Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 1–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66-96:621.928.3

В.Г. Жуков, д-р техн. наук, В.М. Чесноков, канд. техн. наук, Н.Д. Лукин, д-р техн. наук (ВНИИ крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха, Россия) E-mail: z-v-gr@mail.ru

Особенности применения формулы влагозаполненности фильтратом капиллярной каймы осадка в центрифугах с учетом возникающего в них газового давления

Исследование направлено на получение расчетной формулы влагозаполненности фильтрата капиллярной каймы в поровом пространстве центрифугируемого осадка. В полученной ранее аналитической формуле не учитывается газовое давление в центрифуге. Для учета газового давления предлагается модификация расчетной формулы предельного диаметра поры, определяемого из предельного силового равновесия между краевыми капиллярными силами и суммой инерционных центробежных сил совместно с силами давления газа. В примере расчета рассмотрены случаи образования двухслойной капиллярной каймы (с насыщенным фильтратом подошвенным слоем и с ненасыщенным слоем бахромы), а также однослойной капиллярной каймы (в виде бахромы). По результатам расчетов выявлено соответствие получаемых кривых влагозаполненности данным экспериментальных исследований. Полученные результаты необходимы для целенаправленного изменения параметров механической сушки с целью снижения или увеличения влагозаполненности осадка.

Ключевые слова: центрифугируемый осадок, полиразмерные поры, капиллярная кайма, подошвенный слой, слой бахромы, газовое давление, предельный диаметр, функция плотности вероятности распределения пор по размерам, влагозаполненность осадка

UDC 66-96:621.928.3

V.G. Zhukov, V.M. Chesnokov, N.D. Lukin (All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Potato named after A.G. Lorkh») E-mail: z-v-gr@mail.ru

Peculiarities of application of the formula of moisture content of capillary rim filtrate in centrifuge sediments taking into account the gas pressure arising in them

The research is aimed to obtain a calculated formula of moisture content of capillary rim filtrate in the pore space of centrifuged sediment. The previously obtained analytical formula does not take into account the gas pressure in the centrifuge. To take into account the gas pressure, a modification of the calculation formula for the limiting pore diameter is proposed, which is determined from the limiting force balance between the edge capillary forces and the sum of inertial centrifugal forces together with the forces of gas pressure. In the calculation example we consider the formation of a two-layer capillary rim (with a filtrate-saturated plantar layer and with an unsaturated fringe layer), as well as a single-layer capillary rim (in the form of a fringe). According to the results of the calculations, the obtained moisture content curves were found to be consistent with the results of experimental studies. The results obtained are necessary for targeted modification of mechanical drying parameters in order to reduce or increase the moisture content of the sediment.

Keywords: centrifuged sediment, polysizes pores, capillary rim, plantar layer, fringe layer, gas pressure, limiting diameter, probability density function of pore size distribution, moisture content of sediment

УДК 621.928.9
Р.В. Романюк, М.Г. Лагуткин, д-р техн. наук, Н.В. Даниленко, А.С. Соколов, кандидаты техн. наук (Московский политехнический университет, Россия)
E-mail: romanyuk217@gmail.com

Расчет расходных характеристик и показателей разделения вихревого пылеуловителя новой конструкции

От выбора конструктивных и режимных параметров работы вихревых пылеуловителей (ВПУ) зависят энергетические затраты на обеспечение необходимой эффективности пылеулавливания при заданной объемной производительности по очищаемому газу. Приведены данные по наиболее рациональным конструктивным параметрам завихрителей ВПУ. На основе аналитических зависимостей и данных компьютерного моделирования разработана методика расчета гидравлического сопротивления ВПУ новой конструкции и его разделяющей способности.

Ключевые слова: пылеочистки, вихревой пылеуловитель, новая конструкция, завихрители, рациональные параметры, компьютерное моделирование, расходные характеристики, разделяющая способность, методика расчета

UDC 621.928.9
R.V. Romanyuk, M.G. Lagutkin, N.V. Danilenko, A.S. Sokolov (Moscow Polytechnic University, Russia) E-mail: romanyuk217@gmail.com

Calculating the flow characteristics and separation indicators of a new design vortex dust collector

The choice of design and operational parameters of the vortex dust collectors (VDC) influences the energy costs to ensure the required efficiency of dust collection at a given volumetric productivity of the gas being cleaned. The article presents data on the most rational design parameters of the swirlers of the VDC. On the basis of analytical dependencies and computer simulation data, a method for calculating the pressure drop of a new design VDC and its separating ability has been developed.

Keywords: dust cleaning, vortex dust collector, new design, swirlers, rational parameters, computer simulation, flow characteristics, separating power, calculation method

УДК 621.833.51
А.А. Приходько, Г.В. Курапов, кандидаты техн. наук (Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия)
E-mail: sannic92@gmail.com

Кинематический анализ и исследование неравномерности вращения рабочего органа перемешивающего устройства с планетарным исполнительным механизмом

Исследовано перемешивающее устройство с неравномерным движением рабочего органа, что обеспечивается применением двухрядного планетарного механизма с парой цилиндрических зубчатых колес (с внутренним зацеплением) и парой эллиптических зубчатых колес (с внешним зацеплением). Проведен кинематический анализ представленной передачи и определена передаточная функция механизма. В результате численного эксперимента изучена зависимость коэффициента неравномерности вращения рабочего органа перемешивающего устройства от конструктивных параметров исполнительного механизма: соотношения радиусов цилиндрических зубчатых колес и эксцентриситета пары эллиптических зубчатых колес. Показано: по предложенной схеме планетарной передачи обеспечиваются широкий диапазон и простая настройка коэффициента неравномерности вращения рабочего органа.

Ключевые слова: перемешивающее устройство, неравномерное движение, планетарный механизм, эллиптические зубчатые колеса, кинематический анализ, коэффициент неравномерности вращения

UDC 621.833.51
A.A. Prikhodko, G.V. Kurapov (Kuban State Technological University, Russia)
E-mail: sannic92@gmail.com

Kinematic analysis and study of the impeller rotation irregularity in a stirred tank with planetary actuator

This article discusses a stirred tank with impeller irregular motion, which is ensured by using a two-row planetary mechanism having a pair of cylindrical gears (with internal gearing) and a pair of elliptical gears (with external gearing). A kinematic analysis of the presented transmission is carried out and the transfer function of the mechanism is determined. As a result of a numerical experiment, there was studied the dependence of the impeller rotation irregularity coefficient in the stirred tank on the design parameters of the actuator: the ratio of the radii of the cylindrical gears and the eccentricity of a pair of elliptical gears. It is shown that the proposed planetary gear scheme provides a wide range and simple adjustment of the impeller rotation irregularity coefficient.

Keywords: stirred tank, irregular motion, planetary gear, elliptical gears, kinematic analysis, rotation irregularity coefficient

УДК 66.021.3/4

И.Н. Мадышев, канд. техн. наук (Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Россия); О.С. Дмитриева, канд. техн. наук, А.О. Маясова, А.Н. Николаев, д-р техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия)

E-mail: ilnyr_91@mail.ru

Оценка эффективности контактных устройств в диабатической ректификационной колонне при распределенном отводе теплоты

Представлены результаты исследований по оценке эффективности различных вариаций отвода теплоты от тарелок, расположенных в укрепляющей части диабатической ректификационной колонны. Для повышения энергоэффективности процессов разделения максимальный тепловой поток необходимо обеспечить на верхней тарелке колонны, постепенно уменьшая тепловую мощность встроенных дефлегматоров к тарелке питания. Использование процессов диабатической ректификации при прочих равных условиях позволяет повысить КПД клапанной тарелки на 3,3 % по сравнению с колонной без дополнительного отвода теплоты. Установлено: применение диабатической ректификации в массообменных аппаратах является целесообразным для снижения энергозатратных и излишне высоких массовых расходов паровой фазы на тарелках за счет частичной конденсации поднимающихся вверх паров. При этом внутри колонны образуется флегма того же состава, которая за счет теплоты, выделяющейся при конденсации паров, повторно испаряется.

Ключевые слова: диабатическая ректификация, теплоноситель, отвод теплоты, массовые расходы, КПД тарелки, скорость пара

UDC 66.021.3/4

I.N. Madyshev (Nizhnekamsk Chemical Technology Institute, Russia); O.S. Dmitrieva, A.O. Mayasova, A.N. Nikolaev (Kazan National Research Technological University, Russia) E-mail: ilnyr_91@mail.ru

Efficiency evaluation of contact devices in a diabatic rectification column with distributed heat removal

The article presents studies on evaluating the effectiveness of various variations in heat removal from trays in the strengthening part of a diabatic distillation column. To increase the energy efficiency of separation processes, it must ensure the maximum heat flow on the topmost plate of the column, gradually reducing the thermal power of the built-in reflux condensers to the feed plate. Using diabatic distillation processes, other things being equal, makes it possible to increase the efficiency of the valve plate by 3.3 % compared to the column without additional heat removal. The conducted studies show that the use of diabatic distillation in mass transfer apparatuses is expedient for reducing energetically unfavorable and unnecessarily high mass flow rates of the vapor phase on the trays because of partial condensation of rising vapors. Here, refluxe of the same composition is formed inside the column, which, because of the heat released during the condensation of vapors, re-evaporates.

Keywords: diabatic distillation, coolant, heat removal, mass flow, plate efficiency, steam velocity

УДК 66.074

А.В. Дмитриев, д-р техн. наук, М.О. Уткин, Г.Р. Бадретдинова (Казанский государственный энергетический университет, Россия); В.В. Харьков, канд. техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия) E-mail: ieremiada@gmail.com

Стабилизация вихревой структуры в мультивихревом сепараторе для улавливания частиц из природного газа

Для эффективного удаления примесей из природного газа в условиях промысла предлагается конструкция мультивихревого сепаратора, обеспечивающая образование стабильной вихревой структуры в зоне разделения. Представлена схема установки сепаратора на газовом коллекторе с описанием принципа его работы. В ходе численного исследования эффективности сепарации варьировались диаметр отверстий диска (6, 8 и 10 мм) и объемный расход газа на выходе (0,5…3 м^3/ч). Выявлены два режима работы мультивихревого сепаратора. Получена зависимость гидравлического сопротивления от среднерасходной скорости газа на входе в устройство. Оценены показатели работы сепаратора при течении природного газа на входе со скоростью до 0,21 м/с и при давлении 6 МПа. Получена зависимость сепарационной эффективности для диапазона диаметров частиц от 5 до 50 мкм. Установлено, что с увеличением скорости газа на входе в устройство и с увеличением диаметра отверстий на диске эффективность сепарации снижается.

Ключевые слова: вихри, тангенциальная скорость, эффективность сепарации, гидравлическое сопротивление.

UDC 66.074

A.V. Dmitriev, M.O. Utkin, G.R. Badretdinova (Kazan State Power Engineering University, Russia); V.V. Kharkov (Kazan National Research Technological University, Russia) E-mail: ieremiada@gmail.com

Stabilization of the vortex structure in a multivortex device for particles separation from natural gas

For effective removal of impurities from natural gas under gas-field conditions design of a multivortex separator is proposed, which provides the formation of a stable vortex structure in the separation zone. In the numerical study of the separation efficiency the diameter of the disc holes (6, 8 and 10 mm) and the volume gas flow rate at the outlet (0.5…3 m^3/h) were varied. Two operating modes of the multivortex separator are identified. The dependence of the pressure drop on the average gas velocity at the inlet to the device is obtained. The performance of the separator at a natural gas velocity of up to 0.21 m/s and at a pressure of 6 MPa is assessed. The separation efficiency dependence for the particle diameter is obtained ranging from 5 to 50 μm is obtained. It is found that with an increase in the gas velocity at the inlet to the device and the increase in the diameter of the holes on the disk, the separation efficiency decreases.

Keywords: vortices, tangent velocity, separation efficiency, pressure drop

УДК 66.081.6

С.И. Лазарев, д-р техн. наук, Д.Н. Коновалов, канд. техн. наук, М.И. Михайлин, Д.Д. Коновалов (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: kdn1979dom@mail.ru

Разработка конструкции электробаромембранного аппарата комбинированного типа для разделения растворов и методика расчета геометрических и технологических параметров такого аппарата

Разработана конструкция электробаромембранного аппарата комбинированного типа для разделения, концентрирования и очистки промышленных растворов и стоков. Разделение раствора происходит в две стадии: на первой стадии раствор проходит через плоскокамерный модуль, а на второй – через трубчатый модуль, что обеспечивает высокую степень очистки раствора. Также разработана методика расчета площади разделения, объема разделяемого раствора плококамерного и трубчатого модуля, а также объема сборников для прикатодного и прианодного

пермеата трубчатого модуля такого аппарата. Выполнены расчеты средней проницаемости по длине мембраны и общего расхода электроэнергии на разделение технологических растворов гальванических производств, содержащих соли тяжелых металлов.

Ключевые слова: конструкция, электромембранный аппарат, расчет

UDK 66.081.6

S.I. Lazarev, D.N. Konovalov, M.I. Mikhailin, D.D. Konovalov (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: kdn1979dom@mail.ru

Design development of a combined-type electrobaromembrane apparatus for separating solutions and method for calculating the geometric and technological parameters of the apparatus

The design of a combined-type electrobaromembrane apparatus for separating, concentrating and purifying industrial solutions has been developed. The separation of the solution occurs in two stages: at the first stage, the solution passes through a flat-chamber module, and at the second stage, through a tubular module, which ensures a high degree of purification of the solution. A method has been developed for calculating the separation area, the volume of the separated solution of a flat-chamber and tubular module, as well as the volume of collectors for the near-cathode and near-anode permeate of the tubular module. The calculation of the average permeability along the length of the membrane and the total power consumption for the separation of technological solutions of electroplating industries containing salts of heavy metals has been performed.

Keywords: design, electromembrane apparatus, calculation

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

Секция «Ожижение и разделение промышленных газов»

УДК 621.5

И.А. Архаров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия); А.И. Довгялло, Д.А. Угланов, доктора техн. наук, О.В. Тремкина (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Россия) E-mail: dmitry.uglanov@mail.ru

Оценка показателей эффективности схемных решений установок когенерации на базе ГТУ при использовании СПГ в качестве топлива

Представлено расчетно-аналитическое исследование энергетических установок когенерации на базе ГТУ, предназначенных для производства электроэнергии при использовании низкопотенциальной теплоты сжиженного природного газа (СПГ). Каждая энергетическая система состоит из трех контуров. В работе приведены результаты термодинамического расчета всех контуров рассматриваемых энергетических установок, а также выполнено их сравнение по эффективности, мощности, коэффициентам возврата энергии с учетом различных рабочих тел и условий на границах контуров.

Ключевые слова: низкопотенциальная энергия, низкопотенциальная энергетическая установка, сжиженный природный газ

UDC 621.5

I.A. Arkharov (Bauman Moscow State Technical University, Russia); A.I. Dovgyallo, D.A. Uglanov, O.V. Tremkina (Samara National Research University named after academician S.P. Korolev, Russia) E-mail: dmitry.uglanov@mail.ru

Evaluation of performance indicators of circuit solutions for cogeneration plants based on a gas turbine power plant using LNG as a fuel

This paper presents a computational and analytical study of cogeneration power plants based on gas turbines designed to produce electricity using the low-grade heat of liquefied natural gas (LNG). Each energy system consists of three circuits. The paper presents the results of a thermodynamic calculation of all circuits of the power plants under consideration, and also compares them in terms of efficiency, power, and energy recovery factors, taking into account various working fluids and conditions at the

boundaries of the circuits.

Key words: low-grade energy, low-grade power plant, liquefied natural gas

Секция «Криофизика, криогенная техника»

УДК 621.594

Д.И. Климанский (Лаборатория физики высоких энергий Объединённого института ядерных исследований (ЛФВЭ ОИЯИ), г. Дубна, Россия; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия); И.А. Архаров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: klimanskiy@jinr.ru

Особенности газовой системы жидководородных мишеней ЛФВЭ

Рассмотрены проблемы и особенности организации газовой системы жидководородных мишеней в Лаборатории Физики Высоких Энергий (ЛФВЭ) ОИЯИ (г. Дубна), обусловленные требованиями проведения физических экспериментов на пучках ускоренных частиц разной интенсивности, требованиями взрывобезопасности, точностью контроля и необходимостью качественной оценки состояния мишени и определения уровня жидких водорода, дейтерия, гелия в сосуде мишени, а также особенностями водородной криогенной технологии.

Ключевые слова: жидкий водород, дейтерий и гелий; GM криорефрижератор; ускорительный комплекс NICA; BM@N и SRC эксперимент

UDC 621.594

D.I. Klimanskiy (JINR VBLHEP, Dubna, Russia; Bauman Moscow State Technical University, Russia);
I.A. Arkharov (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: klimanskiy@jinr.ru

Peculiarities of the gas system of VBLHEP liquid hydrogen targets

In the presented work, the problems and peculiarities of the organization of the gas system of liquid hydrogen targets in the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics (VBLHEP) of JINR (Dubna) are considered, due to the requirements for conducting physical experiments on beams of accelerated particles of different intensities, explosion safety requirements, control accuracy and the need for a qualitative assessment of the state of the target and determination of the level of liquid hydrogen, deuterium, helium in the target vessel, as well as the features of hydrogen cryogenic technology.

Key words: liquid hydrogen, deuterium and helium; GM cryocooler; accelerator complex NICA; BM@N and SRC experiment

Секция «Холодильная техника и кондиционирование»

УДК 658.567.1

Д.Н. Ильинская, А.А. Казакова, канд. техн. наук, С.А. Токарев (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия)
E-mail: kazakova@bmstu.ru

Переработка углекислого газа на территории нефтеперерабатывающего завода

Предложено решение по переработке углекислого газа на территории Московского нефтеперерабатывающего завода. Обоснована актуальность декарбонизации на сегодняшний день. Приведен обзор практик различных видов переработки углекислого газа. Разработан эскиз технологической линии переработки углекислого газа на территории завода. Исследована экономическая целесообразность внедрения проекта.

Ключевые слова: углекислый газ, переработка CO_2, нефтеперерабатывающий завод, сухой лёд, жидкая углекислота

UDC 658.567.1

D.N. Ilyinskaya, A.A. Kazakova, S.A. Tokarev (Bauman Moscow State Technical University, Russia) kazakova@bmstu.ru

Processing of carbon dioxide at the oil refinery

This article discusses the solution of the problem of processing carbon dioxide in the Moscow refinery. The relevance of decarbonization to date is described. An overview of the practice of various types of carbon dioxide processing is made. A sketch of the technological line for processing CO_2 at the refinery has been developed. The economic feasibility of the project implementation is investigated.

Keywords: carbon dioxide, CO_2 processing, oil refinery, dry ice, liquid carbon dioxide

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ. ПРИБОРЫ

УДК 66.022.54

А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, Д.В. Стенько, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, И.С. Гуданов, канд. техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия); Д.А. Личак, канд. техн. наук (Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, Россия)

E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Анализ энергетических параметров в модели предварительного смешения дисперсных полимерных компонентов для 3D-печати

Выполнен расчет энергетических параметров при стохастическом описании процесса предватительного смешения дисперсных полимерных компонентов, применяемого для производства пластических нитей для 3D-печати. Установлено влияние электростатических свойств эллипсоидальных частиц полипропилена (первичного и вторичного) на характер моделируемых энергетических параметров и законов распределения данных частиц по углу разбрасывания в смесительном узле *барабан – лопасти* агрегата-смесителя. Показано, что при фиксированном значении угловой скорости вращения этого узла и увеличении в 1,02 раза степени деформирования лопастей при выходе из зазора наблюдается увеличение пиковых значений соответствующих функций распределения в 3,2 раза для первичного компонента и в 1,7 раза – для вторичного.

Ключевые слова: смешение, вторичные и первичные компоненты, агрегат-смеситель, энергетические параметры, стохастическая модель, функции распределения

UDC 66.022.54

A.B. Kapranova, D.V. Stenko, A.E. Lebedev, I.S. Gudanov (Yaroslavl State Technical University, Russia); D.A. Lichak (Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Russia) E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Analysis of energy parameters in the model of pre-mixing of dispersed polymer components for 3D printing

The energy parameters are calculated for a stochastic description of the process of pre-mixing of dispersed polymer components used for the production of plastic filaments for 3D printing. The influence of the electrostatic properties of ellipsoidal particles of polypropylene (primary and secondary) on the nature of the simulated energy parameters and the laws of distribution of these particles over the scattering angle in the mixing unit of the drum - mixer blades has been established. It is shown that at a fixed value of the angular velocity of rotation of this node and an increase in the degree of deformation of the blades by 1.02 times at the exit from the gap, an increase in the peak values of the corresponding distribution functions by 3.2 times for the primary component and 1.7 times for the secondary component is observed.

Keywords: mixing, secondary and primary components, mixing unit, energy parameters, stochastic model, distribution functions

УДК 66.021.3:66.069.833

А.В. Степыкин, канд. техн. наук, Н.С. Горюнов, Л.А. Малыгин, А.А. Сидягин, д-р техн. наук, Д.М. Бухаров, Е.М. Тутанина (Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия) E-mail: cngh@yandex.ru

Влияние высоты микронеровностей поверхности на смачиваемость полимерных насадочных устройств

Исследовано растекание пленки жидкости по полимерным пластинам с микронеровностями различной высоты. Представлено качественное и количественное сравнение степени смачиваемости исследуемых пластин. Установлено, что пластина с высотой микронеровностей 0,5 мм отличается лучшей смачиваемостью, чем гладкая пластин,а при всех значениях плотности орошения. При этом пластина с высотой микронеровностей 1,2 мм смачивается лучше гладкой пластины лишь начиная с плотности орошения U = 0,61 м^3/(м ч). При плотностях орошения выше U = 0,78 м^3/(м ч) степень смачиваемости данной пластины наибольшая.

Ключевые слова: полимерная насадка, структура поверхности, сетчатая структура, смачиваемость, пленка жидкости.

UDC 66.021.3:66.069.833

A.V. Stepykin, N.S. Goryunov, L.A. Malygin, A.A. Sidyagin, D.M. Bukharov, E.M. Tutanina (Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev) E-mail: cngh@yandex.ru

Influence of the height of fine surface irregularities on the wettability of polymer packing devices

Spreading of a liquid film over polymer plates with different sizes of micro-dimensions was studied at a laboratory stand. According to the results of these studies, it was found that the height of the profile affects the wettability of the surface. Both qualitative and quantitative comparison of the degree of wettability of the studied plates is presented. It has been found that a plate with a height of micro-dimensions 0.5 mm high has better wettability at all values of irrigation density in comparison with a smooth plate. At the same time, a plate with a profile height t = 1.2 mm is wetted better than a smooth sample only starting from the irrigation density U = 0.61 m^3/ (m h). At irrigation densities above U = 0.78 m^3/(m h), the degree of wettability of this sample is the highest.

