

Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 1–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УЛК 538.9

В.Н. Долгунин, д-р техн. наук, А.Н. Куди, канд. техн. наук, А.Г. Тараканов (Тамбовский государственный технический университет, Россия)

E-mail: dolgunin-vn@yandex.ru

Механизмы и кинетика сепарации примесей крупных и мелких частиц в гравитационном потоке зернистого материала

Проанализированы процессы сепарации примесей частиц, отличающихся по размеру, в условиях неоднородности структурных и кинематических параметров быстрого сдвигового гравитационного потока зернистых материалов на шероховатом скате. Анализ проведен методом математического моделирования распределений концентрации примесей в потоке и сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными. Установлено, что сепарация примеси крупных частиц является, преимущественно, следствием релаксации напряжений, которые генерируются на этих частицах (как концентраторах локальных напряжений). Сепарация примеси мелких частиц протекает при доминировании эффекта квазидиффузионного разделения частиц в условиях пространственной неоднородности распределения твердой фазы. Определены способы интенсификации процесса сепарации.

Ключевые слова: зернистый материал, быстрое гравитационное течение, сепарация по размеру, сегрегация, миграция, квазидиффузия

UDC 538.9

V.N. Dolgunin, A.N. Kudi, A.G. Tarakanov (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: dolgunin-vn@yandex.ru

Mechanisms and kinetics of separation of impurities of large and small particles in the gravitational flow of granular material

The effects of the separation of impurities of particles differing in size are analyzed under conditions of inhomogeneity of the structural and kinematic parameters of a fast shear gravitational flow of granular materials on a rough slope. The analysis was carried out by the method of mathematical modeling of the distributions of the concentration of impurities of small and large particles in a fast gravitational flow on a rough slope and comparing them with experimental data. It was found that the separation of large particles impurities is mainly a consequence of stress relaxation that are generated on these particles as concentrators of local stresses. The separation of an impurity of small particles proceeds with the dominance of the effect of their quasi-diffusion separation under conditions of spatial inhomogeneity of the solid phase distribution. Methods for intensifying the separation process have been determined.

Keywords: granular material, fast gravitational current, separation by size, segregation, migration, quasidiffusion

УДК 66.081.63

С.И. Лазарев, О.А. Абоносимов, доктора техн. наук, Д.С. Лазарев, С.И. Котенев (Тамбовский государственный технический университет, Россия)

E-mail: mig@tstu.ru

Разработка и расчет электробаромембранного аппарата рулонного типа для разделения растворов с дифференцированным отводом ионов

Приведены результаты разработки электробаромембранного аппарата рулонного типа (с дифференцированным отводом ионов) для разделения технологических растворов химических производств. Представлена методика инженерного расчета предлагаемой перспективной



конструкции электробаромембранного аппарата рулонного типа для реализации разделения технологических растворов химических и машиностроительных производств с учетом гидродинамики и направления движения раствора.

Ключевые слова: электробаромембранный аппарат, технологические растворы, удельный поток, пермеат, ретентат

UDC 66.081.63

S.I. Lazarev, O.A. Abonosimov, D.S. Lazarev, S.I. Kotenev (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: mig@tstu.ru

Development and calculation of a roll-type electrobaromembrane apparatus for separation of solutions with differentiated ion removal

The article presents the results of the development of a roll-type electrobaromembrane apparatus with a differentiated removal of ions for the separation of technological solutions of chemical industries. The technique of engineering calculation of the proposed promising design of a roll-type electrobaromembrane apparatus for the implementation of separation of technological solutions of chemical and machine-building industries, taking into account the hydrodynamics and direction of solution movement.

Keywords: electrobaromembrane apparatus, process solutions, specific flow, permeate, retentate

УДК 66.081.6

С.В. Ковалев, д-р техн. наук, Д.И. Кобелев, Н.А. Федотов (Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Россия)

E-mail: sseedd@mail.ru; O.A. Ковалева, д-р техн. наук (Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбовский государственный технический университет, Россия)

E-mail: solomina-oa@yandex.ru

Расчет площади охлаждения и площади поверхности мембран электрохимического мембранного аппарата рулонного типа для разделения технологических растворов

Разработана методика расчета площади охлаждения и площади поверхности мембран электрохимического мембранного аппарата рулонного типа для разделении технологических растворов машиностроительных и химических производств. На основе проведенного расчета и анализа полученных данных определено: увеличение поверхности мембран в разработанной конструкции электрохимического мембранного аппарата рулонного типа (по сравнению с прототипом) составляет 50 %, увеличение площади охлаждения — 30 %.

Ключевые слова: мембрана, конструкция, аппарат, расчет, раствор, разделение **UDC 66.081.6**

S.V. Kovalev, D.I. Kobelev, N.A. Fedotov (Derzhavin Tambov State University, Russia); O.A. Kovaleva (Derzhavin Tambov State University, Tambov State Technical University, Russia) E-mail: sseedd@mail.ru, solomina-oa@yandex.ru

Calculation of the cooling area and membrane surface area of a roll-type electrochemical membrane apparatus for separation of technological solutions

Method for calculating the cooling area, membrane surface of a roll-type electrochemical membrane apparatus for separation of technological solutions of machine-building and chemical industries have been developed. Based on the calculation and analysis of the data obtained, it was determined: the increment of the membrane surface of the developed design of the roll-type electrochemical membrane apparatus (in comparison with the prototype), is 50 %, increment of the cooling area is 30 %.

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

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 665.632.078

В.Ю. Семенов, д-р техн. наук, С.Д. Аликов (Московский государственный технический



университет им. Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: v.semyonov1959@gmail.com Сопоставление эффективности циклов C3MR и «Арктический каскад» при работе в условиях Арктики методом энтропийно-статистического анализа

Методом энтропийно-статистическог анализа проведено сопоставление эффективности циклов C3MR и «Арктический каскад» в условиях Арктики и резко континентального климата. Затраты энергии на производство СПГ снижаются при понижении температуры окружающей среды для двух технологий. При этом в исследованном диапазоне изменения температур от $-10~^{\circ}$ C до $+10~^{\circ}$ C термодинамическая эффективность цикла «Арктический каскад» – выше, чем для цикла C3MR. Преимущества технологии «Арктический каскад» связаны с более равномерной нагрузкой по контурам охлаждения и более рациональным использованием оборудования.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, технология ожижения, генерация энтропии, термодинамическая эффективность

UDC 665.632.078

V.Yu. Semenov, S.D. Alikov (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: v.semyonov1959@gmail.com

Comparison of the effectiveness of C3MR and the «Arctic cascade» cycles when working in the Arctic conditions by the method of entropy-statistical analysis

Using the method of entropy statistical analysis, a comparison of the effectiveness of cycles C3MR and the "Arctic Cascade" in the Arctic and sharply continental climate was carried out. It is shown that energy costs for LNG production decrease with a decrease in ambient temperature for both technologies. At the same time, in the studied range of ambient temperatures from minus 10 °C to plus 10 °C, the thermodynamic efficiency of the Arctic Cascade cycle turns out to be higher than for the C3MR cycle. The advantage of the "Arctic Cascade" technology is achieved due to a more uniform load on the cooling circuits and a more rational use of equipment

Keywords: liquefied natural gas, liquefaction technology, entropy generation, thermodynamic efficiency

УДК 621.564.27

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия); Ю.М. Симоненко, д-р техн. наук (ООО «Криоин Инжиниринг», г. Одесса, Украина); А.А. Чигрин, Е.В. Медушевский (Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина) E-mail: vbondarenko@cryoin.com, ysim1@yandex.ru

Энергосберегающие технологии в промышленных установках получения неона

Представлена схема технологической последовательности безотходной переработки неоногелиевой смеси. Показано, что важным резервом минимизации затрат на криогенное обеспечение адсорберов является уменьшение концентрации поглощаемых компонентов. Для снижения нагрузки адсорберов очистки Ne-He-смеси от N_2 применен процесс фазовой сепарации при $T=66...78~\mathrm{K}$. В качестве предварительной ступени перед адсорберами для получения He предложен мембранный модуль, в котором поток обогащается гелием за счет извлечения $30~\mathrm{\%}$ Ne. Получены формулы для расчета расходных характеристик мембранного модуля, при которых обеспечивается оптимальная работа ректификационной установки получения неона. Показаны отдельные блоки комплекса для безотходной переработки Ne-He-смеси, в котором реализованы энергосберегающие технические решения.

Ключевые слова: неон, гелий, дефлегматор, ректификационная колонна, фазовый сепаратор, адсорбер, мембранный модуль

UDC 621.564.27

V.L. Bondarenko (Moscow State Technical Bauman University, Russia); Yu.M. Simonenko ("Cryoin Engineering" Ltd, Odessa, Ukraine); A.A. Chyhrin, E.V. Medushevsky (Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine)

E-mail: <u>vbondarenko@cryoin.com</u>, <u>ysim1@yandex.ru</u>



Energy-saving technologies in industrial units for neon production

The scheme of the technological sequence of waste-free processing of the neon-helium mixture is presented. It is shown that an important standby for minimizing the cost of cryogenic supply of adsorbers is to reduce the concentration of absorbed components. A phase separation process at $T = 66 \dots 78$ K was used to reduce the load of the adsorbers to purify the Ne-He-mixture from N_2 . A membrane module in which the flow is enriched with helium due to the extraction of 30 % Ne is proposed as a preliminary stage before the adsorbers to produce He. Formulas for calculating the flow characteristics of the membrane module, providing the optimal operation of the rectification unit for neon production, are obtained. Individual modules of the complex for waste-free processing of the Ne-He-mixture, in which energy-saving technical solutions are implemented, are shown.

Keywords: neon, helium, dephlegmator, rectification column, phase separator, adsorber, membrane module

Цифровизация водородной энергетики

УДК 620.93, 620.98

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, Д.Н. Ильинская, А.А. Казакова, канд. техн. наук, П.С. Козловцев, Н.А. Лавров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Введение в цифровую водородную энергетику

Первая статья цикла из пяти работ, посвященных цифровизации водородной энергетики. Рассмотрены перспективы применения водородной энергетики в качестве альтернативы ископаемому топливу, цели использования водорода как источника энергии и проблемы, возникающие при этом. Изложены методы получения энергии из водорода без сопутствующих неблагоприятных выбросов в окружающую среду. Показана роль цифровизации экономики на производственные процессы, наиболее востребованные цифровые технологии и их роль в водородной энергетике. Приведены доступные и реализуемые на данный момент цифровые процессы, а также перспективные, развивающиеся технологии перехода в цифровизацию.

Ключевые слова: водородная энергетика, цифровые технологии, CAD-системы, Smart Design, RFID-метки, VR

UDC 620.93, 620.98

V.L. Bondarenko, D.N. Ilyinskaya, A.A. Kazakova, P.S. Kozlovtsev, N.A. Lavrov (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Introduction to digital hydrogen energy

The first article in a series of five papers devoted to the digitalization of hydrogen energy. The article discusses the prospects of hydrogen energy as a replacement for fossil fuels, the goals of using hydrogen as an energy source and the problems that arise along this path. Methods of obtaining energy from hydrogen without accompanying adverse emissions into the environment are described. The role of digitalization of the economy on production processes, the most popular digital technologies and their role in hydrogen energy is shown. The available and currently implemented digital processes are presented, as well as promising, developing technologies for the transition to digitalization.

Keywords: hydrogen energy, digital technologies, CAD, Smart Design, RFID, VR



УДК 620.93, 620.98

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, Д.Н. Ильинская, А.А. Казакова, канд. техн. наук, П.С. Козловцев, Н.А. Лавров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Цифровизация при определении основных свойств водорода

Вторая статья цикла из пяти работ, посвященных цифровизации водородной энергетики. Изложен процесс цифровизации определения термодинамических свойств водорода с программным методом получения требуемой информации любым устройством, участвующем в расчете агрегата на этапе проектирования, управляющим его работой в процессе эксплуатации. Для реализации такого метода взаимодействия предложена технология REST API (показана идея и механизмы для полного построения этого интерфейса) на базе web-сервера. В процессе разработки подобного решения используются библиотеки и компоненты с открытым исходным кодом, что позволяет вносить в них необходимые изменения и выполнять настройку в соответствии с поставленной задачей; обеспечивать масштабируемость и расширяемость с сохранением высокого уровня производительности и доступности; выполнения принципа распределенной ответственности для достижения высокого уровня отказоустойчивости.

Ключевые слова: водородная энергетика, цифровые технологии, серверные технологии, технология REST API

UDK 620.93, 620.98

V.L. Bondarenko, D.N. Ilyinskaya, A.A. Kazakova, P.S. Kozlovtsev, N.A. Lavrov (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Digitalization in determining the basic properties of hydrogen

The second article of a series of five papers devoted to the digitalization of hydrogen energy. The article describes the process of digitalization of determination of thermodynamic properties of hydrogen with a software method for obtaining the required information by any device involved in the calculation of the unit at the design stage, controlling its operation during operation. To implement this method of interaction, the REST API technology is proposed (the idea and mechanisms for the complete construction of this interface are shown) based on a web server. In the process of developing such a solution, open source libraries and components are used, which allows you to make the necessary changes to them and configure them in accordance with the task; ensure scalability and extensibility while maintaining a high level of performance and availability; implement the principle of distributed responsibility to achieve a high level of fault tolerance.

Keywords: hydrogen energy, digital technologies, server technologies, REST API technology

УДК 620.93, 620.98

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, Д.Н. Ильинская, А.А. Казакова, канд. техн. наук, П.С. Козловцев, Н.А. Лавров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com



Цифровые технологии при анализе криогенных установок для получения жидкого водорода

Третья статья цикла из пяти работ, посвященных цифровизации водородной энергетики. Рассмотрен процесс взаимодействия различных цифровых технологий для построения системы анализа, контроля и управления элементами водородного ожижителя. Приведен пример разделения ответственности между программируемыми контроллерами по модулям криогенной установки для обеспечения удобного и быстрого доступа к данным, получаемым с измерительных приборов на аналоговых входах контроллеров. Рассмотрены программные методы достижения поставленных целей по цифровизации анализа криогенных установок на уровне серверных технологий с применением методов визуального программирования.

Ключевые слова: водородный ожижитель, цифровые технологии, визуальное программирование, компьютерные сети

UDC 620.93, 620.98

V.L. Bondarenko, D.N. Ilyinskaya, A.A. Kazakova, P.S. Kozlovtsev, N.A. Lavrov (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Digital technologies in the analysis of cryogenic plants for the production of liquid hydrogen

The third article in a series of five papers devoted to the digitalization of hydrogen energy. The article discusses the process of interaction of various digital technologies to build a system of analysis, control and management of elements of a hydrogen liquefier. An example of the division of responsibility between programmable controllers by cryogenic installation modules is given to provide convenient and quick access to data received from measuring instruments at the analog inputs of the controllers. The paper considers software methods for achieving the set goals for digitizing the analysis of cryogenic installations at the level of server technologies using visual programming methods.

Keywords: hydrogen liquefier, digital technologies, visual programming, computer networks

УДК 620.93, 620.98

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, Д.Н. Ильинская, А.А. Казакова, канд. техн. наук, П.С. Козловцев, Н.А. Лавров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Применение цифровых технологий при выборе типа хранения и транспортировки водорода

Четвёртая статья цикла из пяти работ, посвященных цифровизации водородной энергетики. Рассмотрены методы обеспечения цифровизации в области хранения и транспортировки водорода на предприятиях водородной энергетики на примере организации структуры хранения в базах данных, построенных по реляционной и нереляционной модели; описан процесс обработки и использования больших массивов данных для обучения нейронных сетей с целью корреляции характеристик цифровых двойников энергетических установок; приведены аргументы в пользу внедрения человеко-машинных интерфейсов типа SCADA. Приведена информация о тенденциях и перспективах развития предложенных технологий цифровизации водородной энергетики как криогенного сектора.

Ключевые слова: водородная энергетика, цифровые технологии, базы данных, цифровые двойники, человеко-машинный интерфейс

UDC 620.93, 620.98

V.L. Bondarenko, D.N. Ilyinskaya, A.A. Kazakova, P.S. Kozlovtsev, N.A. Lavrov (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

The use of digital technologies for selection of the type of storage and transportation of hydrogen



The fourth article of a series of five papers devoted to the digitalization of hydrogen energy. The article discusses the methods of digitalization in the field of hydrogen storage and transportation at hydrogen energy enterprises by the example of the organization of the storage structure in databases built on relational and non-relational models; describes the process of processing and using large data arrays for training neural networks in order to correlate the characteristics of digital counterparts of power plants; arguments in favor of the introduction of human-machine interfaces such as SCADA. Information about the trends and prospects for the development of the proposed technologies for digitalization of hydrogen energy as a cryogenic sector is given.

