

УДК 665.64.097.3

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
МИКРОСФЕРИЧЕСКОГО КАТАЛИЗАТОРА КРЕКИНГА
НА ЕГО СТРУКТУРУ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**INFLUENCE OF MICROSPHERIC CATALYST HEAT TREATMENT
ON THE STRUCTURE AND CATALYTIC PROPERTIES**

Амирханов К.Ш., Ворохобко В.В., Абдрахманова К.Н.

**Уфимский государственный нефтяной технический
университет, г. Уфа, Российская Федерация**

K.S. Amirkhanov, V.V. Vorokhobko, K.N. Abdrakhmanova

Ufa State Petroleum Technological University»,

Ufa, Russian Federation

e-mail: akarinan@mail

Аннотация. Катализатор Октифайн 480П, содержащий каталитически активные добавки, используется на уфимских нефтеперерабатывающих заводах для стимуляции получения легких олефинов и повышения октанового числа в процессе каталитического крекинга. В регенераторе процесса каталитического крекинга при гидротермальных условиях (температура около 700 °С и содержание водорода около 8 %) катализатор частично деактивируется. Цеолит подвергается деалюминированию и частичному структурному разрушению, в связи с чем он теряет свою активность, уменьшается площадь внутренней поверхности и происходят изменения в селективности. Для поддержания требуемого уровня активности и селективности в равновесный добавляется свежий катализатор в соответствующем количестве. Чтобы определить степень изменения внутренней структуры катализатора и его каталитических

свойств после воздействия на него термической обработкой, был произведен ряд испытаний.

Для проведения опытов микросферический катализатор крекинга Октифайн 480П, изготовленный на Ишимбайском специализированном химическом заводе катализаторов, был подвержен термической обработке при температурах 700 °С, 760 °С, 800 °С.

Для определения микроактивности катализатора при температуре 480 °С было использовано стандартное сырье ASTM D3907. Свежий катализатор Октифайн 480П был очень активен при крекинге вакуумного газойля, микроактивность была оценена в 90,3 %. Микроактивность термостабилизированных образцов катализатора незначительно понижалась при повышении температуры обработки и была все также несоизмеримо высока по сравнению с микроактивностью равновесного образца катализатора. Так, микроактивности для термообработанных при температурах 700 °С, 760 °С, 800 °С образцов равны 87,5 %, 85,2 %, 84 %, 85% соответственно, а микроактивность равновесного катализатора равна 42,4 %.

Abstract. Oktifine 480P catalyst, containing catalytic additives, is used on refineries in Ufa to boost light olefin production and increase gasoline octanes in the Fluid Catalytic Cracking (FCC) process. Under the hydrothermal conditions present in the FCC regenerator (typically > 700 °C and > 8 % steam), FCC catalysts partly deactivates. Zeolite undergoes to dealumination and partial structural collapse, thereby losing activity, micropore surface area, and has changes in selectivity. Fresh catalyst are added at appropriate respective levels to the FCC unit to keep overall targeted steady state activity and selectivity. To pin down change rate of the structure and catalytic properties of the catalyst after heat treatment a number of studies were done. For research, microspheric catalyst Oktifine 480P, produced on Ishimbay Specialized Chemical Plant of Catalysts, was exposed to thermal treatment under 700 °C, 760 °C, 800 °C temperatures. ASTM D3907 standard feed was used for micro-activity cracking

testing at 480 °C. Fresh catalyst Oktifine 480P was very active at vacuum gasoil cracking, micro-activity was estimated to 90,3 %. The micro-activity of heat treated samples were slowly decreasing by temperature increasing but still very high to compare with micro-activity of equilibrated sample of catalyst. So micro-activities for thermal treated samples under 700 °C, 760 °C, 800 °C were respectively 87,5 %, 85,2 %, 84 %, 85 % and micro-activity of equilibrated sample of catalyst was 42,4 %.