Keywords: polymer packing, surface structure, mesh structure, wettability, liquid film

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 2–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66.011

К.А. Муллабаев, С.К. Чуракова, д-р техн. наук (Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия) E-mail: kamil200995@gmail.com

Разработка математической модели истечения дисперсной фазы с применением метода Volume of Fluid

Разработана математическая модель истечения дисперсной фазы с применением метода Volume of Fluid (VOF). На основании опытных и расчетных данных по периоду образования капли проведена статистическая обработка полученных результатов, подтверждена адекватность математической модели. С использованием разработанной модели определена критическая скорость истечения, соответствующая переходу из капельного режима в струйный. Полученное значение критической скорости хорошо согласуется со значением критической скорости, рассчитанным по традиционной методике. Разработанная CFD модель может быть полезна при анализе конструктивного оформления распределительных устройств с целью обеспечения эффективного распределения дисперсной фазы в колонных аппаратах.

Ключевые слова: адекватность модели, критическая скорость истечения, метод VOF, моделирование, отверстие, период образования капли, эксперимент.

UDC 66.011

K.A. Mullabaev, S.K. Churakova (Ufa State Petroleum Technological University, Russia) E-mail: kamil200995@gmail.com

Development of a mathematical model of the dispersed phase outflow using Volume of Fluid method

By using Volume of Fluid method (VOF), the dispersed phase outflow mathematical model has been developed. Based on experimental and calculated data on the drop formation time, statistical data processing was carried out, during which the adequacy of the mathematical model was confirmed. The developed model was used to determine the critical outflow velocity corresponding to the transition from the drop regime to the jet regime. The obtained value of the critical velocity is in good agreement with the value calculated by the existing calculation method. The developed CFD model can be used in the analysis of the distributor design in order to ensure efficient distribution of the dispersed phase in columns.

Keywords: critical outflow velocity, drop formation time, experiment, model adequacy, orifice, simulation, VOF method

УДК 665.733.5:665.761

И.С. Гуданов, Ю.Б. Лаврентьев, А.А. Ватагин, кандидаты техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, Д.С. Долгин (Ярославский государственный технический университет, Россия) E-mail: goudanov@yandex.ru

О результатах разработки конструкции струйного реактора сернокислотного алкилирования второй ступени

Предлагается повышение эффективности процесса сернокислотного алкилирования на мощностях НПЗ с внедрением в процесс новой конструкции струйного реактора. Повышение эффективности процесса доказано с применением численного моделирования по полученным гидродинамическим картинам распределения скоростей потоков в аппарате.

Ключевые слова: алкилирования, реактор, кислота, CAD, расчеты, модернизация, эффективность

UDC 665.733.5:665.761

I.S. Gudanov, Yu.B. Lavrentiev, A.A. Vatagin, A.E. Lebedev, D.S. Dolgin (Yaroslavl State Technical University, Russia) E-mail: goudanov@yandex.ru

On the results of the design development of a jet reactor for sulfuric acid alkylation of the second stage

The article discusses the increase in the efficiency of the sulfuric acid alkylation process at refinery facilities by means of the introduction of a new jet reactor design into the existing process. Efficiency has been proven using numerical simulations based on the obtained hydrodynamic flow speed distribution patterns.

Keywords: alkylation, reactor, acid, CAD, calculations, modernization, efficiency

УДК 66.095.26

П.А. Галкин, канд. техн. наук, Ю.Т. Селиванов, С.И. Лазарев, доктора техн. наук, М.С. Абрамов (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: paragam@inbox.ru

Влияние температуры на устойчивость реакционной системы при суспензионной полимеризации метилметакрилата

Рассмотрено аппаратурное оформление процесса суспензионной полимеризации в непрерывном режиме. При реализации процесса суспензионной полимеризации на кинетику процесса полимеризации большое влияние оказывают дисперсность реакционной системы и температура среды. Проведены экспериментальные исследования для определения влияния температуры на продолжительность существования («время жизни») отдельных капель дисперсной фазы реакционной системы в контакте друг с другом или с межфазной поверхностью. Достаточным фактором обеспечения устойчивости системы может являться ламинарный режим перемешивания, при котором механическое воздействие на систему не столь велико. Разработаны и прошли апробацию в промышленных условиях запатентованные конструкции аппаратов с мешалками для обеспечения рационального режима перемешивания дисперсной фазы.

Ключевые слова: реактор с мешалкой, суспензионная полимеризация, дисперсная фаза, монодисперсная эмульсия

UDC 66.095.26

P.A. Galkin, Yu.T. Selivanov, S.I. Lazarev, M.S. Abramov (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: paragam@inbox.ru

Effect of temperature on the stability of the reaction system in suspension polymerization of methyl methacrylate

The hardware design of the continuous process of suspension polymerization has been considered. Kinetics of the polymerization process in suspension is greatly influenced by the dispersity of the reaction system and the temperature of medium. Experimental studies have been carried out to evaluate effect of temperature on lifetime of individual dispersed phase droplets in contact with each other or with an interfacial surface. A sufficient factor to ensure the stability of system can be the laminar mixing regime, in which the mechanical effect on the system is not so great. Patented designs of devices with agitators that allow mixing of the dispersed phase have been developed and tested in industrial conditions.

Keywords: reactor with stirrer, suspension polymerization, dispersed phase, monodisperse emulsion

УДК 62-405.6:621.01:62-932.2

А.А. Ватагин, И.С. Гуданов, кандидаты техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, Д.С. Долгин (Ярославский государственный технический университет, Россия) E-mail: vatagerr@bk.ru

Совершенствование процессов смешивания сыпучих сред, склонных к сегрегации, в аппаратах с подвижной лентой

Во избежание сегрегации смеси (ее разделения в процессах получения и выгрузки) предложено процесс смешивания осуществлять в дисперсном состоянии с организацией раздельного, независимого разбрасывания каждого компонента с последующими наложением потоков частиц и ударным взаимодействием сформированных потоков с эластичным отбойным органом. Это целесообразно осуществлять в смесителях с подвижной транспортерной лентой, связывающей все узлы агрегата в единую систему.

Ключевые слова: смешивание, сыпучие материалы, сегрегация, транспортер, вероятностный подход

UDC 62-405.6:621.01:62-932.2

A.A. Vatagin, I.S. Gudanov, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova, D.S. Dolgin (Yaroslavl State Technical University) E-mail: goudanov@yandex.ru

Improving the processes of mixing bulk media prone to segregation in a moving belt apparatus

In order to prevent segregation of mixture (its separation in the process of preparation and unloading) it is proposed to carry out the mixing process in a dispersed state, while organizing separate, independent scattering of each component, followed by overlapping of flows and impact interaction of the formed flows with an elastic fender. It is advisable to carry out this in mixers with a movable conveyor belt that connects all units of the unit into a single system.

Keywords: mixing, bulk materials, segregation, conveyor, probabilistic approach

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.593

А.В. Шакуров, канд. техн. наук, Л.М. Колышкин (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия)
E-mail: shakurov@bmstu.ru

Исследование режимов работы криогенного распылительного смесительного газификатора с регулируемой производительностью

Предложен новый тип газификатора жидкого азота, обеспечивающего возможность полезного использования теплоты фазового перехода для получения потока холодного газа. Рассчитана и спроектирована проточная часть криогенного распылительного смесительного газификатора, позволяющего обеспечить увеличение энергетической эффективности такого аппарата. Аппарат изготовлен с применением FFF трехмерной печати пластиком и применен в установке для проведения общей криотерапии. Получены зависимости массового расхода жидкого азота через распылитель от давления в сосуде, размеров и количества форсунок, а также получены зависимости массового расхода газа на выходе аппарата и перепада температур в аппарате. Показаны возможности регулирования производительности газификатора за счет применения импульсной подачи жидкого азота. Результаты работы показали возможности и перспективы применения на практике пластиковых криогенных распылительных смесительных газификаторов сложной формы с регулируемой производительностью и быстрым выходом на режим криогенных температур.

Ключевые слова: газификация, распыление, смеситель, жидкий азот, трёхмерная печать послойным наплавлением пластика

UDC 621.593

A.V. Shakurov, L.M. Kolyshkin (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: shakurov@bmstu.ru

Study of the operating modes of a spray mixing cryogenic gasifier with controlled productivity

This study proposes a new type of liquid nitrogen gasifier with the ability to use the heat of phase transition to supply a cold gas stream to a consumer. The cryogenic spray mixing gasifier was designed, which makes it possible to increase the energy efficiency of the apparatus in comparison with analogues. The apparatus is made using FFF 3D plastic printing and used in a whole body cryotherapy unit. The dependences of the mass flow rate of liquid nitrogen through the sprayer on the pressure in the vessel, the

size and number of nozzles are obtained, as well as the dependences of the mass flow rate of gas and the temperature drop across it. The possibilities of regulating the productivity of the gasifier through the use of pulsed supply of liquid nitrogen are analyzed. The results of the study showed the possibilities and prospects for the practical use of complex-shaped plastic cryogenic spray mixing gasifiers with controlled performance and quick access to the cryogenic temperatures.

Keywords: gasification, spraying, mixer, liquid nitrogen, PETG fused filament fabrication

УДК 621.585

В.Б. Сапожников, д-р техн. наук, М.А. Угольникова, канд. техн. наук, В.В. Чернявская (Московский политехнический университет, Россия)
E-mail: set-square@mail.ru

Оценка эффективности работы устройств низкотемпературного разделения жидких сред при двухступенчатом вымораживании с предварительным охлаждением

Предлагается конструкция устройства низкотемпературного разделения жидких сред с двухступенчатым вымораживанием с использованием намороженного льда в качестве холодоаккумуляционной массы для предварительного охлаждения продукта. Представлена методика расчета динамики намораживания водного льда на внутренней цилиндрической поверхности – рабочей поверхности предложенного устройства. Проведено сравнение эффективности применения устройств с одноступенчатым и двухступенчатым вымораживанием.

Ключевые слова: низкотемпературное разделение жидких сред, криоконцетратор, динамика намораживания, водный лед, двухступенчатое вымораживание

UDC 621.585

V.B. Sapozhnikov, M.A. Ugolnikova, V.V. Chernyavskaya (Moscow Polytechnic University, Russia) E-mail: set-square@mail.ru

Evaluation of the efficiency of devices for low-temperature separation of liquid media with two-stage freezing and pre-cooling

The design of a device for low-temperature selection of liquid media with two-stage freezing is proposed, in which frozen ice is used as a cold-accumulation mass for cooling the product. A method for calculating the dynamics of water ice freezing on the inner surface of the cylinder - the working surface of the proposed device, is also proposed. The efficiency of applying methods with one-stage and two-stage freezing is compared.

Keywords: low-temperature separation of liquid media, cryoconcentrator, freezing dynamics, water ice, two-stage freezing

УДК 621.51:62-932.4:66.081

А.А. Жердев, д-р техн. наук, А.А. Подчуфаров, А.В. Шакуров, кандидаты техн. наук, А.И. Устюшкина (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: azherdev@bmstu.ru

Исследование адсорбционных характеристик композитных и гранулированных адсорбентов

Исследованы адсорбционные характеристики адсорбентов в гранулированном виде и в формованном виде. Проанализированы изображения поверхности адсорбционных материалов. На основе эксикаторного метода исследования адсорбционных материалов построены изотермы адсорбции, на основании которых сделан вывод: для изготовления композитных адсорбционных материалов оптимально подходит активный оксид алюминия. При этом адсорбционная емкость композитных материалов меньше адсорбционной емкости гранулированного адсорбента на 10…15 %, что компенсируется более высокими значениями плотности.

Ключевые слова: адсорбция, сжатый воздух, осушитель, осушка газа, адсорбент, монолит, композит

UDC 621.51:62-932.4:66.081

A.A. Zherdev, A.A. Podchufarov, A.V. Shakurov, A.I. Ustyushkina (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: azherdev@bmstu.ru

Adsorption characteristics of composite and granulated adsorbents

A study of the adsorption characteristics of adsorbents in granular and molded form was carried out. Images of the surface of adsorption materials are analyzed. Based on the desiccator method for studying adsorption materials adsorption isotherms were constructed, on the basis of which it was concluded that active alumina is best suited for the manufacture of composite adsorption materials. The adsorption capacity of composite materials is less than the adsorption capacity of the granulated adsorbent by 10…15 %, which is compensated by higher density values.

Keywords: adsorption, compressed air, dehumidifier, gas dehumidification, adsorbent, monolith, composite

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук, А.Х.-С. Тегжанов, канд. техн. наук, Г.И. Екимов (Омский государственный технический университет, Россия)
E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Разработка опытного образца поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами и стенда для исследования образца машины

Дана классификация конструкций ПГЭМОД и установлено, что для организации рубашечного охлаждения поршневого компрессора целесообразно использовать поршень компрессора для обеспечения не только всасывания газа, но и всасывания жидкости. Для организации обратного течения жидкости целесообразно задействовать часть сжатого газа. Разработана принципиальная схема поршневой гибридной энергетической машины объемного действия, которая защищена патентом РФ. На основании разработанной схемы проведена конструктивная разработка новой цилиндропоршневой группы, созданы экспериментальный образец машины и экспериментальный стенд, оснащенный необходимой контрольно-измерительной аппаратурой. Рассмотрена методика измерения основных термодинамических и расходных параметров при работе машины.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина, охлаждающая жидкость, поршневой компрессор, поршневой насос, число оборотов коленчатого вала, давление нагнетания

UDC 621.512

V.E. Shcherba, A.K.-S. Tegzhanov, G.I. Ekimov (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Development of a pilot sample of the positive displacement hybrid power machine with two suction valves and a stand for its research

The classification of existing PHPMs has been carried out and it has been established that for the organization of jacket cooling of a reciprocating compressor, it is advisable to use a compressor piston, which provides not only gas suction, but also liquid suction. To organize the reverse flow of liquid, it is advisable to use part of the compressed gas. A schematic diagram of a positive displacement hybrid power machine has been developed, which is protected by a patent of the Russian Federation. On the basis of the developed scheme, a constructive development of a new cylinder-piston group was carried out and an experimental sample was created. An experimental stand was developed with the necessary control and measuring equipment. The paper considers a technique for measuring the main thermodynamic and flow parameters.

Keywords: piston hybrid power machine, coolant, piston compressor, piston pump, crankshaft speed, discharge pressure

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ. ПРИБОРЫ

УДК 66.015.23

Н.А. Войнов, д-р техн. наук, А.В. Богаткова, Д.А. Земцов, Н.Ю. Кожухова, кандидаты техн. наук, В.А. Чернов (Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия) E-mail: n.a.voynov@mail.ru

Насадочная тарелка перекрестного тока для укрепляющей колонны

Представлены результаты исследования гидродинамики и массообмена насадочной тарелки перекрестного тока с применением следующих насадок – спирально-призматической, регулярной, колец Рашига. Получены экспериментальные данные величины гидравлического сопротивления, эффективности при ректификации и абсорбции, удерживающей способности по жидкости. Установлено, что наибольшей эффективностью отличается тарелка со спирально-призматической насадкой. Проведено сравнение насадочных ректификационных колонн. Показано, что колонна с насадочными тарелками перекрестного тока отличается меньшей массой насадки, меньшим гидравлическим сопротивлением и большим диапазоном нагрузки по пару.

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, колонна, насадка, ректификация, тарелка, эффективность

UDC 66.015.23

N.A. Voinov, A.V. Bogatkova, D.A. Zemtsov, N.Yu. Kozhukhova, V.A. Chernov (Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Russia)
E-mail: n.a.voynov@mail.ru

Cross-current packing tray for a strengthening column

The results of hydrodynamics and mass transfer studies of cross-current packing plate with the following packing - spiral prismatic, regular, Raschig rings are presented. Experimental data of hydraulic resistance value, efficiency at rectification and absorption, retention capacity by liquid have been obtained. It has been determined that the most effective is a tray with a spiral prismatic packing. The comparison of packing rectification columns is carried out. It is shown that the column with cross-current trays has a lower weight of the packing, lower pressure drop and a larger range of steam load.

Keywords: pressure drop, column, packing, rectification, tray, efficiency

УДК 621.355

А.В. Гуськов, д-р техн. наук, П.В. Марченко (Новосибирский государственный технический университет, Россия); Г.В. Кузнецов, д-р физ.-мат. наук (Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия) E-mail: a.guskov@corp.nstu.ru

Экспериментальный анализ тепловых режимов аккумуляторных батарей

Сформулирована проблема работоспособности накопителей энергии, в том числе аккумуляторных батарей. Разработана методика экспериментального определения температуры в характерных точках аккумуляторной батареи и электролита. Установлены зависимости температур в характерных точках от продолжительности заряда и разряда. Показано, что при разных токовых нагрузках увеличение силы тока и температуры воздуха, окружающего батарею, приводят к увеличению температуры во всех точках корпуса батареи и электролита. Установлена связь режима работы батареи (заряд или разряд) и изменений температуры. Выделены условия работы, при которых температура электролита батареи превышает предельно допустимый уровень температуры (50 °С) через 2 ч работы.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, температура, заряд, разряд, зависимость, ток, энергия

UDC 621.355

A.V. Guskov, P.V. Marchenko (Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia); G.V. Kuznetsov (Tomsk State University, Tomsk, Russia) E-mail: a.guskov@corp.nstu.ru

Experimental analysis of thermal modes of accumulator batteries

Variants of energy storage devices are considered, among them batteries are highlighted. A method of experimental studies of temperature at characteristic points of the battery and electrolyte is proposed. The results of the temperature dependence at these points on the duration of both charge and discharge processes are presented. The analysis of the temperature change of the battery in the characteristic points of the housing at different loads of charge and discharge is carried out. It is

highlighted that an increase in the current and temperature of the environment surrounding the battery leads to an increase in temperature at the measured points of the battery housing and, accordingly, inside. The connection between the battery operation mode (charge or discharge) and temperature changes is highlighted. With a load current of 18 amperes, the temperatures of the electrolyte and the battery plates exceed the maximum permissible temperature level (50 °C) after 2 hours of operation.

Keywords: battery, temperature, charge, discharge, dependence, current, energy

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 66.071.6

Д.Д. Фазуллин, канд. техн. наук, Г.В. Маврин, канд. хим. наук, Л.И. Фазуллина (Казанский федеральный университет, г. Набережные Челны, Россия);
И.Г. Шайхиев, д-р техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия)
E-mail: denr3@yandex.ru

Нанофильтрация паровоздушной смеси от предельных углеводородов с применением композиционных мембран

Проведены исследования в области очистки воздуха от паров предельных углеводородов методом нанофильтрации с использованием коммерческих мембран из полиэфирсульфона (ПЭС) и композиционной мембраны на бумажной основе с поверхностным слоем из ацетата целлюлозы (МАЦ-3), полученной на подложке из фильтровальной бумаги методом погружения одной из сторон подложки в трехкомпонентный раствор полимера. Толщина композиционной мембраны составила 121 мкм, пористость 46,4 %. Задерживающая способность композиционной мембраны и коммерческих ПЭС мембран исследована при разделении паровоздушной смеси *бензин – воздух*. Проницаемость композиционной мембраны МАЦ3 и коммерческой мембраны марки ПЭС-30 при разделении паровоздушной смеси составила 0,33 дм^3/(м^2·ч·КПа). Установлена высокая задерживающая способность композиционной мембраны МАЦ-3 по нонану и декану – более 90 %, средняя задерживающая способность по алканам – более 88,6 %. Среди мембран марки ПЭС наиболее высокая задерживающая способность по алканам установлена у мембраны ПЭС-30 – более 93 %.

Ключевые слова: алканы, предельные углеводороды, разделение газов, фактор разделения, проницаемость, паровоздушная смесь, бензин

UDC 66.071.6

D.D. Fazullin, G.V. Mavrin, L.I. Fazullina (Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia); I.G. Shaikhiev (Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia) E-mail: denr3@yandex.ru

Nanofiltration of vapor-air mixture for removal of saturated hydrocarbons using composite membranes

Research was carried out in the field of air purification from vapors of saturated hydrocarbons by nanofiltration using commercial nanofiltration membranes made of polyethersulfone (PES) and a paper-based composite membrane with a surface layer of cellulose acetate (MAC-3). The membrane was obtained on a filter paper substrate by immersing one of the sides of the substrate in a three-component polymer solution. The porosity of the resulting membrane is 46.4 %. The membrane thickness determined by the eddy current method was 121 μm. The retention capacity of the composite membrane and commercial PES membranes was studied by separating the vapor-air mixture of gasoline-air. The permeability of the MAC-3 composite membrane and the commercial PES-30 brand membrane during separation of the gasoline-air vapor-air mixture was 0.33 dm^3/m^{2}h·KPa. The high retention capacity of the MAC-3 composite membrane was found to be more than 90% for nonane and decane; on average, the retention capacity for alkanes was more than 88.6%. Of the commercial membranes of the PES brand, the highest retention capacity for alkanes was found in the PES-30 membrane, more than 93%.

Keywords: alkanes, saturated hydrocarbons, gas separation, separation factor, permeability, vapor-air mixture, gasoline

УДК 66.081.6

С.И. Лазарев, И.В. Хорохорина, доктора техн. наук, М.И. Михайлин, О.С. Филимонова (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: kotelnikovirina@yandex.ru

Извлечение тяжелых металлов из промывочных вод гальванических производств и методика расчета электродеионизационного аппарата

Исследованы кинетические характеристики процесса непрерывной электродеионизации растворов тяжелых металлов с использованием ионообменных мембран МА-41П, МК-40 и ионообменных материалов в межмембранных каналах. Разработана методика расчета электродеионизационного плоскокамерного аппарата для извлечения ионов тяжелых металлов из технологических растворов. Расчетами установлено, что энергозатраты на проведение электродеионизации в 10 раз меньше по сравнению с энергозатратами при электродиализе.

Ключевые слова: электродеионизация, методика, мембраны, тяжелые металлы

UDC 66.081.6

S.I. Lazarev, I.V. Khorokhorina, M.I. Mikhailin, O.S. Filimonova (Tambov State Technical University, Tambov, Russia) E-mail: kotelnikovirina@yandex.ru

Extraction of heavy metals from washing waters of electroplating industries and calculation method for electrodeionization apparatus

The kinetic characteristics of the process of continuous electrolytic ionization using ion-exchange membranes MA-41P, MK-40 and filling of ion-exchange materials in intermembrane channels were studied. A method for calculating an electrodeionization flat-chamber apparatus for the extraction and detection of metals from technological solutions has been developed. Calculations have shown that the energy consumption for conducting electrodeionization is 10 times less compared to electrodialysis.

