

# Химия и технология топлив и масел

## 4<sub>(560)</sub>'2010

Научно-технический журнал  
Издается с 1956 года  
Выходит один раз в два месяца

Свидетельство о регистрации  
№ 01441.  
Выдано 4 августа 1992 г.  
Министерством печати  
и информации  
Российской Федерации

Издается в США фирмой  
«Springer Science + Business Media, Inc.»

Главный редактор  
**А. И. Владимиров**

Зам. главного редактора  
**Б. П. Туманян**

Редакционная коллегия  
**И. Б. Грудников**  
**Л. Е. Злотников**  
**Ю. Л. Ищук**  
**И. П. Карлин**  
**В. Л. Лашхи**  
**А. Лукса**  
**Б. К. Нефедов**  
**Е. Д. Радченко**  
**В. А. Рябов**  
**Е. П. Серегин**

Издается в Российском  
государственном университете  
нефти и газа им. И. М. Губкина

Включен в перечень изданий  
Высшей аттестационной комиссии  
Министерства образования  
и науки РФ

## Содержание



Ю.Н. Лебедев, В.Г. Зайцев. 3  
Научно-производственной компании «КЕДР-89» — 20 лет

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Ю.Н. Лебедев. 4  
Модернизация установок переработки нефти  
с использованием энергосберегающих технологий

Ю. Н. Лебедев, И. А. Александров, Т. М. Зайцева. 10  
Ректификация смесей близкокипящих компонентов  
с использованием тепловых насосов

### ТЕХНОЛОГИЯ

А.В. Ефремов, С.И. Мячин, В.Г. Зайцев, Р.Ф. Галиев, 14  
Ю.Н. Лебедев, А.С. Левандовский, А.Б. Николаев,  
В.А. Лудченко.  
Ввод в эксплуатацию новой установки висбрекинга  
в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез»

В. Н. Николаенко, А. С. Левандовский, А. К. Тур, 19  
Н. А. Рожина, А. Ш. Бродский.  
Совершенствование методов проектирования  
в современных условиях

Ю. Ю. Ратовский. 26  
Основные тенденции развития технологии  
вакуумной перегонки мазута

Ю.Н. Лебедев, Ю.Ю. Ратовский, Е.В. Карманов, 29  
Т.М. Зайцева, Т.В. Подъяблонская.  
Реконструкция установок изомеризации

### ИССЛЕДОВАНИЯ

В.Г. Чекменёв, Ю.Д. Ханин. 31  
К расчету состава и выхода газов разложения  
в печах нагрева мазута

В.Г. Чекменёв, Ю.Н. Лебедев, И.Н. Клочков. 33  
Анализ работы пластинчатых коалесцеров  
для трехфазных сепараторов

В.Г. Чекменёв, Ю.Н. Лебедев, И.Н. Клочков. 38  
Анализ работы двухфазных сепараторов  
вертикального типа

### АППАРАТУРА

Ю.Н. Лебедев, В. Г. Чекменёв, Д.Ю. Данилов. 40  
Испытание новых центробежных тарелок  
с рециркуляцией жидкости

Ю.Б. Данилов, В.В. Дроздов. 44  
О повышении эффективности пластинчатых  
перекрестноточных теплообменников

В.А. Качанов, Ю.Б. Данилов, Е.К. Гвоздикова, 46  
Т.Э. Шепиль.  
Выбор конструкционных материалов  
при разработке нового и модернизации  
действующего оборудования  
нефтеперерабатывающих производств

С.А. Белов, М.А. Оразова. 54  
Расчет на циклическую прочность элементов  
опорного узла коксовой камеры  
методом конечных элементов

Редактор

**С. Е. Шанурина**

Ответственный секретарь

**О. В. Любименко**

Компьютерный набор,  
графика и верстка

**В. В. Земсков**

Адрес редакции:

119991,  
ГСП-1, Москва, В-296,  
Ленинский просп., 65.  
РГУ нефти и газа  
им. И. М. Губкина,  
редакция «ХТТМ»

Телефон/факс: (499) 135-8875  
e-mail: [httm@list.ru](mailto:httm@list.ru)

Формат 60 x 84 1/8.  
Бумага мелованная и офсетная.  
Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 7.  
Тираж 1200 экз.