Keywords: hydrogen energy, digital technologies, databases, digital twins, human-machine interface

УДК 620.93, 620.98

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, Д.Н. Ильинская, А.А. Казакова, канд. техн. наук, П.С. Козловцев, Н.А. Лавров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Перспективы и актуальные проблемы цифровизации водородной энергетики

Пятая статья цикла из пяти работ, посвященных цифровизации водородной энергетики. Рассмотрены перспективы внедрения цифровых технологий в процессы промышленного получения, транспортировки и хранения продуктов водородной энергетики. Показано, что внедрение методов цифровизации необходимо проводить в рамках единой цифровой платформы. Рассмотрены вопросы цифровой безопасности водородных установок, а также конфиденциальности передачи данных при использовании перспективных информационных технологий. Повышение темпов внедрения методов цифровизации может быть достигнуто за счет подготовки кадров с компетенциями в междисциплинарных областях. Описан ряд актуальных проблем, которыми осложняется процесс цифровизации водородной промышленности. Изложены требования к компетенциям будущих специалистов в междисциплинарной области.

Ключевые слова: цифровые технологии, цифровая платформа, цифровая безопасность, проблемы цифровизации водородной энергетики

UDC 620.93, 620.98

V.L. Bondarenko, D.N. Ilyinskaya, A.A. Kazakova, P.S. Kozlovtsev, N.A. Lavrov (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: vbondarenko@cryoin.com

Prospects and current problems of digitalization of hydrogen energy

The fifth article in a series of five papers devoted to the digitalization of hydrogen energy. The article discusses the prospects for the introduction of digital technologies in the processes of industrial production, transportation and storage of hydrogen energy products. It is shown that the introduction of digitalization methods should be carried out within a single digital platform. The issues of digital security of hydrogen installations, as well as confidentiality of data transmission when using advanced information technologies are considered. An increase in the pace of implementation of digitalization methods can be achieved by training of personnel with competencies in interdisciplinary fields. A number of problems are described, which complicate the process of digitalization of the hydrogen industry. The requirements for the competencies of future specialists in the interdisciplinary field are outlined.

Keywords: digital technologies, digital platform, digital security, problems of digitalization of hydrogen energy

ИНФОРМАЦИЯ

УДК [678.027.3:621.929.3:62-71]-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины



«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»)

E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация устройств охлаждения червяков одночервячных экструдеров для переработки полимерных материалов (обзор конструкций)

Предложена классификация устройств для охлаждения червяков одночервячных экструдеров для переработки полимерных материалов. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций устройств для охлаждения червяков.

Ключевые слова: полимер, экструдер, червяк, охлаждение, классификация, конструкции **UDC** [678.027.3:621.929.3:62-71]-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of devices for cooling of screws of single screw extruders for polymer materials processing (survey of designs)

Classification of devices for cooling of screws of single screw extruders for polymer processing is proposed. The critical review of the most characteristic designs of the cooling devices is realized.

Keywords: polymer, extruder, screw, cooling, classification, designs

УДК [621.646.7:532.528]-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»). E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация проточных статических кавитационных смесителей (обзор конструкций)

Разработана классификация проточных статических кавитационных смесителей. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций проточных статических кавитационных смесителей.

Ключевые слова: жидкая среда, кавитация, смеситель, классификация, конструкции **UDC** [621.646.7:532.528]-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"). E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of in-line static cavitation mixers (survey of designs)

A classification of in-line static cavitation mixers is proposed. A critical survey of the most characteristic designs of in-line (flow-through) static cavitation mixers is realized.

Keywords: liquid medium, cavitation, mixer, classification, designs



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 2–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.928.028

М.В. Клыков, Т.В. Алушкина, Р.Г. Хасанов, кандидаты техн. наук (Филиал Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате, Россия) E-mail: alu1@yandex.ru

Совершенствование конструкции регулярной сетчатой насадки

Представлены результаты оптимизации параметров регулярных насадок из гофрированных сеток и нагрузки ректификационной колонны. В качестве обобщенного параметра оптимизации выбрано отношение удельной геометрической поверхности насадки к одной теоретической тарелке и фактору нагрузки. Проведено исследование влияния типоразмера сетки и высоты блоков (ширины гофрированной сетчатой ленты) на число теоретических тарелок на 1 м высоты слоя насадки в широком диапазоне фактора нагрузки. На основании проведенных исследований удельная поверхность 420 м²/м³; размер ячеек сетки в свету 0,5×0,5 мм; фактор нагрузки 4,36 кг^{0,5}·м^{-0,5}·с⁻¹ отвечают минимальному расходу материала сетки на единицу производительности и разделительной способности насадки. Экспериментально установлены рабочие характеристики насадки с треугольными и трапецеидальными гофрами в промышленных ректификационных колоннах диаметром от 0,25 до 1,4 м, подтверждена высокая эффективность насадки. В диапазоне фактора нагрузки от 0,6 до 4,4 кг^{0,5}·м^{-0,5}·с⁻¹ число теоретических тарелок составляет от 6,0 до 3,3 на метр высоты слоя насадки. Разработана эффективная технология изготовления блоков насадки.

Ключевые слова: регулярная насадка, оптимизация параметров, фактор нагрузки, конструкция насадки.

UDC 621.928.028

M.V. Klykov, T.V. Alushkina, R.G. Khasanov (Ufa State Petroleum Technological University, Branch of the University in the City of Salavat, Salavat, Russia)

E-mail: alu1@yandex.ru

Improving the design of a regular mesh packing

The results of optimizing the parameters of regular corrugated mesh packings and distillation column load are presented. As a generalized optimization parameter, the ratio of the specific geometric surface of the packing to one theoretical plate and the load factor was chosen. A study of the influence of the mesh size and the height of the blocks (the width of the corrugated mesh tape) on the number of theoretical plates per 1 m of the packing layer height in a wide range of the load factor was made. Based on the conducted studies, the specific surface area is 420 m²/m³; grid cell size in the light 0,5×0,5 mm; load factor 4,36 kg^{0.5}·m⁻0.5·s⁻¹ correspond to the minimum consumption of the mesh material per unit of productivity and separation capacity of the packing. The operating characteristics of the packing with triangular and trapezoidal corrugations in industrial distillation columns with a diameter of 0,25 to 1,4 m were experimentally established, confirming the high efficiency of the packing. In the load factor range from 0,6 to 4,4 kg^{0.5}·m⁻0.5·s⁻¹, the number of theoretical plates is from 6,0 to 3,3 per meter of packing layer height. An efficient technology for manufacturing packing blocks has been developed.

Key words: regular packing, parameter optimization, load factor, packing design

УДК 536.24

А.В. Степыкин, В.М. Косырев, 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 теплоотдачи в пластинчатых модулях тепломассообменного контактного устройства

Приведены результаты экспериментального исследования работы теплообменных модулей, входящих в состав тепломассообменного контактного устройства. Проведен анализ литературных данных по изучению параметров теплоотдачи от плоских элементов. В результате обработки экспериментальных данных получена зависимость коэффициента теплоотдачи от числа Рейнольдса. Определены коэффициенты для критериального уравнения зависимости числа Нуссельта от чисел Рейнольдса и Прандтля. Установлено, что показатель степени при критерии Рейнольдса близок к приведенным в литературе значениям при теплоотдаче от плоской поверхности. Значения коэффициента теплоотдачи соответствуют коэффициентам, характерным для пластинчатых теплообменных аппаратов.

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

UDC 536.24

A.V. Stepykin, V.M. Kosyrev, A.A. Sidyagin, D.M. Bukharov, E.M. Tutanina (Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod, Russia)

E-mail: cngh@yandex.ru

Experimental study of heat transfer in plate modules of a heat and mass transfer contact device

The article presents the results of an experimental study of the operation of heat exchange modules that are part of a heat and mass transfer contact device. The paper analyzes the literature data on the study of heat transfer parameters from flat elements. As a result of processing experimental data, the dependence of the heat transfer coefficient on the Reynolds number was obtained. The coefficients for the criterion equation of the dependence of the Nusselt number on the Reynolds and Prandtl numbers are determined. It is established that the exponent under the Reynolds criterion is close to the values given in the literature for heat transfer from a flat surface. The values of the heat transfer coefficient correspond to the coefficients characteristic of plate heat exchangers.

Keywords: contact devices, high heat processes, heat transfer, heat transfer

УДК 662.6/9

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

Сравнительные теплогидравлические и энергоэкономические характеристики теплообмена в круглых и прямоугольных каналах при ламинарном и турбулентном режимах течения теплоносителя

В результате расчетного анализа по сравнению теплогидравлических и энергоэкономических характеристик теплообменных каналов воздушных теплоутилизаторов показаны преимущества каналов прямоугольной формы поперечного сечения по отношению к круглым каналам. Установлены предельные скорости движения теплоносителей в каналах, превышение которых нецелесообразно для работы теплоутилизаторов. Для оценок теплогидравлической эффективности теплообмена предложено использовать физически наглядный показатель — энергетический КПД. Расчетами определена более высокая теплогидравлическая эффективность теплообмена при ламинарном режиме течения теплоносителей по отношению к турбулентному режиму.

Ключевые слова: теплообменный канал, теплоутилизатор, показатель эффективности теплообмена, скорости и режимы течения теплоносителя, поперечный размер канала **UDC 662.6/9**

Yu. Ya. Pechenegov (Engels technological institute (branch) Saratov state technical university named after Gagarin Yu.A., Russia) E-mail: y.pechenegov@mail. ru

Comparative thermal-hydraulic and energy-economic characteristics of heat exchange in round and rectangular channels under laminar and turbulent modes of coolant flow



As a result of the computational analysis of the thermal hydraulic and technical and economic characteristics of the heat exchange channels of air heat exchangers, the advantages of rectangular cross-sectional channels in relation to round channels are shown. The limiting speeds of the movement of heat carriers in the channels have been established, the excess of which leads to the inexpediency of the operation of heat exchangers. To assess the thermohydraulic efficiency of heat exchange, it is proposed to use a physically visual indicator-energy efficiency. Calculations demonstrate a higher thermohydraulic efficiency of heat exchange in the laminar flow regime of heat carriers in relation to the turbulent regime.

Keywords: heat exchange channel, heat exchanger, heat transfer efficiency indicator, coolant speeds and modes, transverse channel size

УДК 66.087.97

К.В. Шестаков, канд. техн. наук, С.И. Лазарев, д-р техн. наук, П.А. Хохлов, Д.С. Лазарев (Тамбовский государственный технический университет, Россия)

E-mail: kostyanshestakov@mail.ru

Методика прогнозирования технологических параметров электродиализного аппарата для разделения растворов

Представлена методика прогнозирования технологических параметров электродиализного аппарата с применением усовершенствованной математической модели, основанной на фрикционной теории массопереноса. В качестве примера для прогнозирования использовано разделение водных растворов $CuSO_4 \cdot 5H_2O$; $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$; $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. При необходимости предлагаемую методику можно применить в модифицированном виде для расчета электродиализных аппаратов других конструкций.

Ключевые слова: электродиализ, мембрана, массоперенос, аппарат, технологические параметры

UDC 66.087.97

K.V. Shestakov, S.I. Lazarev, P.A. Khokhlov, D.S. Lazarev (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: kostyanshestakov@mail.ru

Method for prediction of technological parameters of the electrodialysis apparatus for solution separation

The paper presents the particular predicting method of technological parameters of the electrodialysis apparatus using the improved mathematical model based on the frictional theory of mass transfer. The separation of aqueous solutions of CuSO₄·5H₂O, Fe(NO₃)₃·9H₂O and Ni(NO₃)₂·6H₂O is used as an example for prediction. If necessary, the proposed method can be applied in a modified form to calculation of other designs of electrodialysis apparatuses.

Keywords: electrodialysis, membrane, mass transfer, apparatus, technological parameters

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ. ПРИБОРЫ

УДК 621.65.03

А.Я. Красильников, д-р техн. наук (Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия);

А.В. Ряпосов (АО «СвердНИИхиммаш», г. Екатеринбург, Россия)

E-mail: krasilnikov1951@yandex.ru, ryaposov@sniihim.ru

Коррозионная химическая стойкость материалов на основе карбида кремния для применения в радиохимическом оборудовании

Исследована коррозионная химическая стойкость карбида кремния (как конструкционного материала подшипников скольжения радиохимического оборудования) в среде дезактивационных растворов, в особенности щелочных. Для испытаний использованы основные растворы, применяемые при дезактивации оборудования, в том числе основного контура АЭС. По результатам испытаний установлена удовлетворительная химическая стойкость карбида кремния к разбавленной щелочи.

Ключевые слова: карбид кремния, дезактивация, коррозия



UDC 621.65.03

A.Ya. Krasilnikov (The Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia); A.V. Ryaposov (Sverdlovsk Chemical Engineering Research Institute, Yekaterinburg, Russia) E-mail: krasilnikov1951@yandex.ru, ryaposov@sniihim.ru Corrosion and chemical resistance of materials based on silicon carbide for use in the radiochemical equipment

The aim of the study was to determine the corrosion chemical resistance of silicon carbide (as a construction material for slide bearing in the radiochemical equipment) in the environment of decontamination solutions, particular attention is given to the assessment of resistance to alkali. For tests, the main groups of solutions were used, which are used for decontamination of equipment, including the main loop of a nuclear power plant. According to the test results, silicon carbide showed satisfactory chemical resistance to diluted alkali.

Keywords: silicon carbide, decontamination, corrosion

УДК 621.65

С.А. Горовой, канд. техн. наук, Г.С. Головченко (Сумский Национальный аграрный университет, г. Сумы, Украина) E-mail: gorovyj64@gmail.com

Результаты динамических испытаний самоустанавливающихся в щелевых уплотнениях роторов цилиндрической и дисковой конфигурации

Гидродинамическими силами в щелевых уплотнениях центробежных насосов создается существенное воздействие на вибрационную активность ротора. В работе получены экспериментальные амплитудные частотные характеристики (АЧХ) вынужденных радиально-угловых колебаний самоустанавливающихся в щелевых уплотнениях роторов цилиндрической и дисковой геометрических конфигураций при различных перепадах давления рабочей жидкости на уплотнениях. По экспериментальным амплитудным частотным характеристикам роторов определены критические угловые скорости радиальных и угловых колебаний роторов в щелевых уплотнениях, а также границы их динамической устойчивости. Теоретические расчеты угловых скоростей собственных радиальных и угловых колебаний ротора в щелевых уплотнениях, а также границы их динамической устойчивости хорошо количественно совпадают с экспериментальными данными. Сделан вывод о более стабильных динамических характеристиках дисковой геометрической конфигурации ротора по сравнению с цилиндрической конфигурацией.

Ключевые слова: центробежный насос, щелевое уплотнение, самоустанавливающийся ротор, гидродинамические силы, давление жидкости, радиально-угловые колебания ротора, динамическая устойчивость, амплитудная частотная характеристика

UDC 621.65

S.A. Gorovoi, G.S. Golovchenko (Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine) E-mail: gorovyj64@gmail.com

Results of dynamic tests of cylindrical and disc-shaped rotors self-aligning in slot seals

Hydrodynamic forces in slot seals of centrifugal pumps create a significant effect on the vibrational activity of the rotor. The authors of this work have obtained experimental amplitude frequency characteristics (AFC) of forced radial-angular oscillations of self-aligning in slot seals of rotors of cylindrical and disk geometric configurations at various pressure drops of the working fluid on the seals. The experimental amplitude frequency characteristics of the rotors were used to determine the critical angular velocities of the radial and angular oscillations of the rotors in slotted seals, as well as the boundaries of their dynamic stability. Theoretical calculations of the angular velocities of the natural radial and angular vibrations of the rotor in slotted seals, as well as the boundaries of their dynamic stability, give a good quantitative agreement with the experimental data. The conclusion is made about more stable dynamic characteristics of the disk geometric configuration of the rotor in comparison with the cylindrical configuration.

Keywords: centrifugal pump, throat seal, self-aligning rotor, hydrodynamic forces, fluid pressure,



radial - angular vibrations, dynamic stability, amplitude frequency response

УДК 536.24; 712.66.0

В.Б. Кунтыш, д-р техн. наук, А.Б. Сухоцкий, канд. техн. наук (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь); А.Э. Пиир, д-р техн. наук (Северный арктический федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия); В.П. Мулин (ЗАО «Октябрьскхиммаш», г. Октябрьский, Россия) E-mail: alk2905@mail.ru

Теплоаэродинамические характеристики шахматных пучков ребристых труб с интенсифицированным теплообменом в аппаратах воздушного охлаждения

Проанализированы экстенсивный и интенсивный способы улучшения энергетических и объемно-массовых характеристик теплообменной секции аппарата воздушного охлаждения. Показано, что возможности применения экстенсивного способа к настоящему времени практически исчерпаны. Эффективен способ интенсификации конвективного теплообмена по воздушной стороне биметаллической ребристой трубы. Приведены технические решения применительно к серийному производству интенсифицированных биметаллических ребристых труб, в которых круглые алюминиевые ребра модифицированы для формирования турбулизаторов воздушного потока. Коэффициент тепловой эффективности увеличивается до 25 % при одинаковых затратах мощности на привод вентилятора. В неизменных габаритных размерах тепловая мощность аппарата воздушного охлаждения обеспечивается меньшим на 20...25 % числом биметаллических ребристых труб, соответственно снижается масса аппарата. Сформулированы рекомендации по назначению оптимальных параметров турбулизаторов. Приведены уравнения подобия в интервале Re = (3...25)·10³ для теплоотдачи и аэродинамического сопротивления шахматных пучков из биметаллических ребристых труб оптимальных параметров.