Ключевые слова: каталитический крекинг, термостабилизация катализатора, микроактивность, насыпная плотность, площадь поверхности пор, объем пор

Key words: fluid catalytic cracking, heat treatment of catalyst, micro-activity, bulk density, micropore surface area, micropore volume

Процесс каталитического крекинга является одним из основных процессов, позволяющих вести глубокую переработку нефти, получая компоненты товарных бензинов. Внедрение каталитического крекинга в промышленность произошло в конце 30-х гг. XX в. в связи с созданием эффективного катализатора на основе алюмосиликатов с продолжительным сроком службы [1, 2]. Как известно при процессе каталитического крекинга происходит регенерация катализатора.

В процессе работы установки каталитического крекинга катализатор, находящийся в системе, теряет активность, и избирательность его ухудшается – происходит его старение.

Существуют два вида старения катализатора: нормальное старение с постепенным снижением активности катализатора, но без существенного изменения его избирательности, и ненормальное, сопровождающееся резким ухудшением избирательности катализатора [3, 4]. Нормальное старение не устранимо, оно ускоряется с увеличением жесткости условий

процесса и объясняется, в первую очередь, действием высоких температур порядка 650-750 °С и водяного пара.

Физические и химические свойства катализаторов резко изменяются в реальных рабочих условиях. Такие факторы, как химический состав, температура процесса, продолжительность воздействия, поровая структура, влияют на быстроту и степень изменения структурных и каталитических свойств катализатора [5, 6]. Удельная поверхность катализатора остается неизменной до температуры 500 °С, затем дальнейшее увеличение температуры до 800-900 °С приводит к резкому снижению удельной поверхности катализатора [7, 8].

Спекание катализатора существенно увеличивается при его прокаливании в паровой среде. Из экспериментальных данных известно, что удельная поверхность катализатора, прокаленного на воздухе, практически в 2 раза больше поверхности катализатора, прокаленного при той же температуре в среде водяного пара [9, 10].

В ранее проведенных исследованиях установлено, что удельная поверхность катализатора и удельный объем пор при прокатке уменьшаются практически в прямо пропорциональной зависимости [11, 12].

Зависимость активности катализатора от температуры его обработки имеет экстремальный характер [13, 14]. Так, при повышении температуры прокатки до 700 °С наблюдается повышение активности, но с последующим постепенным повышением температуры, по литературным данным, происходит резкое снижение активности.

Исходя из относительной новизны катализатора Октифайн 480П и необходимости его исследования, было осуществлено изучение изменения внутренней структуры и каталитических свойств катализатора при термической обработке.

В данном исследовании был использован катализатор Октифайн 480П, полученный из Ишимбайского специализированного химического завода

катализаторов. Катализатор, предназначенный для глубокого крекинга нефтяных фракций, содержит цеолит Y в смешанной ионно-обменной форме и матрицу, состоящую из оксида алюминия, каолина и диоксида кремния. Этот полученный катализатор был просушен в муфельной печи 1 ч при температуре 120 °С и 5 ч при 590 °С для обеспечения удаления влаги из пор катализатора. Данный образец в дальнейшем описании результатов экспериментов будет назван «свежий».

В ходе подготовки образцов свежий катализатор был прокален в муфельной печи на протяжении 6 ч при температурах 700 °С, 760 °С, 800 °С.

Все описанные выше образцы, а именно, свежий, термостабилизированные и равновесный были исследованы на площадь внутренней поверхности, объем пор, гранулометрический состав, насыпную плотность, а также у всех образцов катализатора была определена микроактивность.

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Площадь поверхности катализатора была исследована с помощью анализатора площади поверхности Monosorb, работа которого основана на одноточечном методе BET. Встроенная станция дегазации позволяет проводить подготовку образца путем продувки при заданной температуре. Подготовка образцов проводилась при температуре 400 °С на протяжении 30 минут. Количество сорбируемого газа в процессах сорбции определяется по изменениям концентрации адсорбата в смеси с инертным газом. Встроенный микропроцессор проводит автоматические вычисления удельной поверхности по одноточечному методу BET.