Keywords: electrodeionization, technique, membranes, heavy metals

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 3–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 62-98

И.Ю. Голованов, Е.Ю. Баранова, канд. техн. наук, А.С. Соколов, канд. техн. наук (Московский политехнический университет, Россия);
М.Г. Лагуткин, д-р техн. наук (МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва). E-mail: igol95@yandex.ru

Влияние толщины стенки колец Рашига на энергетические затраты при эксплуатации колонного оборудования

Приведены результаты анализа влияния толщины стенки колец Рашига в насыпных насадках на энергетические затраты при эксплуатации колонного оборудования на примере сушильной башни производства серной кислоты. Представлены уравнения регрессии и графические зависимости удельной поверхности и свободного объема насыпной насадки из колец Рашига, а также гидравлического сопротивления и энергетических затрат при эксплуатации колонного оборудования от толщины стенки колец Рашига.

Ключевые слова: колонное оборудование, насыпная насадка, кольца Рашига, удельная поверхность, свободный объем, толщина стенки насадки, энергетические затраты

UDC 62-98

I.Yu. Golovanov, E.Yu. Baranova, A.S. Sokolov (Moscow Polytechnic University, Russia); M.G. Lagutkin (MIREA — Russian Technological University, Moscow).
E-mail: igol95@yandex.ru

Effect of the Raschig rings thickness on the energy consumption during the operation of column apparatuses

The article presents an analysis of the effect of the thickness of Raschig rings in bulk nozzles on energy consumption during the operation of column apparatuses on the example of a drying tower for the production of sulfuric acid. Regression equations and graphs of the effect of the thickness of the Raschig rings on the specific surface and free volume of the bulk nozzle of the Raschig rings, as well as hydraulic resistance and energy consumption during the operation of column apparatuses are presented.

Keywords: column apparatus, bulk nozzle, Raschig rings, specific surface area, free volume, nozzle thickness, energy consumption

УДК 621.928.37

В.О. Яблонский, канд. техн. наук (Волгоградский государственный технический университет, Россия) E-mail: everest58@mail.ru

Моделирование разделения вязкопластических сред в цилиндроконическом гидроциклоне напорной флотацией

Математическая модель разделения неоднородных жидких систем в поле центробежных сил адаптирована к процессу очистки вязкопластических жидкостей в цилиндроконическом гидроциклоне напорной флотацией. В модели учтено действие сил инерции, сил Кориолиса и присоединенной массы жидкости. Система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая процесс флотации, сведена к системе обыкновенных дифференциальных уравнений и решена численным методом с учетом геометрии рабочего пространства цилиндроконического гидроциклона. На основе разработанной математической модели проанализировано влияние фактора разделения на остаточную концентрацию частиц

твердой фазы при различных значениях угла конусности корпуса и числа пластичности. Приведено физическое обоснование результатов. Полученные результаты могут быть использованы при расчёте оборудования для разделения вязкопластических сред в гидроциклонах напорной флотацией.

Ключевые слова: вязкопластическая жидкость, предел текучести, напорная флотация, цилиндроконический гидроциклон, число пластичности, фактор разделения, показатель нелинейности, индекс консистентности, остаточная концентрация

UDC 621.928.37

V.O. Yablonskiy (Volgograd State Technical University, Russia)
E-mail: everest58@mail.ru

Modeling of separation of viscoplastic media in a cylindrical-conical hydrocyclone by pressure flotation

The mathematical model of separation of inhomogeneous liquid systems in the field of centrifugal forces is adapted to the process of purification of viscoplastic liquids in a cylindrical-conical hydrocyclone by pressure flotation. The model takes into account the action of inertia forces, Coriolis and the attached mass of liquid. The system of partial differential equations describing the flotation process is reduced to a system of ordinary differential equations and solved numerically taking into account the geometry of the working space of a cylindrical-conical hydrocyclone. Based on the developed mathematical model, the influence of the separation factor on the residual concentration of solid phase particles at different values of the body taper angle and the plasticity number is analyzed. The physical justification of the obtained results is given. The results obtained can be used in the calculation of equipment for the separation of viscoplastic media in hydrocyclones by pressure flotation.

Keywords: viscoplastic fluid, yield strength, pressure flotation, cylindrical-conical hydrocyclone, plasticity number, separation factor, nonlinearity index, consistency index, residual concentration

УДК 66-6:66-97

В.А. Авроров, д-р техн. наук (Пензенский государственный технологический университет, Россия) E-mail: v_avrorov@bk.ru

Энергосберегающие тепловые установки с направленным подводом инфракрасного излучения

Рассмотрены вопросы создания энергосберегающих тепловых установок на основе использования инфракрасных (ИК) излучателей с направленным подводом излучения. Приведена классификация и дан анализ применяемых ИК-излучателей. Приведены результаты исследований по выбору исполнения точечных источников ИК-излучения для применения в тепловых установках, обеспечивающих сфокусированно-направленный подвод тепловой энергии к нагреваемым материалам без дополнительной установки отражателей-рефлекторов. Приведены сравнительные числовые данные инфракрасных зеркальных ламп и трубчатых термоэлектронагревателей по плотности потока излучения с единицы поверхности, передаваемого облучаемому материалу. Осуществлен выбор конструкционного материала для изготовления рабочих зон тепловых установок с наилучшими условиями теплообмена. Определена потребляемая мощность ламповых излучателей при разных расстояниях между поверхностью излучения и нагреваемым образцом материала. Показано, что при использовании автоматического регулятора *напряжение – температура* погрешность между задаваемой и фактической температурой – в пределах 1,5…2,0 ^{o}C. Приведены примеры конструктивно-технологические схем тепловых установок с направленным подводом ИК-излучения

Ключевые слова: инфракрасное излучение, генераторы ИК-излучения, тепловые установки с направленным подводом ИК излучения

UDC 66-6:66-97

V.A. Avrorov (Penza State Technological University, Russia) E-mail: v_avrorov@bk.ru

Energy-saving thermal installations with directional supply of infrared radiation

The article discusses the issues of creating energy-saving thermal installations based on the use of infrared (IR) emitters with directional radiation supply. The classification and analysis of known IR

emitters are given. The results of studies on the choice of the design of point sources of IR radiation for use in thermal installations providing focused-directed supply of thermal energy to heated materials without additional installation of reflectors-reflectors are presented. Comparative numerical data of infrared mirror lamps and tubular thermoelectric heaters on the power of the heat flow transmitted to the irradiated material are presented. The choice of a structural material for the manufacture of working areas of thermal installations, which provides the best conditions for heat exchange, has been carried out. The power consumption of the lamp emitter is determined at different distances between the radiation surface and the heated material sample. It is shown that the use of an automatic voltage-temperature controller provides an error between the set and the actual temperature in the range of 1.5…2 ^{o}C. Examples of structural and technological schemes of thermal installations with a directional supply of IR radiation are given.

Keywords: infrared radiation, IR radiation generators, thermal installations with directional IR radiation supply

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 662.62:662.75:662.94

Д.В. Гвоздяков, А.В. Зенков, кандидаты техн. наук (Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия)
E-mail: dim2003@tpu.ru

Свойства и характеристики водоугольных суспензий с добавками пирогенетической жидкости

Представлены результаты исследований теплотворной способности и динамической вязкости водоугольных суспензий с добавками пирогенетической жидкости. Введение в состав двухкомпонентного водоугольного топлива пирогенетической жидкости в относительно небольших количествах (не более 10 % мас.) способствует увеличению теплотворной способности суспензии на 6 %. Наибольшее увеличение вязкости трехкомпонентных суспензий в сравнении с двухкомпонентным водоугольным топливом (на 9 %) характерно для топлива с добавками наиболее калорийной (3,5 МДж/кг) пирогенетической жидкости.

Ключевые слова: бурый уголь, водоугольная суспензия, пирогенетическая жидкость

UDC 662.62:662.75:662.94

D.V. Gvozdyakov, A.V. Zenkov (Tomsk Polytechnic University, Russia)
E-mail: dim2003@tpu.ru

Properties and characteristics of coal-water slurries with pyrogenetic liquid

The results of complex studies of the calorific value and dynamic viscosity of coal-water slurries with various types of pyrogenetic liquid are presented. It was found that the calorific value of pyrogenetic liquid samples differs by 19 %. Introduction of pyrogenetic liquid into the composition of two-component coal-water fuel in relatively small quantities (no more than 10 % by weight) promotes the growth of the calorific value of the slurry by at least 6 %. The greatest increase in the coal-water slurry viscosity in comparison with two-component coal-water fuel (by 9 %) is characteristic of fuel with pyrogenetic liquid with the highest value of calorific value.

Keywords: coal, coal-water slurry, pyrogenetic liquid

УДК 66.081.6

С.В. Ковалев, О.А. Ковалева, доктора техн. наук, И.С. Седоплатов (Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Россия)
E-mail: sseedd@mail.ru

Методика расчета объема, массы электрохимического мембранного аппарата рулонного типа для разделения промышленных растворов

При анализе конструкций электрохимических мембранных аппаратов выявлено: перспективным является аппарат рулонного типа с большой площадью электрохимического мембранного разделения раствора при минимальной площади, занимаемой аппаратом на

производстве. Предложена методика расчета устройства рулонного типа для определения его конструктивных параметров (объема и массы элементов аппарата).

Ключевые слова: мембрана, конструкция, аппарат, расчет, раствор, разделение

UDC 66.081.6

S.V. Kovalev, O.A. Kovaleva, I.S. Sedoplatov (Derzhavin Tambov State University, Russia) E-mail: sseedd@mail.ru

Method for calculating the volume, mass of a roll-type electrochemical membrane apparatus for separation of industrial solutions

The analysis of the designs of electrochemical membrane apparatuses showed that a roll-type apparatus is promising, providing a large area of electrochemical membrane separation of the solution with a minimum footprint on the facility. A method for calculating a roll-type device is proposed, which makes it possible to determine its design parameters (volume and mass of elements).

Keywords: membrane, construction, apparatus, calculation, solution, separation

УДК 66.074.2

М.А. Юровская, В.К. Леонтьев, канд. техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия)
E-mail: barashevama@ystu.ru

Расчет минимального диаметра частиц, улавливаемых на второй ступени пылеуловителя-классификатора

Подобрана методика расчета инерционной ступени пылеуловителя-классификатора. Проведен расчет минимального размера частиц, улавливаемых на второй ступени аппарата. Проведен сравнительный анализ опытных и расчетных данных, полученных для частиц абразива и строительного песка.

Ключевые слова*:* инерционное осаждение частиц, пылеуловитель-классификатор, минимальный размер частиц, инерционный критерий подобия

UDC 66.074.2

M.A. Yurovskaya, V.K. Leontiev, A.E. Lebedev (Yaroslavl State Technical University, Russia) E-mail: barashevama@ystu.ru

Calculation of the minimum diameter of particles trapped in the second stage of the dust collector-classifier

A method for calculating the inertial stage of a dust collector-classifier has been selected. The calculation of the minimum size of particles captured at the second stage of the apparatus was carried out. A comparative analysis of the experimental and calculated data obtained for abrasive particles and building sand was carried out.

Keywords: inertial particle settling, dust collector-classifier, minimum particle size, inertial similarity criterion

БЕЗОПАСНОСТЬ. ДИАГНОСТИКА. РЕМОНТ

УДК 620.165.29:620.162.4:620.179.17

И.А. Растегаев, канд. физ.-мат. наук, А.К. Хрусталев, И.И. Растегаева (Тольяттинский государственный университет, Россия); П.Н. Зорин (ООО «Диагност», г. Тольятти, Россия)
E-mail: RastIgAev@yandex.ru

Особенности локализации мест течи раствора едкого натра с применением метода акустической эмиссии

Проведен анализ сигналов акустической эмиссии, зарегистрированных в нескольких местах истечения едкого натра из трубопровода при манометрическом контроле его герметичности непосредственно во время эксплуатации. На основании полученных результатов установлен параметрический образ источника акустической эмиссии из мест течи раствора едкого натра и выдвинуто предположение о его физической природе. Даны рекомендации для выбора критериев оценки класса опасности источника акустической эмиссии данного вида и оценена погрешность

его локализации с применением линейных антенных групп. Поскольку экспериментальные данные получены промышленной системой акустико-эмиссионного контроля с низкочастотными преобразователями, то возможен прямой перенос полученных результатов на промышленный контроль герметичности протяженных объектов с едким натром с применением метода акустической эмиссии.

Ключевые слова: трубопровод, едкий натр, неразрушающий контроль, акустическое течеискание, акустическая эмиссия

UDC 620.165.29:620.162.4:620.179.17

I.A. Rastegaev, A.K. Khrustalev, I.I. Rastegaeva (Togliatti State University, Togliatti, Russia); P.N. Zorin (Diagnost Ltd, Togliatti, Russia) E-mail: RastIgAev@yandex.ru

Features of localization of sodium hydroxide solution leakage using the acoustic emission method

The paper analyzes the acoustic emission signals recorded in several places of the caustic soda outflow from the pipeline during manometric control of its tightness directly during operation. Based on the results obtained, a parametric image of the source generating acoustic emission from the places of caustic soda leaks was established and an assumption was made about its physical nature. Recommendations are given for the selection of criteria for assessing the hazard class of an acoustic emission source of this type and the error of its localization using linear antenna groups is estimated. Since the experimental data were obtained by an industrial acoustic emission control system with low-frequency converters, it is possible to directly transfer the results obtained to industrial tightness control of extended objects with caustic soda using the acoustic emission method.

Keywords: pipeline, caustic soda, non-destructive testing, acoustic leak detection, acoustic emission

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

УДК 681.518.5:539.1.06

В.П. Заярный, д-р техн. наук, Ю.В. Пастухов, И.Л. Гоник, кандидаты техн. наук (Волгоградский государственный технический университет, Россия)
E-mail: zvp2000@mail.ru

Математическое обоснование мониторинга коррозионных процессов в технологическом оборудовании радиометрическим методом

Приведены результаты разработки математического обоснования радиометрического мониторинга коррозионных процессов в ферросодержащих материалах технологического оборудования при воздействии на них агрессивных сред. Мониторинг проводился с применением образцов-свидетелей (ОС), изготовленных из материала оборудования (или аналогичного) и содержащих радионуклидную метку ($^{60}_{27}Co$ или $^{59}_{26}Fe$). Полученные соотношения адекватно отражают протекание реальных коррозионных процессов, хорошо согласуются с результатами натурных экспериментов и могут быть применены при разработке математических моделей для углубленного исследования коррозионных процессов с учетом особенностей конструкционных материалов, свойств ОС, способа крепления ОС, расположения детектора. Полученные выражения – возможность выбора наиболее эффективных вариантов систем контроля коррозионных процессов, анализа и оптимизации характеристик радиометрических систем (таких как чувствительность, погрешность измерений, длительность и диапазон измерений).

Ключевые слова: конструкционные материалы, коррозия, математическое моделирование, радиометрический мониторинг

UDC 681.518.5:539.1.06

V.P. Zayarnyi, Yu.V. Pastukhov, I.L. Gonik (Volgograd State Technical University, Russia) E-mail: zvp2000@mail.ru

Mathematical substantiation of monitoring of corrosion processes in technological equipment by radiometric method

The results of the development of a mathematical justification for radiometric monitoring corrosion processes in ferrocontaining materials of technological equipment when exposed to aggressive

media are presented. Monitoring was carried out using witness samples (WS) made of equipment material (or similar) and containing a radionuclide label ($^{60}_{27}Co$ or $^{59}_{26}Fe$). The obtained ratios adequately reflect the course of real corrosion processes, are in good agreement with the results of field experiments, allow us to develop model representations (mathematical models) that provide a more in-depth study of corrosion processes similar to those described, taking into account the features of structural materials, WS properties, the method of their attachment, the location of the detector and, consequently, to choose the most effective options for control systems corrosion processes, which increases the effectiveness of anti-corrosion measures. They allow analyzing and improving the most important characteristics of radiometric systems (sensitivity, measurement error, duration and range of measurements).

Keywords: structural materials, corrosion, mathematical modeling, radiometric monitoring

УДК 621.763

О.Ю. Еренков, д-р техн. наук, Д.О. Яворский (Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия) E-mail: erenkov@list.ru

Электроимпульсная обработка эпоксидного связующего непосредственно при формовании изделия для повышения прочности получаемого стеклопластика

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния электрофизической обработки полимерного связующего непосредственно в пресс-форме на прочностные показатели стеклопластика. Приведены результаты исследований надмолекулярной структуры и теплофизических свойств полимерного связующего. Изложена физическая интерпретация полученных результатов.

Ключевые слова: стеклопластик, полимерное связующее, надмолекулярная структура, наносекундные электромагнитные импульсы, электромагнитное поле, механические свойства

UDC 621.763

O.Yu. Erenkov, D.O. Yavorskiy (Pacific National University, Khabarovsk, Russia)
E-mail: erenkov@list.ru

Electro pulse treatment of epoxy binder during the product molding process in order to improve the strength of obtained fiberglass

The results of experimental studies of effect of electro physical processing of a polymer binder directly in a mold on the mechanical characteristics of glass fiber reinforced plastic are presented. The results of the supramolecular structure studies and thermophysical properties of the polymer binder are presented. The physical interpretation of the results is presented.

Keywords: glass fiber reinforced plastic, polymer binder, supramolecular structure, nanosecond electromagnetic pulses, electromagnetic field, mechanical properties

УДК 621.512.2

Р.Э. Кобыльский, С.С. Бусаров, канд. техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: kobilsky@gmail.com

Прогнозирование ресурса работы цилиндропоршневых уплотнений поршневых компрессоров

Исследован теоретический ресурс работы бессмазочных материалов цилиндропоршневых уплотнений тихоходного длинноходового поршневого компрессора. Представлен лабораторный экспериментальный стенд для проведения ресурсных испытаний, по результатам которых теоретический ресурс работы исследованных антифрикционных самосмазывающихся материалов составил от 5000 до 40 000 ч. Полученные значения ресурса работы соответствуют требованиям для всех сфер применения поршневых компрессоров – от нефтеперерабатывающих заводов до космических станций.

Ключевые слова: тихоходный поршневой компрессор, манжетные уплотнения, экспериментальное исследование ресурса, испытания на износ, приборная погрешность, радиальный износ уплотнений

UDC 621.512.2

R.E. Kobylskiy, S.S. Busarov (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: kobilsky@gmail.com

Prediction of the service life of cylinder piston seals of reciprocating compressors

The theoretical resource of the work of non-lubricating materials of cylinder piston seals of a low-speed long-stroke piston compressor was determined. A laboratory experimental stand is presented for carrying out resource tests, during which the theoretical resource of the tested antifriction self–lubricating materials was from 5000 to 40,000 hours. The resulting operational life allows us to cover all areas of application of reciprocating compressors from oil refineries to space stations.

Keywords: slow-moving piston compressor, cuff seals, experimental study of the resource, wear tests, instrument error, radial wear of seals

УДК 669.539.261

Н.Г. Дудкина, канд. техн. наук, И.Н. Захаров, д-р техн. наук, В.В. Баринов (Волгоградский государственный технический университет, Россия)
E-mail: dpm@vstu.ru

Влияние химического состава стали на теплостойкость поверхностного слоя, подвергнутого комбинированной упрочняющей обработке ЭМО+ППД

Представлены результаты исследований тепловой стойкости поверхностного слоя стальных образцов, подвергнутых комбинированному упрочнению электромеханической обработке с последующим поверхностным пластическим деформированием (ЭМО+ППД). Приведены экспериментальные данные и рассмотрены характерные особенности распределения микротвердости белого слоя сталей марок 40Х, 55, 60С2А при последовательном нагреве от 100 до 400 °С. Установлено: тепловая стойкость поверхностно упрочненных ЭМО+ППД стальных образцов зависит от содержания углерода и легирующих элементов исходного металла. Тепловая стойкость белого слоя после ЭМО+ППД увеличивается на 30…35 % по сравнению с белым слоем, полученным традиционной электромеханической обработкой.

Ключевые слова: комбинированное упрочнение, электромеханическая обработка (ЭМО), поверхностное пластическое деформирование (ППД), поверхностный слой, сталь, белый слой, микротвердость, тепловая стойкость

UDC 669.539.261

N.G. Dudkina, I.N. Zakharov, V.V. Barinov (Volgograd State Technical University, Russia) E-mail: dpm@vstu.ru

Influence of the chemical composition of steel on the heat resistance of the surface layer subjected to combined hardening treatment EMT+SPD

The results of studies of the thermal stability of the surface layer of steel specimens subjected to combined hardening by electromechanical treatment with subsequent surface plastic deformation (EMT+SPD) are presented. Experimental data are presented and characteristic features of the distribution of the microhardness of the white layer of steels 40Kh, 55, 60S2A during sequential heating from 100 to 400 °C with an interval of T = 100 °C are considered. It has been established that the thermal stability of surface hardened EMO+SPD steel samples depends on the content of carbon and alloying elements of the original metal. The heat resistance of the white layer after EMT+PPD increases by 30…35 % compared to the white layer obtained by traditional electromechanical processing and furnace martensite.

Keywords: combined hardening, electromechanical treatment (EMT), surface plastic deformation (SPD), surface layer, steel, white layer, microhardness, heat resistance

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

УДК 678.027.3

Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, канд. техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия);
Я.В. Екимов (ООО «ТЕХНОЦЕНТР-НЕФТЕМАШ», г. Ярославль, Россия)
E-mail: dim_dol.94@mail.ru

Численное определение рациональных размеров формообразующего канала при соэкструзии изделий или профилей с усиленной зоной контакта материалов

Для получения длинномерных полимерных двухслойных изделий предлагается применение соэкструзионной головки с усиленной зоной контакта материалов. Для выявления рациональных форм и размеров усиливающего элемента (зубца) проведены численные опыты. Построены зависимости коэффициента неоднородности скорости в выходном сечении головки от относительной высоты зубца и его угла.

Ключевые слова: полимеры, резина, соэкструзия, соэкструзионная головка, усиленная поверхность контакта, изоконтуры скоростей, коэффициент неоднородности скорости

UDC 678.027.3

D.S. Dolgin, I.S. Gudanov, A.E. Lebedev (Yaroslavl State Technical University, Russia); Ya.V. Ekimov (TECHNOCENTER-NEFTEMASH LLC, Yaroslavl, Russia) E-mail: dim_dol.94@mail.ru

Numerical determination of the rational dimensions of the forming channel during co-extrusion of products or profiles with reinforced contact zone of materials

To obtain long-dimensional polymer double-layer products, it is proposed to use an extrusion head with a reinforced contact zone of materials. Numerical experiments were carried out to identify rational shapes and sizes of the reinforcing element (prong). The dependences of the velocity inhomogeneity coefficient in the output section of the head on the relative height of the tooth and its angle are constructed.