Отпечатано ООО «Стринг»  
E-mail: [String\\_25@mail.ru](mailto:String_25@mail.ru)



<i>Yu. N. Lebedev and V. G. Zaitsev.</i> Kedr-89 Scientific Production Company – 20 Years	3
<b>CURRENT PROBLEMS</b>	
<i>Yu. N. Lebedev.</i> Modernization of Crude Oil Refining Units Using Energy-Saving Technologies	4
<i>Yu. N. Lebedev, I. A. Aleksandrov, and T. M. Zaitseva.</i> Fractional Distillation of Mixtures of Close-Boiling Components Using Heat Pumps	10
<b>TECHNOLOGY</b>	
<i>A. V. Efremov, S. I. Myachin, V. G. Zaitsev, R. F. Galiev, Yu. N. Lebedev, A. S. Levandovskii, A. B. Nikolaev, and V. A. Ludchenko.</i> Introduction of a New Visbreaking Unit at Salavatnefteorgsintez Co.	14
<i>V. N. Nikolaenko, A. S. Levandovskii, A. K. Tur, N. A. Rozhina, and A. Sh. Brodskii.</i> Improvement of Design Methods in Current Conditions	19
<i>Yu. Yu. Ratovskii.</i> Fundamental Trends in Development of Technology for Vacuum Distillation of Atmospheric Resid	26
<i>Yu. N. Lebedev, Yu. Yu. Ratovskii, E. V. Karmanov, T. M. Zaitseva, and T. V. Pod'yablonskaya.</i> Revamping of Isomerization Units	29
<b>RESEARCH</b>	
<i>V. G. Chekmenev and Yu. D. Khanin.</i> Calculation of the Composition and Yield of Decomposition Gases in Furnaces for Heating Atmospheric Resid	31
<i>V. G. Chekmenev, Yu. N. Lebedev, and I. N. Kochkov.</i> Analysis of Operation of Plate Compressors for Three-Phase Separators	33
<i>V. G. Chekmenev, Yu. N. Lebedev, and I. N. Klochkov.</i> Study of Operation of Two-Phase Vertical Separators	38
<b>EQUIPMENT</b>	
<i>Yu. N. Lebedev, V. G. Chekmenev, and D. Yu. Danilov.</i> Testing New Centrifugal Plates With Liquid Recycling	40
<i>Yu. B. Danilov and V. V. Drozdov.</i> Increasing the Efficiency of Plate Cross-Flow Heat Exchangers	44
<i>V. A. Kachanov, Yu. B. Danilov, E. K. Gvozdikova, and T. E. Shepil'.</i> Selection of Construction Materials in Developing New and Modernizing Old Equipment in Oil Refineries	46
<i>S. A. Belov, M. A. Orazova.</i> Calculation of the Cyclic Strength of Coking Chamber Support Unit Elements by the Finite Element Method	54

*Ю.Н. Лебедев*

## МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Углубление переработки нефти требует больших затрат энергии. Для снижения энергетических затрат предложено в схемах установок переработки нефти использовать тепловые насосы, холодильные машины, тепловые трубы. Рассмотрены варианты использования для модернизации установок технологии «Hi-Tech».

**Ключевые слова:** энергосберегающие технологии, тепловые насосы, тепловые трубы, винтовые компрессоры, рекуперация тепла

Exhaustive refining of crude oil requires large amounts of energy. To reduce energy consumption, heat pumps, chillers, and heat pipes are proposed for oil refining units. Variants of using hi-tech technologies for updating the units are examined.

**Key words:** energy-saving technologies, heat pumps, heat pipes, screw compressors, heat recovery.

*Ю. Н. Лебедев, И. А. Александров, Т. М. Зайцева*

## РЕКТИФИКАЦИЯ СМЕСЕЙ БЛИЗКОКИПЯЩИХ КОМПОНЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Получение продуктов высокой чистоты методом ректификации требует значительных эксплуатационных и капитальных затрат. Применение тепловых насосов в схемах разделения близкокипящих смесей обеспечивает снижение эксплуатационных затрат в несколько раз. Представлен анализ использования различных типов тепловых насосов: компрессионных, абсорбционных и их сочетания. Показано, что наибольший эффект дают абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ).