Из рисунка 1 видно, что при наличии термической обработки катализатора площадь его внутренней поверхности уменьшается и при повышении температуры обработки продолжает уменьшаться.

Таблица 1. Результаты проведенных экспериментов

Параметр	Свежий	700 °С	750 °С	800 °С	Равновесный
Насыпная плотность, г/м ³	0,812	0,815	0,819	0,826	0,902
Удельная площадь поверхности, м ² /г	205,56	198,83	197,5	183,5	88,85
Удельный объем пор, см ³ /г	0,1641	0,1553	0,1546	0,1455	0,0644
Гранулометрический состав, %	-	-	-	-	-
>75	25,33	29,45	27,37	25,9	56,66
60-75	26,29	27,21	28,17	25,89	20,1
45-60	17,5	16,62	16,61	16,28	10,43
20-45	7,52	6,36	6,65	7,28	4,42
<20	24,36	20,36	21,2	24,65	8,39
Микроактивность, %	90,3	87,5	85,2	84,85	42,4

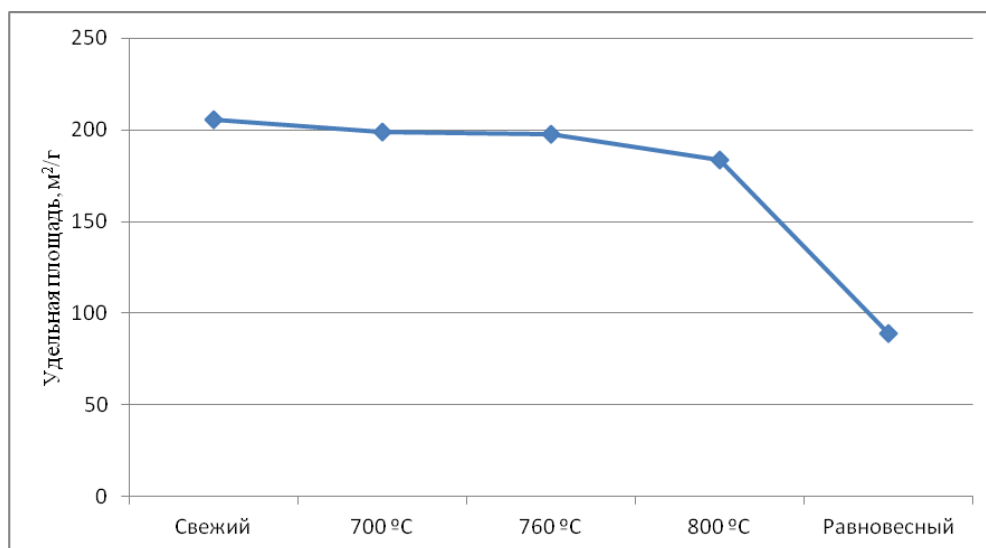


Рисунок 1. Удельная площадь поверхность исследуемых образцов

Наблюдаемое постепенное снижение удельной поверхности изменяется в относительно небольших пределах по сравнению с изменением значений «свежий – равновесный», из чего можно сделать вывод, что в процессе каталитического крекинга паровое влияние оказывает большее воздействие на удельную площадь поверхности, нежели термическое.

Для определения удельного объема пор по адсорбции и капиллярной конденсации паров воды произвольную навеску катализатора взвешивали в фарфоровом тигле. Тигель помещали в муфельную печь и сушили при

температуре 450 °С в течение 2 ч. Затем выгружали горячий образец в пробирку с герметично закрытой пробкой и помещали в эксикатор до полного охлаждения пробы. Во взвешенный заранее бюкс насыпали 0,3 г подготовленного образца и оставляли на воздухе в течение 48 ч. Удельный объем пор по воде в см³/г вычисляли по следующей формуле:

$$V_{\text{пор}} = \frac{m}{g \times \rho_{\text{в}}} , \quad (1)$$

где m – привес массы пробы после анализа, г;

g – навеска, г;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды.

