>1</sup>, О. Н. Козырев<sup>1</sup>, В. М. Колосов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Астраханский государственный технический университет,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

<sup>3</sup>Астраханский газоперерабатывающий завод, филиал ООО «Газпром переработка»

t\_salnikowa@mail.ru

### **Некоторые особенности формирования отложений в нефтегазовом технологическом оборудовании**

*В работе рассматриваются физико-химические основы образования отложений в технологическом оборудовании нефтегазоперерабатывающих предприятий. Показана возможность использования магнитных технологий в нефтегазовой отрасли на этапах добычи, транспортировки, хранения и переработки углеводородного сырья, которые заключаются в изменении дисперсности нефтяных систем в комбинации с различными внешними воздействиями. Особое значение уделяется дальнейшему развитию представлений о механизме образования отложений при высоких, умеренных и низких температурах во времени, в частности в процессе магнитной обработки сложных полидисперсных углеводородных систем.*

**Ключевые слова:** нефтяные дисперсные системы, низкотемпературные отложения, высокотемпературные отложения, механизм образования отложений, магнитная обработка углеводородных систем.

*T. V. Salnikova<sup>1</sup>, B. P. Tumanyan<sup>2</sup>, G. V. Vlasova<sup>1</sup>, N. A. Pivovarova<sup>1</sup>, O. N. Kozyrev<sup>1</sup>, V. M. Kolosov<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Astrakhan State Technical University,

<sup>2</sup>Gubkin University,

<sup>3</sup>Astrakhan Gas Processing Plant branch of Gazprom Reprocessing LLC

### **Some Features of Formation Deposits in Oil and Gas Processing Equipment**

*The work is devoted to the physical and chemical foundations of the formation of deposits in the technological equipment of oil and gas processing enterprises. Under consideration is use of magnetic technologies in the oil and gas industry at the stages of production, transportation, storage and processing hydrocarbon raw materials. These technologies consist in changing the dispersion of oil systems in combination with various external influences. Particular attention is paid to the further development of ideas about the mechanism of deposit formation at high, moderate and low temperatures over time. This applies, in particular, in the process of magnetic processing of complex polydisperse hydrocarbon systems.*

**Key words:** *oil dispersed systems, low-temperature deposits, high-temperature deposits, deposit formation mechanism, magnetic treatment of hydrocarbon systems.*

**A. Iusovskii<sup>1,2\*</sup>, R. Boldushevskii<sup>1</sup>, A. Mozhaev<sup>1</sup>, O. Shmelkova<sup>1</sup>, A. Guseva<sup>1</sup>, E. Chernyshova<sup>2</sup>, V. Kapustin<sup>2</sup>, I. Pronchenkov<sup>1,2</sup>, P. Nikulshin<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>All-Russia Research Institute of Oil Refining.

<sup>2</sup> Gubkin University, Moscow.

iusovskiiav@vniinp.ru.

### **New NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts for Hydrodearomatization of Secondary Middle Distillates**

*For secondary middle distillates hydrodearomatization, NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> c catalysts with different surface loading of molybdenum were synthesized and studied. The feed used was a mixture of secondary middle-distillate gasoils, consisting of 85% vol. light catalytic cracking gasoil and 15% vol. delayed coking light gasoil. The catalytic properties of the prepared samples were defined in the temperature range of 340–380°C, at a total pressure of 10 MPa. An increase in the Mo load from 2.0 to 5.7 at/nm leads to a 1.5-fold decrease in the dispersion of the active phase particles, and so the catalytic properties change significantly. The hydrogenation and hydrodesulfurization rates over the synthesized catalysts decrease in the series 6-NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 4-NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 2-NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, symbate to the mass fraction of active metals. At the same time, the catalyst with a Mo loading of 4.4 at/nm demonstrated the maximum specific depth of hydrogenation.*

**Keywords:** *hydrodearomatization, aromatics, hydrogenation, Ni-Mo catalyst, diesel fuel, Mo-ratio.*

**Bo Zhao<sup>1</sup>, Jianbin Yu<sup>2</sup>, Tengfei Sun<sup>3\*</sup>, Liqin Ding<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Sinopec Shengli Petroleum Engineering Co., Ltd Huanghe Drilling Company, Dongying, China;

<sup>2</sup> Sinopec Shengli Petroleum Engineering Co., Ltd, Drilling Technology Research Institute, Dongying, China;

<sup>3</sup> Beijing University of Chemical Technology, Beijing, China.

suntengfei@mail.buct.edu.cn

### **Drilling safety assessed by anisotropic strength criterion of rocks in deep fractured formation: trajectory optimization of inclined wells**