Keywords: polymers, rubber, co-extrusion, co-extrusion head, reinforced contact surface, velocity isocontures, velocity inhomogeneity coefficient

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 4–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.565.93
М.В. Клыков, Т.В. Алушкина, Р.Г. Хасанов, кандидаты техн. наук (Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате, Россия) E-mail: alu1@yandex.ru

Оптимизация аппаратов воздушного охлаждения по критерию минимума приведенных затрат

Разработана методика оптимизации конструкции аппаратов воздушного охлаждения, в качестве критерия оптимальности приняты приведенные затраты на осуществление процесса охлаждения и конденсации продукта (эксплуатационные затраты, включающие стоимость электрической энергии на привод вентилятора, затраты на обслуживание аппарата в единицу времени (год) и капитальные затраты, отнесенные к нормативному сроку службы). Исследования оптимизации аппаратов воздушного охлаждения, проведенные для процесса охлаждения перегретых водяных паров, их конденсации и последующего охлаждения, показали, что коэффициенты теплоотдачи в межтрубном пространстве приблизительно равны коэффициенту теплоотдачи в трубном пространстве, умноженному на коэффициент оребрения для соответствующих процессов. Это условие также соответствует минимуму затрат энергии на привод вентилятора.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения, коэффициент оребрения, коэффициенты теплоотдачи, методика оптимизации, приведенные затраты

UDC 621.565.93
M.V. Klykov, T.V. Alushkina, R.G. Khasanov (Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI of HE USPTU in Salavat, Salavat, Russia)
E-mail: alu1@yandex.ru

Optimization of air coolers according to the criterion of minimum reduced costs

A method for optimizing the design of the air coolers has been developed, where the reduced costs for the implementation of the cooling and condensation process of the product are used as an optimality criterion (taking into account operating costs, including the cost of electric energy for the fan drive, the maintenance costs of the air coolers per unit of time (year) and capital costs related to the standard service life). The air cooler optimization studies carried out for the process of cooling superheated water vapor, their condensation and subsequent cooling showed that the heat transfer coefficients in the inter-tube space were approximately equal to the heat transfer coefficient in the tube space multiplied by the finning ratio for the corresponding processes. This condition also corresponds to the minimum energy consumption for the fan drive.

Keywords: air cooling apparatus, finning ratio, heat transfer coefficients, optimization method, reduced costs

УДК 621.927.9
Г.А. Носов, д-р техн. наук (МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия); Л.С. Елиневская, канд. хим. наук,
Р.Н. Иванов, А.А. Семеняченко (АО «Фирма Август», г. Москва, Россия)
E-mail: r.ivanov@avgust.com

Структура потоков бисерных мельниц

Представлены результаты экспериментального исследования структуры потоков в лабораторных бисерных мельницах двух конструкций с различными перемешивающими элементами на роторе мельницы и различными системами отделения бисера от продукта. Для описания структуры потока использовались интегральные кривые распределения времени пребывания, полученные методом ступенчатого ввода индикатора. Установлено влияние технологических и конструктивных параметров на структуру потока бисерных мельниц. Для описания опытных данных были использованы ячеечная и диффузионная модели структуры потока.

Ключевые слова: бисерная мельница, измельчение суспензий, структура потока, время пребывания, диффузионная и ячеечная модели, продольное перемешивание, диспергирование

UDC 621.927.9

G.A. Nosov (MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia);
L.S. Elinevskaya, R.N. Ivanov, A.A. Semenyachenko (JSC «August» Inc, Moscow, Russia) E-mail: r.ivanov@avgust.com

Flow structure of agitated bead mills

This article presents the results of an experimental study of the structure of flows in laboratory bead mills of two designs with different mixing elements on the mill rotor and systems for separating beads from the product. The authors use the method of stepwise indicator input to obtain integral residence time distribution curve which uses to describe the flow structure. The article explains the specifics of the influence of technological and design parameters on the flow structure of bead mills. Cellular and diffusion models of the flow structure were used to describe the experimental data.

Keywords: stirred media mill, agitator bead mill, suspension grinding, flow structure, residence time, diffusion and cell models, longitudinal mixing, dispersion

УДК 66.074.2

В.Э. Зинуров, канд. техн. наук, А.В. Дмитриев, д-р техн. наук, А.А. Абдуллина (Казанский государственный энергетический университет, Россия);
Э.И. Салахова, О.С. Дмитриева, канд. техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия)
E-mail: ja_deva@mail.ru

Сепарационное устройство для улавливания мелкодисперсных частиц, образующихся при работе реакторов с псевдоожиженным слоем

При работе реакторов с псевдоожиженным слоем возникают проблемы, связанные с улавливанием частиц катализаторной пыли из отходящих газов. Для их разрешения предложена конструкция сепарационного устройства с дугообразными элементами. Показано, что восходящим потоком газа существенно снижается эффективность улавливания частиц вследствие повторного захвата отсепарированных частиц. Для разрушения нисходящих и восходящих потоков газа рассмотрены три вида сепарационных решеток. Показана необходимость применения сепарационных решеток не только для эффективного направления уловленных частицы в бункер устройства без образования «мертвых» зон, но и для создания сопротивления движению восходящего потока газа. Наиболее эффективна решетка из продольных и поперечных V-образных пластин. Оптимальная скорость газа на входе в сепарационное устройство с дугообразными элементами составляет 1 м/с, при этом обеспечивается минимальный абразивный износ конструктивных элементов сепарационного устройства в ходе эксплуатации. Эффективность улавливания частиц составляет 88,6 %, гидравлическое сопротивление – 43,9 Па.

Ключевые слова: псевдоожиженный слой, катализаторная пыль, сепарация, сепарационная решетка, эффективность улавливания

UDC 66.074.2

V.E. Zinurov, A.V. Dmitriev, A.A. Abdullina (Kazan State Power Engineering University, Russia); E.I. Salakhova, O.S. Dmitrieva (Kazan National Research Technological University, Russia) E-mail: ja_deva@mail.ru

Separation device for capture of particles formed during operation of fluidized bed reactors

During operation of fluidized bed reactors there are problems associated with the capture of particles of catalyst dust from the exhaust gases. To solve them, a design of a separation device with arcuate elements is proposed. It is shown that the ascending gas flow significantly reduces the efficiency of particle trapping, by bending it around arcuate elements from bottom to top, because of the re-capture of separated particles. We consider three types of separation grids for the destruction of descending and ascending gas flows. It has been proven that it is necessary to use separation gratings that will not only effectively direct the trapped particles for collection into the hopper of the device without the formation of "dead" zones, but also create resistance to the movement of the upward gas flow. For these purposes, the most suitable is a lattice of longitudinal and transverse V-shaped plates. The optimal gas velocity at the inlet to the separation device with arcuate elements is 1 m/s, while ensuring minimal abrasive wear of the separation device structural elements during operation. The particle collection efficiency – 88,6 % hydraulic resistance – 43,9 Pa.

Keywords: fluidized bed, catalyst dust, separation, separation grid, collection efficiency

УДК 544.421.42:536.755

Ф.Р. Исмагилов, д-р техн. наук, Д.А. Ленкевич (Астраханский государственный технический университет, Россия)
E-mail: frismagilov@bk.ru

Опыт оптимизации схемы рекуперативного теплообмена процесса подготовки сырья для установок изомеризации и каталитического риформинга бензиновых фракций

На примере установки подготовки сырья для процессов изомеризации и каталитического риформинга бензиновых фракций предложены пути сокращения потребления энергии за счет оптимизации схемы рекуперативного теплообмена с применением метода пинч-анализа. Процедура пинч-анализа, в основе которой лежит принцип интеграции тепловых потоков, проведена в три этапа. На первом этапе – сбор и изучение сведений о технологических и энергетических характеристиках установки, на втором − определение вариантов технологических решений по повышению энергоэффективности установки, на третьем этапе − детальная проработка и экономическое обоснование технических решений по оптимизации вариантов схемы рекуперативного теплообмена потоков. По совокупности положительных значений экономических показателей и критериев программы повышения операционной эффективности предложены варианты модернизации действующей промышленной установки, которые приняты к реализации. Предложенные компоновки системы теплообмена могут быть использованы при проектировании и модернизации установок вторичной перегонки бензинов на нефте- и газоперерабатывающих заводах.

Ключевые слова: сырье, бензиновые фракции, риформинг, изомеризация, пинч-метод, теплообменная система, температурно-энтальпийная диаграмма, сеточная диаграмма, рекуперация теплоты, утилиты, стоимостные составные кривые, структура теплообменной схемы, варианты модернизации установки

UDC 544.421.42:536.755

F.R. Ismagilov, D.A. Lenkevich (Astrakhan State Technical University, Russia)
E-mail: frismagilov@bk.ru

Experience in optimizing the regenerative heat exchange scheme of the process of preparing raw materials for isomerization and catalytic reforming units of gasoline fractions

Using the example of a raw material preparation plant for the processes of isomerization and catalytic reforming of gasoline fractions, ways are proposed to reduce energy consumption by optimizing the scheme of regenerative heat exchange using the Pinch analysis method. The Pinch analysis procedure, which is based on the principle of integration of heat flows, was carried out in three consecutive stages. At the first stage, information on the technological and energy characteristics of the installation is collected and studied, at the second − technological solutions for improving the energy efficiency of the installation are outlined, at the third − a detailed study and economic justification of technical solutions for optimizing the options for the scheme of regenerative heat exchange of flows is carried out. According to the totality of positive values of economic indicators and criteria of the program for

improving the operational efficiency of the refinery, options for upgrading the existing industrial plant are proposed, which are accepted for implementation. The proposed layouts of the heat exchange system can be used in the design of new and modernization of gasoline secondary distillation units and at Russian oil and gas processing plants

Keywords: Raw materials, gasoline fractions, reforming, isomerization, pinch method, heat exchange system, temperature-enthalpy diagram, grid diagram, heat recovery, utilities, cost composite curves, structure of the heat exchange scheme, options, plant modernisation options

УДК 662.6/9

Ю.Я. Печенегов, д-р техн. наук (Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А., Россия) E-mail: y.pechenegov@mail.ru

Сравнение энергетического КПД теплообмена при течении в трубе прямого и закрученного потоков

Приведены результаты расчетного анализа теплогидравлической эффективности процессов теплообмена при течении в трубе прямого и закрученного (с применением вставляемой в трубу скрученной ленты) потоков воздуха при одинаковых передаваемых тепловых потоках и температурных условиях. С использованием энергетического КПД, характеризующего теплогидравлическую эффективность теплообмена, показано, что соотношение передаваемой теплоты и затрат энергии на прокачивание теплоносителя в процессе теплообмена для этих двух случаев практически одинаковое в области чисел Рейнольдса потока теплоносителя до $2{,}5 \cdot 10^4$, а при больших числах Рейнольдса теплогидравлическая эффективность теплообмена прямого потока выше.

Ключевые слова: теплообмен, энергетический КПД, теплогидравлическая эффективность, прямой поток теплоносителя, закрученный поток, прямая и скрученная ленты

UDC 662.6/9

Yu.Ya. Pechenegov (Engels institute of technology (branch) of Gagarin state technical university, Saratov region, Russia) E-mail: y.pechenegov@mail.ru

Comparison of the energy efficiency of heat exchange during the flow of direct and swirling flows in the pipe

The results of the computational analysis of the thermohydraulic efficiency of heat exchange processes during the flow of direct and twisted air flows in the pipe (with the help of a twisted ribbon inserted into the pipe) under the same transmitted heat flows and temperature conditions are presented. Using the energy efficiency characterizing the thermohydraulic efficiency of heat exchange, it is shown that the ratio of the transferred heat and energy costs for pumping the coolant during heat exchange for these two cases is almost the same in the region of Reynolds numbers of the coolant flow up to $2.5 \cdot 10^4$, and with large Reynolds numbers, the thermohydraulic efficiency of direct flow heat exchange is higher

Keywords: heat transfer, energy efficiency, thermal-hydraulic efficiency, direct coolant flow, swirled flow, straight and twisted tapes

УДК 66.081.6

С.В. Ковалев, О.А. Ковалева, доктора техн. наук, И.С. Седоплатов (Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Россия)
E-mail: sseedd@mail.ru

Проектирование и расчет эффективной конструкции электромембранного аппарата трубчатого типа с увеличенной площадью мембранного разделения технологических растворов

Проведен анализ конструкций электрохимических мембранных аппаратов трубчатого типа. Разработана конструкция электромембранного аппарата с увеличенной площадью разделения раствора и сниженной концентрационной поляризацией. Предложены аналитические выражения для определения общей площади поверхности полупроницаемых мембран для разделения растворов и площади прианодных, прикатодных мембран.

Ключевые слова: электрод, катод, анод, пермеат, ретентат, сетка-турбулизатор, мембрана

UDC 66.081.6

S.V. Kovalev, O.A. Kovaleva, I.S. Sedoplatov (Derzhavin Tambov State University, Russia) E-mail: sseedd@mail.ru

Design and calculation of high-efficiency tubular type electromembrane apparatus with increased surface area of membrane separation of technological solutions

The article analyzes tubular-type electrochemical membrane devices. The design of the electromembrane apparatus has been developed with increased surface area of membrane separation and with reduced concentration polarization. Analytical expressions are proposed that determine the total surface of semipermeable membranes for separation of solutions and the area of anode and cathode membranes.

Keywords: electrode, cathode, anode, permeate, retentate, turbulator mesh, membrane

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 665.725:[624.953:620.181.5]

Х.М. Ханухов, д-р техн. наук (ООО «НПК Изотермик», г. Москва, Россия);
А.И. Смородин, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия); Н.В. Четвертухин, А.В. Коломыцев (ООО «НПК Изотермик», г. Москва, Россия)
E-mail: isotermik@yandex.ru

Инновационные технологии и оборудование в малотоннажном изотермическом резервуаростроении для хранения сжиженного природного газа

Рассмотрены достижения отечественной науки и производства в области малотоннажного изотермического резервуаростроения для хранения сжиженного природного газа. Анализируются разработки жидкостных насосов (для накопления и опорожнения изотермического резервуара (ИР), а также для циркуляции СПГ в хранилищах), разработки арматуры и контрольно-измерительных приборов и другого сопутствующего оборудования. Рассматривается перспектива использования при создании ИР инновационной технологии «Эко-бетон» (бетонирование под сверхвысоким давлением в водно-аэрозольной среде), а также инновационного метода сооружения металлических ИР – спирально-навитого сварного способа («механизированный полистовой способ монтажа стенки резервуара методом подращивания»). Показано, что рассмотренные достижения позволяют сооружать безопасные в эксплуатации малотоннажные изотеримческие резервуары с надежностью не менее $1 \cdot 10^{-8}$. Внедрение BIM-технологии отечественной разработки позволит обеспечить высокую эффективность и безопасность на всем протяжении жизненного цикла ИР.

Ключевые слова: СПГ, изотермические резервуары

UDC 665.725:[624.953:620.181.5]

Kh.M. Khanukhov (NPK Isothermic LLC, Moscow, Russia); A.I. Smorodin (Bauman Moscow State Technical University, Russia); N.V. Chetvertukhin, A.V. Kolomytsev (NPK Isothermic LLC, Moscow, Russia) E-mail: isotermik@yandex.ru

Innovative technologies and equipment of small-tonnage isothermal tank building for storage of liquefied natural gas

The article discusses the achievements of domestic science and production in the field of low-tonnage isothermal tank building for the storage of liquefied natural gas. Developments of pumps (used for the accumulation and emptying of insulated tanks, as well as pumps that ensure the circulation of LNG in storage facilities) is analyzed, as well as the level of development of fittings and instrumentation and other related equipment. The prospect of using the innovative technology "Eco-concrete" (concreting under ultra-high pressure in a water-aerosol environment) and an innovative method of constructing metal ITs – a spiral-wound welded method (“mechanized sheet-by-sheet method of mounting the tank wall by growing”) when creating IT is considered. It is shown that the considered achievements make it

possible to construct low-tonnage ITs that are safe in operation with a reliability of at least $1 \cdot 10^{-8}$. The introduction of domestically developed BIM technology will ensure high efficiency and safety of IT throughout their life cycle.

Keywords: LNG, insulated tank

УДК 66.071.6.001.57

А.Б. Вандышев, канд. хим. наук, В.А. Куликов, канд. техн. наук (Институт машиноведения Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия) E-mail: vandyshev@imach.uran.ru

Влияние толщины мембраны на параметры получения высокочистого водорода из углеводородного сырья в мембранно-каталитических устройствах

Методом математического моделирования при стандартных исходных условиях проанализировано влияние толщины мембраны на показатели получения высокочистого водорода в мембранно-каталитическом устройстве из смеси метана с парами воды. Установлена линейная зависимость средней плотности потока диффузии водорода через мембрану от обратной толщины мембраны.

Ключевые слова: математическое моделирование, мембранно-каталитическое устройство, высокочистый водород, метан, толщина мембраны, палладиевый сплав

UDC 66.071.6.001.57

A.B. Vandyshev, V.A. Kulikov (Ural branch of Russian academy of sciences Institute of engineering science, Ekaterinburg, Russia) E-mail: vandyshev@imach.uran.ru

The effect of the membrane thickness on the parameters of high-purity hydrogen production from hydrocarbon raw materials in membrane-catalytic devices

The influence of the membrane thickness on the parameters of high-purity hydrogen emission in a membrane-catalytic device from a mixture of methane and water vapor has been analyzed in detail by mathematical modeling under standard initial conditions. The linear dependence of the average density of the hydrogen diffusion flux through the membrane on its inverse thickness is established.

Keywords: mathematical modeling, membrane-catalytic device, high-purity hydrogen, methane, palladium alloy membrane thickness

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

Подборка статей Омского государственного технического университета

УДК 621.22

А.В. Григорьев, Е.А. Павлюченко, С.Ю. Кайгородов, кандидаты техн. наук, К.Н. Сокирко (Омский государственный технический университет, Россия)
E-mail: grigorev.84@list.ru

Комплексная оценка пульсационных явлений и динамических нагрузок в рабочих элементах гидропривода

Работа системы гидропривода сопровождается пульсациями расхода рабочей жидкости и давления рабочей жидкости, что влияет на повышение шумовых характеристик гидропривода, возникновение дополнительных нагрузок и снижение энергоэффективности работы гидропривода. На основе проведенного анализа выявлены основные факторы, влияющие на возникновение пульсационных явлений в гидроприводе. Определены причины повышения динамических нагрузок в рабочих элементах гидропривода (пульсации давления жидкости и вероятность возникновения гидроудара).

Ключевые слова: гидравлический привод, пульсация давления, гидромашина, неравномерность подачи

UDC 621.22

A.V. Grigoriev, E.A. Pavlyuchenko, S.Yu. Kaigorodov, K.N. Sokirko (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: grigorev.84@list.ru

Comprehensive assessment of pulsation phenomena and dynamic loads in the working elements of hydraulic drive

The work of the hydraulic drive system is accompanied by pulsations of the working fluid flow rate and pressure, which increase its noise characteristics, lead to additional loads and reduce the energy efficiency of the hydraulic drive. Based on the analysis, the main factors affecting the occurrence of pulsation phenomena in the hydraulic drive were identified. Reasons of increase of dynamic loads in working elements of hydraulic drive are determined, namely pulsation of liquid pressure and probability of hydraulic shock occurrence.

Keywords: hydraulic drive, pressure pulsation, hydraulic machine, irregularity of supply

УДК 621.22

Е.А. Павлюченко, А.В. Григорьев, С.Ю. Кайгородов, кандидаты техн. наук, К.Н. Сокирко (Омский государственный технический университет, Россия)
E-mail: hystonru@mail.ru

Особенности численного моделирования вихревых гидродиодов повышенной диодности

Рассмотрена перспективная конструкция вихревого гидродиода повышенной диодности (в сравнении с известными конструкциями вихревых диодов) для повышения эффективности и надежности работы гидропривода. Рассмотрены основные методы исследования течения жидкости в проточной части гидравлических диодов. Проведен анализ моделей турбулентности, используемых для численного моделирования. Выполнено численное моделирование течения жидкости в каналах вихревого гидродиода повышенной диодности с использованием различных моделей турбулентности. Полученные результаты сопоставлены с экспериментальными данными и даны рекомендации по выбору моделей турбулентности при расчете течения жидкости в проточной части гидродиода.

Ключевые слова: гидродиод, вихревой дроссель, гидродиодное регулирование, вихревой гидродиод

UDC 621.22

E.A. Pavlyuchenko, A.V. Grigoriev, S.Yu. Kaigorodov, K.N. Sokirko (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: hystonru@mail.ru

Features of numerical simulation of high-diode vortex hydrodiodes

A promising design of a vortex hydrodiode for hydraulic drive (with increased profitability in comparison with known designs of vortex diodes) is considered. The main methods of studying the fluid flow in the flow part of hydraulic diodes are considered. The analysis of turbulence models used for numerical modeling is carried out. Numerical simulation of fluid flow in the channels of a vortex hydrodiode of increased profitability using various turbulence models has been performed. The obtained results were compared with experimental data and recommendations were given on the choice of turbulence models when calculating the flow of liquid in the flow part of a hydrodiode.

Keywords: hydrodiode, vortex choke, hydrodiode control, vortex hydrodiode

УДК 621.512

Е.А. Павлюченко, С.Ю. Кайгородов, кандидаты техн. наук, В.Е. Щерба, д-р техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия)
E-mail: hystonru@mail.ru

Вихревой гидродиод повышенной диодности

Представлена перспективная конструкция вихревого гидродиода с повышенной диодностью и низкими инерционными потерями при смене режима движения жидкости. Приведены результаты теоретических исследований характеристик вихревого гидродиода повышенной диодности. Выполнено численное моделирование течения жидкости в каналах вихревого диода в прямом и обратном направлениях. Получены картины течений, поля распределений параметров потока в проточной части гидродиода и расходные характеристики гидродиода. По результатам проведенного численного эксперимента обоснованы принятые технические решения и получено значение диодности – 1,37 для заданных граничных условий.

Ключевые слова: гидродиод, вихревой дроссель, гидродиодное регулирование, вихревой гидродиод, диодность

UDC 621.512

E.A. Pavlyuchenko, S.Yu. Kaigorodov, V.E. Shcherba (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: hystonru@mail.ru

High diode vortex hydrodiode

This paper presents a promising design of a vortex hydrodiode with increased diodeity and low inertial losses when changing the mode of fluid movement. Theoretical studies of the characteristics of a vortex hydrodiode with increased diodeness are presented. Numerical modeling of fluid flow in the channels of a vortex diode was performed for the forward and reverse flow directions. The patterns of flows, distribution fields of flow parameters in the flow part of the hydrodiode and its flow characteristics are obtained. According to the results of the numerical experiment, the correctness of the adopted technical solutions was substantiated and a diode ratio of 1.37 was obtained for the given boundary conditions.