Изменение удельного объема пор происходит по схожей с изменением удельной внутренней поверхности пор катализатора картине. На рисунке 2 можно заметить постепенное и незначительное снижение удельного объема пор при термической обработке и заметное изменение удельного объема пор катализатора, взятого из производственного процесса.

Фракционный состав образцов определяли ситовым методом, промывая навеску катализатора через набор сит (75 мкм, 60 мкм, 45 мкм, 20 мкм).

5,0 г катализатора помещали на верхнее сито (90 мкм) и промывали водой в течение 5-10 мин. После этого фракции катализатора отделяли от воды фильтрованием через бумажный фильтр. Осадки с фильтрами сушили при температуре 1400 °С. Высушенные фильтры взвешивали, и навеску катализатора делили на следующие фракции: > 75мкм; 60-75мкм; 45-60мкм; 20-45мкм, < 20мкм.

Содержание каждой фракции образца (X_i , % масс.) рассчитывали по формуле:

$$X_i = \frac{m_i}{m} 100, \% , \quad (2)$$

где m_i – масса i -ой фракции на сите, г;

m – масса навески образца, г.

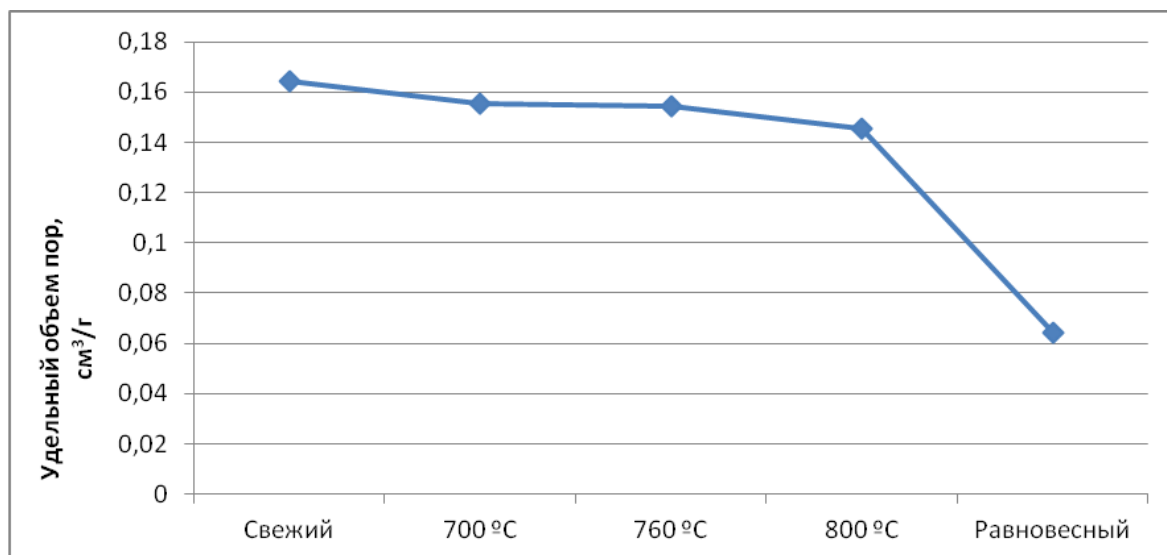


Рисунок 2. Удельный объем пор исследуемых образцов

Результаты определения фракционного состава образцов катализатора, отображенные на рисунке 3, показывают, что образец свежего катализатора и образцы, прошедшие термообработку при заданных температурах, имеют практически идентичный фракционный состав, а равновесный катализатор сильно отличается от других образцов и по большей части содержит в себе крупные частицы. Это может быть объяснено тем, что при регенерации катализатора в промышленном процессе часть мелкодисперсных частиц может уноситься с потоком продукта, а также удаляться из технологического процесса вместе с дымовыми газами