Ключевые слова: аппараты воздушного охлаждения, биметаллическая ребристая труба, шахматный пучок труб, теплоотдача, аэродинамическое сопротивление, тепловая эффективность **UDC 536.24; 712.66.0**

V.B. Kuntysh, A.B. Sukhotski (Belarussian state technological university, Minsk, Republic of Belarus); A.E. Piir (Northern (Arctic) Fedral University of M.V. Lomonosov, Russia); V.P. Mulin (ISC «Oktoberkhimmash», Russia)

E-mail: alk2905@mail.ru

Heat and aerodynamic characteristics of chess bundles of ribbed tubes with intensified heat exchange for air cooling apparatuses

Extensive and intensive ways of martempering of power and volume-mass characteristics heat exchange sections of the apparatus of air cooling are analysed. It is shown that the extensive way by this time settled the potential possibilities. The way of an intensification of a convective heat transfer on the air party of bimetallic ribbed tube is effective. Designs with reference to batch production of the intensified bimetallic ribbed tubes into which round aluminium ribs are modified to form air stream turbulators are resulted. The factor of thermal efficiency increases to 25% at an equal expense of power of the ventilating fan. In invariable gabarits the heat rating of the apparatus of air cooling is attained smaller on 20...25% by quantity of bimetallic ribbed tubes, the weight of the apparatus accordingly decreases. Recommendations to destination optimum parametres of turbulators are made. The similitude equations in the interval $Re = (3...25) \cdot 10^3$ for a convective heat exchange and an aerodynamic resistance of chess bundles from bimetallic ribbed tube optimum parametres are resulted.

Keywords: air cooling apparatuses, bimetallic ribbed tube; chess tube bundle; heat exchange; aerodynamic resistance; thermal efficiency

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ



УДК 62-253.001

С.В. Карпов, А.О. Глебов, кандидаты техн. наук, С.В. Карпушкин, д-р техн. наук (Тамбовский государственный технический университет, Россия)

E-mail: karp@mail.tstu.ru

Исследование эффективности конструкций пассивного охлаждения методами топологической оптимизации

Исследована оптимизация конструкции радиатора с естественным охлаждением. Рассмотрено применение SIMP-метода для решения задачи топологической оптимизации стационарной теплопроводности плоской пластины с условием Дирихле на боковой границе и равномерным тепловыделением по всему объему. Определена геометрия оптимальной топологии, изготовлен образец радиатора по технологии проволочной электроэрозионной резки. Исследована эффективность теплоотвода для топологически оптимизированного радиатора и традиционных ребристых радиаторов, результаты представлены в виде температурных полей. Установлена высокая эффективность теплоотвода в топологически оптимизированной конструкции радиатора по сравнению с ребристым радиатором. Сформулированы рекомендации для практического применения полученных результатов.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, свободная конвекция, SIMP-модель, электроэрозионная резка, ребристые радиаторы, экспериментальные исследования, тепловизор **UDC 62-253.001**

S.V. Karpov, A.O. Glebov, S.V. Karpushkin (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: karp@mail.tstu.ru

Study of passive cooling designs efficiency by topological optimization methods

Optimization of design of radiators with natural cooling has been studied. The article discusses the use of the SIMP method for solving the problem of topological optimization for stationary thermal conductivity of a flat plate with the Dirichlet condition on the lateral boundary and uniform heat release throughout the volume. Radiator with geometry of the optimal topology has been made using wire EDM cutting technology. The results of the heat removal efficiency comparison for topologically optimized radiator and traditional finned radiators are presented in form of their temperature fields. Studies have shown the high efficiency of a topologically optimized heatsink design heat dissipation in comparison with finned ones. Recommendations for the practical application of the results obtained are formulated.

Key words: topological optimization, free convection, SIMP model, EDM cutting, finned radiators, experimental research, thermal imager

УДК 678.057.374.1

Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, канд. техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, А.А. Ватагин (Ярославский государственный технический университет, Россия)

E-mail: dim dol.94@mail.ru

Выбор расположения штифта в экструзионной головке для улучшения качества получаемого профиля

Рассмотрены причины возникновения дефектов в процессе получения полимерных изделий методом экструзии. Для решения некоторых из проблем предлагается использовать штифтовую экструзионную головку. Проведено численное моделирование такой головки с различным расположением штифта. Приведены изоконтуры скоростей, исходя из которых сформулированы рекомендации по расположению штифта в экструзионной головке.

Ключевые слова: полимеры, резина, шины, червячная машина, экструзия, экструзионная головка, штифт, изоконтуры скоростей

UDC 678.057.374.1

D.S. Dolgin, I.S. Gudanov, A.E. Lebedev, A.A. Vatagin (Yaroslavl State Technical University, Russia) E-mail: dim dol.94@mail.ru

Selection of the location of the pin in the extrusion head to improve the quality of the resulting



profile

The article considers the causes of occurrence of defects in the process of extrusion of polymer products. To solve some of the problems, the authors suggest using a pin extrusion head. Numerical simulation of such a head with a different pin arrangement is carried out. The isocontures of the speeds are shown, based on which recommendations are given for the location of the pin in the extrusion head.

Keywords: polymers, rubber, tires, worm machine, extrusion, extrusion head, pin, isoconture of speeds

УДК 678.027.3

Д.С. Долгин, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, И.С. Гуданов, В.В. Власов, кандидаты техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия) E-mail: dim_dol.94@mail.ru Лабораторное оформление исследования процесса соэкструзии профильных заготовок из резиновых смесей

Представлены устройство и принцип действия лабораторной установки для исследования процесса соэкструзии профильных заготовок из резиновых смесей. Определены геометрически характеристики получаемого экструдата и гидродинамические характеристик процесса соэкструзии с применением лабораторной установки.

Ключевые слова: экструзия, соэкструзия, экструзионная головка, многослойное изделие, лабораторная установка

UDC 678.027.3

D.S. Dolgin, A.E. Lebedev, I.S. Gudanov, V.V. Vlasov (Yaroslavl State Technical University, Russia) E-mail: dim_dol.94@mail.ru

Laboratory design of the study of the process of profile blanks extrusion from rubber mixtures

The design and operation principle of laboratory unit for the study of the extrusion process of profile blanks from rubber mixtures is considered. The geometric characteristics of the resulting extrudate and the hydrodynamic characteristics of the process of coextrsion in laboratory unit are given.

Keywords: extrusion, extrusion head, multilayer product, laboratory installation

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 678.053.3:[62-253:62-762](048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»)

E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация уплотнений роторов смесителей закрытого типа для пластических масс и резиновых смесей (обзор патентов)

Разработана классификация уплотнений роторов роторных смесителей закрытого типа для приготовления пластических масс и резиновых смесей. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций уплотнений роторов роторных смесителей закрытого типа.

Ключевые слова: пластические массы, резиновые смеси, роторный смеситель закрытого типа, ротор, уплотнение, классификация, конструкции

UDC 678.053.3:[62-253:62-762](048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of rotor seals of internal mixers for plastics and rubber (survey of patents)

A classification of rotors seals of internal mixers for plastics and rubber is proposed. A critical survey of the most characteristic seal designs of rotors seals of internal mixers for plastics and rubber is realized.

Keywords: plastics, rubber, internal mixer, rotor, seal, classification, designs



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 3–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 666.9.022.3

А.Г. Карпов, М.С. Василишин, д-р техн. наук, О.С. Иванов, А.А. Кухленко, С.Е. Орлов, кандидаты техн. наук (Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН, г. Бийск, Россия); А.Г. Овчаренко, д-р техн. наук (Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Бийск, Россия) E-mail: ipcet@mail.ru, tmk@bti.secna.ru

К оценке устойчивости тепловых режимов нитрования 2-этилгексанола

Проанализирована устойчивость стационарных тепловых режимов процесса нитрования 2-этилгексанола в лабораторной установке с центробежным массообменным аппаратом. Установлено, что в ходе нитрования спирта при температурах от 273 до 293 К обеспечивается стабильность протекания химической реакции. В диапазоне температур от 285 до 293 К выход целевого продукта (2-этилгексилнитрата) достигает 92 % при чистоте до 99,4 %.

Ключевые слова: 2-этилгексанол, нитрование, тепловая устойчивость процесса, дизельное топливо

UDC 666.9.022.3

A.G. Karpov, M.S. Vasilishin, O.S. Ivanov, A.A. Kuhlenko, S.E. Orlov (Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Biysk, Russia); A.G. Ovcharenko (Byisk Technological Institute (branch) of Polzunov's Altay State Technical University, Biysk, Russia)

E-mail: ipcet@mail.ru, tmk@bti.secna.ru

To the estimation of the stability of thermal regimes of 2-ethylhexanol nitration

Stability of stationary thermal regimes of nitration process of 2-ethylhexanol in the laboratory-scale plant with a centrifugal mass-transfer apparatus is analyzed. It is established, that during spirit nitration at temperatures from 273 to 293 K stability of a chemical transformation is secured. Over the range temperatures from 285 to 293 K the yield of a target product – 2-ethylhexylnitrate attains 92 % at purity to 99,4 %.

Keywords: 2-ethylhexanol, nitration, thermal stability of process, diesel fuel

УДК 66.081.6

С.В. Ковалев, д-р техн. наук (Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Россия) E-mail: sseedd@mail.ru;

O.A. Ковалева, д-р техн. наук (Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: solomina-oa@yandex.ru

Усовершенствованная конструкция электрохимического мембранного аппарата трубчатого типа и методика расчета параметров аппарата

Предложена усовершенствованная конструкция электрохимического мембранного аппарата трубчатого типа для эффективного разделения растворов химических, машиностроительных, агроперерабатывающих производств, отличающаяся применением трех цилиндрических сеток-турбулизаторов в камере разделения раствора (для интенсивного перемешивания раствора) и применением резьбового соединения штуцеров при монтаже к трубопроводной арматуре взамен фланцевого соединения (как в аналогах). Предложена методика



расчета технологических параметров электрохимического мембранного аппарата трубчатого типа, таких как общий объем разделяемого раствора, общая площадь и площади прикатодных, прианодных мембран.

Ключевые слова: мембрана, конструкция, аппарат, расчет, раствор, разделение **UDC 66.081.6**

S.V. Kovalev (Derzhavin Tambov State University, Russia) E-mail: sseedd@mail.ru;

O.A. Kovaleva (Derzhavin Tambov State University, Tambov State Technical University, Russia) E-mail: solomina-oa@yandex.ru

Improved design of a tubular electrochemical membrane apparatus and a method for calculating the parameters of the apparatus

An improved design of a tubular-type electrochemical membrane apparatus for the effective separation of solutions of chemical, machine-building, and agro-processing industries is proposed, which is distinguished by the use of three cylindrical mesh-turbulators of various diameters placed in the solution separation chamber for intensive mixing of the solution and a threaded connection of fittings when mounted to pipeline valves instead of a flange connection (as in analogues). A method for calculating a tubular-type electrochemical membrane apparatus is proposed, which makes it possible to determine its technological parameters such as the total volume of the solution being separated, the total area and areas of cathode and anode membranes.

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

УДК 622.276.8

Е.В. Семенов, И.А. Никитин, доктора техн. наук, С.Н. Чеботарев, д-р физ.-мат. наук, В.А. Ирха, канд. физ.-мат. наук (Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского, Россия);

В.А. Карамзин, д-р техн. наук (ООО АГРОМАШ, Москва, Россия)

E-mail: sem-post@mail.ru

Расчет процесса разделения многофазной дисперсной системы в горизонтальном гравитационном воздушном классификаторе

На базе физико-математического моделирования кинетики взвешенной в сносящем горизонтальном воздушном потоке пробной частицы в зависимости от действующих на нее силы аэродинамического сопротивления и силы тяжести проведен количественный анализ кинематических характеристик частицы. Предложен расчет протекания процесса фракционирования смеси из различающихся по механическим и геометрическим свойствам частиц в гравитационном пневмофракционирующем устройстве.

Ключевые слова: фракционирование, многофазная дисперсная система, горизонтальный гравитационный воздушный классификатор

UDC 622.276.8

E.V. Semenov, I.A. Nikitin, S.N. Chebotarev, V.A. Irkha (K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University, Russia); V.A. Karamzin (AGROMASH LLC, Moscow, Russia) E-mail: sem-post@mail.ru

Calculation of the separation process of a multiphase dispersed system in a horizontal gravity air classifier

On the basis of physical and mathematical modeling of the kinetics of a test particle suspended in the carrying horizontal air flow, depending on the force of aerodynamic drag and gravity acting on it, a quantitative analysis of the kinematic characteristics of the particle is carried out. It is proposed to calculate the course of the process of fractionation of a mixture of particles differing in mechanical and geometric properties for the projected gravitational pneumatic fractionation device.

Keywords: fractionation, multiphase dispersed system, horizontal gravity air classifier

УДК 66.081.6

С.И. Лазарев, О.А. Абоносимов, доктора техн. наук, И.В. Хорохорина, канд. техн. наук, М.И.



Михайлин, А.А. Орлов (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: kotelnikovirina@yandex.ru

Электробаромембранный аппарат рулонного типа с увеличенной эффективностью разделения промышленных растворов и методика его расчета

Разработан электробаромембранный аппарат рулонного типа с увеличенной эффективностью разделения растворов (за счет дифференцированного отвода прикатодного пермеата и прианодного ретентата в зависимости от схемы подключения — анод или катод). Разработана методика расчета электробаромембранного аппарата рулонного типа для разделения промышленных растворов, содержащих ионы цинка, меди, кобальта и никеля, проведена оценка экономической эффективности электробаромембранной установки посредством расчета общего расхода энергии, необходимой для проведения процесса разделения технологического раствора, содержащего ионы тяжелых металлов.

Ключевые слова: методика, мембраны, рулонный элемент, электробаромембранная установка, расход энергии, ионы тяжелых металлов.

UDC 66.081.6

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

Roll-type electrobaromembrane apparatus with increased efficiency of separation of industrial solutions and a method for its calculation

A roll-type electrobaromembrane apparatus has been developed with an increased efficiency of solution separation (due to differentiated removal of cathode permeate and anode retentate, depending on the anode or cathode connection scheme). A method for calculating a roll-type electrobaromembrane apparatus with an increased separation efficiency of industrial solutions containing zinc, copper, cobalt and nickel ions has been developed, and an assessment of the economic efficiency of an electrobaromembrane installation has been carried out by calculating the total energy consumption required to carry out the separation process of a process solution containing heavy metal ions.

Keywords: technique, membranes, roll element, electrobaromembrane installation, energy consumption, heavy metal ions

УДК 66.081.6

О.А. Абоносимов, С.И. Лазарев, доктора техн. наук, П.А. Хохлов (Тамбовский государственный технический университет, Россия); В.В. Мамонтов, канд. техн. наук (ООО «Спектр», г. Тамбов, Россия) E-mail: mig@tstu.ru

Электробаромембранный аппарат трубчатого типа с равномерной площадью фильтрации для очистки сточных вод гальванических производств и методика его расчета

Приведены результаты разработки электробаромембранного аппарата трубчатого типа (с равномерной площадью фильтрации) для очистки технологических растворов и сточных вод гальванических производств. Представлена методика инженерного расчета предлагаемой перспективной конструкции электробаромембранного аппарата с трубчатыми фильтрующими элементами для реализации очистки технологических растворов и сточных вод гальванических производств с учетом конструктивных особенностей аппарата и зависимости расхода пермеата от параметров процесса разделения.

Ключевые слова: электробаромембранный аппарат, технологические растворы, фильтрующие элементы, пермеат, проницаемость.

UDC 66.081.6

O.A. Abonosimov, S.I. Lazarev, P.A. Khokhlov (Tambov State Technical University, Russia); V.V. Mamontov (LLC Spectr, Tambov, Russia) E-mail: mig@tstu.ru

Tubular electrobaromembrane apparatus with uniform filtration area for treatment of galvanic industries wastewater and method for its calculation

The results of the development of a tubular electrobaromembrane apparatus (with a uniform filtration area) for the treatment of process solutions and wastewater from electroplating industries are presented. A technique for engineering calculation of the proposed advanced design of an



electrobaromembrane apparatus with tubular filter elements for the implementation of the purification of technological solutions and wastewater from electroplating industries is presented, taking into account the design features of the apparatus and the dependence of the permeate flow rate on the parameters of the separation process.