Keywords: hydrodiode, vortex choke, hydrodiode control, vortex hydrodiode, diode

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 5–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.928.2.001

Ю.Т. Селиванов, д-р техн. наук (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: utseliv@mail.ru

Использование математического аппарата цепей Маркова для оптимизации процессов смешивания и классификации сыпучих материалов

Для упорядоченной загрузки компонентов смеси в циркуляционный смеситель предложена конструкция смесителя непрерывного действия. Разработана математическая модель приготовления трехкомпонентной смеси для целенаправленной корректировки характера организации загрузки наиболее склонного к сегрегации ключевого компонента в смеситель. Для нейтрализации негативного эффекта сегрегации в запатентованной конструкции грохота внутри барабана могут быть установлены радиальные лопасти. Результаты численных экспериментов позволяют определить поперечное сечение классификатора, в котором эффективность отделения частиц мелкой и товарной фракций от смеси уменьшается (именно в этом сечении классификатора должна быть установлена радиальная лопасть). Использование математических моделей на базе марковских цепей возможно и для других типах аппаратов с упорядоченным движением компонентов смеси сыпучих материалов.

Ключевые слова: смеситель, классификатор, сыпучий материал, марковская цепь

UDC 621.928.2.001

Yu.T. Selivanov (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: utseliv@mail.ru

Using the mathematical apparatus of Markov chains to optimize the processes of mixing and classifying bulk materials

To implement an ordered loading of the mixture components into a circulation mixer a design of a continuous mixer was proposed. The mathematical model for case of preparing a three-component mixture allows to adjust the organization of loading of the key component most prone to segregation into the mixer. To neutralize negative effect of segregation in the patented screen design, radial blades can be installed inside drum. The results of numerical experiments make it possible to determine the cross section of classifier, in which efficiency of separating particles of fine and commercial fractions from the mixture decreases In this section of the classifier the radial blade should be installed. The use of mathematical models based on Markov chains is also possible for other types of devices with an ordered movement of the components of a mixture of bulk materials.

Keywords: mixer, classifier, bulk material, Markov chain

УДК 66.048.37

М.В. Клыков, Т.В. Алушкина, кандидаты техн. наук (Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате, Россия)
E-mail: alu1@yandex.ru

Исследование охлаждения пирогаза в насадочном скруббере с регулярной насадкой

Исследован процесс охлаждения пирогаза в насадочном скруббере с регулярной насадкой с треугольными и трапецеидальными гофрами (вместо охлаждения пирогаза последовательно в аппаратах воздушного и водяного охлаждения). По результатам моделирования коэффициенты теплопередачи в скруббере, охлаждаемом водой, на 1,5…2 порядка выше в сравнении с охлаждением пирогаза в аппаратах воздушного и водяного охлаждения. Гидравлическое

сопротивление скруббера на порядок ниже сопротивления аппаратов воздушного и водяного охлаждения. Число аппаратов воздушного охлаждения и аппаратов водяного охлаждения, используемых для охлаждения воды, орошающей скруббер, сокращено соответственно в 10 и 6 раз в сравнении с числом аппаратов для прямого охлаждения пирогаза. Затраты электроэнергии на привод вентилятора аппаратов воздушного охлаждения с применением скруббера сокращены в 12 раз. При анализе зависимости коэффициентов теплопередачи в скруббере от поверхности теплообмена установлено, что снижение удельной поверхности насадки приведет к снижению гидравлического сопротивления скруббера и увеличению коэффициента теплопередачи пропорционально снижению удельной поверхности насадки в степени 0,9.

Ключевые слова: скруббер, охлаждение пирогаза, регулярная насадка, теплообмен, исследование

UDC 66.048.37

M.V. Klykov, T.V. Alushkina (Ufa State Petroleum Technological University, Institute of Oil Refining and Petrochemistry of the University in the City of Salavat, Salavat, Russian Federation) E-mail: alu1@yandex.ru

Investigation of pyrogas cooling in a packed scrubber with regular packing

The cooling of pyrogas in a packed scrubber with a regular packing with triangular and trapezoidal corrugations instead of sequential cooling in air and water coolers was studied. According to the results of modeling the heat transfer coefficients in the scrubber with cooled water are 1.5…2 orders of magnitude higher in comparison with pyrogas cooling in air and water coolers. The hydraulic resistance of the scrubber is an order of magnitude lower than the resistance of air and water coolers. The number of air coolers and water coolers used to cool water spraying the scrubber has decreased by 10 and 6 times, respectively, compared to the number of devices for direct pyrogas cooling. The cost of electricity to drive the fan of air coolers with the use of a scrubber was reduced by 12 times. From the analysis of the dependence of the heat transfer coefficients in the scrubber on the heat exchange surface, it follows that a decrease in the specific surface of the packing will lead to a decrease in the hydraulic resistance of the scrubber, and an increase in the heat transfer coefficient in proportion to the decrease in the specific surface of the packing to the power of 0.9.

Keywords: scrubber, pyrogas cooling, regular packing, heat exchange, research

УДК 66.081.3

Н.А. Меренцов, канд. техн. наук, А.Б. Голованчиков, д-р техн. наук (Волгоградский государственный технический университет, Россия);
М.В. Топилин (Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть», г. Волгоград, Россия);
А.В. Персидский (АО «Федеральный научно-производственный центр «Титан-Баррикады», г. Волгоград, Россия)
E-mail: steeple@mail.ru

Моделирование и расчет адсорбера для улавливания паров метанола активным углем с диффузионной структурой потока по газовой фазе

Представлены результаты моделирования и расчета адсорбера для улавливания паров метанола активным углем с диффузионной структурой потока по газовой фазе. Приведены экспериментальные данные полей скоростей фильтрационного течения потока газовой фазы через слой активного угля АГ-3и результаты их обработки безиндикаторным методом с получением необходимых параметров структуры потока. Показаны достоинства предлагаемого безиндикаторного метода определения параметров структуры потока и возможности применения метода для математического моделирования массообменных сорбционных систем.

Ключевые слова: адсорбция, сорбция, массообмен, очистка газовых выбросов, гидродинамика, газодинамика, фильтрационные течения, структура потока, поля скоростей

UDC66.081.3

N.A. Merentsov, A.B. Golovanchikov (Volgograd State Technical University, Russia);
M.V. Topilin (Branch of LUKOIL-Engineering VolgogradNIPImorneft, Volgograd, Russia);

A.V. Persidskiy (JSC Federal Scientific and Production Centre «Titan - Barricady», Volgograd, Russia)
E-mail: steeple@mail.ru

Modeling and calculation of an adsorber for methanol vapors trapping using active carbon with a diffusion flow structure in the gas phase

The results of modeling and calculation of the adsorber for methanol vapors capturing with activated carbon with a diffusive flow structure in the gas phase are presented. Experimental data of the velocity fields of the filtration flow of the gas phase flow through the AG-3 activated carbon layer and their processing by a new non-indicator method are presented. The advantages of the proposed non-indicator method for determining the parameters of the flow structure and the possibilities of its application in mathematical modeling of mass transfer sorption systems are shown.

Keywords: adsorption, sorption, mass exchange, gas emissions cleaning, hydrodynamics, gas dynamics, filtration flows, flow structure, velocity fields

УДК 66.081.6

С.И. Лазарев, д-р техн. наук, Д.Н. Коновалов, П.А. Галкин, кандидаты техн. наук (Тамбовский государственный технический университет, Россия)
E-mail: kdn1979dom@mail.ru

Модернизация конструкции трубчатого электрохимического мембранного аппарата для увеличения площади разделения и объема очищаемого раствора

Разработана (модернизирована) конструкция трубчатого электрохимического мембранного аппарата для регенерации технологических растворов в различных отраслях промышленности. Отличительной особенностью разработанного аппарата является увеличение площади разделения и объема очищаемого раствора, что обеспечивает повышение производительности и качества разделения. Разработана методика расчета площади разделения и объема очищаемого раствора. Расчетами подтверждена высокая эффективность разработанной (модернизированной) конструкции в сравнении с аппаратом-прототипом.

Ключевые слова: конструкция, аппарат, расчет

UDC 66.081.6

S.I. Lazarev, D.N. Konovalov, P.A. Galkin (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: kdn1979dom@mail.ru

Modernization of the design of a tubular electrochemical membrane apparatus with increased separation area and volume of the purified solution

The design of a tubular electrochemical membrane apparatus for the regeneration of process solutions in various industries has been developed. A distinctive feature of the developed apparatus is the increased separation area and the volume of the solution to be separated, which leads to an increase in productivity and quality of separation. A method for calculating the separation area and the volume of the separated solution has been developed. Calculations confirmed the increase in effectiveness of the developed design in comparison with the prototype apparatus.

Keywords: design, apparatus, calculation

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

Подборка статей Омского государственного технического университета

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук, А.С. Тегжанов, Е.А. Дорофеев, кандидаты техн. наук, Г.И. Екимов (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Анализ результатов экспериментального исследования рабочих процессов поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами при изменении давления нагнетания компримируемого газа

Исследованиями опытного образца поршневой гибридной энергетической машины с двумя всасывающими клапанами установлено, что максимальный расход охлаждающей жидкости наблюдается при давлении нагнетания 0,5 МПа. Увеличение давления нагнетания приводит к уменьшению производительности машины (как на всасывании, так и на нагнетании) и уменьшению коэффициента подачи. Определены составляющие коэффициента подачи и установлены физические закономерности их изменения. Проведенным анализом влияния давления нагнетания на температуру деталей цилиндропоршневой группы установлена значительная неравномерность распределения температуры вдоль образующей цилиндра – до 26 К. С увеличением частоты вращения коленчатого вала эта неравномерность увеличивается. Максимальное значение индикаторного изотермического КПД для исследуемой машины наблюдается при давлении нагнетания 0,35 МПа.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина, охлаждающая жидкость, поршневой компрессор, число оборотов коленчатого вала, давление нагнетания, коэффициент подачи, индикаторный КПД, температура деталей цилиндропоршневой группы

UDC 621.512

V.E. Shcherba, A.S. Tegzhanov, E.A. Dorofeev, G.I. Ekimov (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Analysis of the results of an experimental study of the working processes of a positive displacement hybrid power machine with two suction valves with a change in the discharge pressure of the compressed gas

Using the prototype of a piston hybrid power machine with two suction valves it was found that the maximum flow rate of the coolant is observed at a discharge pressure of 0.5 MPa. Increasing the discharge pressure leads to a decrease in the performance of the machine on both suction and discharge and a decrease in the delivery ratio. The components of the feed rate were determined and the physical picture of their change was disclosed. The analysis of the effect of discharge pressure on the temperature of the parts of the cylinder-piston group made it possible to establish that there is a significant non-uniformity of temperature distribution along the generatrix of the cylinder, which reaches 26 K. With an increase in the number of revolutions of the crankshaft, this non-uniformity increases. The maximum value of the indicator isothermal efficiency for the machine under study is observed at a discharge pressure of 0.35 MPa.

Keywords: reciprocating hybrid power machine, coolant, reciprocating compressor, crankshaft speed, discharge pressure, feed rate, indicator efficiency, temperature of parts of the cylinder-piston group

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук, А.С. Тегжанов, И.П. Залознов, Е.А. Дорофеев, кандидаты техн. наук, Г.И. Екимов, К.Н. Сокирко (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Экспериментальное исследование влияния частоты вращения коленчатого вала на рабочие процессы поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами

Проведены экспериментальные исследования теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы, расхода охлаждающей жидкости и коэффициента подачи поршневой гибридной энергетической машины с двумя всасывающими клапана при изменении частоты вращения коленчатого вала и давления нагнетания компримируемого газа. Проведенным анализом установлены общие закономерности изменения указанных функций отклика в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Наибольший расход охлаждающей жидкости, следовательно, и наилучшее охлаждение обеспечиваются при частоте вращения коленчатого вала 1200 мин$^{-1}$. На характер зависимости коэффициента подачи от частоты вращения коленчатого вала влияет давление нагнетания. При давлении нагнетания $p_н$ = 0,4 МПа максимальное значение коэффициента подачи обеспечивается в диапазоне 1100…1300 мин$^{-1}$.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина с двумя всасывающими

клапанами, поршневой компрессор, частота вращения коленчатого вала, охлаждающая жидкость, давление нагнетания, температура деталей цилиндропоршневой группы

UDC 621.512

V.E. Shcherba, A.S. Tegzhanov, I.P. Zaloznov, E.A. Dorofeev, G.I. Ekimov, K.N. Sokirko (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Experimental study of the influence of the crankshaft speed on the working processes of a positive displacement hybrid power machine with two suction valves

Experimental studies of the heat stress of the parts of the cylinder-piston group, the flow rate of the coolant and the feed rate of a piston hybrid power machine with two suction valves are carried out with a change in the crankshaft speed and the discharge pressure of the compressed gas. The analysis carried out established the general patterns of change in these response functions depending on the crankshaft speed. The highest coolant flow and therefore the best cooling are achieved at a crankshaft speed of 1200 min^{-1}. The nature of the dependence of the feed rate on the rotational speed is affected by the discharge pressure. At discharge pressure p = 0.4 MPa, the maximum value of the feed rate is provided in the range of 1100…1300 min^{-1}.

Keywords: reciprocating hybrid power machine with two suction valves, reciprocating compressor, crankshaft speed, coolant, discharge pressure, temperature of parts of the cylinder-piston group

УДК 621.512

А.С. Тегжанов, канд. техн. наук, В.Е. Щерба, д-р техн. наук, Е.А. Дорофеев, И.П. Залознов, кандидаты техн. наук, Г.И. Екимов, К.Н. Сокирко (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Экспериментальное исследование характеристик поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами при использовании различных охлаждающих жидкостей

Представлены результаты экспериментального исследования поршневой гибридной энергетической машины с двумя всасывающими клапанами при использовании различных охлаждающих жидкостей (вода, антифриз, масло ATF). При анализе рабочих процессов ПГЭМОД определены необходимые свойства охлаждающей жидкости ПГЭМОД: высокая плотность, большая удельная теплоемкость, высокий коэффициент теплопроводности, низкий коэффициент динамической вязкости. Экспериментальными исследованиями установлено: максимальный расход охлаждающей жидкости, наилучшее охлаждение деталей цилиндропоршневой группы и всасываемого газа, наибольший коэффициент подачи обеспечиваются при использовании воды. Расход воды превышает расход масла до 50 %, разница в среднеинтегральных температурах поверхности деталей цилиндропоршневой группы при использовании воды – до 8 К (по сравнению с использованием масла) и до 4 К (по сравнению с использованием антифриза). Разница в температурах всасываемого газа при использовании воды и масла ATF – до 7,5 К.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина, поршневой компрессор, охлаждающая жидкость, температура деталей цилиндропоршневой группы, коэффициент подачи, коэффициент подогрева, температура всасываемого газа

UDC 621.512

A.S. Tegzhanov, V.E. Shcherba, E.A. Dorofeev, I.P. Zaloznov, G.I. Ekimov, K.N. Sokirko (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Experimental study of the characteristics of a positive displacement hybrid power machine with two suction valves using various coolants

The results of an experimental study of a piston hybrid power machine with two suction valves using various coolants (water, antifreeze, ATF oil) are presented. When analyzing the working processes of PDHPM, the requirements for the PDHPM coolant were determined: high density, high specific heat, high thermal conductivity, low dynamic viscosity. Experimental studies have established that the maximum flow rate of the coolant, the best cooling of the parts of the cylinder-piston group and the intake gas, the highest feed rate are provided when using water. The water consumption exceeds the oil

consumption by up to 50%, the difference in the average integral surface temperatures of the parts of the cylinder-piston group when using water is up to 8 K (compared to using oil) and up to 4 K (compared to using antifreeze). The difference in suction gas temperatures when using water and ATF oil is up to 7.5 K.

Keywords: reciprocating hybrid power machine, reciprocating compressor, coolant, temperature of parts of the cylinder-piston group, feed rate, heating factor, intake gas temperature

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 621.165.533

П.П. Ощепков, П.Р. Вальехо Мальдонадо, Л.В. Виноградов, кандидаты техн. наук (Российский университет дружбы народов, г. Москва)
E-mail: oshchepkov-pp@rudn.ru

Автоматизированное построение решеток профилей преобразованием овоида

Рассмотрены результаты конструирования решетки профилей аналитическим методом на основе преобразований овоида. Для реализации предлагаемой математической модели разработан алгоритм, на его основе – пакет прикладных подпрограмм (модулей). Даны основные оригинальные расчётные зависимости. Аналитические и конструктивные проработки профиля включают: преобразование овоидов-прообразов в профили-образы, расчет их геометрических характеристик, построение средней линии и определение максимальной толщины профиля, компоновку решетки и межлопаточного канала. Предлагаемая математическая модель может рассматриваться как самостоятельная система или как подсистема (программный модуль) САПР.

Ключевые слава: кремоновые преобразования, САПР, решетка профилей, овоид, турбомашина

UDC 621.165.533

P.P. Oshchepkov, P.R. Vallejo Maldonado, L.V. Vinogradov (RUDN University, Moscow) E-mail: oshchepkov-pp@rudn.ru

Automated construction of lattice profiles by ovoid transformation

The results of profile lattice construction by analytical method based on the ovoid transformation are considered. To implement the proposed mathematical model, an algorithm has been developed, and on its basis, a package of applied subroutines (modules). The basic original calculation dependences are given. Analytical and constructive elaborations of the profile include: conversion of ovoid-images into profile-images, calculation of their geometrical characteristics, construction of a midline and determination of the maximum thickness of the profile, lattice and inter-blade channel layout. The proposed mathematical model can be considered as an independent system or as a subsystem (software module) of CAD.

Key words: cremona transformations, CAD, lattice profiles, ovoid, turbomachine

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 628.543

Ю.Я. Печенегов, д-р техн. наук (Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А., Россия); Р.И. Кузьмина, д-р хим. наук, О.В. Бурухина, канд. хим. наук (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия); В.А. Косов, М.А. Косов (Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия) E-mail: y.pechenegov@mail.ru

Печь для сжигания твердых отходов с каталитическим обезвреживанием продуктов горения

Приведено описание конструкции и работы предложенной печи для сжигания твердых промышленных и бытовых отходов. К особенностям печи относится применение технологии каталитического обезвреживания высокотемпературных газообразных продуктов сгорания отходов

при фильтрации их через неподвижный слой зернистых твердых частиц катализатора. Приведены результаты опытов по обезвреживанию продуктов сгорания. Предложена методика расчета основных теплогидравлических характеристик печи при работе в условиях самотяги, создаваемой дымовой трубой.

Ключевые слова: сжигание отходов, печь, каталитическое дожигание, зернистый катализатор, методика расчета, самотяга, теплогидравлические характеристики

UDC 628.543

Yu.Ya. Pechenegov (Engels institute of technology (branch) Saratov state technical university named after Gagarina Yu.A., Russia); R.I. Kuzmina, O.V. Burukhina (Saratov national research state university named after N.G. Chernyshevsky, Russia); V.A. Kosov, M.A. Kosov (Saratov state technical university named after Gagarin Yu.A., Russia) E-mail: y.pechenegov@mail.ru

Solid waste incineration furnace with catalytic neutralization of combustion products

The description of the design and operation of the furnace proposed by the authors for burning solid industrial and household waste is given. A feature of the furnace is the application of catalytic neutralization of high-temperature gaseous waste combustion products when filtering them through a fixed layer of granular solid catalyst particles. The results of experiments on the neutralization of combustion products are presented. A method for calculating the main thermal-hydraulic characteristics of a furnace operating under conditions of gravity generated by a chimney is proposed.

Keywords: waste incineration, furnace, catalytic afterburning, granular catalyst, calculation method, gravity, thermohydraulic characteristics

УДК 628.511.4

И.С. Гуданов, А.А. Ватагин, кандидаты техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, Д.С. Долгин (Ярославский государственный технический университет, Россия)
E-mail: goudanov@yandex.ru

Модернизация конструкции диффузора электрофильтров типа ЭГАВ с целью обеспечения равномерности газопылевого потока

Проведен анализ промышленной эксплуатации фильтров ЭГАВ1-19-15-6-2, предназначенных для очистки неагрессивных невзрывоопасных технологических газов и аспирационного воздуха от пыли. Была выявлена неравномерность распределения потоков на входе в рабочую зону фильтра, что приводит к ухудшению эффективности работы, повышению энергозатрат и частой чистке осадительных электродов. В ходе работы, авторами статьи, предложены конструктивные улучшения электрофильтров с приведенными расчетами.

Ключевые слова: электрофильтр, эффективность, пылеулавливание, CAD, расчеты, сечения, пластины.

UDC 628.511.4

I.S. Gudanov, A.A. Vatagin, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova, D.S. Dolgin (Yaroslavl state technical university, Russia) E-mail: goudanov@yandex.ru

Modernization of the design of the diffuser of the EGAV type electric filters in order to ensure the uniformity of the gas and dust flow

The analysis of industrial operation of EGAV1-19-15-6-2 filters designed for cleaning non-aggressive non-explosive process gases and aspiration air from dust has been carried out. The uneven distribution of flows at the entrance to the working area of the filter was revealed, which leads to a deterioration in operating efficiency, an increase in energy consumption and frequent cleaning of the collecting electrodes. In the course of the work, the authors of the article proposed constructive improvements of electrostatic precipitators with the given calculations.

Keywords: electrostatic precipitator, efficiency, dust collection, CAD, calculations, sections, plates

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 6–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.928.37

М.Г. Лагуткин, д-р техн. наук (МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия); А.Н. Шуляк, Е.Ю. Баранова, канд. техн. наук (Московский политехнический университет, Россия) E-mail: lag53@yandex.ru

Снижение энергетических затрат на проведение процесса разделения суспензий в гидроциклонах

Исследована задача рационального выбора конструктивных параметров гидроциклонов для минимизации энергетических затрат на обеспечение необходимых показателей разделения суспензий при заданной объемной производительности. Теоретическим анализом установлено, что энергетические затраты будут минимальными при диаметре входного патрубка, составляющем 0,366 от диаметра цилиндрической части гидроциклона, и диаметре верхнего сливного патрубка, определяемом по уравнению в зависимости от угла конусности конической части гидроциклона и от соотношения диаметра граничного зерна разделения к диаметру цилиндрической части гидроциклона. Соотношение плотности дисперсной фазы к плотности дисперсионной среды не оказывает влияния на энергетические затраты.