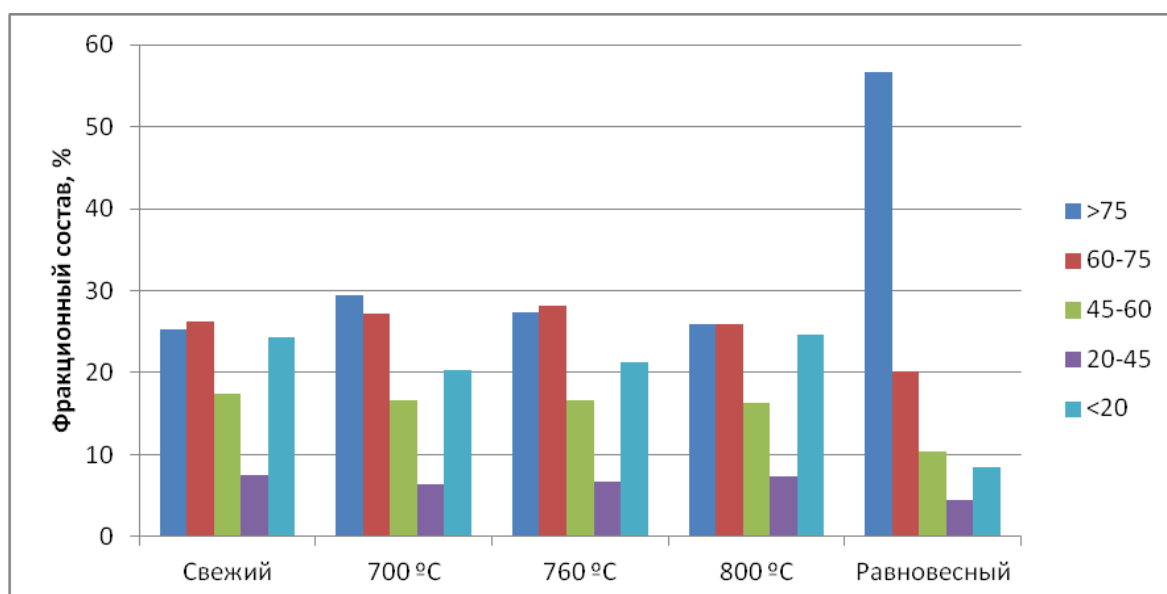


Рисунок 3. Фракционный состав образцов катализатора

Серия опытов по проведению каталитического крекинга с целью определения микроактивности образцов катализатора производилась на лабораторной установке МАК-10, предназначенной для оценки активности микросферических катализаторов крекинга при малом времени контакта катализатора с сырьем в лабораториях предприятий, выполняющих научно-исследовательские работы в области синтеза и технологии производства катализаторов. Установка осуществляет процесс при температуре реактора и капилляра 480 °С со временем подачи сырья равным 75 с.

Сырье в объеме 1,33 мл, предварительно подогретое до температуры 40 °С, подается в металлический реактор через капилляр в течение 75 с. Металлический реактор с неподвижным слоем катализатора в количестве 4 г, подогревается печью в 3-х зонах. После завершения прокачки сырья в реактор подается азот под давлением для удаления оставшихся газовых продуктов из реактора. Все продукты собираются в стеклянном сборнике, погруженном в сосуд со льдом.

Сырьё, температура реакции, объемы сырья и катализатора, время подачи сырья при проведении экспериментов оставались неизменными, изменялись только сами образцы катализатора, что позволяет дать оценку изменения активности катализатора при воздействии на него высоких температур.

При термической обработке катализатора в пределах от 700 °С до 800 °С происходит снижение активности катализатора, но, как можно заметить из рисунка 4, совсем незначительно по сравнению с микроактивностью равновесного образца.