**Ключевые слова:** ректификация близкокипящих смесей, тепловые насосы, абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ), компрессионные тепловые насосы.

Obtaining products of high purity by fractional distillation requires important capital expenditures and high operating costs. The use of heat pumps in circuits for separating close-boiling mixtures reduces operating costs by several times. An analysis of the use of different types of heat pumps is presented: compressor, absorption, and a combination of the two. It is shown that absorption chillers (АВСН) have the greatest effect.

**Key words:** fractional distillation of close-boiling mixtures, heat pumps, lithium bromide absorption chillers (АВСН), compressor heat pumps.

*А.В. Ефремов, С.И. Мячин, В.Г. Зайцев, Р.Ф. Галиев, Ю.Н. Лебедев, А.С. Левандовский, А.Б. Николаев, В.А. Лудченко*

## ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ НОВОЙ УСТАНОВКИ ВИСБРЕКИНГА В ОАО «САЛАВАТНЕФТЕОРГСИНТЕЗ»

В ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» введена в эксплуатацию новая установка висбрекинга производительностью 1,5 млн. т в год по гудрону. На установке для увеличения глубины превращения сырья и снижения закоксовывания труб печного змеевика предусмотрена выносная реакционная камера (сокинг). С целью повышения отбора газойлевых фракций установка укомплектована вакуумным блоком. Тяжелый и легкий вакуумные газойли используются для приготовления мазута марки М-100.

**Ключевые слова:** висбрекинг, выносная реакционная камера (сокинг), вакуумный блок.

A new visbreaking unit with output of 1.5 million tons a year in vacuum resid was started up at Salavatnefteorgsintez Co. A separate reaction chamber (soaker) is provided in the unit for increasing the degree of feedstock conversion and reducing coking of furnace coil tubes. To increase takeoff of gasoil cuts, the unit is equipped with a vacuum block. Heavy and light vacuum gasoils are used for preparation of type M-100 atmospheric resid.

**Key words:** visbreaking, separate reaction chamber (soaker), vacuum block.

*В. Н. Николаенко, А. С. Левандовский, А. К. Тур, Н. А. Рожина, А. Ш. Бродский*

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Перед нефтеперерабатывающей промышленностью РФ поставлена задача существенной модернизации и реконструкции существующих и строительства новых предприятий до 2020 г. Отраслевые проектные организации в условиях жестких лимитов времени должны обеспечить проектной и рабочей документацией строящиеся и реконструируемые предприятия. В связи с этим рассмотрены некоторые методы совершенствования проектирования на примере их использования в ОАО «Укрнефтехимпроект».

**Ключевые слова:** управление проектами, система автоматизированного проектирования компании «AVEVA», информационная модель объекта, трехмерное изображение объекта.

The RF oil-refining industry is faced with the problem of significant modernization and revamping of existing and construction of new enterprises by 2020. Industry-wide design organizations will have to provide design and operating documentation for the construction and revamping enterprises within strict time limits. For this reason, some methods for improving design on the example of using them at Ukrneftekhimproekt Institute are examined.

**Key words:** Design control, AVEVA automated design system, data model of object, three-dimensional illustration of object.

*Ю. Ю. Ратовский*

#### ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМНОЙ ПЕРЕГОНКИ МАЗУТА

Рассмотрены основные направления совершенствования процесса вакуумной перегонки мазута. Показано влияние основных параметров процесса на углубление переработки сырья.

**Ключевые слова:** температура нагрева сырья, остаточное давление в зоне питания колонны, подача водяного пара.

The basic trends in improving vacuum distillation of atmospheric resid are examined. The effect of the fundamental process parameters on the exhaustiveness of refining the feedstock is demonstrated.

**Key words:** feedstock heating temperature, residual pressure in tower feed zone, steam feed.

*Ю.Н. Лебедев, Ю.Ю. Ратовский, Е.В. Карманов, Т.М. Зайцева, Т.В. Подъяблонская*

#### РЕКОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВОК ИЗОМЕРИЗАЦИИ

Рассмотрена проблема получения моторных топлив с улучшенными экологическими характеристиками, соответствующими стандартам «Евро-4» и «Евро-5». Изложен опыт НПК «Кедр-89» в области реконструкции установок изомеризации бензиновых фракций. Приведены параметры работы колонн деизогексанизации, разработанных НПК «Кедр-89». Рассмотрена возможность включения в схемы установок изомеризации колонн депентанизации и деизопентанизации.