Ключевые слова: гидроциклон, граничное зерно разделения, показатели разделения, объёмная производительность, плотность фаз, энергетические затраты, рациональные параметры, расчет

UDC 621.928.37

M.G. Lagutkin (MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia); A.N. Shulyak, E.Yu. Baranova (Moscow Polytechnic University, Russia) E-mail: lag53@yandex.ru

Reduction of the energy costs for the process of separation of suspensions in hydrocyclones

The rational selection of design parameters of hydrocyclones in order to minimize the energy costs while ensuring the necessary indicators of separation of suspensions at a given volume capacity has been considered. Theoretical analysis has shown that the minimum energy costs will be provided with an inlet pipe diameter of 0.366 of the diameter of the cylindrical part of the hydrocyclone and the diameter of the upper drain pipe, determined by the equation depending on the taper angle of the conical part of the hydrocyclone and the ratio of the diameter of the boundary grain separation to the diameter of the conical part of the hydrocyclone. The ratio of the density of the dispersed phase to the density the dispersion medium does not affect the energy costs.

Keywords: hydrocyclone, boundary grain separation, separation indicators, volumetric productivity, phase density, energy costs, rational parameters, calculation

УДК 66.081.6

С.И. Лазарев, Н.В. Шель, доктора техн. наук, Д.Н. Коновалов, канд. техн. наук, А.В. Крылов, Д.Д. Коновалов, М.А. Хребтова (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: kdn1979dom@mail.ru

Модернизация конструкции электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа с охлаждением разделяемого раствора и методика расчета технологических и конструктивных параметров аппарата

Модернизирована конструкция электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа

для разделения, концентрирования и очистки растворов и стоков в различных отраслях промышленности. Отличительной особенностью модернизированной конструкции аппарата является охлаждение разделяемого раствора в малых камерах разделения. Разработана методика расчета общего объема разделяемого раствора, а также общего объема материала корпуса аппарата и его элементов (включая технологические и конструктивные параметры радиатора охлаждения), для определения массы конструкционного материала при проектировании и изготовлении аппарата. Представлены сравнительные данные, отражающие эффективность разработанной конструкции в сравнении с аппаратом-прототипом.

Ключевые слова: конструкция, электробаромембранный аппарат, расчет

UDC 66.081.6

S.I. Lazarev, N.V. Shel, D.N. Konovalov, A.V. Krylov, D.D. Konovalov, M.A. Khrebtova (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: kdn1979dom@mail.ru

Modernization of the design of a flat-chamber electrobaromembrane apparatus with cooling of the separated solution and the calculation method for technological and design parameters of the apparatus

The design of a flat-chamber electrobaromembrane apparatus for separating, concentrating and purifying solutions and effluents in various industries has been modernized. A distinctive feature of the modernized design of the apparatus is the presence of cooling of the separated solution in small separation chambers. A method has been developed for calculating the total volume of the separated solution, as well as the total volume of the apparatus body and its elements, including the technological and design parameters of the cooling radiator. Comparative data are presented showing the effectiveness of the developed design in comparison with the prototype apparatus and ultimately allowing to determine the mass of the structural material in the design and manufacture of the apparatus.

Keywords: design, electrobaromembrane apparatus, calculation

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 66.071.6.001.57

А.Б. Вандышев, канд. хим. наук, В.А. Куликов, канд. техн. наук (Институт машиноведения Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия)
E-mail: vandyshev@imach.uran.ru

Влияние системы отвода высокочистого водорода на эксплуатационные показатели мембранно-каталитических устройств

Сравнительным анализом установлено влияние дополнительного фактора, связанного с системой отвода высокочистого водорода из мембранных элементов плоского типа, на показатели получения водорода из углеводородного сырья в мембранно-каталитических устройствах.

Ключевые слова: сравнительный анализ, система отвода высокочистого водорода, мембранные элементы, мембранно-каталитические устройства, углеводородное сырье

UDC 66.071.6.001.57

A.B. Vandyshev, V.A. Kulikov (Institute of engineering science, Ural branch of Russian academy of sciences, Ekaterinburg, Russia) E-mail: vandyshev@imach.uran.ru

The effect of the high-purity hydrogen removal system on the performance of membrane-catalytic devices

Comparative analysis has established the influence of additional factor associated with the system of removal of high-purity hydrogen from flat-type membrane elements on the indicators of hydrogen production from hydrocarbon raw materials in membrane-catalytic devices.

Keywords: comparative analysis, high-purity hydrogen removal system from membrane elements, membrane-catalytic devices, hydrocarbon raw materials

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

Подборка статей Омского государственного технического университета

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

К вопросу о практической реализации изотермического процесса сжатия одноатомных газов

Разработана новая схема проведения процесса изотермического сжатия газа с использованием только охлаждающей жидкости – в виде жидкостного поршня и в виде впрыска охлаждающей жидкости. Рассмотрены два варианта осуществления процесса изотермического сжатия в рамках предложенной схемы и разработаны теоретические основы их расчета. Проведенными численными экспериментами установлены продолжительность процесса сжатия, требуемая скорость жидкостного поршня для осуществления изотермического процесса сжатия (при заданном количестве впрыскиваемой жидкости) и требуемое количество впрыскиваемой жидкости (при заданном законе скорости жидкостного поршня). В результате численных экспериментов подтверждена возможность осуществления изотермического процесса сжатия одноатомных газов с высоким показателем адиабаты.

Ключевые слова: изотермический процесс сжатия, компрессор объемного действия, жидкостной поршень, впрыскиваемая жидкость, одноатомные газы

UDC 621.512

V.E. Shcherba (Omsk State Technical University, Russia) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

On the question of the practical implementation of the isothermal process of monatomic gases compression

A new scheme for the implementation of the isothermal process of gas compression by using only the coolant was developed – in the form of a liquid piston and in the form of a coolant injection. Two options for the implementation of an isothermal compression process within the framework of the proposed scheme are considered and the theoretical foundations for their calculation are developed. The conducted numerical experiment made it possible to determine the time of the compression process, the required speed of the liquid piston for the implementation of the isothermal compression process for a given amount of injected liquid, and the required amount of injected liquid for a given law of the liquid piston speed. As a result of a numerical experiments, the possibility of implementation of an isothermal process of compression of monatomic gases with a high adiabatic index is shown.

Keywords: isothermal compression process, displacement compressor, liquid piston, injected liquid, monatomic gases

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук, Е.В. Ходорева, канд. техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия)
E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Расчет процесса охлаждения стенок рабочей камеры поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с регенеративным теплообменом на основе уравнения теплового баланса

Разработана упрощенная методика оценки продолжительности охлаждения цилиндропоршневой группы поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с регенеративным теплообменом при работе в режиме насоса. Регенеративный теплообмен (вследствие отсутствия термического сопротивления разделительной стенки) – более эффективен, чем рекуперативный теплообмен, реализуемый в настоящее время во всех поршневых компрессорах. Проведен численный эксперимент, в котором установлены значения числа Рейнольдса и коэффициента теплоотдачи в рабочей камере машины, установлены режимы течения жидкости в зависимости от угла поворота коленчатого вала в рабочей камере машины, а

также частота вращения коленчатого вала для реализации турбулентного режима течения. Установлено, что основная доля теплоты (95…96 %) от цилиндропоршневой группы отводится охлаждающей жидкостью, при этом рациональная частота вращения коленчатого вала, при которой обеспечиваются высокие энергетические показатели и достаточно быстрое охлаждение деталей цилиндропоршневой группы, составляет ~200 мин$^{-1}$.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина, поршневой компрессор, поршневой насос, регенеративный теплообмен, температура деталей цилиндропоршневой группы, охлаждающая жидкость

UDC 621.512

V.E. Shcherba, E.V. Khodoreva (Omsk State Technical University, Russia)
E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Calculation of the cooling process of the walls of the working chamber of a positive displacement piston hybrid power machine with regenerative heat exchange based on the heat balance equation

A simplified method for estimating the cooling time of the cylinder-piston group of a positive displacement hybrid power machine with regenerative heat exchange when operating in a pumping mode has been developed, in which, due to the absence of thermal resistance of the separating wall, it is more efficient than recuperative heat transfer, which is currently implemented in all reciprocating compressors. A numerical experiment was carried out, in which the values of the Reynolds number and the heat transfer coefficient in the working chamber of the machine were established, the modes of fluid flow along the angle of rotation of the crankshaft in the working chamber of the machine, as well as the angular velocities of the crankshaft for the implementation of the turbulent mode of motion were established. It was found that the main part of the heat from the cylinder-piston group is removed by the coolant and it is about 95…96 %, while the rational number of revolutions, which provides high energy performance and sufficiently fast cooling of the parts of the cylinder-piston group, is ~200 rpm.

Keywords: reciprocating hybrid power machine, reciprocating compressor, reciprocating pump, regenerative heat exchange, temperature of parts of the cylinder-piston group, coolant

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Расчет и анализ процессов нагнетания и всасывания в поршневой гибридной энергетической машине объемного действия с регенеративным теплообменом

Разработана методика расчета процесса нагнетания в ПГЭМОД с регенеративным теплообменом с учетом потерь давления вследствие подогрева жидкости в рабочей полости. Проведенным анализом источников потерь давления в процессе нагнетания на основе результатов численного эксперимента установлено: наибольшие потери давления (90 % и более) зависят от местных сопротивлений клапана. Относительные потери давления, обусловленные нагревом рабочей жидкости, увеличиваются в процессе нагнетания и к концу процесса нагнетания могут составлять значительную величину. Среднеинтегральные относительные потери давления, обусловленные подогревом рабочей жидкости, составляют около 5 % и находятся на втором месте после относительных потерь на местные сопротивления, с увеличением частоты вращения их влияние уменьшается.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина с регенеративным теплообменом, поршневой насос, процесс нагнетания, процесс всасывания, число оборотов коленчатого вала, давление нагнетания

UDC 621.512

V.E. Shcherba (Omsk State Technical University, Russia)
E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Calculation and analysis of the processes of injection and suction in a positive displacement hybrid power machine with regenerative heat exchange

A method was developed for calculating the injection process in RHPM with regenerative heat exchange, taking into account pressure losses due to heating of the liquid in the working cavity. The

analysis of the existing sources of pressure losses during the injection process, based on the results of a numerical experiment, made it possible to establish that the largest contribution to the pressure loss (90 % or more) depends on the local valve resistances. Relative pressure losses due to heating of the working fluid increase during the injection process and by the end of the injection process can amount to a significant value. The average integral relative pressure loss due to heating of the working fluid is about 5% and is in second place after the relative losses due to local resistance; with increasing rotation speed, their influence decreases.

Keywords: reciprocating hybrid power machine with regenerative heat exchange, piston pump, injection process, suction process, crankshaft speed, discharge pressure

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Сравнительный анализ эффективности применения рекуперативного теплообмена и регенеративного теплообмена в поршневых компрессорах

Разработана методика определения массы сжатого газа и подведенной индикаторной работы компрессора и насоса при работе компрессора при использовании регенеративного теплообмена или рекуперативного теплообмена. На основе полученных выражений для расчета массы подаваемого к потребителю сжатого газа и подводимой индикаторной работы предложены коэффициенты, характеризующие эффективность и экономичность регенеративного теплообмена по сравнению с рекуперативным теплообменом при охлаждении компрессора.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина, регенеративный теплообмен, рекуперативный теплообмен, поршневой компрессор, поршневой насос, коэффициент подачи, индикаторный КПД

UDC 621.512

V.E. Shcherba (Omsk State Technical University, Russia)
E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Comparative analysis of the effectiveness of the use of recuperative heat transfer and regenerative heat transfer in reciprocating compressors

A method was developed for determining the mass of compressed gas and the summed indicator operation of the compressor and pump during compressor operation, both when using regenerative and recuperative heat exchange. On the basis of a certain mass of compressed gas supplied to the consumer and the indicator work supplied, coefficients are proposed that characterize the efficiency and economy of using regenerative heat exchange compared to recuperative heat exchange for compressor cooling.

Keywords: reciprocating hybrid power machine, regenerative heat exchange, recuperative heat exchange, reciprocating compressor, reciprocating pump, feed rate, indicator efficiency

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

УДК 620.197.3

Р.К. Вагапов, д-р техн. наук, Р.Р. Кантюков, Д.Н. Запевалов, кандидаты техн. наук, К.А. Ибатуллин, канд. хим. наук, В.В. Ярковой (ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г.о. Ленинский, п. Развилка Московской обл., Россия)
E-mail: R_Vagapov@vniigaz.gazprom.ru

Оценка влияния микроструктурных особенностей сталей на их коррозионную стойкость в условиях переработки газа, содержащего CO_2

Одними из основных коррозионных условий при переработке газа являются условия конденсации влаги в паровой фазе и переменного смачивания на внутренней поверхности оборудования. При этом микроструктура стали и содержание неметаллических включений влияют на образование и развитие коррозионных дефектов углеродистых и низколегированных сталей. Показано, что локализация углекислотной коррозии на сварном шве стали X65 протекает более

интенсивно, чем на основном металле. Проведенные на разработанном стенде испытания в условиях переменного смачивания показали, что на поверхности стали 09Г2С локальные дефекты в виде коррозионного питтинга возникают в местах уноса продуктов коррозии. Морфология (плотность, сплошность и др.) образующихся продуктов коррозии ($FeCO_3$) влияет на потенциальные барьерные свойства продуктов коррозии. Применением ингибиторов коррозии предотвращается зарождение локальных повреждений стали при воздействии сред, содержащих CO_2.

Ключевые слова: скорость локальной коррозии, сварной шов, углекислотная коррозия, продукты коррозии, неметаллические включения.

UDC 620.197.3

R.K. Vagapov, R.R. Kantyukov, D.N. Zapevalov, K.A. Ibatullin, V.V. Yarkovoi (LLC Gazprom VNIIGAZ, Russia) E-mail: R_Vagapov@vniigaz.gazprom.ru

Evaluation of the effect of microstructural features of steels on their corrosion resistance under conditions of processing corrosive gas containing CO_2

One of the main corrosive environments in gas processing is the conditions of moisture condensation in the vapor phase and variable wetting on the inner surface of the equipment. Under such conditions, the microstructure and the presence of non-metallic inclusions influence the formation and development of corrosion defects on carbon/low alloy steels. It is shown that the localization of carbon dioxide corrosion on the welded seam of X65 steel proceeds more intensively than on the base metal. Tests carried out on a specially designed stand under conditions of variable wetting showed that on the surface of 09Mn2Si steel, local defects in the form of corrosion pitting occur in places where corrosion products are carried away. The morphology (density, continuity, etc.) of the resulting corrosion products ($FeCO_3$) affects their potential barrier properties with respect to carbon dioxide corrosion of steel. The use of corrosion inhibitors can prevent the initiation of local damage on steel.

Keywords: local corrosion rate, weld seam, carbon dioxide corrosion, corrosion products, non-metallic inclusions

УДК 621.763

О.Ю. Еренков, д-р техн. наук, Е.П. Дорофеев (Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия) E-mail: erenkov@list.ru

Исследование эксплуатационных свойств отвержденных полимерных связующих после электроимпульсной обработки

Представлены результаты экспериментального исследования влияния электрофизической обработки отвержденных синтетических термореактивных смол на их прочность и водопоглощение. Экспериментально подтверждено повышение прочности и снижение водопоглощения отвержденных образцов исследуемых смол после их облучения наносекундными электромагнитными импульсами. Установлен рациональный режим облучения отвержденных смол, при реализации которого для всех исследуемых смол наблюдаются максимальные повышение прочности и снижение водопоглощения.

Ключевые слова: реактивные смолы, прочность, влагопоглощение, наносекундные электромагнитные импульсы, дипольная поляризация, эпоксидные группы, эфирные группы

UDC 621.763

O.Yu. Erenkov, E.P. Dorofeev (Pacific State University, Khabarovsk, Russia) E-mail: erenkov@list.ru

Study of the performance properties of cured polymeric binders after electropulse treatment

The results of an experimental study of the effect of electrophysical treatment of cured synthetic thermosetting resins on strength and water absorption are presented. The positive effect of increasing the strength and reducing the water absorption capacity of the cured samples of the studied resins after their irradiation with nanosecond electromagnetic pulses has been experimentally proven. The rational mode of irradiation of cured resins has been established, during the implementation of which, for all the studied resins, a maximum increase in strength and a decrease in the water absorption index are observed.

Keywords: thermosetting resins, strength, moisture absorption, nanosecond electromagnetic pulses, dipole polarization, epoxy groups, ether groups

УДК 544.653:620.193.013
К.Р. Таранцева, д-р техн. наук (Пензенский государственный технологический университет, Россия); К.В. Таранцев, д-р техн. наук (Пензенский государственный университет, Россия); А.В. Коростелева, канд. техн. наук (Пензенский государственный технологический университет, Россия)
E-mail: krtar@bk.ru

Каталитическая активность и стойкость катализаторов восстановления кислорода на основе серебра и никеля в щелочно-этанольных средах

Исследованы каталитическая активность и стойкость серебряных и никелевых катализаторов, осажденных на различные медные подложки, для проведения реакции восстановления кислорода в этанольно-щелочных средах EtOH + KOH + H_2O (pH = 13,1), предложенных ранее для процесса низкотемпературного электроокисления этанола. Установлено, что исходная каталитическая активность серебра к восстановлению кислорода высокая, однако химической нестабильностью серебра в щелочных средах ограничивается возможность его применения для низкотемпературного окисления этанола в системе сильнощелочных этанольных средах. В данных условиях более стабильны катализаторы на основе никелевой пены, применение которых более перспективно, несмотря на меньшие токи восстановления кислорода.

Ключевые слова: катализаторы, восстановление кислорода, щелочные среды, серебро, никель, оксиды и гидроксиды железа и кобальта

UDC 544.653:620.193.013
K.R. Tarantseva (Penza State Technological University, Russia); K.V. Tarantsev (Penza State University, Russia); A.V. Korosteleva (Penza State Technological University, Russia) E-mail: krtar@bk.ru

Catalytic activity and stability of oxygen reduction catalysts based on silver and nickel in alkali-ethanol media

The catalytic activity and stability of silver and nickel catalysts deposited on various copper substrates for oxygen reduction in ethanol-alkaline media EtOH + KOH + H_2O (pH=13.1), previously proposed for the process of low-temperature electrooxidation of ethanol, have been studied. It is shown that despite the initial high activity of silver in oxygen reduction, chemical instability of silver in alkaline media limits the possibility of using it for low-temperature oxidation of ethanol in a system of strongly alkaline ethanol media. Under these conditions, catalysts based on nickel foam are more stable, which makes them more promising for practical use, despite the lower currents of oxygen reduction.

Keywords: catalysts, oxygen reduction, alkaline media, silver, nickel, iron and cobalt hydroxides

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 7–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 62-98

И.Ю. Голованов, М.Г. Лагуткин, д-р техн. наук, А.С. Соколов, канд. техн. наук (Московский политехнический университет, Россия) E-mail: igol95@yandex.ru

Влияние толщины стенки полипропиленовых колец Рашига и метода их изготовления на материалоемкость насыпных массообменных насадок

Проведен сравнительный анализ методов изготовления колец Рашига из полипропилена (с учетом расходных коэффициентов в производстве изделий из термопластов) на примере массообменной насадки для сушильной башни производства серной кислоты. Представлены графические зависимости и уравнения регрессии массы насадок из широко применяемых на практике колец Рашига диаметром 75 мм и зависимости массы полипропилена, затрачиваемого на их изготовление, от толщины стенок колец (с учетом метода изготовления колец).

Ключевые слова: насадка, колонный аппарат, кольца Рашига, полипропилен, компьютерная модель, масса насадки, метод изготовления, расходные коэффициенты

UDC 62-98

I.Yu. Golovanov, M.G. Lagutkin, A.S. Sokolov (Moscow Polytechnic University, Russia) E-mail: igol95@yandex.ru

Effect of the wall thickness and the manufacturing method of polypropylene Rashig rings on the material consumption in the production of bulk mass transfer nozzles

The article presents a comparative analysis of the methods of manufacturing Rashig rings made of polypropylene (taking into account the consumption coefficients in the production of products from thermoplastics) on the example of manufacturing a mass transfer nozzle of a drying tower for the production of sulfuric acid. Graphical dependences and regression equations of the mass of mass-exchange nozzles made of Raschig rings (diameter 75 mm) and the mass of polypropylene for their manufacture (taking into account the manufacturing method) are presented.

Keyword: mass transfer nozzle, column apparatus, Rashig rings, polypropylene, computer model, mass transfer nozzle mass, manufacturing method, consumption coefficients

УДК 66.096.5

А.В. Михалёв, О.Ю. Милованов, Д.В. Климов, Р.Л. Исьёмин, кандидаты техн. наук, В.С. Кох-Татаренко, А.В. Небываев (Тамбовский государственный технический университет, Россия); Ф. Тайбот, PhD (Opti'Tech, г. Лейпциг, Германия) E-mail: penergy@list.ru, fouzi.tabet@gmail.com

Исследование влияния катализатора на процесс влажной торрефикации биомассы в кипящем слое в среде перегретого водяного пара

Проведено сравнительное исследование процессов получения биоугля (сырья для синтеза сорбентов) методом влажной торрефикации скорлупы фундука в кипящем слое в среде перегретого водяного пара без использования катализатора (оливинового песка) и с использованием катализатора. Показано, что при использовании катализатора процесс влажной торрефикации интенсифицируется, при этом химический состав полученного биоугля остается таким же, как при проведении процесса без катализатора.

Ключевые слова: биоуголь, влажная торрефикация, сорбенты, катализатор

UDC 66.096.5

A.V. Mikhalev, O.Yu. Milovanov, D.V. Klimov, R.L. Isemin, V.S. Kokh-Tatarenko, A.V. Nebyvaev (Tambov State Technical University, Russia); F. Taibot (Opti'Tech, Leipzig, Germany) E-mail: penergy@list.ru, fouzi.tabet@gmail.com

Study of the influence of a catalyst on the process of biomass wet torrefaction in a fluidized bed in an environment of superheated water steam

A comparative study of processes of biochar production (raw material for synthesizing sorbents) by means of the wet torrefaction of hazelnut shells in a fluidized bed with superheated steam, both with and without the use of a catalyst (olivine sand), was conducted. It was shown that the use of a catalyst intensifies the wet torrefaction process, but the chemical composition of the resulting biochar remains the same as in the case of conducting the process without a catalyst.

Keywords: biochar, wet torrefaction, sorbents, catalyst

УДК 534-8:66.084:628.3

М.С. Муллакаев, д-р техн. наук, Р.М. Муллакаев, О.Б. Боднарь, д-р техн. наук (Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, г. Москва) E-mail: mullakaev@mail.ru

Модернизация технологии очистки подземных вод на основе ультразвукового гальванокоагуляционного метода

Представлены результаты экспериментов по ультразвуковой гальванохимической очистке подземных вод. Даны рекомендации по модернизации системы очистки (водоочистных сооружений) на основе аппаратурно-технологической схемы с использованием автономного ультразвукового гальванокоагуляционного блока. Предлагаемая технология может стать основой нового подхода к решению задач по очистке подземных вод.