Keywords: electrobaromembrane apparatus, technological solutions, filter elements, permeate, permeability

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 621.512

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

Сравнительный анализ эффективности щелевых уплотнений, применяемых в поршневых гибридных энергетических машинах объемного действия

Определены массовые расходы жидкости за один рабочий цикл поршневой гибридной энергетической машины объемного действия для трех видов щелевых уплотнений: гладкого, ступенчатого и конусного. На основании теоретического исследования массовых потоков жидкости, поступающих из насосной полости в компрессорную и обратно, при ламинарном течении жидкости проведено сравнение эффективности поршневых уплотнений. Установлено, что значение соотношения расходов жидкости в прямом и обратном направлениях для конусообразного щелевого уплотнения существенно выше, чем для гладкого и ступенчатого щелевых уплотнений, что позволяет рекомендовать конусное щелевое уплотнение для использования в поршневых гибридных энергетических машинах объемного действия с высоким давлением нагнетания в компрессорной секции и низким давлением нагнетания в насосной секции.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина объемного действия, поршневые уплотнения, гладкое щелевое уплотнение, ступенчатое щелевое уплотнение, конусное щелевое уплотнение, соотношение расходов жидкостей

UDC 621.512

V.E. Shcherba, G.E. Philippov (Omsk State Technical University, Russia)

E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Comparative analysis of the efficiency of slot seals used in volumetric piston hybrid power machines

The paper considers the determination of the mass flow rate of a liquid in one working cycle of a volumetric reciprocating hybrid energy machine for three types of slot seals: smooth, stepped and conical. Based on a theoretical study of the mass flows of liquid flowing from the pumping cavity to the compressor and back, with laminar fluid flow, a comparison of the efficiency of piston seals was carried out. It was found that the value of the ratio of fluid flow in the forward and reverse directions for a coneshaped slot seal is significantly higher than for smooth and stepped slot seals. This makes it possible to recommend a conical slot seal for use in reciprocating hybrid volumetric power machines having a high discharge pressure in the compressor section and a low discharge pressure in the pumping section.

Keywords: reciprocating hybrid volumetric energy machine, piston seals, smooth slot seal, stepped slot seal, conical slot seal, ratio of fluid flow

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 66.026.2

А.В. Проворов, А.А. Павлов, кандидаты техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия)

E-mail: provorovav@ystu.ru

Исследование работы подвижных корпусных опор технологических трубопроводов

Приведены результаты численного исследования работы приварных подвижных корпусных



опор технологических трубопроводов. Выполнена оценка влияния конструктивных параметров и степени сползания опор с подопорной конструкции на их напряженно-деформированное состояние. Установлено существенное влияние таких параметров, как жесткость стенки трубы, высота опоры, величина и расположение зоны контакта с подопорной конструкцией на работоспособность опоры. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании опор трубопроводов.

Ключевые слова: опоры, трубопроводы, жесткость, прочность, напряжение, расчеты, проектирование

UDC 66.026.2

A.V. Provorov, A.A. Pavlov, A.E. Lebedev (Yaroslavl State Technical University, Russia) E-mail: provorovav@ystu.ru

Study of the operation of movable hull supports of technological pipelines

The article presents the results of a numerical study of the operation of welded movable body supports of technological pipelines. An assessment of the influence of design parameters and the degree of sliding of the supports from the support structure on their stress-strain state has been carried out. It has been established that such parameters as the stiffness of the pipe wall, the height of the support, the size and location of the contact zone with the support structure can have a significant effect on the operability of the support. The results obtained can be used in the design of pipeline supports.

Key words: supports, pipelines, stiffness, strength, stress, calculations, design

УДК 620.178.4/.6

С.В. Карпов, А.О. Глебов, кандидаты техн. наук, С.В. Карпушкин, д-р техн. наук (Тамбовский государственный технический университет, Россия)

E-mail: karpushkin.sv@mail.tstu.ru

Исследование влияния внутренней структуры топологически оптимизированных конструкций на их напряженно-деформированное состояние

Использование топологической оптимизации (ТО) в большинстве случаев ограничивается теоретическими исследованиями, так как результатом решения задач ТО, как правило, является сложная нерегулярная геометрия. Современные аддитивные технологии (АТ) позволяют напрямую перейти к практическому применению ТО без предварительной инженерной проработки решения. Перспективной особенностью АТ является возможность получения пористой внутренней макроструктуры изделий, которую можно использовать для оптимизации их массы при воздействии изгибающих нагрузок. В данной работе решается задача минимизации податливости балки Мессершмитта — Бёлькова — Блома (МВВ). Топологически оптимизированная конструкция была изготовлена из пластика по технологии послойного наплавления материала. Произведена оценка воспроизводимости свойств изделий, реализованы стандартные трехточечные испытания на изгиб при различных видах внутренней пористости и значениях доли внутреннего заполнения, а также ориентации пор в пространстве. Показано, что использование внутренней пористой структуры является перспективным подходом, позволяющим снизить материалоемкость при сохранении прочностных характеристик изделия.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, аддитивные технологии, пористая структура, балка Мессершмитта – Бёлькова – Блома

UDC 620.178.4/.6

S.V. Karpov, A.O. Glebov, S.V. Karpushkin (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: karpushkin.sv@mail.tstu.ru

Study of the effect of the internal structure of topologically optimized frame on its stress-strain state

The use of topological optimization (TO) in most cases is limited to theoretical studies, since the result of solving TO problems, as a rule, is a complex irregular geometry. Modern additive technologies (AT) allow you to go directly to the practical application of TO without preliminary engineering solution's study. A promising feature of AT is the possibility of obtaining a porous internal products' macrostructure, which can be used to optimize their mass when exposed to bending loads. In this paper



solving the minimizing problem of the Messerschmitt – Bölkov – Blom (MBB) beam's pliability. The topologically optimized design was made of plastic using the material layer-by-layer fusion technology. An assessment of the product properties' reproducibility was obtained, and standard three-point bending tests were implemented for various types of internal porosity and values of internal filling's fraction, as well as the orientation of pores in space. It is shown that the use of an internal porous structure is a promising approach to reduce material consumption while maintaining the strength characteristics of the product.

Keywords: topological optimization, additive technologies, porous structure, Messerschmitt – Bölkov – Blom beam

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 66.096.5

А.В. Михалев, О.Ю. Милованов, Д.В. Климов, Р.Л. Исьемин, 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 Получение биоугля и других продуктов с высокой добавленной стоимостью из биомассы методом влажной торрефикации в кипящем слое в среде перегретого водяного пара

Обоснованы преимущества влажной торрефикации биомассы перегретым паром в кипящем слое по сравнению с традиционным методом гидротермальной карбонизации. Исследовано влияние температуры влажной торрефикации на химический состав биоуглей, полученных из скорлупы орехов (фундука) методом торрефикации в кипящем слое в среде перегретого водяного пара, на фракционный состав биоуглей, на химический состав конденсата (побочного продукта процесса).

Ключевые слова: влажная торрефикация, кипящий слой, биоуголь, конденсат, биомасса **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, Russian Federation); F. Tabet (Opti'Tech, Leipzig, Germany) Email: penergy@list.ru, fouzi.tabet@gmail.com

Obtaining biochar and other products with high added value from biomass by wet torrefaction in a fluidized bed in an environment of superheated water vapor

The advantages of wet torrefaction of biomass by superheated steam in a fluidized bed compared to the traditional method of hydrothermal carbonization are substantiated. The influence of wet torrefaction temperature on the chemical composition of biochar obtained from nut shells (hazelnuts) by torrefaction in a fluidized bed in an environment of superheated water vapor, on the fractional composition of biochar, and on the chemical composition of condensate (a by-product of the process) has been studied.

Keywords: wet torrefaction, fluidized bed, biochar, condensate, biomass

УДК 62-634.5

Д.В. Антонов, В.В. Дорохов, Г.С. Няшина, канд. техн. наук, Д.С. Романов (Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия) E-mail: gsn1@tpu.ru Предельные условия зажигания и временные характеристики горения капель жидких биотоплив

Приведены результаты экспериментальных исследований характеристик зажигания и горения капель жидких биотоплив. В качестве основных компонентов топлив использованы: рапсовое масло, вода, опилки. Основные регистрируемые характеристики процесса: минимальная температура зажигания, продолжительность задержки газофазного и гетерогенного горения, длительность горения. Определены условия эффективного и безопасного инициирования горения перспективных жидких биотоплив. Определены преимущества использования биотоплив перед суспензионными топливами на основе традиционных энергоресурсов и отходов их переработки и обогащения.



Ключевые слова: жидкие биотоплива, суспензии, эмульсии, капли и частицы топлив, зажигание, время задержки зажигания, длительность горения

UDC 62-634.5

D.V. Antonov, V.V. Dorokhov, G.S. Nyashina, D.S. Romanov (National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia) E-mail: gsn1@tpu.ru

Limiting ignition conditions and combustion characteristics of liquid biofuel drops

The results of experimental research of the ignition and combustion characteristics of a liquid biofuels droplets are presented. As the main components of the fuels used: rapeseed oil, water, sawdust. The main recorded characteristics of the process: minimum ignition temperatures, delay times of gasphase and heterogeneous combustion, combustion duration, maximum combustion temperatures. The conditions for efficient and safe initiation combustion of promising liquid biofuels are determined. The advantages of using biofuels in comparison with suspension fuels based on traditional energy resources and waste from their processing and enrichment are determined.

Keywords: liquid biofuels; suspensions and emulsions; drops and particles of fuels; ignition; ignition delay times; burning duration

ИНФОРМАЦИЯ

УДК [678.057.3:621.929.3:66.067]-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского») E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация фильтров экструдеров для переработки полимерных материалов и резиновых смесей (*обзор конструкций*)

Разработана классификация фильтров экструдеров для переработки полимерных материалов и резиновых смесей. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций фильтров экструдеров.

Ключевые слова: пластические массы, резиновые смеси, экструдер, фильтр, классификация, конструкции

UDC [678.057.3:621.929.3:66.067]-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of extruder filters for the processing of polymeric materials and rubber (survey of designs)

A classification of extruder filters for the processing of polymeric materials and rubber is proposed. A critical survey of the most characteristic extruder filters is realized.

Keywords: plastics, rubber, extruder, filter, classification, designs



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 4–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66.021.3/4

И.Н. Мадышев, О.С. Дмитриева, кандидаты техн. наук, А.О. Маясова, А.Н. Николаев, д-р техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия) E-mail: ilnyr_91@mail.ru

Повышение эффективности контактных устройств колонных массообменных аппаратов при использовании процессов термической ректификации

В условиях термической ректификации определены расходы фаз разделяемой смеси в зависимости от соотношения количества отведенной теплоты с верхней тарелки колонны и суммарного теплового потока в конденсаторе и дефлегматоре. Представлены результаты расчетов действительной скорости пара внутри колонны для определения вариантов по распределению теплоты. Определены характеристики изменения КПД клапанной тарелки по Мерфри для уменьшения количества теплоты, подводимой в кипятильник колонны. По результатам исследований определена возможность снижения массового расхода паров практически до минимального значения при использовании термической ректификации.

Ключевые слова: термическая ректификация, контактное устройство, эффективность, флегмовое число

UDC 66.021.3/4

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

Improving the efficiency of contact devices of column mass transfer apparatus when using thermal rectification processes

In the thermal rectification conditions the phase flow rates of the distributed components of separated mixture as a function of the ratio of the heat withdrawn from the upper plate of the column to the total heat flow in the condenser and the reflux were determined. The results of calculation the actual steam velocity inside the column are presented to suggest options for heat distribution. The characteristics of the change in the efficiency of the valve plate according to Murphree are determined in order to reduce the amount of heat supplied to the column boiler. The results obtained in these studies have shown that it is possible to reduce the mass consumption of vapors to almost the minimum required due to the use of thermal rectification.

Keywords: diabatic rectification, contact device, efficiency, reflux ratio

УДК 66.081.6

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

Конструкция электрохимического мембранного аппарата рулонного типа с гофрированным мембранным полотном для разделения промышленных растворов

Предложена конструкция электрохимического мембранного аппарата рулонного типа для эффективного разделения растворов химических, машиностроительных, агроперерабатывающих производств, обеспечивающая повышение качества и эффективности разделения растворов, увеличение площади мембран в единице объема аппарата и охлаждение разделяемого раствора (в отличие от известных аналогов). Предложена методика расчета электрохимического мембранного аппарата рулонного типа, позволяющая определять его конструктивные параметры — общую поверхность охлаждения, общую площадь разделения и площади прикатодных (прианодных) мембран.



Ключевые слова: мембрана, конструкция, аппарат, расчет, раствор, разделение **UDC 66.081.6**

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

Design of a roll-type electrochemical membrane apparatus with corrugated membrane sheet for separation of industrial solutions

The design of a roll-type electrochemical membrane apparatus for the effective separation of solutions of chemical, machine-building, and agro-processing industries is proposed, which makes it possible to improve the quality and efficiency of separation of solutions, increase the area of membranes per unit volume of the apparatus, and cool the separated solution, in contrast to known analogues. A method for calculating a roll-type electrochemical membrane apparatus is proposed, which makes it possible to determine its design parameters – total cooling surface, total separation area and areas of near-cathode (near-anode) membranes.

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

УДК 662.6/9

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

Теплогидравлическая эффективность теплообмена газовых теплоносителей при разных температурных условиях

Приведены результаты анализа теплогидравлической эффективности процесса теплообмена газовых теплоносителей при различных температурных условиях. С использованием энергетического КПД, характеризующего теплогидравлическую эффективность теплообмена, показано, что соотношение количества передаваемой теплоты и затрат энергии на прокачивание теплоносителя в процессе теплообмена для газов более благоприятно в области пониженных температур процесса (эффективность процесса снижается с повышением температуры). Более эффективными теплоносителями (среди сравниваемых) по показателю теплогидравлической эффективности теплообмена являются водород и метан, наименее эффективным теплоносителем является воздух.

Ключевые слова: теплообмен, теплогидравлическая эффективность, газовые теплоносители, температурные условия, энергетический КПД, физический фактор, режимный фактор **UDC 662.6/9**

Yu.Ya. Pechenegov (Engels technological institute (branch) SSTU named after Gagarin Yu.A., Russia) E-mail: y.pechenegov@mail.ru

Heat-hydraulic efficiency of heat exchange of gas coolants under different temperature conditions

The results of the analysis of the heat-hydraulic efficiency of the heat exchange process of gas coolants at different temperature conditions of the process are presented. Using the energy efficiency of heat transfer, which characterizes the heat-hydraulic efficiency of heat exchange, it is shown that the ratio of transferred heat and energy costs for pumping the coolant during heat exchange for gases is more favorable in the region of low process temperatures (the efficiency is lower with increasing temperature). Compared in terms of heat-hydraulic heat transfer efficiency the more efficient coolants are hydrogen and methane, and the least efficient is air.

Keywords: heat transfer, heat-hydraulic efficiency, gas coolants, temperature conditions, energy efficiency, physical factor, regime factor

УДК 66.021.4

В.К. Леонтьев, канд. техн. наук, О.Н. Кораблева, канд. хим. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия) E-mail: leontievvk@ystu.ru Об изменении температуры жидкой и газовой фаз в смесителе многосоплового газожидкостного эжекционного аппарата

Представлено математическое описание теплообмена между жидкой и газовой фазами в



смесителях многосоплового газожидкостного эжекционного аппарата.

Ключевые слова: теплообмен, жидкая фаза, газовая фаза, смеситель, эжекционный аппарат

UDC 66.021.4

V.K. Leontiev, O.N. Korableva (Yaroslavl State Technical University, Russia)

E-mail: leontievvk@ystu.ru

On the temperature change of the liquid and gas phases in the mixer of a multi-nozzle gas-liquid ejection apparatus

A mathematical description of the heat exchange between the liquid and gas phases in the mixers of a multi-layer gas-liquid ejection apparatus is presented.

Keywords: heat exchange, liquid phase, gas phase, mixer, ejection apparatus

УДК 66.023

В.К. Леонтьев, канд. техн. наук, М.А. Юровская, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия)

E-mail: leontievvk@ystu.ru

К вопросу о производительности осадительных центрифуг

На основе критериальных уравнений для определения скорости осаждения получены расчетные формулы, позволяющие определить время пребывания суспензии в осадительной центрифуге и производительность центрифуги для переходного и турбулентного режимов осаждения.

Ключевые слова: осадительная центрифуга, производительность, суспензия, время пребывания

UDC 66.023

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

To the question of the productivity of settling centrifuges

On the basis of criterion equations for determining the settling rate, calculation formulas have been obtained that make it possible to determine the residence time of the suspension in settling centrifuge and its productivity for transient and turbulent settling modes.

Keywords: settling centrifuge, productivity, suspension, residence time

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 66.045.7

А.А. Коробков, канд. техн. наук, М.В. Кулик (Межрегиональное общественное учреждение «Институт инженерной физики», г. Серпухов Московской обл., Россия); С.С. Сергеев (ПАО «Криогенмаш», г. Балашиха Московской обл., Россия); А.И. Смородин, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия) Е-mail: korobkow@iifmail.ru

Оптимизация режимных параметров ожижителя азота, работающего в составе системы переохлаждения жидкого метана

Поставлена и решена задача термодинамической оптимизации режимных параметров ожижителя азота, работающего в составе системы переохлаждения жидкого метана. В результате решения данной задачи определены: удельная работа, требуемая для ожижения 1 кг азота для схем с маслозаполненным компрессором и водозаполненным компрессором; характеристики теплообменного оборудования и детандер-компрессорного агрегата; режимные параметры во всех расчетных точках. Выявлено: для ожижительного режима применение водозаполненного винтового компрессора позволяет уменьшить удельную работу ожижения на 19 %. Определено оптимальное сочетание параметров: давление прямого потока (1,2 МПа) и доля дроссельного потока (0,14) для ожижителя азота.