*Anisotropic strata are frequently encountered in deep drilling engineering, especially for the rock with fracture structures. The problem of instability in highly deviated well in this kind of rock stratum is prominent as the strength of fractured rocks is weakened and the directions of fractures, in-situ stress and borehole axis can be complex. A model is built in this paper to assess the safety of drilling considering the influences of well trajectory, in-situ stress*

and fractures. The results show that: the fractures with different dip angles have important influence on the failure area and the collapse pressure. It is quite necessary to select the safe drilling trajectory in fractured formations as this is the economical and convenient approach. For some directional drilling, the determination of safe mud weight should be cautious. The in-situ stress difference, pore pressure and fracture strength parameters have significant effects on well collapse pressure. The above model calculation under specific working conditions can easily evaluate the safety and stability of wells drilling in all directions in fractured formation, so as to provide reference for well trajectory design of highly deviated wells.

**Keywords:** safety drilling, anisotropic strength, fractured formation, trajectory optimization.

**Zhangzhen Deng<sup>1</sup>, Liangyi Yang<sup>1</sup>\*, Yini Yang<sup>1</sup>, Zhanrui Wang<sup>1</sup>, Pengcheng Zhang<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> China Automotive Engineering Research Institute Co., Ltd, Chongqing, China;

<sup>2</sup> Beijing Benz Automotive Co., Ltd, Beijing, China

ylyyz@163.com

### **Application of Electrochemical Model of a Lithium - Ion Battery**

Lithium-ion batteries are considered as a promising energy source due to the high energy density and long cycle life. In this paper, the authors propose a model of a lithium-ion battery capacity fade and the electrochemical reactions in the battery. To improve the properties of the electrolyte and the lithium/electrolyte interface, the additive tris-(2,2,2-trifluoroethyl)-borate (TTFEB) is added into the carbonate-based electrolyte. The authors also study the factors influencing the battery capacity, including the resistance of solid electrolyte interface (SEI), the active material particle radius, the discharging rate, and the ambient temperature. The simulation results show that the lithium-ion battery life is determined by the capacity decay rate, the electrochemical mechanism, and the physicochemical parameters.

**Keywords:** lithium-ion battery, capacity fade, influence factor, electrochemical modelling.

**Baocheng Wu<sup>1</sup>\*, Shanzhi Shi<sup>1</sup>, Tao Zhang<sup>2</sup>, Jia Wang<sup>1</sup>, Mingxing Wang<sup>1</sup>, Jian Wang<sup>1</sup>, Jiutao Wang<sup>2</sup>, Zhenyu Wang<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Engineering Technology Research Institute of PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, China

<sup>2</sup> Intercontinental Strait Energy Technology Co., Ltd., Beijing, China

pengpeng51888@126.com

### **Study on Field Test and Plugging Simulation of the Knot Temporary Plugging Agent**

The existing temporary plugging evaluation methods cannot simulate the pumping process and plugging process. To quantitatively evaluate the plugging effect of the knot temporary plugging agent, based on the high-pressure delivery system of the temporary plugging agent and the plunger pump system, it carried on the ground simulation test. The results showed that the knot temporary plugging agent had an excellent plugging performance. The numerical simulation method calculated the flow field, and the velocity field and pressure field with the different number of perforations and different displacements were analyzed. When the number of perforations was few, the total flow rate, the flow rate through the perforation, and the negative pressure were significant. But the suction force on the temporary plugging agent was too large, which may lead to the failure of the temporary plugging agent. For 12

perforations, when the flow was small, the negative pressure at the perforation was too small to suck the temporary plugging agent into the perforation. For 12 perforations, when the flow was 2 m<sup>3</sup>/min, the maximum speed of the perforation was 47.5 m/s, and negative pressure of 1.25 MPa was formed inside the perforation relative to the wellbore. The negative pressure could effectively suck in the temporary plugging agent. The research results can provide a theoretical basis for the optimization of the fracturing temporary plugging process.