Ключевые слова: подземные воды, гальванохимическая очистка, гальванокоагулятор, магнетит, ультразвук, ультразвуковая активация, марганец, общее железо, кремний, степень очистки, аппаратурно-технологическая схема, модернизация очистных сооружений

UDC 534-8:66.084:628.3

M.S. Mullakaev, R.M. Mullakaev, O.B. Bodnar (Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow, Russia) E-mail: mullakaev@mail.ru

Modernization of the groundwater purification technology based on the ultrasonic galvanocoagulation method

The results of experiments to determine the rational modes of ultrasonic galvanochemical treatment of groundwater are presented. Recommendations are formulated for the modernization of the existing cleaning system of the enterprise on the basis of the developed hardware-technological scheme, which provides for the use of an autonomous ultrasonic galvanic coagulation unit. The proposed technology can become the basis of a fundamentally new approach to solving a wide range of problems of groundwater treatment.

Keywords: groundwater, galvanochemical treatment, galvanocoagulator, magnetite, ultrasound, ultrasonic activation, manganese, total iron, silicon, degree of purification, process flow diagram, modernization of treatment facilities

УДК 532.542

А.В. Степыкин, С.Р. Рузанов, кандидаты техн. наук, А.А. Сидягин, д-р техн. наук, Д.М. Бухаров, Е.М. Тутанина (Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия) E-mail: cngh@yandex.ru

Экспериментальное исследование гидравлического сопротивления пластинчатых модулей тепломассообменного устройства

Приведены результаты экспериментального исследования гидравлического сопротивления теплообменных модулей, входящих в состав тепломассообменного устройства. Проведен анализ литературных данных по изучению гидравлического сопротивления в близких по конструкции пластинчатых теплообменниках. Дано описание лабораторной установки, приборов контроля, методики эксперимента. В результате обработки экспериментальных данных получены зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от числа Рейнольдса для модулей различных типоразмеров. Определены зависимости для расчета коэффициента гидравлического сопротивления. Установлено, что с увеличением числа Рейнольдса коэффициент гидравлического

сопротивления снижается, с увеличением толщины модуля – возрастает. Показатель степени при числе Рейнольдса близок к приведенным в литературе значениям для пластинчатых теплообменников.

Ключевые слова: контактные устройства, теплонапряженные процессы, теплопередача, теплоотдача, гидравлическое сопротивление

UDC 532.542

A.V. Stepykin, S.R. Ruzanov, A.A. Sidyagin, D.M. Bukharov, E.M. Tutanina (Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia) E-mail: cngh@yandex.ru

Experimental study of the hydraulic resistance of plate modules of a heat and mass transfer device

The article presents an analysis of the results of an experimental study of the hydraulic resistance of heat exchange modules that are part of a heat and mass transfer device. The paper analyzes the literature data on the study of hydraulic resistance in plate heat exchangers similar in design. A description of the laboratory installation, control devices, and experimental methods is given. As a result of processing experimental data, the dependences of the resistance coefficient on the Reynolds number for various module sizes are obtained. Dependences for calculating the resistance coefficient are determined. It is established that with the growth of the Reynolds number, the resistance coefficient decreases. As the thickness of the module increases, the resistance coefficient increases. The exponent of the Reynolds criterion is close to the values given in the literature for plate heat exchangers.

Keywords: contact devices, heat-stressed processes, heat transfer, heat transfer, hydraulic resistance

УДК 66.022.54

А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, Д.В. Стенько (Ярославский государственный технический университет, Россия);
Д.А. Личак, канд. техн. наук (Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского, Россия)
E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Определение производительности ротационного смесителя твердых дисперсных полимерных компонентов

Выполнен расчет ротационного аппарата на основе стохастического подхода к моделированию процесса смешения твердых дисперсных полимерных компонентов с учетом особенностей движения частиц компонентов в формирующихся разреженных потоках, в том числе электростатического эффекта и столкновений. Проведено сравнение полученных показателей расчетов производительности и результатов экспериментальных испытаний лабораторной установки с двумя этапами смешения компонентов – эллипсоидных частиц полипропилена (вторичного и первичного) в соотношении 1:9. Установлены: слабая нелинейность регрессионных зависимостей производительности от частоты вращения смесительных барабанов; слабая квадратичная зависимость суммарного расхода компонентов от угловой скорости вращения барабанов при удовлетворительном согласии с опытными данными (относительная погрешностью 5…10 %). Увеличение угловой скорости вращения барабанов в 1,06 раза влияет на увеличение производительности в 1,28 раза. Установлены основные параметры, оказывающие значительное влияние на производительность ротационного аппарата.

Ключевые слова: смешение, ротационный смеситель, производительность, расчет, стохастический подход, эксперимент, сравнительный анализ

UDC 66.022.54

A.B. Kapranova, D.V. Stenko (Yaroslavl State Technical University, Russia);
D.A. Lichak (Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Russia) E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Determination of the productivity of a rotary mixer of solid dispersed polymer components

A calculation of the rotating apparatus was carried out based on a stochastic approach to modeling the process of mixing solid dispersed polymer components, taking into account the peculiarities of the movement of their particles in the forming rarefied flows, including the electrostatic effect and collisions.

A comparison was made of the obtained performance calculation indicators and the results of experimental tests of a laboratory installation with two stages of mixing components, in particular, in a ratio of 1:9 ellipsoidal polypropylene particles (secondary and primary). The following are observed: weak nonlinearity of regression dependences of productivity on the rotation speed of mixing drums and a weak quadratic dependence of the total consumption of components on the angular speed of rotation of drums, with satisfactory agreement with experimental data (with a relative error of 5…10 %). Including an increase in the angular velocity of rotation of drums by 1,06 times leads to an increase in productivity by 1,28 times. The main parameters have been established that have a significant impact on the performance value of the rotary apparatus.

Keywords: mixing, rotary mixer, productivity, calculation, stochastic approach, experiment, comparative analysis

УДК 621.565.2

А.А. Жаров, А.В. Борисенко, А.В. Валякина, кандидаты техн. наук, Н.В. Ковалёва (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: kovaliova.nina@mail.ru

Аккумуляторы холода с использованием бинарного льда в системах кондиционирования воздуха

Приведены исследования аккумуляторов холода с использованием бинарного льда в системах кондиционирования воздуха. Рассмотрены основные достоинства и недостатки распространенных способов получения бинарного льда. Рассмотрен вариант установки для получения бинарного льда методом вакуумно-выпарной кристаллизации. Приведены режимы работы генератора бинарного льда и парокомпрессионного чиллера (в сравнении) при их параллельном подключении. Предложен оптимальный режим работы генератора бинарного льда при его использовании в системе кондиционирования воздуха для помещений кафедры Э4 МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Ключевые слова: бинарный лед, аккумулятор холода, вакуум-выпарная установка, генератор бинарного льда, экономическая эффективность льдогенератора

UDC 621.565.2

A.A. Zharov, A.V. Borisenko, A.V. Valyakina, N.V. Kovaleva (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: kovaliova.nina@mail.ru

Cold accumulators using binary ice in air conditioning systems

This article is aimed at the study of cold storage batteries using binary ice in air conditioning systems. The main advantages and disadvantages of common methods of obtaining binary ice are considered. A variant of the installation for obtaining binary ice by vacuum-evaporated crystallization is considered. The operation modes of binary ice generator and steam-pressure chiller at their parallel connection are compared. The optimal mode of operation of the binary ice generator for the Department of Refrigeration Technology of BMSTU is proposed.

Keywords: binary ice, cold storage, vacuum evaporator, binary ice generator, economic efficiency of ice generator

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук, А.С. Тегжанов, канд. техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия)
E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Анализ влияния объема мертвого пространства на рабочие процессы и характеристики поршневой гибридной энергетической машины с двумя всасывающими клапанами

Исследовано влияние объема мертвого пространства на рабочие процессы ПГЭМОД с двумя всасывающими клапанами. С учетом того, что процесс обратного расширения в данной машине протекает с переменной массой газа, получено выражение для определения объемного

коэффициента при переменной массе расширяющегося газа. В результате проведенного численного эксперимента по разработанной ранее математической модели установлено влияние объема мертвого пространства на мгновенные интегральные характеристики машины. Показано, что увеличение объема мертвого пространства приводит к увеличению длительности процесса расширения (несмотря на уменьшение массы расширяющегося газа), уменьшению расхода охлаждающей жидкости, значительному уменьшению коэффициента подачи и незначительному уменьшению индикаторного изотермического КПД.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина, поршневой компрессор, мертвое пространство, всасывающий клапан, индикаторная диаграмма, индикаторный изотермический КПД, объемный коэффициент, коэффициент плотности, коэффициент подачи.

UDC 621.512

V.E. Shcherba, A.S. Tegzhanov (Omsk State Technical University, Russia)
E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Analysis of the influence of the dead space volume on the operating processes and performance of a reciprocating hybrid power machine with two suction valves

The work examines the influence of dead space volume on the working processes of a PDPHPM with two suction valves. Taking into account that the process of reverse expansion in this machine occurs with a variable mass of gas, an expression is obtained to determine the value of the volume coefficient with a variable mass of expanding gas. As a result of a numerical experiment using a previously developed mathematical model, the influence of dead space volume on the instantaneous integral characteristics of the machine was established. It is shown that an increase in dead space leads to an increase in the duration of the expansion process despite a decrease in the mass of the expanding gas, a decrease in coolant consumption, a significant decrease in the flow coefficient and a slight decrease in the indicator isothermal efficiency.

Keywords: piston hybrid power machine, piston compressor, dead space, suction valve, indicator diagram, indicator isothermal efficiency, volumetric coefficient, density coefficient, flow coefficient

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

УДК 544.653:620.193.013

К.Р. Таранцева, д-р техн. наук (Пензенский государственный технологический университет, Россия); К.В. Таранцев, д-р техн. наук (Пензенский государственный университет, Россия); Е.А. Полянскова, канд. техн. наук (Пензенский государственный технологический университет, Россия)
E-mail: krtar@bk.ru

Каталитическая активность и стойкость катализаторов окисления этанола на основе переходных металлов и шпинелей переходных металлов в щелочно-этанольных средах

Представлены результаты исследования каталитической активности медных электродов, в том числе позолоченных, с покрытиями на основе никелевой пены, оксидов и гидроксидов железа и кобальта в сильнощелочных этанольных средах для низкотемпературного окисления этанола. Установлено, что никелевые пены с оксидами и гидроксидами железа и кобальта, осаженные на медной подложке, более активны в реакциях окисления этанола и перспективны для применения в топливных элементах. Аналогичные пены, осажденные на медной подложке с гальваническим слоем золота, более перспективны для установок разложения воды, так как обеспечиваются высокие токи окисления кислорода.

Ключевые слова: катализаторы, низкотемпературное электроокисление окисление этанола, никелевая пена, оксиды и гидроксиды железа и никеля

UDC 544.653:620.193.013

K.R. Tarantseva (Penza State Technological University, Russia); K.V. Tarantsev (Penza State University, Russia); E.A. Polyanskova (Penza State Technological University, Russia) E-mail:

krtar@bk.ru

Catalytic activity and stability of ethanol oxidation catalysts based on transition metals and transition metal spinels in alkaline-ethanol media

The results of a study of the catalytic activity of copper electrodes, including gold-plated ones, coated with nickel foam, oxides and hydroxides of iron and cobalt in strongly alkaline ethanol media for low-temperature oxidation of ethanol, are presented. It is concluded that nickel foams with oxides and hydroxides of iron and cobalt deposited on a copper substrate are more active in ethanol oxidation and are promising for use in fuel cells, while the same foams deposited on a copper substrate with a galvanic gold layer are more interesting for decomposition installations. water, providing high oxygen oxidation currents.

Keywords: catalysts, low-temperature electrooxidation, ethanol oxidation, nickel foam, oxides and hydroxides of iron and nickel

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

УДК 678.057.374.1

Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, канд. техн. наук, Ю.Б. Лаврентьев, канд. техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия); Я.В. Екимов (ООО «ТЕХНОЦЕНТР-НЕФТЕМАШ», г. Ярославль, Россия) E-mail: dim_dol.94@mail.ru

Модернизация протекторной экструзионной головки для червячной машины МЧХ-200

Проведен расчет гидродинамики базовой экструзионной головки червячной машины МЧХ-200 с применением ANSYS. Для модернизации головки предложено применение штифтовой экструзии. Методом направленного поиска разработана новая более простая конструкция головки. При сравнении данных о распределении скоростей течения материала для базовой и новой конструкций головки подтверждена эффективность внедрения штифта в экструзионную головку новой конструкции.

Ключевые слова: полимеры, резина, экструзия, экструзионная головка, штифт, изоконтуры скоростей, эпюра относительных скоростей

UDC 678.057.374.1

D.S. Dolgin, I.S. Gudanov, Yu.B. Lavrentiev, A.E. Lebedev (Yaroslavl State Technical University, Russia); Ya.V. Ekimov (TECHNOCENTER-NEFTEMASH LLC, Yaroslavl, Russia) E-mail: dim_dol.94@mail.ru

Modernization of the tread extrusion head for the MCH-200 worm machine

Hydrodynamics of the existing basic extrusion head of the MCH-200 worm machine were calculated using ANSYS. It is proposed to use pin extrusion for modernization of the head. A new simpler head design has been developed using the directional search method. When comparing data on the distribution of material flow rates for the basic and new head designs, the efficiency of the pin insertion into the extrusion head was determined.

Keywords: polymers, rubber, extrusion, extrusion head, pin, velocity isocontures, relative velocity plot

УДК 621.777.01

В.Ю. Архангельский, д-р техн. наук (Московский политехнический университет, Россия, АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», г. Сергиев Посад, Россия); И.Н. Шестаков, С.В. Шибанов, канд. техн. наук (АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», г. Сергиев Посад, Россия); Е.Е. Казакова, канд. техн. наук (Московский политехнический университет, Россия) E-mail: arwadim@mail.ru

Влияние скорости прессования порошкообразных материалов на произведение коэффициента внешнего трения и коэффициента бокового давления

Разработана математическая модель, отражающая влияние факторов давления и скорости на изменение произведения коэффициента внешнего трения и коэффициента бокового давления

при прессовании порошкообразных материалов в замкнутой матрице. Так как скорости прессования в замкнутой матрице достаточно малы, в модели учтено только влияние скорости скольжения (прессования) на деформационную составляющую при расчете сопротивления сдвигу. Обработка экспериментальных данных проведена по методу наименьших квадратов с применением линейной регрессионной модели третьего порядка. По результатам корреляционного анализа установлены сильная взаимосвязь произведения коэффициента внешнего трения и коэффициента бокового давления с режимными параметрами прессования (давлением и скоростью), а также независимость факторов скорости и давления.

Ключевые слова: порошкообразный материал, плотность, давление, скорость прессования, коэффициент внешнего трения, коэффициент бокового давления, распределение напряжений

UDC 621.777.01

V.Yu. Arkhangelsky (Moscow Polytechnic University, Russia, Applied Chemistry R&D Institute JSC, Russia); I.N. Shestakov, S.V. Shibanov (Applied Chemistry R&D Institute JSC, Russia); E.E. Kazakova (Moscow Polytechnic University, Russia)

E-mail: arwadim@mail.ru

Effect of the velocity of pressing of powder materials on the product of the external friction coefficient and the lateral pressure coefficient

Mathematical model is developed, which describes the influence of factors of pressure and velocity on changes in the product of the external friction coefficient and the lateral pressure coefficient during powder materials pressing in a closed die. As the velocities of pressing in a closed die are rather low, this model takes into account the influence of only the velocity of slipping motion on the deformation component in shear strength calculations. Processing of experimental data was performed according to the least squares method using a linear regression model of the third order. The results of correlation analysis demonstrate strong interaction of the product of the external friction coefficient and the lateral pressure coefficient with pressing modes (pressure and velocity) as well as independence of factors of velocity and pressure.

Keywords: powder material, density, pressure, the velocity of pressing, the external friction coefficient, the lateral pressure coefficient, stress distribution

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 8–2023

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66.045.126

А.М. Силин, М.Г. Лагуткин, д-р техн. наук, Е.Ю. Баранова, канд. техн. наук (Московский политехнический университет, Россия) E-mail: alienbag@yandex.ru

Снижение энергетических затрат на перекачивание теплоносителей при обеспечении необходимого количества передаваемой теплоты в пластинчатом теплообменнике

С применением модуля вычислительной гидродинамики, встроенного в программу для 3D-моделирования, проведены расчеты средней разности температур между горячим и холодным теплоносителями, количества передаваемой теплоты и гидравлического сопротивления для запатентованного пластинчатого теплообменника с пластинами с каплевидным рельефом и для теплообменника с типовыми гофрированными пластинами. Установлено, что в запатентованном теплообменнике обеспечиваются меньшие энергетические затраты на перекачивание теплоносителей при равенстве количества передаваемой теплоты.

Ключевые слова: пластинчатый теплообменник, конструкции пластин, количество передаваемой теплоты, гидравлическое сопротивление, энергетические затраты, компьютерное моделирование

UDC 66.045.126

A.M. Silin, M.G. Lagutkin, E.Yu. Baranova (Moscow Polytechnic University, Russia) E-mail: alienbag@yandex.ru

Reduction of energy costs for pumping heat-transfer fluids while ensuring the required quantity of transferred heat in the plate heat exchanger

Using a module for computational fluid dynamics, built into the program for 3D modeling, a comparison of the average temperature difference between hot and cold coolant, the amount of heat transferred and hydraulic resistance of the patented plate heat exchanger with drop-shaped plates with a heat exchanger with typical corrugated plates, showing that the patented heat exchanger provides less energy costs for pumping the coolant at the same amount of transferred heat.

Keywords: plate heat exchanger, plate designs, amount of heat transferred, hydraulic resistance, energy costs, computer modeling

УДК 66.022.54

Д.В. Федорова, А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, И.С. Шеронина, канд. техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия) E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Экспериментальные исследования процесса смешения сыпучих компонентов в центробежном аппарате с чередующимися каналами и лопатками

Проведены экспериментальные исследования процесса смешения сыпучих компонентов на разработанной лабораторной установке центробежного аппарата (с насадкой с чередующимися радиальными каналами, соплами и лопатками), выполнен анализ результатов экспериментов. Выявлено существенное влияние режимного параметра аппарата (частоты вращения насадки) на характер распределения числа частиц каждого сыпучего компонента (при образовании разреженного потока компонента) по высоте вертикальной ловушки. В частности, при увеличении частоты вращения насадки в 1,67 раза наблюдается сдвиг максимального значения массовой доли всех частиц разреженного потока вниз на одну ячейку вертикальной ловушки. Установлено, что для двух типов смесей (с соотношениями истинных плотностей веществ ключевого и

транспортирующего компонентов 0,67 и 0,62) выполняется условие их качественного смешения. Полученные результаты могут быть полезны при верификации стохастических моделей формирования разреженных потоков частиц смешиваемых компонентов с применением вращающейся насадки с радиальными каналами, соплами и лопатками.

Ключевые слова: смешение, центробежный аппарат, радиальный канал, сопло, лопатка, разреженный поток, эксперимент, анализ

UDC 66.022.54

D.V. Fedorova, A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, I.S. Sheronina (Yaroslavl State Technical University, Russia). E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Experimental study of the process of mixing bulk components in a centrifugal apparatus with alternating channels and blades

An analysis of the results of experimental studies of the process of mixing bulk components on a developed laboratory installation of a centrifugal apparatus with alternating radial channels, nozzles and blades has been carried out. A significant influence of the operating parameter of the apparatus (rotation speed of the cap with the indicated radial structural elements) on the nature of the distribution of the number of particles of each bulk component separately during the formation of its rarefied flow along the height of the vertical trap is shown. In particular, an increase in the rotation speed of the cap by 1.67 times leads to a shift of the maximum value of the mass fraction of all particles of the rarefied flow below by 1 cell of the vertical trap. It has been established that for two types of mixtures with a ratio of 0.67 and 0.62 for the true densities of the substances of the key and transport components, the condition for their qualitative mixing is satisfied in the form of overlapping areas of maxima for the mass fractions of the mixed materials depending on the cell number of the vertical trap. So, the obtained results of the analysis of experimental tests are recommended to be used in the verification of stochastic models of the formation of rarefied flows of particles of mixed components using a rotating cap with radial channels, nozzles and blade.

Keywords: mixing, centrifugal apparatus, radial channel, nozzle, blade, rarefied flow, experiment, analysis

УДК 66.081.6

С.В. Ковалев, О.А. Ковалева, доктора техн. наук, И.С. Седоплатов (Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Россия)
E-mail: sseedd@mail.ru

Повышение эффективности электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа для разделения растворов

Модернизирована конструкция электробаромембранного аппарата плоскокамерного типа для очистки технологических растворов химических, машиностроительных и агроперерабатывающих производств. Проведен анализ конструкций подобных аппаратов, дано описание работы аппарата. Модернизированная конструкция аппарата отличается увеличенной площадью разделения раствора, сниженным гидравлическим сопротивлением в переточных каналах для циркуляции разделяемого раствора, повышенными производительностью и эффективностью разделения раствора, исключением образования застойных зон на пути вывода прикатодного, прианодного пермеата.

Ключевые слова: пермеат, прианодная мембрана, прикатодная мембрана, переточный канал

UDC 66.081.6

S.V. Kovalev, O.A. Kovaleva, I.S. Sedoplatov (Derzhavin Tambov State University, Russia) E-mail: sseedd@mail.ru

Improving the efficiency of a flat-chamber type electrobaromembrane apparatus for separation of solutions

The design of a flat-chamber type electrobaromembrane apparatus for cleaning technological solutions of chemical, machine-building and agro-processing industries has been modernized. The analysis of the designs of such devices is carried out, and the operation of the device is described. The

developed design of the device makes it possible to increase the separation area of the solution, reduce the hydraulic resistance in the overflow channels for the circulation of the separated solution, increase the productivity and efficiency of solution separation, reduce stagnation in the path of withdrawal of cathode, anode permeate.