Ключевые слова: математическое моделирование, ожижитель азота, ракета-носитель,



сжиженный метан, система охлаждения, теплообменный аппарат, термодинамическая оптимизация

UDC 66.045.7

A.A. Korobkov, M.V. Kulik (Interregional Social Foundation «Institute of Engineering Physics», Serpukhov, Moscow region, Russia); S.S. Sergeev («Cryogenmash», Balashikha, Moscow region, Russia); A.I. Smorodin (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: korobkow@iifmail.ru

Optimization of the operating parameters of nitrogen liquefier working as a part of liquid methane subcooling system

The problem of thermodynamic optimization of the operating parameters of the nitrogen liquefier, operating as a part of liquid methane subcooling system is posed and solved. As a result of solving this problem, the following are determined: specific work required to liquefy 1 kg of nitrogen for schemes with oil-filled and water-filled compressors; characteristics of heat exchange equipment and expander compressor unit; operating parameters at all design points. It was found out that for the liquefaction mode the specific work of liquefaction decreases; the use of a water-filled screw compressor reduces the specific work of liquefaction by 19 %. Optimal combination of direct flow pressure (1.2 MPa) and direct flow fraction (0.14) for the nitrogen liquifier system have been determined.

Keywords: mathematical modeling, nitrogen liquefier, launch vehicle, liquefied methane, cooling system, heat exchanger, thermodynamic optimization

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 621.512

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

Методика оценки времени нагрева стенок рабочей камеры поршневого компрессора при использовании регенеративного теплообмена

Исследованы аспекты регенеративного теплообмена в поршневом компрессоре с целью приближения процесса сжатия к наиболее термодинамически выгодному – изотермическому. С использованием уравнения баланса, включающего количество выделяемой теплоты в цикле поршневого компрессора и количество теплоты, отводимой через внешнюю поверхность рабочей камеры компрессора, разработана методика расчета нагрева стенок рабочей камеры компрессора в зависимости от продолжительности работы компрессора. На основе разработанной методики проведен параметрический анализ и определено влияние основных эксплуатационных параметров (степени повышения давления в ступени, угловой скорости вращения коленчатого вала) на конечную температуру и время нагрева стенок. Разработанная методика может быть использована для предварительной оценки времени работы поршневой машины с регенеративным охлаждением в режиме компрессора.

Ключевые слова: поршневой компрессор, регенеративный теплообмен, рабочие процессы, температура стенок, время нагрева

UDC 621.512

V.E. Shcherba (Omsk State Technical University, Russia)

E-mail: Scherba V E@list.ru

Methodology for estimating the heating time of the walls of the working chamber of a reciprocating compressor when using regenerative heat exchange

The work is devoted to the study of aspects of regenerative heat transfer in a reciprocating compressor in order to bring the compression process closer to the most thermodynamically advantageous – isothermal. Using the balance equation, which includes the amount of heat released in the cycle of a reciprocating compressor and the amount of heat removed through the outer surface of the compressor working chamber, a method for calculating the heating of the walls of the compressor working chamber from the operating time has been developed. Based on the developed methodology, a parametric analysis was carried out and the influence of the main operational parameters (the degree of pressure increase in the stage, the angular speed of rotation of the crankshaft) on the final wall heating



temperature and wall heating time was determined. The developed technique can be used for a preliminary assessment of the operating time of a piston machine with regenerative cooling in compressor mode.

Keywords: reciprocating compressor, regenerative heat exchange, working processes, wall temperature, heating time

УДК 621.818

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

Оценка герметичности уплотнительного узла запорной трубопроводной арматуры низкого давления

Выполнен анализ герметичности уплотнительного узла трубопроводной арматуры. Установлено, что герметичность уплотнительных элементов зависит не от площади контактных поверхностей, а от наличия непрерывной узкой полосы, образованной пятнами контакта. Проведены испытания на герметичность образцов-свидетелей, изготовленных по предлагаемой технологии формирования плотного межуплотнительного пространства.

Ключевые слова: трубопроводная арматура, затворный узел, статическое уплотнение, волнистость, шероховатость, герметичность

UDC 621.818

S.N. Gaisin, S.A. Zaides, A.I. Nizhegorodov (Irkutsk National Research Technical University, Russia) E-mail: gaisinsn@mail.ru

Assessment of the tightness of the sealing unit of low-pressure shut-off pipe fittings

The analysis of the tightness of the sealing unit of the pipeline fittings was performed. It is established that the tightness of the sealing elements does not depend on the area of the contact surfaces, but on the presence of a continuous narrow strip formed by contact spots. A leakproofness test of witness samples made according to the proposed technology of forming a dense inter-sealing space was carried out.

Keywords: pipeline valves, gate Assembly, static seal, waviness, roughness, tightness

УДК 621.512

E.A. Павлюченко, канд. техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия) E-mail: hystonru@mail.ru

Анализ основных путей повышения эффективности работы компрессоров объемного лействия

Энергетическая эффективность является одним из основных факторов при проектировании поршневых компрессоров объемного действия. Данная работа посвящена анализу научных исследований в области путей повышения эффективности работы компрессоров объемного действия. На основе проведенного анализа выявлены основные современные направления улучшения энергоэффективности компрессорных машин объемного действия. Данная работа может быть использована для определения стратегии в разработке новых высокоэффективных компрессорных машин объемного действия.

Ключевые слова: компрессоры объемного действия, регенеративный теплообмен, впрыск жидкости, воздушное охлаждение, водяное охлаждение

UDC 621.512

E.A. Pavlyuchenko (Omsk State Technical University, Russia)

E-mail: hystonru@mail.ru

Analysis of the main ways to increase the efficiency of positive displacement compressors

Energy efficiency is one of the main factors in the design of positive displacement compressors. This work is devoted to the analysis of scientific research in the field of ways to improve the efficiency of positive displacement compressors. Based on the analysis, the main modern directions for improving the energy efficiency of volumetric compressor machines were identified. This work can be used to define a



strategy for the development of new highly efficient positive displacement compressor machines.

Keywords: displacement compressors, regenerative heat exchange, liquid injection, air cooling, water cooling

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ. ПРИБОРЫ

УДК 536.25:620.98

E.C. Данильчик, А.Б. Сухоцкий, канд. техн. наук, Т.Б. Карлович, канд. физ.-мат. наук (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск) E-mail: alk2905@mail.ru

Влияние проходного сечения вытяжной шахты на охлаждение воздухом однорядных пучков труб со спиральными ребрами разной высоты

Представлены результаты экспериментальных исследований свободно-конвективного теплообмена однорядных пучков биметаллических труб со спиральными накатными алюминиевыми ребрами разной высоты (2,0...14,6 мм) к вертикальным потокам воздуха, создаваемым вытяжной шахтой с регулируемым проходным сечением. Компоновка пучков (из 6 труб) — с постоянным относительным поперечным шагом $\sigma_1 = 1,14$. Для интенсификации свободно-конвективного теплообмена воздуха над пучками устанавливалась теплоизолированная вытяжная шахта высотой 0,52 м. По данным измерений средний приведенный коэффициент теплоотдачи составил от 0,78 до 17,3 Вт/(м 2 .°С) при числах Релея $(19...360)\cdot 10^3$. Приведено уравнение подобия для теплоотдачи однорядных пучков с ребрами различной высоты в режиме свободной конвекции от коэффициента сужения площади выходного отверстия вытяжной шахты.

Выявлено: при увеличении высоты оребрения тепловая эффективность однорядных пучков увеличивается в 4 раза (и более), но при этом увеличение коэффициента оребрения труб более значительно. При увеличении проходного сечения вытяжной шахты рациональное значение высоты оребрения (соответствующее наиболее эффективному пучку по показателю объемной плотности теплового потока) увеличивается от 2 до 8 мм. Установкой вытяжной шахты с оптимальным проходным сечением над однорядным пучком возможно повышение теплоотдачи пучка в 1,73...3,64 раза.

Ключевые слова: воздухоохлаждаемый теплообменник; биметаллическая ребристая труба; шахматный пучок труб; свободно-конвективный теплообмен; вытяжная шахта **UDC 536.25:620.98**

E.S. Danilchik, A.B. Sukhotski, T.B. Karlovich (Belarusian state technological university, Minsk) E-mail: alk2905@mail.ru

Influence of the passage section of the exhaust shaft on the air cooling of single-row tube bundles with spiral fins of different heights

Experimental studies of free-convective heat transfer of single-row bundles of bimetallic tubes with spiral rolling aluminum fins of different heights (2...14,6 mm) to vertical air flows created by an exhaust shaft with an adjustable flow area are presented. The bundles were arranged with a constant relative transverse pitch $\sigma_1 = 1,14$ from 6 tubes. To intensify the free-convective heat exchange of air above the bundles, a heat-insulated exhaust shaft 0,52 m high with an adjustable flow area of 0,0087; 0,0201 and 0,033 m². According to the measurement data, the average reduced heat transfer coefficient was calculated, which ranged from 0,78 to 17,3 W/(m²·°C) at Rayleigh numbers (19...360)·10³. A similarity equation is given for the heat transfer of single-row bundles with different fin heights in the free convection mode on the coefficient of narrowing the area of the exhaust shaft outlet.

It was found that an increase in the height of the finning leads to an increase in the thermal efficiency of single-row bundles by a factor of 4 or more, but the increase in the coefficient of finning of the tubes is more significant. With an increase in the passage section of the exhaust shaft, the height of the fins corresponding to the volumetric heat flux density of the most effective bundle increases from 2 to 8 mm. By installing an exhaust shaft with an optimal flow area above a single-row bundle, it is possible to increase its heat transfer by a factor of 1,73...3,64.

Keywords: air-cooled heat exchanger; bimetallic ribbed tube; chess tube bundle; free-convective heat transfer; exhaust shaft

УДК 66.045.53



К.Е. Бондарь, канд. техн. наук, Н.С. Шулаев, д-р техн. наук (Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Стерлитамаке, Россия) E-mail: Kristina88_08@mail.ru

Расчет производительности аппаратов охлаждения оборотной воды с полимерными оросителями при пленочном режиме течения

Представлен метод расчета для определения производительности малогабаритных градирен с полимерными оросителями при пленочном режиме течения жидкости, определения геометрических размеров и взаимного расположения полимерных волокон, составляющих сетчатую оболочку, а также плотности орошения и производительности градирни, при которых реализуется пленочный режим течения. Из представленных зависимостей следует, что с уменьшением размера «элементарной» ячейки блока оросителя массовый расход охлаждаемой жидкости градирни увеличивается, однако при этом возрастает масса оросителя, приходящаяся на единицу объема градирни. Кроме того, уменьшение размеров ячеек оросителя приводит к увеличению коэффициента аэродинамического сопротивления пропорционально плотности орошения.

Ключевые слова: водооборот, градирня, полимерный ороситель, пленочный режим, производительность градирни

UDC 66.045.53

K.E. Bondar, N.S. Shulaev (Ufa State Petroleum Technological University, Branch in the Sterlitamak, Russia) E-mail: Kristina88_08@mail.ru

Calculation of the performance of circulating water cooling devices with polymer sprinklers in the film flow mode

This article presents the calculation of the performance of small-sized cooling towers with polymer sprinklers in the film mode of fluid flow, calculation method to determine the geometric dimensions and mutual arrangement of the polymer fibers that make up the mesh membrane, as well as irrigation density and cooling tower performance at which the film flow mode is realized. From the dependencies presented in the paper, it follows that with a decrease in the size of the "elementary" cell of the sprinkler unit, the mass flow rate of the cooling tower coolant increases. However, this increases the mass of the sprinkler per unit volume of the cooling tower. In addition, reducing the size of the sprinkler cells leads to an increase in the aerodynamic drag coefficient in proportion to the irrigation density.

Keywords: water circulation, cooling tower, polymer sprinkler, film mode, cooling tower performance

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

УДК 620.197.3

Р.К. Вагапов, К.А. Ибатуллин, кандидаты хим. наук, В.В. Ярковой (ООО «Научноисследовательский институт природных газов и газовых технологий Газпром ВНИИГАЗ», п. Развилка Московской обл., Россия)

E-mail: R_Vagapov@vniigaz.gazprom.ru

Сравнение инструментальных методов коррозионного мониторинга для условий объектов переработки углеводородов

Для контроля коррозионного состояния оборудования газовых объектов применяются различные методы коррозионного мониторинга. Основным параметром для оценки является скорость коррозии. В дополнение к основному гравиметрическому способу измерения скорости коррозии, применяются еще два метода: ER-метод электрического сопротивления и LPR-метод линейного поляризационного сопротивления. В ходе испытаний ER- и LPR-датчиков были оценены возможности их применения в коррозионно-агрессивных условиях объектов переработки углеводородов, а также влияние различных факторов на получаемые данные по скорости коррозии.

Ключевые слова: скорость коррозии, коррозионный мониторинг, ER-датчик, LPR-датчик **UDC 620.197.3**

R.K. Vagapov, K.A. Ibatullin, V.V. Yarkovoi (LLC Gazprom VNIIGAZ, Russia)

E-mail: R_Vagapov@vniigaz.gazprom.ru

Comparison of instrumental methods of corrosion monitoring for the conditions of hydrocarbon



processing facilities

To control the corrosion state of equipment of gas objects, various methods of corrosion monitoring are used. The main parameter for hazard assessment is the corrosion rate, which can be measured in several ways. In addition to the main gravimetric method, two more methods of determination are used: ER-electrical resistance method, and LPR-linear polarization resistance method. In the course of testing ER- and LPR-probe, the possibility of their use in corrosive-aggressive conditions of hydrocarbon processing facilities, as well as the influence of various factors on the obtained data on the corrosion rate, was evaluated.

Keywords: corrosion rate, corrosion monitoring, ER-probe, LPR-probe

РИДРИМАОФНИ

УДК 542.63:66.063.8-023.472-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского») E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация дисковых мешалок емкостной аппаратуры для перемешивания жидкостей (обзор патентов)

Разработана классификация дисковых мешалок емкостных аппаратов, применяемых в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и пищевой отраслях промышленности. Рассмотрены наиболее характерные конструкции дисковых мешалок.

Ключевые слова: химическое машиностроение, емкостная аппаратура, дисковые мешалки, классификация, конструкции

UDC 542.63:66.063.8-023.472-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of disc stirrers of tank equipment for the processing of liquid media (survey of patents)

A classification of disc stirrers of tank equipment used in chemical, petrochemical, oil refining and food industries is proposed. The most typical designs of disc stirrers are realized.

Keywords: chemical engineering, tank equipment, disc stirrers, classification, designs

УДК 542.63:66.063.8-023.8-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского») E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация мешалок в виде тел вращения для перемешивания жидких сред (обзор nameнmoв)

Разработана классификация мешалок в виде тел вращения для перемешивания однородных и неоднородных жидкостей в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и пищевой отраслях промышленности. Рассмотрены наиболее характерные конструкции мешалок в виде тел вращения.

Ключевые слова: химическое машиностроение, мешалка, тело вращения, классификация, конструкции

UDC 542.63:66.063.8-023.8-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of stirrers in the form of geometric shapes of revolution for mixing liquids (survey of patents)

A classification of stirrers in the form of geometric shapes of revolution for mixing homogeneous and inhomogeneous liquids in the chemical, petrochemical, oil refining and food industries is proposed. The most typical designs of the stirrers in the form of geometric shapes of revolution are realized.

Keywords: chemical engineering, stirrer, geometric shape of revolution, classification, designs



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 5–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Влияние конструкции аксиально-лопаточного завихрителя вторичного потока на гидродинамику вихревого пылеуловителя

Приведены результаты компьютерного моделирования газодинамики вихревого пылеуловителя с разными конструкциями аксиально-лопаточного завихрителя вторичного потока. Показано, что установкой лопаток изогнутой формы с переменной площадью поперечного сечения в межлопаточном пространстве в аксиально-лопаточный завихритель вторичного потока обеспечивается максимальная эффективность пылеочистки при минимальных энергозатратах.

Ключевые слова: вихревой пылеуловитель, численный эксперимент, аксиальнолопаточный завихритель, гидродинамика, гидравлическое сопротивление, эффективность пылеулавливания

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

Influence of the design of the secondary airflow axial-blade swirler on hydrodynamics of a vortex dust collector

The article presents the results of computer simulation of gas dynamics of a secondary airflow dust collector with different designs of the lower axial-blade swirler. It shows that the installation of curved blades in the lower axial-blade swirler will provide the maximum dust cleaning efficiency with the minimum energy consumption.