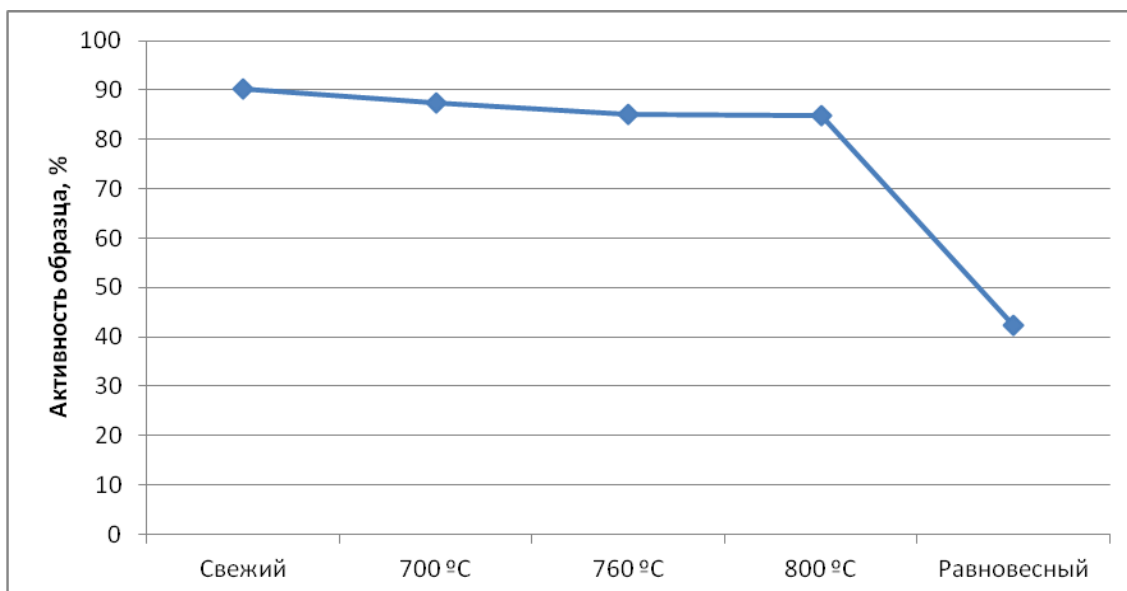


Рисунок 4. Микроактивность исследуемых образцов катализатора

Вывод

По результатам исследований установлены некоторые закономерности:

- практически прямо пропорциональная зависимость изменения удельной поверхности и удельного объема пор образцов катализатора;
- при уменьшении данных показателей насыпная плотность образцов повышается.

Во проведенных исследованиях свежий образец и образцы катализатора, подверженные термообработке в муфельной печи, имеют схожие параметры как внутренней структуры, так и каталитических свойств, равновесный же катализатор отличается в несколько раз по своим показателям от остальных.

Следовательно, термическая обработка влияет на структуру и каталитические свойства катализатора, но в значительно меньшей мере, нежели водяной пар. Термообработанные образцы незначительно изменили свои каталитические свойства, что очевидно из результатов определения микроактивности катализатора (свежий – 90,3 %, обработанный при 800 °C – 84,85 %).

Список используемых источников

1. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа The Technology of Deep Processing of Oil and Gas: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Недра, 2013. 544 с.

2. Абдрахманов Н.Х., Матвеев В.П., Ницета А.С., Савицкий В.В., Доржиева О.А., Хакимов Т.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта исследований в области безопасного проектирования и эксплуатации технологических объектов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. 2015. № 5. С. 162-164.

3. Бабаев М.И., Михалев М.С. Катализаторы каталитического крекинга // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2006. № 10. С. 13.

4. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Tkacheva N.A., Abdrakhmanov N.Kh., Grogulenko N.V. Principios y métodos de modelización sinérgica del sistema de gestión en las empresas del sector de petróleo y gas // Revista ESPACIOS. 2017. Vol. 38 (Nº 33). <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>.