**Ключевые слова:** ректификация, бензины, реконструкция, изомеризация, экология, стандарты Евро, колонное оборудование, деизогексанизатор, деизопентанизатор, депентанизатор, октановое число, эксплуатационные затраты.

The problem of obtaining motor fuels with improved environmental characteristics corresponding to Euro-4 and Euro-5 standards is examined. The experience of Kedr-89 Scientific-Production Company in revamping of naphtha cut isomerization units is presented. The operating parameters of deisohexanizers developed by Kedr-89 Co. are reported. The possibility of including depentanization and deisopentanization towers in the network of isomerization units is considered.

**Key words:** fractional distillation, naphthas, revamping, isomerization, ecology, Euro standards, tower equipment deisohexanizer, deisopentanizer, depentanizer, octane number, operating costs.

*В.Г. Чекменёв, Ю.Д. Ханин*

#### К РАСЧЕТУ СОСТАВА И ВЫХОДА ГАЗОВ РАЗЛОЖЕНИЯ В ПЕЧАХ НАГРЕВА МАЗУТА

Выполнен расчет выхода и состава газов разложения в печах нагрева мазута перед вакуумной разгонкой с помощью разработанной в НПК «Кедр-89» программы «КРЕКИНГ», предназначенной для расчета процессов термического разложения сырья в змеевиках реакционных и нагревательных печей. Проведено сравнение полученных результатов с литературными экспериментальными данными и результатами расчета по эмпирическому уравнению, используемому в моделирующей системе PRO II. Показано неплохое их совпадение с экспериментальными значениями выхода газов разложения и концентраций в них углеводородов C3–C5.

**Ключевые слова:** термическое разложение нефтяных остатков, вакуумная перегонка мазута, печи нагрева мазута, выход и состав газов разложения.

The yield and composition of decomposition gases were calculated in atmospheric resid heating furnaces before vacuum distillation with the KREKING program developed at Kedr-89 Co., which provides for calculating processes of thermal decomposition of feedstock in the coils of reaction and heating furnaces. The results obtained were compared with the published experimental data and the results of calculation with an empirical equation used in the PRO II modeling system. Their poor agreement with the experimental values of the yield of decomposition gases and concentrations of C3-C5 hydrocarbons in them was demonstrated.

**Key words:** thermal decomposition of petroleum resids, vacuum distillation of atmospheric resid, atmospheric resid heating furnace, yield and composition of decomposition gases.

*В.Г. Чекменёв, Ю.Н. Лебедев, И.Н. Клочков*

#### АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТЫХ КОАЛЕСЦЕРОВ ДЛЯ ТРЕХФАЗНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Для исследования тонкослойного разделения двух несмешивающихся жидкостей с помощью насадки из наклонных параллельных гофрированных или плоских пластин проведено компьютерное моделирование процессов осаждения методом конечных элементов. Полученные аналитические и графические зависимости могут быть использованы при проектировании пластинчатых коалесцеров для трехфазных сепараторов.

**Ключевые слова:** трехфазные сепараторы, коалесцеры, тонкослойная сепарация, моделирование процессов осаждения.

Computer modeling of precipitation processes by the finite element method was conducted to study thin-layer separation of two immiscible liquids with packing made of sloping parallel corrugated or flat plates. The

analytical and graphic dependences obtained can be used in designing plate coalescers for three-phase separators.

**Key words:** three-phase separators, coalescers, thin-layer separation, modeling of precipitation processes.

*В.Г. Чекменёв, Ю.Н. Лебедев, И.Н. Клочков*

#### АНАЛИЗ РАБОТЫ ДВУХФАЗНЫХ СЕПАРАТОРОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПА

Исследована работа газожидкостных сепараторов с помощью моделирования методом конечных элементов (CFD) на программном комплексе StarCD. Разработан ряд рекомендаций по совершенствованию конструкции сепараторов: по расположению каплеуловителя, взаимному положению штуцера ввода сырья, каплеуловителя и штуцера вывода и др.