Keywords: secondary airflow dust collector, numerical experiment, axial-blade swirler, hydrodynamics, pressure drop, dust collection efficiency

УДК 66.095.26

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

Повышение эффективности диспергирующего устройства для формирования исходной эмульсии при суспензионной полимеризации метилметакрилата

Исследовано влияние конструктивных и технологических параметров на диаметр капель эмульсии, получаемых с применением вертикального диспергирующего устройства струйного типа (вертикальной перфорированной трубки) для проведения суспензионной полимеризации метилметакрилата. В результате анализа результатов опытов получены зависимости размера капель первичной эмульсии дисперсной фазы от параметров диспергирующего устройства и физико-химических свойств системы. Результаты исследований могут быть полезны при реконструкции реакторов периодического действия, а также при проектировании реакторовполимеризаторов непрерывного действия (со встроенными диспергирующими устройствами и мешалками для организации потока сплошной фазы), например, для полимеризации и сополимеризации метилметакрилата.



Ключевые слова: реактор-полимеризатор суспензионная полимеризация, метилметакрилат, монодисперсная эмульсия

UDC 66.095.26

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

Improving the efficiency of a dispersing device for forming an initial emulsion in the process of suspension polymerization of methyl methacrylate

The influence of design and technological parameters on the diameter of emulsion droplets obtained by means of a vertical jet-type dispersing device (vertical perforated tube) for suspension polymerization of methyl methacrylate was studied. As a result of the analysis of the experimental results, the dependences of the droplet size of the primary emulsion on the parameters of the dispersing device and the physicochemical properties of the system were obtained. The results of the research can be used in the reconstruction of batch reaction equipment, as well as in the design of continuous polymerization reactors (with built-in dispersing devices and agitators that provide an organized flow of a continuous phase), for example, for the polymerization and copolymerization of methyl methacrylate.

Keywords: polymerization reactor, suspension polymerization, methyl methacrylate, monodisperse emulsion

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 ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», Московская обл., г.о. Люберцы, д.п. Красково, Россия)

E-mail: z-v-gr@mail.ru

Расчет влагозаполненности осадка вдоль радиуса в фильтрующей центрифуге после его механической сушки

Рассмотрена задача расчета влагозаполненности порового пространства осадка после его механической сушки в центрифуге с периферийной фильтрующей поверхностью. Аналитически получена формула расчета вдоль радиуса влагозаполненности осадка фильтратом капиллярной каймы с учетом логнормального распределения размеров пор. Учтена доля влаги в порах, вносимая связанным фильтратом. Проиллюстрировано существование подошвенного слоя капиллярной каймы. Установлена возможность ограничения учета наименьшего диаметра пор в сторону большего размера при построении гистограммы и расчете влагозаполненности осадка. Примером расчета подтверждено согласование результатов с известными экспериментальными данными, полученными для суспензий химических и нефтедобывающих производств в фильтрующих центрифугах. Основными варьируемыми конструкторскими и технологическими параметрами расчетов по эффективной механической сушке осадка в роторе фильтрующей центрифуги являются радиус окружности расположения его фильтрующей поверхности, угловая скорость и максимальный размер пор в осадке.

Ключевые слова: фильтрующая центрифуга, осадок, логнормальное распределение, капиллярная кайма, подошвенный слой, расчетная формула, влагозаполненность вдоль радиуса **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 Potato Research Center named after A.G. Lorkh", Russia) E-mail: z-v-gr@mail.ru Calculation of moisture filling of the sediment along the radius in the filtering centrifuge after its mechanical drying

The problem of calculating the moisture filling of the pore space of the sediment after its mechanical drying in a centrifuge with a peripheral filtering surface is considered. An analytical formula was obtained for calculating along the radius of moisture filling of the sediment with the filtrate of the capillary fringe, taking into account the lognormal distribution of pore sizes. The proportion of moisture in the pores introduced by the bound filtrate is taken into account. The existence of the plantar layer of



the capillary fringe is illustrated. The possibility of limiting the consideration of the smallest pore diameter towards a larger size was established when constructing a histogram and calculating the moisture content of the sediment. The calculation example showed the agreement of the results with the known experimental data obtained for suspensions of chemical and oil-producing industries in filter centrifuges. The main variable design and technological parameters of calculations for the effective mechanical drying of sediment in the rotor of a filtering centrifuge are the radius of the circle of its filtering surface, the angular velocity and the maximum pore size in the sediment.

Keywords: filtering centrifuge, sediment, lognormal distribution, capillary fringe, plantar layer, calculation formula, moisture content along the radius

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.564.27

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, E-mail: <u>vbondarenko@cryoin.com</u> (Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия); Ю.М. Симоненко, д-р техн. наук (ООО «Криоин Инжиниринг», г. Одесса, Украина); А.А. Чигрин, Е.В. Медушевский (Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина)

Лабораторный ожижитель водорода с неоновым холодильным циклом

Разработана комбинированная установка для обеспечения лабораторных исследований в интервале температур 21...30 К. Применен неоновый цикл высокого давления с охлаждением прямого потока в ванне с азотом, кипящим под вакуумом. За счет неонового рефрижератора давление в водородном контуре снижено до 1 МПа. В режиме ожижения водорода производительность комплекса составляет 18 дм³/ч по ортоводороду, 13 дм³/ч по параводороду. Установкой также обеспечивается ожижение неона с расходом 7 дм³/ч. Создан опытный образец комбинированной водородно-неоновой системы. В блоке компримирования использованы диафрагменные компрессоры российского производства. Установка предназначена для исследований теплоизоляции, конструкционных свойств материалов и процессов фазовой сепарации в технологиях получения легких инертных газов. Жидкий неон используется для имитации условий, близких к водородному уровню температур. За счет этого предварительные испытания водородного оборудования проводятся с применением относительно безопасного хладагента.

Ключевые слова: цикл высокого давления, диафрагменный компрессор, жидкий водород, жидкий неон, конверсия водорода

UDC 621.564.27

V.L. Bondarenko, E-mail: vbondarenko@cryoin.com

(Bauman Moscow State Technical University, Russia);

Yu.M. Symonenko («Cryoin Engineering» Ltd, Odessa, Ukraine);

A.A. Chyhrin, E.V. Medushevsky (Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine) Laboratory hydrogen liquefier with neon refrigeration cycle

A combined unit to provide laboratory research in the temperature range of 21...30 K is developed. Neon high-pressure cycle with straight-flow cooling in a bath of nitrogen boiling under vacuum was used. The neon refrigerator reduced the pressure in the hydrogen circuit to 1.0 MPa. The productivity of the complex in the hydrogen liquefaction mode is 18 and 13 dm³/h for ortho- and paramodification, respectively. The unit is also capable of liquefying neon at a flow rate of 7 dm³/h. A prototype of a combined hydrogen-neon system was created. The diaphragm compressors made in Russia are used in the compression unit. The unit is designed for thermal insulation research, structural properties of materials and phase separation processes in technologies for producing light inert gases. Liquid neon is used to simulate conditions close to the hydrogen temperature level. Preliminary tests of hydrogen equipment are therefore carried out using an approximately safe refrigerant.

Keywords: high-pressure cycle, diaphragm compressor, liquid hydrogen, liquid neon, hydrogen



conversion

УДК 621.593

А.А. Довбиш, В.В. Васильев, Е.И. Гуров (ПАО «Криогенмаш», г. Балашиха Московской обл., Россия) E-mail: a.dovbish@omzglobal.ru

Разработка схемы СПГ-установки производительностью 5 т/ч с азотным детандерным холодильным циклом

Исследована возможность создания установок получения сжиженного природного газа (СПГ) производительностью от 5 до 20 т/ч с внешним азотным холодильным циклом (как альтернатива смесевым циклам). Проведены расчетный анализ и сравнение различных схем сжижения природного газа с внешним азотным детандерным циклом. Для установок производительностью до 20 т/ч предпочтительно применение схемы с двумя детандерами. Разработаны основные технические решения, обеспечивающие универсальность установки при достаточно высокой эффективности. Для конкретного заказчика разработан проект установки СПГ производительностью 5 т/ч, базирующейся на внешнем азотном детандерном цикле с двумя детандерами.

Ключевые слова: криогенная техника, азот, азотный термодинамический цикл, турбодетандерно-компрессорный агрегат (ТДКА), сжиженный природный газ (СПГ), компрессор, детандер, удельные затраты энергии

UDC 621.593

A.A. Dovbish, V.V. Vasiliev, E.I. Gurov (PJSC «Cryogenmash», Balashikha, Moscow region, Russia) E-mail: a.dovbish@omzglobal.ru

Development of a scheme of LNG plant with the capacity of 5 t/h with the nitrogen expander refrigeration cycle

The possibility of creating LNG plants with the capacity of 5 to 20 t/h with the external nitrogen refrigeration cycle (as the alternative of mixed refrigerant cycles) has been considered. The simulation analysis and comparison of various schemes for liquefying natural gas with the external nitrogen expander cycle have been carried out. For plants with the capacity of up to 20 t/h, preference is given to the scheme with two expanders. The main technical solutions have been developed to ensure the versatility of the liquefaction unit with the sufficiently high efficiency. For the specific customer, the project has been developed for the LNG plant with the capacity of 5 t/h, based on the external nitrogen expander cycle with two expanders.

Keywords: cryogenics, nitrogen, nitrogen thermodynamic cycle, turboexpander-compressor set (TECS), liquefied natural gas (LNG), compressor, expander, specific energy consumption

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук, А.-Х.С. Тегжанов, канд. техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия)

E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Математическая модель рабочих процессов поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с газовым колпаком и двумя всасывающими клапанами

Предложена математическая модель рабочих процессов поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с газовым колпаком и двумя всасывающими клапанами, в которой за счет воздействия поверхностных сил на охлаждающую жидкость интенсифицировано ее движение в рубашечном пространстве, что способствует улучшению охлаждения компримируемого газа и, как следствие, повышению КПД и коэффициента подачи. Математическая модель основана на общих уравнениях сохранения энергии, массы и движения, а также уравнениях состояния для компримируемого газа и охлаждающей жидкости, и включает расчет термодинамических параметров в полостях переменного и постоянного объема с учетом динамики движения самодействующих клапанов, расчет движения газа и жидкости в



соединительных коммуникациях. Математическая модель может быть полезна для проведения анализа влияния основных эксплуатационных и геометрических параметров на рабочие процессы и интегральные характеристики исследуемой машины.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина, газовый колпак, теплообмен, охлаждающая жидкость, поршень, цилиндр

UDC 621.512

V.E. Shcherba, A.-Kh.S. Tegzhanov (Omsk State Technical University, Russia)

E-mail: Scherba V E@list.ru

Mathematical model of working processes of the reciprocating hybrid volumetric energy machine with the gas cap and two suction valves

The mathematical model of working processes of a reciprocating hybrid power machine of displacement action with a gas cap and two suction valves in which at the expense of influence of surface forces on a cooling liquid its movement in a jacket space is intensified that promotes improvement of cooling of the compressed gas and, as consequence, increase in efficiency and factor of delivery is offered. The mathematical model is based on general conservation of energy, mass and motion equations as well as equations of state for the compressible gas and cooling fluid and includes calculation of thermodynamic parameters in the cavities of variable and constant volume taking into account the dynamics of self acting valves, calculation of gas and fluid motion in the connecting communications. The mathematical model can be useful for analyzing the influence of basic operational and geometrical parameters on working processes and integral characteristics of the investigated machine.

Keywords: piston hybrid power machine, gas cap, heat exchange, coolant, piston, cylinder

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ. ПРИБОРЫ

УДК 62-752.2

К.А. Башмур, В.А. Качаева (Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия); В.В. Бухтояров, В.С. Тынченко, кандидаты техн. наук (Сибирский федеральный университет, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия) E-mail: bashmur@bk.ru Магнитожидкостная виброопора для оборудования установки производства биометана

Одним из эффективных методов виброизоляции оборудования установок очистки биогаза является применение виброопор, при этом перспективны технологии полуактивного виброгашения, основным достоинством которых является стабильность и адаптивность к условиям работы технологического оборудования. Предложена конструкция полуактивной виброопоры с магнитной жидкостью, отличительной особенностью которой является расширенный диапазон рабочих характеристик и уменьшенная интенсивность износа составных частей. Представлен анализ демпфирующих характеристик полуактивной виброопоры с постоянными магнитами. Разработана имитационная модель виброопоры. Результаты моделирования свидетельствуют об уменьшении влияния вибрации на контролируемые точки.

Ключевые слова: полуактивное виброгашение, магнитожидкостная виброопора, магнитореологическая жидкость, имитационная модель

УДК 62-752.2

K.A. Bashmur, V.A. Kachaeva (Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia);

V.V. Bukhtoyarov, V.S. Tynchenko (Siberian Federal University, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia)

E-mail: bashmur@bk.ru

Magneto-liquid hydraulic vibration support for equipment of biomethane plant

One of the effective methods of vibration isolation of the equipment of biogas treatment installations is the use of vibration supports. Technologies for semi-active vibration damping are actively developing, the main advantage of which is their stability and adaptability to the operating conditions of process equipment. The paper presents the design of a semi-active vibration support with magnetic fluid, the distinguishing feature of which is an extended range of performance and reduced wear rate of the



components. An analysis of the damping characteristics of a semi-active vibration support with permanent magnets is presented. A simulation model of the considered vibration support was developed. The simulation results indicate a decrease in the influence of vibration on controlled points.

Keywords: semi-active vibration damping, MR-damper, vibration support, magnetorheological fluid, simulation model

УДК 66.015.23

Н.А. Войнов, д-р техн. наук, А.С. Фролов, Н.Ю. Кожухова, кандидаты техн. наук, А.В. Богаткова (Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия)

E-mail: n.a.voynov@mail.ru

Совершенствование массообменной тарелки с фиксированными клапанами

Представлены результаты исследования гидродинамики и массообмена на тарелке с фиксированным клапаном и с усовершенствованным клапанно-вихревым контактным устройством. Путем экспериментальных исследований и численного моделирования в программе OpenFOAM установлены поля скоростей жидкости и газа, а также структура газосодержания в слое жидкости на тарелке. Получена зависимость амплитуды колебания смеси на тарелке от расхода газа для представленных контактных устройств. Установлены циркуляционные потоки жидкости на тарелке, определен среднеповерхностный диаметр пузырька газа. Представлены экспериментальные данные эффективности и коэффициента массоотдачи и. Установлено, что наибольшей эффективностью и пропускной способностью по жидкости и газу характеризуется клапанно-вихревая тарелка.

Ключевые слова: массообмен, тарельчатые колонны, вихревая тарелка, численное моделирование, газосодержание, эффективность

UDC 66.015.23

N.A. Voinov, A.S. Frolov, N.Yu. Kozhukhova, A.V. Bogatkova (Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Russia)

E-mail: n.a.voynov@mail.ru

Improvement of the mass-exchange tray with fixed valves

The results of a study of hydrodynamics and mass transfer on a tray with a fixed valve and an improved valve-vortex contact device are presented. Through experimental research and numerical simulation in the OpenFOAM program, the fields of liquid and gas velocities, as well as the structure of the gas content in the liquid layer on the tray, were established. The dependence between the amplitude of oscillations of the mixture on the tray, on the gas flow rate for the presented contact devices is obtained. The circulation flows of the liquid on the tray are established, the average surface diameter of the gas bubble is determined. Experimental data on the value of the mass transfer coefficient and efficiency are presented. It has been established that the valve-vortex plate has the highest efficiency and capacity for liquid and gas.

Keywords: mass transfer, tray columns, vortex tray, numerical simulation, gas content, efficiency

УДК 669.539

М.М. Матлин, д-р техн. наук, В.А. Казанкин, Е.Н. Казанкина, кандидаты техн. наук (Волгоградский государственный технический университет, Россия)

E-mail: matlin@vstu.ru

Конструирование зубчатых колес (обзор публикаций)

Приведен обзор конструкций зубчатых колес, содержащихся в современной литературе, патентах и авторских свидетельствах. Описаны конструкции, обеспечивающие разборность колес, снижение контактных напряжений, повышение долговечности и несущей способности колес.

Ключевые слова: конструкции, редукторы, приводы, зубчатые колеса

UDC 669.539

M.M. Matlin, V.A. Kazankin, E.N. Kazankina (Volgograd State Technical University, Russia) E-mail: matlin@vstu.ru



Design of gear wheels (publication review)

The paper provides an overview of the designs of gears contained in modern literature, patents and copyright certificates. Structures are described that make it possible to ensure the dismantling of wheels, reduce contact stresses, and increase the durability and bearing capacity of the wheels.

Keywords: structures, gearboxes, drives, gear wheels

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 66.026.2

А.В. Проворов, А.А. Павлов, кандидаты техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия)

E-mail: provorovav@ystu.ru

Методика расчета опор технологических трубопроводов методом конечных элементов

Предлагается методика расчета подвижных и неподвижных опор технологических трубопроводов на прочность методом конечных элементов. Даны рекомендации по моделированию элементов конструкции, взаимодействующих с опорой, по выбору расчетной схемы, заданию кинематических и силовых граничных условий. Полученные результаты могут быть полезны для обоснованного выбора типоразмеров опор при проектировании трубопроводов.