5. Бодрый А.Б., Усманов И.Ф., Гариева Г.Ф., Карпов Н.С. Отечественные микросферические катализаторы крекинга: разработка, производство и опыт промышленной эксплуатации // Катализ в промышленности. 2014. № 5. С. 14.

6. Kunelbayev M.M., Gaysin E.Sh., Repin V.V., Galiullin M.M., Abdrakhmanova K.N. Heat Absorption by Heat-Transfer Agent in a Flat Plate Solar Collector // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2017. Vol. 115, No. 455. P. 305-319. DOI: 10.12732/ijpam.v115i455.10. Available at: <http://www.ijpam.eu/contents/2017-115-3/index.html>.

7. Бондаренко Б.И., Никулин Д.Д., Суханов В.П. Каталитический крекинг: учебное пособие. М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1956. 208 с.

8. Abdrakhmanov N., Abdrakhmanova K., Vorohobko V., Abdrakhmanova L., Basyirova A. Development of Implementation Chart for Non-Stationary Risks Minimization Management Technology based on Information-Management Safety System // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. № 12. P. 7880-7888. <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.7880.7888>.

9. Ашрафоров Р.А., Оруджев Ю.И., Султанов Х.С. Исследование и моделирование процесса окислительной регенерации цеолитсодержащего катализатора каталитического крекинга // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 11-1. С. 48.

10. Abdrakhmanov N.Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaysin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact Through Forecasting the Occupational Risks // Man in India. 2017. Vol. 97, No. 20. P. 495-511.

11. Ишмияров М.Х. Модернизация технологии и аппаратурного оформления процесса каталитического крекинга в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»: дис. ... канд. техн. наук. М., 2005. 210 с.

12. Семченкова Д.Н., Растоскуев В.В., Абдрахманов Н.Х. Комплексная экспресс-оценка экологических рисков в нефтяной промышленности // Нефтяное хозяйство. 2008. № 8. С. 104-105.

13. Солодова Н.Л., Терентьева Н.А. Современное состояние и тенденции развития каталитического крекинга нефтяного сырья // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 1. С. 141.

14. Gaisina L.M., Belonozhko M.L, Maier V.V., Abdrakhmanov N.Kh, Sultanova E.A. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics // Espacios. 2017. Vol. 38 (Nº 48). Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>.

References

1. Akhmetov S.A. *Tekhnologiya glubokoi pererabotki nefiti i gaza* [The Technology of Deep Processing of Oil and Gas]. 2nd Ed. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 2013. 544 p. [in Russian].

2. Abdrakhmanov N.Kh., Matveev V.P., Nishcheta A. S., Savitskii V.V., Dorzhieva O.A., Khakimov T.A. Analiz otechestvennogo i zarubezhnogo opyta issledovaniia v oblasti bezopasnogo proektirovaniia i ekspluatatsii tekhnologicheskikh ob"ektov neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh proizvodstv [Analysis of Domestic and Foreign Experience of Research in the Field of Safe Design and Operation of Technological Facilities of Oil Refining and Petrochemical Industries]. *Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov – Expertise of Industrial Safety and Diagnostics of Hazardous Production Facilities*, 2015, No. 5, pp. 162-164. (in Russ.). [in Russian].

3. Babaev M.I., Mikhalev M.S. Katalizatory kataliticheskogo krekinga [Catalytic Cracking Catalysts]. *Neftepererabotka i neftekhimiya. Nauchno-tekhnicheskie dostizheniya i peredovoi opyt – Oil Refining and Petrochemistry. Scientific and Technical Achievements and Innovate Experience*, 2006, No. 10, pp. 13. [in Russian].

4. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Tkacheva N.A., Abdrakhmanov N.Kh., Grogulenko N.V. Principios y métodos de modelización sinérgica del sistema de gestión en las empresas del sector de petróleo y gas. *Revista ESPACIOS*, 2017, Vol. 38 (Nº 33). <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>.