**Keywords:** fracture; temporary plugging agent; knot temporary plugging agent; plugging effect; negative pressure.

**Jiangwen Xu<sup>1</sup>\*, Jia Wang<sup>1</sup>, Mingxing Wang<sup>1</sup>, Guangjun Hu<sup>2</sup>, Peiyao Zhou<sup>1</sup>, Hongsheng Miao<sup>2</sup>, Kaifeng Kang<sup>2</sup>, Hu Feng<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Engineering Technology Research Institute of PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, China;

<sup>2</sup> Intercontinental Strait Energy Technology Co., Ltd., Beijing, China

yurui19861986@126.com

### **Performance Research and Field Application of the Knot Temporary Plugging Agent**

Temporary plugging technology is widely used in the volume fracturing of horizontal wells. However, conventional temporary plugging balls and particles can't effectively plug perforations during fracturing. This research designed a completely degradable, tassel-shaped rope knot temporary plugging agent, and it has an excellent degradation and plugging performance. The knot temporary plugging agent's solubility, crushing rate, temperature and shear resistance were evaluated. The knot temporary plugging agent can completely degrade into CO<sub>2</sub> and water in a clean water environment. According to the physical model of the transparent tube, the knot temporary plugging agent can quickly enter the perforation with the help of the tassel-shaped wings to form an effective plugging. Compared with the conventional temporary plugging ball, the ability to enter the perforation and the plugging performance were superior. The field application of the knot temporary plugging agent in MaHW#5 well showed that the temporary plugging effect was good.

**Keywords:** temporary plugging agent; plugging fracturing; knot temporary plugging agent; degradation performance; plugging performance.

**Zhi Yang<sup>1</sup>\*, Jian Yang<sup>1</sup>, Qiang Wang<sup>2</sup>, Fengjing Sun<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Engineering Technology Research Institute of PetroChina Southwestern Oil & Gasfield Company, Chengdu, China;

<sup>2</sup> PetroChina Southwestern Oil & Gasfield Company, Chengdu, China

yangzhi008@petrochina.com.cn

### **Research and Application of Plunger Airlift Draining Gas Recovery Intelligent Control Technology in Shale Gas Horizontal Wells**

For shale gas wells, plunger lift is challenged by the difficulties like difficult tool tripping in and high operation risks due to the liquid phase slippage in deviated sections, which also affect the plunger lifting efficiency. To address the liquid phase slippage and liquid loading in wellbores, a new plunger limiter and preset working barrel for the plunger are used and proved to have improved the operating depth of the plunger and the efficiency of plunger lift. By optimizing the length and type of the tool string, the plunger limiter can be set at an inclination angle close to 70° and fit better for shale gas wells with less water production, prolonging the effective period of the plunger technology and



*expanding the application range of the plunger technology. A plunger process intelligent management system based on PI real-time database is developed, An intelligent diagnosis and optimization model is established, At present, the system is applied to more than 300 gas wells, reducing the economic cost by 70% and improving the process effect by 15%, which has the value of field popularization and application.*

**Key words:** Shale gas well; horizontal well; plunger lift; constant pressure shut-off limiter; plunger tracking; working barrel of plunger ,Intelligent management system.

**Juan Zhao<sup>1</sup>, Yanan Liu<sup>1</sup>\*, Jian Zhang<sup>2</sup>, Yiqiang Li<sup>3</sup> and Xinyang Sun<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> China united coalbed Methane Corporation Ltd., Beijing, China;

<sup>2</sup> CNOOC Research Institute Co., Ltd., Beijing, China;

<sup>3</sup> Institute of Petroleum Engineering, China University of Petroleum, Beijing China.

zhaojuanupc@163.com.

### **Quantitative Study on Matching Relationship**

#### **between a Preformed Particle Gel Particle and a Pore Throat**

*In the process of oil flooding with the preformed particle gel (PPG) systems, the following problems may occur: in the process of injection, the particles may easily settle and block the end face, resulting in the pressure increase, and the matching relationship between the size of a PPG particle and a pore throat in the formation has not been comprehensively quantified. To have a better description of the matching relationship between the median particle size of the dispersed phase and the pore throat diameter of the formation, we have qualified the relationship through the combination of physical simulation and thin-tube experiments. Moreover, based on the principle of compact packing, we have proposed a calculation method of equivalent pore throat diameter, which is more suitable for a sand-filled pipe model. To improve the performance of the system, a polymer and a surfactant additives have been added into the PPG solution. The result indicates that when the pore throat diameter is 1-5 times higher than the median particle size of the dispersed phase, the dispersed phase can enter the pore throat, the plugging rate is over 50%, and the plugging effect is satisfactory. When the pore throat diameter exceeds the median particle size of the dispersed phase by over 12 times, the plugging rate is less than 30%, and the effective residual resistance coefficient cannot be established. To improve the suspension performance of the PPG particles, the polymer agent is added to the solution. In the presence of polymers, the suspension performance of the PPG particles is greatly enhanced. Under the same injection volume, the PPG + polymer + surfactant system shows the highest oil displacement performance.*

**Keywords:** preformed particle gel (PPG), thin-tube experiments, matching relation, suspension performance.