Ключевые слова: опоры, трубопроводы, модель, конечные элементы, граничные условия, прочность, напряжение, расчеты, проектирование

UDC 66.026.2

A.V. Provorov, A.A. Pavlov, A.E. Lebedev (Yaroslavl State Technical University, Russia) E-mail: provorovav@ystu.ru

Methodology for calculating supports of technological pipelines by the finite element method

The article proposes a method for calculating the strength of movable and fixed supports of technological pipelines by the finite element method. Recommendations are given for the modeling of structural elements interacting with the support, the choice of the design scheme, the assignment of kinematic and force boundary conditions. The results obtained can be used for a reasonable choice of standard sizes of supports in the design of pipelines.

Keywords: supports, pipelines, model, finite elements, boundary conditions, strength, stress, calculations, design

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 66.069.833:621.64(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского») E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация устройств для ввода и распределения лёгкой фазы в массообменных колоннах (обзор патентов)

Предложена классификация устройств для ввода и распределения лёгкой фазы (газа, пара, газопаровой смеси, жидкости) в массообменных колоннах. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций указанных устройств.

Ключевые слова: массообменный колонный аппарат, устройства для распределения и перераспределения газа, конструкции химического оборудования

UDC 66.069.833:621.64(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of devices for supply and distributing the light phase in mass-exchanged columns (patent review)

A classification of devices for supply and distributing a light phase (gas, vapor, gas-vapor



mixture, liquid) in mass-exchanged columns is proposed. The critical survey of the most characteristic designs of the specified devices is realized.

Keywords: mass-exchanged column apparatus, devices for distribution and redistribution of liquid, designs of chemical equipment

УДК [678.053+678.057.2]:621.771.06-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»)

E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация полых валков валковых машин для переработки полимерных материалов и резиновых смесей (*обзор конструкций*)

Разработана классификация полых валков (валков с центральной полостью) валковых машин для переработки полимерных материалов и резиновых смесей. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций полых валков.

Ключевые слова: пластические массы, резиновые смеси, валковые машины, полый валок, классификация, конструкции

UDC [678.053+678.057.2]:621.771.06-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of hollow rolls of roller machines for the processing of polymeric materials and rubber (*survey of designs*)

A classification of hollow rolls (rolls with a central cavity) of roll machines for the processing of polymeric materials and rubber is proposed. A critical survey of the most characteristic hollow rolls is realized.

Keywords: plastics, rubber, roller machines, hollow roll, classification, designs



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 6–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66.021.3

А.М. Волк, канд. техн. наук, Д.Ю. Мытько (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь) E-mail: anatoliyvolk@mail.ru

Исследование пленочного течения жидкости в перфорированном цилиндрическом канале регулярно-структурированной насадки

Выполнено математическое моделирование пленочного течения жидкости на перфорированной цилиндрической поверхности, моделирующей канал регулярноструктурированной насадки. Исследована гидродинамика жидкой пленки, рассчитаны гидродинамические параметры под воздействием закрученного газового потока. Описано влияние перфорации на изменение степени турбулентности пленочного течения.

Ключевые слова: двухфазные системы, закрученный поток, перфорированный канал, математическая модель, пленочное течение

UDC 66.021.3

A.M. Volk, D.Yu. Mytsco (Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus) E-mail: <u>anatoliyvolk@mail.ru</u>

Study of the liquid film flow in a perforated cylindrical channel of a regularly structured packing

Mathematical modeling of a film flow on a perforated cylindrical surface (model of a channels of regularly structured packing) has been performed. The hydrodynamics of a liquid film has been studied, and the hydrodynamic parameters under the influence of a swirling gas flow have been calculated. The influence of perforation on the change in the degree of film flow turbulence is described.

Keywords: two-phase systems, swirling flow, perforated channel, mathematical model, film flow

УДК 621.593

Е.В. Семенов, д-р техн. наук, В.А. Ирха, канд. физ.-мат. наук, М.В. Клоконос, канд. техн. наук (Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Россия); Б.С. Бабакин, д-р техн. наук, С.Б. Бабакин, канд. техн. наук, А.Н. Сучков (Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, Россия) E-mail: sem-post@mail.ru

Терморегулирование воздушной среды в контейнере системой замороженных капсул

Приведены результаты расчетного и опытного исследования охлаждения воздушной среды системой замороженных до криоскопической температуры капсул (аккумуляторов холода) в теплоизолированном контейнере в условиях интенсивного конвективного переноса от источника холода к обрабатываемой воздушной среде. На базе данных геометрического и физикоматематического моделирования установлена адекватность количественного численного анализа процесса теплопереноса опытным наблюдениям. Полученные результаты могут быть полезны при проектировании и расчете холодильного оборудования, основанного на применении аккамуляторов холода.

<u>Ключевые слова: моделирование, процесс теплопереноса, аккамулятор холода, конвекция, источник, контейнер</u>



UDC 621.593

E.V. Semenov, V.A. Irkha, M.V. Klokonos (K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University), Russia);

B.S. Babakin, S.B. Babakin, A.N. Suchkov (All-Russian Research Institute of Refrigeration Industry – a branch of the Federal State Budgetary Institution "FSC of Food Systems named after V.M. Gorbatov" of the Russian Academy of Sciences, Russia) E-mail: sem-post@mail.ru

Thermal regulation of the air environment in the container with a system of frozen capsules

The article presents the results of an experimental and theoretical studies of the air cooling induced by the system of frozen to cryoscopic temperature capsules (cold accumulators) in a heat-insulated chamber under conditions of intense convective transfer from the source of cold to the treated air medium. On the basis of the data of geometric and physico-mathematical modeling the adequacy of the quantitative analysis of the heat transfer process to experimental observations has been established. The obtained results can be used in the design and calculation of cooling equipment based on the use of cold accumulators.

Keywords: modeling, heat transfer process, cold accumulator, convection, source, container

УДК 632:658.011.46

М.А. Промтов, В.Я. Борщев, доктора техн. наук, А.Ю. Степанов, канд. техн. наук (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: promtov.ma@mail.tstu.ru

Особенности расчета мощности роторного импульсного аппарата с профилированным ротором

Разработана методика определения затрат мощности в роторном импульсном аппарате с профилированным ротором при малом зазоре между крышкой и поверхностью ротора. Выполнен анализ затрат мощности на преодоление жидкостного трения в торцевых зазорах между соосными кольцевыми выступами в полости ротора и на крышке роторного импульсного аппарата. Основная часть мощности затрачивается на преодоление трения в радиальном зазоре между ротором и статором. Затраты мощности в торцевых зазорах и на вращение жидкости в полости ротора на порядок меньше, чем затраты мощности в радиальном зазоре между ротором и статором. Установлена хорошая сходимость расчетных и экспериментальных данных по потребляемой мощности при обработке суспензии биогумуса и при обработке газойля для конструкции аппарата с профилированными ротором и крышкой.

Ключевые слова: роторный импульсный аппарат, мощность, зазор, ротор, трение **UDC 632:658.011.46**

M.A. Promtov, V.Ya. Borshchev, A.Yu. Stepanov (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: promtov.ma@mail.tstu.ru

Features of calculating the power of a rotor-stator impulse device with a profiled rotor

A technique has been developed for determining the power consumption in a rotor-stator device with a profiled rotor having a small gap between the cover and the rotor surface. The power consumption to overcome fluid friction for end gaps between coaxial annular protrusions in the rotor cavity and on the cover of the rotor-stator device was analyzed. The main contribution to the power costs is made by the energy to overcome the friction in the radial gap between the rotor and the stator. The power consumption in the end gaps and for the rotation of the fluid in the rotor cavity is an order of magnitude less than the power consumption in the radial gap between the rotor and the stator. Comparison of calculated and experimental data on power consumption in the processing of vermicompost slurry and gas oil for a design with a profiled rotor and apparatus cover was performed with good convergence.

Keywords: rotor-stator device, power, clearance, rotor, friction

УДК 622.24.054

К.А. Башмур, А.Н. Димов, О.А. Коленчуков (Институт нефти и газа, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия);

В.С. Тынченко, канд. техн. наук (Институт нефти и газа, Сибирский федеральный



университет; Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия)

E-mail: bashmur@bk.ru

Винтовой роторный модуль турбины гидропривода вращательного действия

Представлена разработанная конструкция роторного модуля турбины гидропривода вращательного действия, отличительной особенностью которой является нанесённый на внутренней поверхности винтовой рельеф, являющийся рабочим элементом ротора турбины, что обеспечивает снижение величины возникающих гидравлических сопротивлений за счёт низкой степени перекрытия живого сечения потока. Подготовлены 3D-модели разработанной и лопаточной конструкций, проведено CFD-моделирование полученных моделей. Получены характеристики *крутящий момент* — *частота* вращения для обоих типов конструкций. Построены графики зависимости коэффициента гидравлических сопротивлений от частоты вращения. Результаты проведённых исследований свидетельствуют о снижении коэффициента гидравлических сопротивлений при применении винтового роторного модуля турбины (в сравнении с лопаточной конструкцией). При объёмном расходе 60,48 м³/ч и частоте вращения 250 мин⁻¹ разработанной конструкцией обеспечивается значительное уменьшение коэффициента гидравлических сопротивлений (у роторного модуля — 0,7, у лопаточной конструкции — 1,9).

Ключевые слова: роторный модуль, винтовой рельеф, турбобур, гидропривод, гидравлические сопротивления, гидродинамическое моделирование

UDC 622.24.054

K.A. Bashmur, A.N. Dimov, O.A. Kolenchukov (School of Petroleum and Natural Gas Engineering, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia);

V.S. Tynchenko (School of Petroleum and Natural Gas Engineering, Siberian Federal University; Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia) E-mail: bashmur@bk.ru

Rotary screw turbine module of hydraulic actuator

In this paper the developed design of the rotary turbine module of hydraulic actuator is presented. Its distinctive feature is the screw relief applied on the inner surface, which is a working element of the turbine rotor and allows reducing the values of emerging hydraulic resistances due to low degree of overlap of the live section of the flow. 3D-models of the developed and bladed designs were prepared. CFD-modelling of the received models has been conducted. Torque-RPM characteristics have been obtained for both types of designs. The diagrams of dependence of the hydraulic resistances coefficient on rotation speed are plotted. The results of the researches made indicate the reduction of hydraulic resistances coefficient at application of the rotary screw turbine module in comparison with a bladed design. At the volumetric flow rate of 60.48 m3/h and the rotational speed of 250 rpm the developed design nearly triples the value of hydraulic resistances coefficient (0.7, for the bladed design – 1.9).

Key words: rotary module, screw relief, turbodrill, hydraulic actuator, hydraulic resistances, CFD-modelling

УДК 66.066.3

О.Ю. Еренков, д-р техн. наук, Д.О. Яворский (ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Россия); Э.З. Ягубов, д-р техн. наук (Филиал ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в поселке Яблоновском, Россия) E-mail: erenkov@list.ru

Перспективные конструкции аппаратов для обессоливания и обезвоживания сырой нефти

Представлены описания конструкций и принципов действия перспективных аппаратов, предназначенных для обезвоживания и обессоливания сырой нефти перед первичной переработкой. Отличительной особенностью конструкций является наличие подвижных диспергирующих элементов для предварительного гидродинамического воздействия на водонефтяную эмульсию.

Ключевые слова: нефть, эмульсия, соли, электродегидратор, обессоливание, обезвоживание, поверхностное натяжение



UDC 66.066.3

O.Yu. Erenkov, D.O. Yavorskiy (Pacific National University, Khabarovsk, Russia); E.Z. Yagubov (Branch of the Maykop State Technological University in the village of Yablonovsky, Russia) E-mail: erenkov@list.ru

Prospective designs of apparatuses for crude oil desalination and dehydration

This article provides descriptions of the designs and the principle of operation of the electric dehydrators developed by the author, intended for dehydration and desalting of crude oil before primary processing. A distinctive feature of the structures is the presence of movable dispersing elements that have a preliminary hydrodynamic effect on the oil-water emulsion.

Keywords: oil, emulsion, salts, electric dehydrator, desalting, dehydration, surface tension

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 62-531.3

А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, И.С. Гуданов, канд. техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия); А.М. Мельцер (ЗАО «НПО Регулятор», г. Ярославль, Россия) E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Моделирование кавитации при дросселировании потока жидкости в регулирующем клапане с поворотным затвором

На базе энергетического метода предложено описание распределения числа кавитационных пузырей в зависимости от их размеров при дросселировании потока жидкости в узле регулирующего клапана *цилиндрический сепаратор* – *поворотный затвор*. Выявлены параметры, оказывающие значительное влияние на дросселирование среды, из множества информационных переменных процесса дросселирования рабочей жидкости. При анализе стохастической картины изменения интенсивности образования кавитационных пузырей с учетом указанных параметров установлено: при переходе от начальной стадии дросселирования к полному открытию клапана обеспечивается сокращение числа кавитационных пузырей в 1,06 раза при условии уменьшения их размеров в 1,36 раза.

Ключевые слова: кавитация, пузыри; клапан, дросселирование; стохастическая модель, функции распределения

UDC 62-531.3

A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, I.S. Gudanov (Yaroslavl State Technical University, Russia); A.M. Meltzer (CJSC "NPO Regulyator", Russia) E-mail: kapranova_anna@mail.ru Modeling of cavitation during liquid flow throttling in a butterfly valve

On the basis of the energy method, a description of the distribution of the amount of cavitation bubbles depending on their size is proposed when the fluid flow is throttled in the control valve assembly - a cylindrical separator-rotary valve. The parameters that have a significant impact on the throttling of the medium are identified from the set of information variables of the process of throttling the working fluid. Analysis of the stochastic pattern of changes in the intensity of formation of cavitation bubbles, taking into account the indicated parameters, showed that during the transition from the initial stage of throttling to the full opening of the valve, the number of cavitation bubbles is reduced by 1.06 times, provided that their sizes are reduced by 1.36 times.

Keywords: cavitation, bubbles; valve, throttling; stochastic model, distribution functions

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 66.081.63:66.066.3

Д.Д. Фазуллин, канд. техн. наук, Л.И. Фазуллина, Г.Д. Бадертдинова (Казанский федеральный университет, г. Набережные Челны, Россия);

И.Г. Шайхиев, д-р техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия)

E-mail: denr3@yandex.ru



Микрофильтрационные полимерные мембраны для разделения нефтяных эмульсий

Освещено развитие микрофильтрационных мембран для разделения эмульсии из нефти и воды. Исследованы параметры микрофильтрации нефтяной эмульсии и установлены изменения размеров частиц дисперсной фазы эмульсии в фильтратах микрофильтрационных коммерческих и композиционных мембран с гидрофильной и гидрофобной поверхностью. Средние размеры пор коммерческих мембран — 0,22...0,45 мкм, размеры частиц дисперсной фазы нефтяной эмульсии — 525...554 нм. В процессе микрофильтрации 0,1 %-ной нефтяной эмульсии установлена высокая производительность полимерных мембран — 800...12000 дм³/(м²·ч) (при рабочем давлении 0,2 МПа). После разделения нефтяной эмульсии с применением микрофильтрационных мембран наблюдается снижение концентрации нефтепродуктов, задерживающая способность коммерческих мембран — 88...98 %, динамической мембраны нейлон-полистирол — более 99 %, композиционной мембраны НАЦ-1 с поверхностным слоем из ацетата целлюлозы (невысокая) — 67 %. После разделения эмульсии наблюдается уменьшение размеров частиц дисперсной фазы в фильтратах мембран до 10 раз. Также выявлено уменьшение абсолютного значения ζ-потенциала эмульсии в фильтратах мембран по сравнению с исходным значением.

Ключевые слова: эмульсия, нефть, размеры частиц, мембраны, микрофильтрация, разложение эмульсии

UDC 66.081.63:66.066.3

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

Microfiltration polymer membranes for separation of oil emulsions

The paper highlights the development of microfiltration membranes used to separate emulsions from oil and water. The study of microfiltration parameters of oil emulsions and the determination of the change in particle size of the dispersed phase of the emulsion in membrane filtrates is presented. Commercial and composite microfiltration membranes with hydrophilic and hydrophobic surfaces were used. The average pore sizes of the commercial membranes used are from 0.22 to 0.45 μ m, the particle sizes of the dispersed phase of the oil emulsion are in the range from 525 to 554 nm. In the process of microfiltration of 0.1 % oil emulsion, a high productivity of polymer membranes was established (800...12000 dm³/m²·h) at an operating pressure of 0.2 MPa. After separation of the oil emulsion using microfiltration membranes a decrease in the concentration of oil products is observed, the retention capacity of commercial membranes – 88...98 %, of the nylon-polystyrene dynamic membrane – more than 99 %, of the NAC-1 composite membrane with a surface layer of cellulose acetate – 67 % (relatively low). After separation of the emulsion, a decrease in the particle size of the dispersed phase in membrane filtrates by up to 10 times is observed. A decrease in the absolute value of the ζ -potential of the emulsion in membrane filtrates as compared to the initial value was also revealed.