5. Bodryi A.B., Usmanov I.F., Garieva G.F., Karpov N.S. Otechestvennye mikrosfericheskie katalizatory krekinga: razrabotka, proizvodstvo i opyt promyshlennoi ekspluatatsii [Domestic Microspherical Catalysts of Cracking: Development, Production and Experience of Industrial Operation]. *Kataliz v promyshlennosti – Catalysis in Industry*, 2014, No. 5, pp. 14. [in Russian].

6. Kunelbayev M.M., Gaysin E.Sh., Repin V.V., Galiullin M.M., Abdrakhmanova K.N. Heat Absorption by Heat-Transfer Agent in a Flat Plate Solar Collector. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2017, Vol. 115, No. 455, pp. 305-319. DOI: 10.12732/ijpam.v115i455.10. Available at: <http://www.ijpam.eu/contents/2017-115-3/index.html>.

7. Bondarenko B.I., Nikulin D.D., Sukhanov V.P. *Kataliticheskii kreking* [Catalytic Cracking]. Moscow, Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdatel'stvo neftyanoi i gorno-toplivnoi literatury, 1956. 208 p. [in Russian].

8. Abdrakhmanov N., Abdrakhmanova K., Vorohobko V., Abdrakhmanova L., Basyirova A. Development of Implementation Chart for Non-Stationary Risks Minimization Management Technology based on Information-Management Safety System. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, No. 12, pp. 7880-7888. <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.7880.7888>.

9. Ashraforov R.A., Orudzhev Yu.I., Sultanov Kh.S. Issledovanie i modelirovanie protsessa okislitel'noi regeneratsii tseolitsoderzhashchego katalizatora kataliticheskogo krekinga [Research and Modeling of the Process of Oxidative Regeneration of a Zeolite-Containing Catalytic Cracking Catalyst]. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk – Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences*, 2013, No. 11-1, pp. 48. [in Russian].

10. Abdrakhmanov N.Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaysin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact Through Forecasting the Occupational Risks. *Man in India*, 2017, Vol. 97, No. 20, pp. 495-511.

11. Ishmiyarov M.Kh. *Modernizatsiya tekhnologii i apparaturnogo oformleniya protsessa kataliticheskogo krekinga v OAO «Salavatnefteorgsintez»: dis. kand. tekhn. nauk* [Modernization of the Technology and Hardware Design of the Catalytic Cracking Process at Salavatnefteorgsintez JSC. Cand. Engin. Sci. Diss.]. Moscow, 2005. 210 p. [in Russian].

12. Semchenkova D.N., Rastoskuev V.V., Abdrakhmanov N.Kh. Kompleksnaya ekspressotsenka ekologicheskikh riskov v neftyanoi promyshlennosti [Complex Express-Evaluation of Ecological Risks in the Oil Industry]. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2008, No. 8, pp. 104-105. [in Russian].

13. Solodova N.L., Terent'eva N.A. Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya kataliticheskogo krekinga neftyanogo syr'ya [Current State and Development Trends of Catalytic Cracking of Petroleum Raw Materials]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Bulletin of Kazan Technological University*, 2012, No. 1, pp. 141. [in Russian].

14. Gaisina L.M., Belonozhko M.L, Maier V.V., Abdrakhmanov N.Kh, Sultanova E.A. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics. *Espacios*, 2017, Vol. 38 (N° 48). Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>.

Сведения об авторах

About the authors

Амирханов К.Ш., канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология нефти и газа» ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

K.S. Amirkhanov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Oil and Gas Technology Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

Ворохобко В.В., магистрант гр. МТП21-16-01 ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

V.V. Vorokhobko, Undergraduate Student of MTP21-16-01, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

Абдрахманова К.Н., магистрант гр. МБП01-16-01 ФГБОУ ВО
«УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

K.N. Abdrakhmanova, Undergraduate Student of MBP01-16-01, FSBEI HE
«USPTU», Ufa, Russian Federation

e-mail: akarinan@mail