Key words: permeate, near-cathode membrane, near-cathode membrane, overflow channel

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 536.48

С.С. Рябикин, А.С. Кротов, кандидаты техн. наук, С.В. Масликова (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия)
E-mail: ryabikin@bmstu.ru

Численное исследование регулирования состава многокомпонентного смесевого хладагента при сжижении природного газа

Одним из перспективных направлений повышения энергетической эффективности и снижения операционных затрат при применении малотоннажных установок сжижения природного газа, в которых применяются смесевые холодильные машины, является использование систем регулирования состава смесевого хладагента, что позволяет отказаться от процедур перезаправки контуров хладагента. Описан метод регулирования работы холодильной машины. Проведено численное моделирование работы смесевой холодильной машины в условиях регулирования. Исследована энергетическая эффективность установки сжижения природного газа с системой регулирования состава смесевого хладагента при изменении температуры окружающей среды. Проанализирована возможность внедрения метода регулирования в малотоннажные установки сжижения природного газа.

Ключевые слова: сжижение, смесевые хладагенты, природный газ, холодильная машина, регулировка состава

UDC 536.48

S.S. Ryabikin, A.S. Krotov, S.V. Maslikova (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: ryabikin@bmstu.ru

Numerical study of regulation of the multicomponent mixed refrigerant composition during natural gas liquefaction

One of the promising areas for increasing energy efficiency and reducing operating costs when using small-scale natural gas liquefaction plants using mixed refrigeration machines is the use of systems for regulating the composition of the mixed refrigerant. Such systems eliminate the need for recharging refrigerant. A method for regulating the operation of a refrigeration machine is described. Numerical modeling of the operation of a mixture refrigeration machine under control conditions was carried out. The energy efficiency of a natural gas liquefaction plant with a system for regulating the composition of the mixed refrigerant when the ambient temperature changes has been studied. The possibility of introducing the control method into small-scale natural gas liquefaction plants is analyzed.

Key words: liquefaction, mixed refrigerants, natural gas, refrigeration machine, composition adjustment

УДК 536.48

С.С. Рябикин, А.В. Шакуров, кандидаты техн. наук, А.А. Жердев, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: ryabikin@bmstu.ru

Влияние добавок наночастиц Ag/PVP
на удельную теплоемкость хладоносителей на основе систем
«вода», «пропиленгликоль – вода», «изопропиловый спирт»

Представлены результаты исследования влияния примесей наночастиц серебра (Ag), покрытых поливинилпирролидоном (PVP) с концентрацией 0,3 % (мас. доли серебра) в базовых

жидкостях хладоносителей на основе систем «вода», «пропиленгликоль – вода», «изопропиловый спирт» на удельную теплоемкость хладоносителей в широком диапазоне температур. При введении наночастиц удельная теплоемкость хладоносителей изменилась следующим образом: для системы «вода» – понизилась в среднем на 8 %; для системы «пропиленгликоль – вода» изменение было не более 2 %; для системы «изопропиловый спирт» отмечено увеличение теплоемкости на 6 %. Полученные новые данные об удельной теплоемкости хладоносителей с наночастицами – возможность использования их не только для расчёта процессов и аппаратов, но и для создания материалов со свойствами, приближенными к заданным.

Ключевые слова: удельная теплоемкость, наночастицы, Ag/PVP, хладоносители, теплофизические свойства

UDC 536.48

S.S. Ryabikin, A.V. Shakurov, A.A. Zherdev (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: ryabikin@bmstu.ru

The effect of Ag/PVP nanoparticle additives on the specific heat capacity of secondary coolants based on the systems «water», «propylene glycol – water», «isopropyl alcohol»

This paper presents the results of a study of the effect of the presence of silver (Ag) nanoparticles coated with polyvinylpyrrolidone (PVP) with a concentration of 0.3% (wt. the proportion of silver) in the base fluids of secondary coolants based on the systems «water», «propylene glycol – water», «isopropyl alcohol» for specific heat capacity in a wide temperature range. Their specific heat capacity changes as follows: for the system «water» it decreases by an average of 8 %; for the system «propylene glycol – water» the change is not more than 2 %; for the system «isopropyl alcohol» it is increased by 6 %. The obtained new data on specific heat capacity make it possible to use them not only for the calculation of processes and devices, but also for development of substances with properties close to the specified ones.

Keywords: specific heat, nanoparticles, Ag/PVP, coolants, thermophysical properties

УДК 536.48

С.С. Рябикин, А.В. Шакуров, кандидаты техн. наук, А.А. Жердев, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: ryabikin@bmstu.ru

Экспериментальное исследование агрегативной стабильности наночастиц Ag/PVP в коллоидных растворах на основе систем «вода», «пропиленгликоль – вода», «изопропиловый спирт»

Представлены результаты исследования агрегативной стабильности наночастиц Ag/PVP (0,1 % и 0,3 % по серебру) в коллоидных растворах на основе изопропилового спирта, воды и смеси «пропиленгликоль – вода», перспективных для применения в качестве тепло- и хладоносителей. Установлена стабильность данных растворов в течение не менее шести месяцев. Разработки методов получения нанофлюидов перспективны для интенсификации тепло-массообмена и для модификации теплофизических свойств тепло-, хладоносителей.

Ключевые слова: нанофлюид, агрегативная стабильность, изопропиловый спирт, наночастицы, Ag/PVP

UDC 536.48

S.S. Ryabikin, A.V. Shakurov, A.A. Zherdev (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: ryabikin@bmstu.ru

Experimental study of the aggregative stability of Ag/PVP nanoparticles in colloid solutions based on the systems «water», «propylene glycol – water», «isopropyl alcohol»

This paper presents the results of a study of the aggregative stability of Ag/PVP nanoparticles (0,1 % and 0,3 % silver) in colloid solutions of isopropyl alcohol, water and «propylene glycol – water» mixture as promising secondary refrigerants. These solutions have proven to be stable for a period of at least 6 months. The development of methods for obtaining stable nanofluids is promising for the intensification of heat and mass transfer and modification of the thermophysical properties of secondary refrigerants.

Keywords: nanofluid, aggregative stability, isopropyl alcohol, nanoparticles, Ag/PVP

УДК 621.584.4

А.А. Жердев, д-р техн. наук, С.С. Рябикин, А.С. Кротов, кандидаты техн. наук, А.И. Егорова (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: ancka-egorowa@yandex.ru

Исследование режимов работы генератора бинарного льда с применением индукционного нагрева

Представлен новый способ производства бинарного льда на основе периодического нагрева поверхности ледообразования переменным электромагнитным полем от индуктора. Преимущества данного способа по сравнению с традиционными способами производства бинарного льда – снижение температурного напора между кипением хладагента и кристаллизацией раствора, повышение надежности, экономическая эффективность применения тонкостенных материалов для теплообменного аппарата, меньшее потребление энергии. Предоставлены данные по производительности, энергопотреблению и режимам работы экспериментального образца генератора бинарного льда с применением индукционного нагрева. Произведена оценка полученных результатов в сравнении с показателями скребковых генераторов бинарного льда.

Ключевые слова: бинарный лед, жидкий лед, ледяная шуга, производство льда, энергоэффективность, генератор льда

UDC 621.584.4

A.A. Zherdev, S.S. Ryabikin, A.S. Krotov, A.I. Egorova (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: ancka-egorowa@yandex.ru

Study of the operation modes of slurry ice generator with induction heating

This article presents a method for producing slurry ice in a generator based on periodic heating of the ice formation surface by an alternating electromagnetic field from an inductor. This method has potential advantages over known methods of slurry ice production: reduced temperature difference between refrigerant boiling point and solution freezing point, increasing reliability, economic benefit from the use of thin-walled materials for the heat exchanger, less energy consumption. Performance data, energy consumption and operating modes of a prototype of a slurry ice generator with induction heating are presented. The evaluation of the results obtained in comparison with scraper slurry ice generators is made.

Keywords: slurry ice, liquid ice, ice sludge, ice production, energy efficiency, ice generator

УДК 621.5.041

А.А. Жаров, канд. техн. наук, С.В. Початков (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: Pochatkov_SV@mail.ru

Расчет параметров паров хладагента при их сжатии в спиральном компрессоре

Представлена методика расчета термодинамических параметров паров хладагента в процессе сжатия в спиральном компрессоре. В методике учтены свойства хладагента как реального газа, а также процесс смешения двух порций пара внутри спирального блока при достижении полной геометрической степени сжатия.

Ключевые слова: спиральный компрессор, процесс сжатия, реальный газ, коэффициент сжимаемости, геометрическая степень сжатия.

UDC 621.5.041

A.A. Zharov, S.V. Pochatkov (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: Pochatkov_SV@mail.ru

Calculation of the parameters of refrigerant vapor when compressed in a scroll compressor

A method for calculating the thermodynamic properties of refrigerant during the compression process in a scroll compressor is described. The properties of the refrigerant as a real gas are taken into account as well as the process of mixing two portions of refrigerant inside the scroll unit when the full geometric compression ratio is reached.

Keywords: scroll compressor, compression process, real gas, compressibility factor, geometric compression ratio

УДК 621.64
Д.А. Угланов, д-р техн. наук, Е.В. Благин, канд. техн. наук, А.А. Горшкалев, С.С. Корнеев, Е.А. Марахова (Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Россия)
E-mail: dmitry.uglanov@mail.ru

Метод определения теплопритоков и срока бездренажного хранения сжиженного природного газа в криогенной емкости

Обеспечение безопасного и длительного хранения сжиженного природного газа (СПГ) необходимо для повышения экологической и экономической эффективности энергетических установок на основе СПГ. Предлагается методика расчета тепловых притоков от окружающей среды к рабочему телу в криогенной емкости с учетом тепловых притоков через тепловые мосты, включая трубопроводы и опоры внутренней емкости. Расчетами для емкости объемом 6,8 м^3 установлено: средний тепловой поток – 396 Вт, среднее время бездренажного хранения СПГ при различных режимах эксплуатации и заправки – 6…8 суток.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, криогенный резервуар, тепловые мосты.

UDC 621.64
D.A. Uglanov, E.V. Blagin, A.A. Gorshkalev, S.S. Korneev, E.A. Marakhova (Samara National Research University, Russia)
E-mail: dmitry.uglanov@mail.ru

Method for determining heat flows and term of drainage-free storage of liquefied natural gas in a cryogenic tank

The issue of safe and long-term storage of liquefied natural gas (LNG) is important task, the solution of which will improve the environmental and economic efficiency of LNG-based power plants. The article is devoted to the development of a methodology for calculating thermal inflows from the environment to the working fluid in a cryogenic tank, taking into account thermal inflows through thermal bridges, including pipelines and supports of the internal tank. The calculation for a capacity of 6.8 m^3 showed that the average heat flow will be 396 W, and the average time of drainage–free storage under various operating and refueling modes is 6-8 days.

Keywords: liquefied natural gas, cryogenic tank, thermal bridges

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 62-97-82
С.С. Бусаров, канд. техн. наук, К.А. Бакулин, Н.Г. Синицин (Омский государственный технический университет, Россия)
E-mail: bssi1980@mail.ru

Повышение производительности поршневых компрессоров

Рассмотрен вариант уменьшения мертвого пространства поршневых компрессоров посредствам установки на торце поршня эластомерного диска из резины марки HNBR-70. Проведен расчет требуемой толщины диска для минимизации мертвого объема с учетом допустимых напряжений в эластомерном диске. Проведенный сравнительный анализ коэффициентов подачи позволяет утверждать: при установке эластомерного диска возможно увеличение производительности поршневых компрессоров.

Ключевые слова: поршневой компрессор, теоретические исследования, мертвый объем, производительность, объемный коэффициент, эластомерный элемент

UDC 62-97-82
S.S. Busarov, K.A. Bakulin, N.G. Sinitsin (Omsk State Technical University, Russia)
E-mail: bssi1980@mail.ru

Increasing the performance of reciprocating compressors

A variant of combating the harmful space of reciprocating compressors by installing an elastomeric disk made of rubber of the HNBR-70 type on the piston end is considered. The calculation of the required disk thickness was carried out to exclude a completely dead volume and the presence of allowable stresses in the elastomeric element. The conducted comparative analysis of the supply coefficients allows us to state that the installation of an elastomeric disk will increase the performance of reciprocating compressors.

Keywords: reciprocating compressor, theoretical studies, dead volume, performance, volume ratio, elastomeric element

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

УДК 669.539.261

Н.Г. Дудкина, Н.Г. Шаронов, В.О. Харламов, кандидаты техн. наук, В.В. Баринов (Волгоградский государственный технический университет, Россия)
E-mail: dpm@vstu.ru

Исследование структуры и эксплуатационных свойств поверхностного слоя стали 60С2А, подвергнутой комбинированному упрочнению ЭМО + ППД

Представлены результаты исследований тонкой структуры и механических свойств поверхностного белого слоя стали 60С2А, подвергнутой комбинированному упрочнению электромеханической обработкой с финишным поверхностным пластическим деформированием (ЭМО+ППД). Проведен анализ результатов электронно-микроскопического исследования тонкой структуры поверхностного белого слоя. Произведена сравнительная оценка трансформации структуры, коррозионной и температурной прочности поверхностно упрочненного слоя при воздействии активных сред (выдержки в растворе NaCl и нагрева до температуры T = 400 °С), связанных с конкретными условиями эксплуатации деталей.

Ключевые слова: комбинированное упрочнение, электромеханическая обработка (ЭМО), поверхностное пластическое деформирование (ППД), электронно-микроскопический анализ, поверхностный слой, сталь, белый слой, структура, микротвердость

UDC 669.539.261

N.G. Dudkina, N.G. Sharonov, V.O. Kharlamov, V.V. Barinov (Volgograd State Technical University, Russia) E-mail: dpm@vstu.ru

Study of the structure and operational properties of the surface layer of 60S2A steel subjected to combined EMT+SPD hardening

The results of studies of the fine structure and mechanical properties of the surface white layer of 60S2A steel, subjected to combined strengthening by electromechanical treatment with finishing surface plastic deformation (EMT + SPD), are presented. The results of an electron microscopic study of the fine structure of the surface white layer are analyzed. A comparative assessment of the transformation of the structure, corrosion and temperature strength of the surface-hardened layer after exposure to aggressive environments (exposure in NaCl and heating to a temperature of T = 400^0 C) associated with the specific operating conditions of the parts is provided.

Keywords: combined hardening, electromechanical treatment (EMT), surface plastic deformation (SPD), electron microscopic analysis, surface layer, steel, white layer, structure, microhardness

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

УДК 621.818+519.87

С.Н. Гайсин, С.А. Зайдес, д-р техн. наук (Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия)
E-mail: gaisinsn@mail.ru

Оптимальные режимы шлифования уплотнительных поверхностей затворного узла трубопроводной арматуры

Для формирования уплотнительных поверхностей затворов трубопроводной арматуры рассмотрены конструкции одно- и многодисковых шлифовальных инструментов. Проведены исследования по влиянию микрорезания на параметры волнистости и шероховатости, выполнена оценка качества уплотнительной поверхности. На стадии обработки результатов измерений использованы программы Excel и Statistica 6.1.478, позволяющие сократить сроки исследований и определить оптимальные режимы обработки.

Ключевые слова: одно- и многодисковый шлифовальный инструмент, режимы обработки, качество уплотнительной поверхности, волнистость, шероховатость

UDC 621.818+519.87

S.N. Gaisin, S.A. Zaides (Irkutsk National Research Technical University, Russia)

E-mail: gaisinsn@mail.ru

Optimal grinding modes of sealing surfaces of the valve assembly of pipeline fittings

For the formation of sealing surfaces of valves of pipe fittings, the designs of single- and multi-disc grinding tools are considered. Studies have been conducted on the effect of micro-cutting on the parameters of undulation and roughness, and the quality of the sealing surface has been evaluated. At the stage of processing the measurement results, Excel and Statistica 6.1.478 programs were used to reduce the time of research and determine the optimal processing modes.

Keywords: single- and multi-disc grinding tools, processing modes, sealing surface quality, undulation, roughness

Календарь промышленных конференций ООО «ИНТЕХЭКО» - www.intecheco.ru

ООО «ИНТЕХЭКО» приглашает на ежегодные промышленные конференции в ГК «Измайлово» (г. Москва): **«АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА» (март), «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ» (июнь), «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА» (сентябрь), «ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (октябрь).**

С 2008 года ООО «ИНТЕХЭКО» организовало в Москве более 90 конференций, в работе которых приняли участие более 12000 делегатов из 33 стран мира. Участие в конференции – это возможность познакомиться с новыми технологиями и современным оборудованием, примерами решений различных проблем модернизации промышленных предприятий, возможность найти новых партнеров, заказчиков, проектировщиков и поставщиков.

Стоимость и условия участия, бланки заявок, программы и сборники конференций ООО «ИНТЕХЭКО» с 2008 года - см. на сайте http://www.intecheco.ru/

Примеры видео предыдущих конференций см. на YOUTUBE: https://www.youtube.com/@intecheco

Даты промышленных конференций ООО «ИНТЕХЭКО»:

29 марта 2023 г. - XIV Межотраслевая конференция «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2023»

6 июня 2023 г. - XV Всероссийская конференция «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ-2023»

26 сентября 2023 г. - XVI Международная конференция «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2023»

31 октября 2023 г. - XIV Межотраслевая конференция «ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ-2023»

27 марта 2024 г. - XV Межотраслевая конференция «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2024»

5 июня 2024 г. - XVI Всероссийская конференция «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ-2024»

25 сентября 2024 г. - XVII Международная конференция «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2024»

30 октября 2024 г. - XV Межотраслевая конференция «ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ-2024»

29 марта 2023 г. - XIV Межотраслевая конференция АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2023

Конференция «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА» ежегодно проводится ООО «ИНТЕХЭКО» с 2010 года и посвящена демонстрации промышленных лакокрасочных материалов, новым технологиям, краскам и материалам для защиты от коррозии, огнезащиты и изоляции, электрохимическим методам защиты, приборам контроля качества покрытий, современному оборудованию для подготовки поверхности и окраски, вопросам промышленной безопасности, решениям для усиления и восстановления зданий, сооружений и технологического оборудования промышленных предприятий.

Подробнее - см. сайт конференции «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА» - **www.intecheco.ru/anticor/**

6 июня 2023 г. - XV Всероссийская конференция РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ-2023

Всероссийская конференция «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ» ежегодно проводится с 2009 года и посвящена вопросам проектирования и строительства предприятий электроэнергетики, реконструкции электростанций - ТЭЦ, ТЭС, ГРЭС, АЭС и ГЭС, примерам модернизации турбин, котлов, горелок, градирен и другого оборудования, приборам КИП и системам автоматизации, оборудованию систем вентиляции и газоочистки, водоподготовки и водоочистки, актуальным вопросам импортозамещения и внедрения современного вспомогательного оборудования – насосов, конвейеров, компенсаторов, арматуры, труб, теплообменников, средств защиты персонала, материалов для огнезащиты и антикоррозионной защиты, промышленной и экологической безопасности электростанций.

Подробнее - см. сайт конференции «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ» - **www.intecheco.ru/energo/**

26 сентября 2023 г. - XVI Международная конференция ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2023

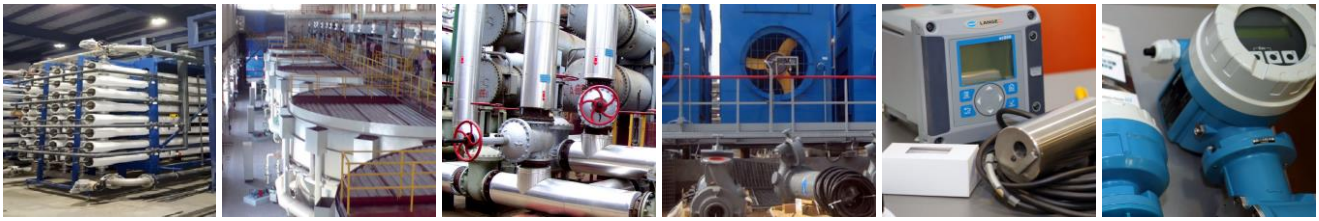
С 2008 года ООО «ИНТЕХЭКО» ежегодно проводит Международную конференцию «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА», посвященную вопросам газоочистки во всех отраслях промышленности.

Экологическая конференция «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА» комплексно охватывает основные решения и оборудование для защиты атмосферы от промышленных выбросов: электромеханические, химические, биологические и другие технологии очистки газов от пыли, золы, диоксида серы, окислов азота, сероводорода, меркаптанов и других вредных веществ; современные конструкции электрофильтров, рукавных фильтров, скрубберов, циклонов, труб Вентури; системы пылеподавления; промышленные пылесосы; системы вентиляции и кондиционирования; современные фильтровальные материалы; примеры реконструкции установок газоочистки на предприятиях различных отраслей промышленности; эффективное вспомогательное оборудование - вентиляторы и дымососы, конвейеры, дымовые трубы, компенсаторы, насосы, арматура, системы экологического мониторинга, пылемеры, газоанализаторы, расходомеры, АСУТП газоочистки, агрегаты питания электрофильтров; запасные части к рукавным фильтрам и электрофильтрам; нестандартное газоочистное оборудование.

Подробнее - см. сайт конференции «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА» - **www.intecheco.ru/ecolog/**

31 октября 2023 г. - XIV Межотраслевая конференция ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ-2023

Межотраслевая конференция «ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ» проводится с 2010 года и посвящена модернизации систем водопользования, водоподготовки, водоочистки и водоснабжения промышленных предприятий. Цель конференции - способствовать внедрению новых технологий и оборудования для водоподготовки и водоочистки, современных решений для очистки сточных вод, приборов контроля качества и расхода воды, систем автоматизации водоочистки, современных реагентов, труб, арматуры, компенсаторов, насосов и другого оборудования для эффективного водоснабжения.



Подробнее - см. сайт конференции «ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ» - **www.intecheco.ru/voda/**

27 марта 2024 г. - XV Межотраслевая конференция «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2024»

5 июня 2024 г. - XVI Всероссийская конференция «РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ-2024»

25 сентября 2024 г. - XVII Международная конференция «ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА-2024»

30 октября 2024 г. - XV Межотраслевая конференция «ВОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ-2024»

Для регистрации участия отправьте скан подписанной заявки на эл.почту: admin@intecheco.ru

<u>По всем вопросам обращайтесь к организатору конференции - ООО «ИНТЕХЭКО»:</u>

105613, г. Москва, Измайловское шоссе, д. 71, к. 4Г-Д, ООО «ИНТЕХЭКО»
Ермаков Алексей Владимирович, т.: +7 (905) 567-8767,
e-mail: admin@intecheco.ru, intecheco@yandex.ru

Стоимость и график конференций ООО «ИНТЕХЭКО»: http://www.intecheco.ru/doc/plan_intecheco.pdf
YOUTUBE-канал конференций ООО «ИНТЕХЭКО»: https://www.youtube.com/@intecheco
Сборники конференций ООО «ИНТЕХЭКО» с 2008 года: http://www.intecheco.ru/catalog/sbornik.html

Сайт промышленных конференций ООО «ИНТЕХЭКО»: http://www.intecheco.ru/