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование гидроаэродинамики промышленных аппаратов, газожидкостные сепараторы вертикального типа, эффективность сепарации капельной жидкости из потока газа.

The operation of gas-liquid separators was investigated by modeling with the finite element method (CFD) in the Star CD software package. A number of recommendations were developed for improving the design of the separators: positioning of the drip pan, mutual position of the feedstock inlet choke, drip pan, outlet choke, etc.

**Key words:** computer modeling of hydro- and aerodynamics of industrial equipment, vertical gas-liquid separators, efficiency of separation of drip liquid from a gas stream.

*Ю.Н. Лебедев, В. Г. Чекменёв, Д.Ю. Данилов*

#### ИСПЫТАНИЕ НОВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ТАРЕЛОК С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ЖИДКОСТИ

Приведены результаты гидравлических испытаний новых центробежных тарелок с многократной рециркуляцией жидкости в центробежных элементах на системе вода—воздух. Получены зависимости для расчета количества циркулирующей в центробежных элементах жидкости, а также перепада давления на сухой и орошаемой тарелках.

**Ключевые слова:** контактные устройства массообменных аппаратов, тарелки центробежного типа, гидравлические характеристики тарелок.

The results of hydraulic tests of new centrifugal trays with repeated liquid recycling in centrifugal elements in the water-air system are reported. Dependences were obtained for calculating the amount of cycling liquid in the centrifugal elements and the pressure drop in dry and reflux trays.

**Key words:** contact devices in mass-exchange equipment, centrifugal trays, hydraulic characteristics of trays.

*Ю.Б. Данилов, В.В. Дроздов*

#### О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИНЧАТЫХ ПЕРЕКРЕСТНОТОЧНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ

Рассмотрена возможность повышения тепловой эффективности пластинчатых перекрестноточных теплообменников. Проанализирована конструкция пакета теплообменных гофрированных пластин с разными углами наклона гофров относительно направления движения теплоносителей.

**Ключевые слова:** перекрестноточный теплообменник, гофрированная пластина, теплоноситель, теплообменный канал.

The possibility of increasing the thermal efficiency of plate cross-flow heat exchangers is examined. The design of the corrugated heat-exchange plate design with different slope angles of the corrugations relative to the direction of movement of the heat carriers is analyzed.

**Key words:** cross-flow heat exchanger, corrugated plate, heat carrier, heat-exchange channel.

*В.А. Качанов, Ю.Б. Данилов, Е.К. Гвоздикова, Т.Э. Шепиль*

ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВОГО И МОДЕРНИЗАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Представлены подходы к выбору конструкционных и прокладочных материалов для разработки нового и модернизации действующего оборудования нефтеперерабатывающих производств, результаты коррозионно-электрохимических исследований.

**Ключевые слова:** конструкционные материалы, коррозия, потенциал свободной коррозии, щелевая коррозия, точечно-язвенная коррозия, прокладочный материал.

Approaches to selecting construction and gasket materials for developing new and modernizing existing oil refinery equipment and the results of corrosion-electrochemical studies are presented.

**Key words:** construction materials, corrosion, free corrosion potential, slot corrosion, point-pitting corrosion, gasket material.

*С.А. Белов, М.А. Оразова*

РАСЧЕТ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНОГО УЗЛА КОКСОВОЙ КАМЕРЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассмотрена задача определения прочности опорного узла коксовой камеры. При оценке напряженного состояния опорного узла учтено влияние кольца для монтажа изоляции на распределение температур в опорной обечайке. В результате установки этого кольца уменьшается градиент температуры по высоте опорной обечайки и соответственно снижается уровень напряженного состояния опорного узла.

**Ключевые слова:** коксовая камера, опорная обечайка, коническое днище, цикл нагружения, эквивалентное напряжение, температура, длительная циклическая прочность.

The problem of determining the strength of the coking chamber support unit is examined. In evaluating the stressed state of the support unit, the effect of the ring for assembling the insulation on the temperature distribution in the support shell was taken into consideration. As a result of installing this ring, the temperature gradient over the height of the support shell decreases and the level of the stressed state of the support unit correspondingly decreases.

**Key words:** coking chamber, support shell, conical bottom, loading cycle, equivalent stress, temperature, prolonged cyclic strength.