Keywords: emulsion, oil, particle size, membranes, microfiltration, emulsion decomposition

УДК 621.7.048.7:621.378.826

Г.В. Кузнецов, д-р физ.-мат. наук, М.Д. Кац, канд. физ.-мат. наук, И.М. Кац, канд. техн. наук (Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия) E-mail: riki@tpu.ru

Лазерная технология утилизации печатных плат

По результатам математического моделирования процессов теплопереноса в условиях, соответствующих одному из возможных вариантов технологии утилизации печатных плат, обоснована возможность эффективной реализации лазерной технологии. Установлены значения мощности и продолжительности воздействия лазерного излучения, при которых такой процесс утилизации может быть энергоэффективным.

Ключевые слова: лазерный метод утилизации печатных плат, время плавления металлического компонента, скорость перемещения платы, ширина слоев металла и основания, тепловой поток, уравнения теплопроводности, численное решение

UDC 621.7.048.7:621.378.826



G.V. Kuznetsov, M.D. Kats, I.M. Kats (National Research Tomsk Polytechnic University, Russia) E-mail: riki@tpu.ru

Laser heating technology for recycling printed circuit boards

Based on the results of mathematical summation of heat transfer processes under conditions corresponding to one of the possible options for the recycling of printed circuit boards, the possibility of effective implementation of laser technology is substantiated. The values of laser power and exposure times of laser radiation, for which such a recycling process is energy efficient, are established.

Keywords: laser heating approach for printed circuit board recycling, the melting time of the metal component, speed of the printed circuit board movement, width of metal and base layers, heat flow, heat conduction equations, numerical solution

УДК 661.152

Ю.А. Таран, канд. техн. наук, В.М. Фуфаева (МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва, Россия) E-mail: taran_yu@mirea.ru

Получение капсулированных удобрений с контролируемым высвобождением питательных веществ на базе приллированного и гранулированного карбамида

На основе приллированного и гранулированного карбамида получены удобрения пролонгированного действия (капсулированные). Процесс капсулирования (нанесения покрытия) проведен на лабораторной установке с тарельчатым гранулятором. Исследовано влияние типа исходного гранулированного полупродукта на динамику высвобождения питательных веществ в зависимости от массовой доли и состава покрытия капсул. При анализе кривых растворения полученных капсулированных удобрений сделаны выводы о рациональном выборе исходного полупродукта для получения удобрений с заданными свойствами.

Ключевые слова: удобрения с контролируемым высвобождением питательных веществ, удобрения с замедленным высвобождением питательных веществ, удобрения пролонгированного действия, карбамид, сера, парафин, капсулирование

UDC 661.152

Yu.A. Taran, V.M. Fufaeva (MIREA – Russian technological university, Moscow, Russia) E-mail: taran_yu@mirea.ru

Production of encapsulated fertilizers with controlled release of nutrients based on prilled and granular urea

Slow-acting capsulated fertilizers were obtained on the basis of prilled and granular urea. The encapsulation process (application of a coating) was carried out on a disc granulator laboratory installation. The influence of the type of feedstock on the dynamics of nutrient release depending on the mass fraction and composition of the coating has been studied. Analysis of the dissolution curves for the controlled release fertilizers obtained allowed to draw conclusions about the rational choice of raw materials for producing a product with specified properties.

Keywords: controlled-release fertilizer (CRF), controlled-availability fertilizer, delayed-release fertilizer, metered-release fertilizer, slow-acting fertilizer, urea, sulfur, paraffin, encapsulation

УДК 628.511.4

И.С. Гуданов, канд. техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, А.А. Ватагин, Д.С. Долгин (Ярославский государственный технический университет, Россия) E-mail: lae4444@mail.ru

Повышение равномерности распределения газового потока в активном сечении электрофильтров ЭГАВ

Проведен анализ эксплуатации фильтров типа ЭГАВ, предназначенных для очистки газов и аспирационного воздуха от пыли. Предложена модернизация электрофильтра для устранения вихреобразования, снижения вероятности проскока частиц (вследствие их высокой скорости), улучшения сбора очищенного газа, уменьшения застойных зон в конфузоре. Рационально выбранным значением угла наклона пластин обеспечивается уменьшение вероятности подъемного эффекта, при котором возможен проскок частиц в верхнее безэлектродное пространство.



Установлено локальное снижение скорости в отводящем газоходе в пределах 7 %.

Ключевые слова: электрофильтр, эффективность, пылеулавливание, CAD, расчеты, модернизация, пластины

UDC 628.511.4

I.S. Gudanov, A.E. Lebedev, A.A. Vatagin, D.S. Dolgin (Yaroslavl Stte Technical University, Russia) E-mail: lae4444@mail.ru

Increase of uniformity of the gas flow distribution in the active section of EHAH electrostatic precipitators

An analysis of the operation of EHAH type filters designed to clean gases and aspiration air from dust was carried out. An upgrade of the electrostatic precipitator was proposed, which made it possible to eliminate vortex formation and reduce the likelihood of particles slipping due to their too high speed, and to improve the collection of purified gas. At the same time, the stagnant zones in the confuser should be reduced. A specially selected angle of inclination of the plates also guarantees a decrease in the likelihood of a lifting effect, in which particles can slip into the upper electrode-free space. There is a local decrease in velocity in the outlet gas duct within 7 %.

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

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

УДК 621.777.01

В.Ю. Архангельский, д-р техн. наук, С.В. Шибанов, канд. техн. наук (АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», г. Сергиев Посад, Россия);

O.B. Тиньков, д-р техн. наук (Московский политехнический университет, Россия) E-mail: arwadim@mail.ru

Экспериментальное исследование зависимости произведения коэффициента внешнего трения и коэффициента бокового давления порошкообразных материалов от давления прессования

Предложена экспериментальная методика определения произведения коэффициентов внешнего трения и бокового давления в зависимости от давления прессования. По результатам испытаний порошкообразных материалов установлена сильная корреляционная связь значений произведения коэффициентов внешнего трения и бокового давления с давлением прессования в интервале давлений 30...350 МПа. Гипотеза о постоянстве произведения коэффициентов внешнего трения и бокового давления при изменении давления прессования экспериментально не подтверждена, однако может выполняться для некоторых порошкообразных материалов в ограниченном интервале давлений прессования.

Ключевые слова: порошкообразный материал, плотность, давление, прессовка, коэффициент внешнего трения, коэффициент бокового давления, распределение напряжений **UDC 621.777.01**

V.Yu. Arkhangelskiy, S.V. Shibanov (Applied Chemistry R&D Institute JSC, Russia); O.V. Tinkov (Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia)

E-mail: arwadim@mail.ru

Experimental study of the compacting pressure influence on the product of the external friction coefficient and the lateral pressure coefficient for powder materials

The experimental methodology of determination of the product of the external friction coefficient and the lateral pressure coefficient depending on the compacting pressure is suggested. The results of powder materials testing show that the values of the product of the external friction coefficient and the lateral pressure coefficient have strong correlation with the compacting pressure in the pressure range 30...350 MPa. The hypothesis about the external friction coefficient and the lateral pressure coefficient product constancy (when the compacting pressure changes) hasn't been confirmed experimentally but it may be implemented for some powder materials in the limited pressure range.

Keywords: powder material, density, pressure, compacting, external friction coefficient, lateral



pressure coefficient, stress pattern

УДК 621.789

A.B. Степанов, д-р техн. наук, В.И. Скольцов, канд. техн. наук, А.С. Воронин, М.К. Скольцова, В.В. Станотина (ПАО «Криогенмаш», г. Балашиха Московской обл., Россия) E-mail: a.stepanov2@omzglobal.com

Исследования механических свойств образцов из сплава Al-Mg-Sc, полученных методом селективного лазерного сплавления

Представлены результаты исследования микроструктуры и прочностных характеристик образцов, полученных методом 3D-печати (селективного лазерного сплавления) из сплава системы Al-Mg-Sc и подвергнутых термической обработке.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, 3D-печать, структура, свойства **UDC 621.789**

A.V. Stepanov, V.I. Skoltsov, A.S. Voronin, M.K. Skoltsova, V.V. Stanotina

(PJSC «Cryogenmash», Russia) E-mail: a.stepanov2@omzglobal.com

Study of the mechanical properties of products obtained by selective laser melting from an alloy Al-Mg-Sc

The article presents microstructure and strength studies of products obtained by 3D-printing (selective laser melting) from an alloy Al-Mg-Sc and then heat-treated.

Keywords: Al-alloy, 3D-printing, structure, properties

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 66.045:621.643.4-023.846(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского») E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация соединений труб с трубными решётками технологических аппаратов (обзор nameнтов)

Предложена классификация соединений труб с трубными решётками технологических аппаратов. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций указанных устройств.

Ключевые слова: технологический аппарат, трубная решётка, соединение труб с трубными решётками, конструкции химического оборудования

UDC 66.045:621.643.4-023.846(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of tube to tube sheet joints of technological apparatuses (patent review)

Classification of tube-to-tube sheet joints of technological apparatuses is proposed. The critical survey of the most characteristic designs of the specified devices is realized.

Keywords: technological apparatus, tube sheet, tube-to-tube sheet joint, designs of chemical equipment



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 7–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66.021.3/4

И.Н. Мадышев, О.С. Дмитриева, кандидаты техн. наук, А.О. Маясова, А.Н. Николаев, д-р техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия) E-mail: ilnyr_91@mail.ru

Определение тепловых потоков во встроенном в колонну дефлегматоре при диабатической ректификации

Предложены схема реализации диабатической ректификации (со встроенными змеевиковыми дефлегматорами в тарельчатой колонне) и математическое описание процесса отвода теплоты от дефлегматоров при конденсации на трубах змеевика восходящих паров разделяемой смеси этиловый спирт — вода. Определена тепловая мощность встроенного дефлегматора с учетом теплофизических свойств смеси и мест расположения змеевиков. Увеличение температуры теплоносителя на выходе змеевикового дефлегматора приводит к снижению тепловой мощности. Наибольшее количество тепловой мощности приходится на нижние тарелки колонны (при прочих равных условиях). Значения среднего коэффициента теплоотдачи при конденсации паров жидкости увеличиваются с повышением температуры теплоносителя (воды) на выходе дефлегматора, однако линейный коэффициент теплопередачи при этом снижается. Для увеличения тепловой мощности дефлегматоров (и, следовательно, эффективности разделения жидких смесей) целесообразно применять различные методы интенсификации теплообмена с наружной стороны труб.

Ключевые слова: диабатическая ректификация, дефлегматор, тепловая мощность, коэффициент теплопередачи

UDC 66.021.3/4

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

Determination of the heat flows in the built-in column reflux exchanger during diabatic rectification

During diabatic rectification, the internal flows of the separated mixture change in column height due to heat exchangers placed on plates through which the coolant circulates. The authors of the article propose a scheme for implementing diabatic rectification with integrated coil reflux exchangers in a poppet column and a mathematical description of the process of heat removal from them during condensation of ascending vapors of a separated *ethyl alcohol* – *water* mixture on the coil pipes. The thermal power of the built-in reflux exchanger is determined by considering the influence of thermophysical properties and the location of the coils. An increase in the coolant's temperature at the outlet of the coil deflector leads to a decrease in thermal power. All other things being equal, the largest amount of thermal power falls on the lower plates of the column. The values of the average heat transfer coefficient during condensation of liquid vapors increase with an increase in the coolant's temperature (water) at the outlet of the reflux exchanger, however, the linear heat transfer coefficient decreases. In order to increase the thermal capacity of the reflux exchangers (and, consequently, the efficiency of separation of liquid mixtures) it is advisable to use various methods of intensifying heat exchange from the outside of the pipes.

Keywords: diabatic rectification, reflux exchanger, heat output, heat transfer coefficient



УДК 665.652.4.095

Д.С. Долгин, И.С. Гуданов, канд. техн. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, А.А. Ватагин (Ярославский государственный технический университет, Россия)

E-mail: goudanov@yandex.ru

К вопросу о повышении эффективности струйного реактора сернокислотного алкилирования

Разработана усовершенствованная конструкция реактора алкилирования повышенной эффективности, приведен принцип работы такого реактора. Дано описание новых элементов реактора. Получены изоконтуры скоростей потока в контрольных сечениях реактора для традиционной и модернизированной конструкций реактора, на основе которых подтверждена эффективность применения новых технических решений.

Ключевые слова: алкилирование, реактор, октановое число, диспергирующее сопло, циркуляционные трубы, степень превращения

UDC 665.652.4.095

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

About the increase of efficiency of a jet sulfuric acid alkylation reactor

An improved design of an alkylation reactor of increased efficiency has been developed. The principle of operation of such a reactor is given. New reactor elements are described. The isocontures of flow velocities in the control sections of the reactor for the traditional and improved designs are obtained, from which the effectiveness of the use of new technical solutions is shown.

Keywords: alkylation, reactor, octane number, dispersing nozzle, circulation pipes, degree of transformation

УДК 66.074

В.Э. Зинуров, Р.Я. Биккулов, А.В. Дмитриев, д-р техн. наук (Казанский государственный энергетический университет, Россия); О.С. Дмитриева, канд. техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия) E-mail: ieremiada@gmail.com

Расчет эффективности улавливания мелкодисперсных частиц сепарационным устройством с каналами квадратного сечения

Предлагается конструкция сепарационного устройства с каналами квадратного сечения для улавливания мелкодисперсных частиц из газовых потоков. Проанализировано влияние конструктивных и технологических параметров (таких как скорость газа, диаметр частиц, размеры сепарационной зоны, ширина каналов) на эффективность улавливания частиц. Получены уравнения для расчета эффективности сепарации частиц различных диаметров, а также экспоненциальное уравнение зависимости эффективности сепарационного устройства от числа Стокса. Расчетами установлено, что сепарационное устройство с каналами квадратного сечения эффективно для удаления мелкодисперсных частиц (для частиц диаметром более 5 мкм эффективность устройства близка к 100 %).

Ключевые слова: сепарационное устройство, улавливание мелкодисперсных частиц, очистка газа, эффективность

UDC 66.074

V.E. Zinurov, R.Ya. Bikkulov, A.V. Dmitriev (Kazan State Power Engineering University, Russia); O.S. Dmitrieva (Kazan National Research Technological University, Russia) E-mail: ieremiada@gmail.com

Calculation of the efficiency of capturing of fine particles by a separation device with square channels

The design of a separation device with square-shaped channels for separation of fine particles from gas flow is proposed. The influence of design and technological parameters, such as the gas velocity at the inlet and the particle diameter, the size of the separation zone and square channels, on the efficiency of capturing solid particles from the gas stream, was analyzed. Equations for determining



efficiency of particles separation and an exponential equation of the efficiency of the separation device from the Stokes numbers are proposed. Studies have shown that a separation device with square-shaped channels is efficient for separating small particles (when separating particles larger than 5 microns the efficiency of the separation device is close to 100 %).

Keywords: separation device, fine particle capture, gas purification, efficiency

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

УДК 621.512

В.Е. Щерба, д-р техн. наук, А.В. Григорьев, канд. техн. наук (Омский государственный технический университет, Россия)

E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Анализ эффективности различных способов охлаждения сжимаемого газа в поршневых компрессорах при изменении основных эксплуатационных параметров

Исследовано влияние различных факторов на сравнительную эффективность различных систем охлаждения компримируемого газа в поршневом компрессоре (впрыск жидкости, жидкостная рубашечная система охлаждения, система воздушного охлаждения). Приведены и проанализированы зависимости коэффициентов, учитывающих изменение различных факторов теплопередачи в поршневом компрессоре (площади теплопередающей поверхности, коэффициента теплоотдачи, температурного напора и продолжительности теплообмена в процессе сжатия газа), а также общего коэффициента, учитывающего количество отведенной теплоты в процессе сжатия газа, от основных эксплуатационных параметров компрессора — частоты вращения коленчатого вала и давления нагнетания. Сделаны выводы о значимости данных коэффициентов с точки зрения эффективности рассмотренных систем охлаждения.

Ключевые слова: поршневой компрессор, система охлаждения, впрыск жидкости, воздушное и жидкостное охлаждение

UDC 621.512

V.E. Shcherba, A.V. Grigoriev (Omsk State Technical University, Russia)

E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Analysis of the efficiency of various ways of compressible gas cooling in reciprocating compressors with changes in key operating parameters

The influence of various factors on the comparative efficiency of various cooling systems for compressed gas in a reciprocating compressor (liquid injection, liquid jacket cooling system, air cooling system) has been studied. The dependences of the coefficients that take into account the change in various heat transfer factors in the reciprocating compressor (heat transfer surface area, heat transfer coefficient, temperature difference and duration of heat transfer in the gas compression process), as well as the total coefficient, which takes into account the amount of heat removed in the gas compression process, from the main operational compressor parameters - crankshaft speed and discharge pressure. Conclusions are drawn about the significance of these coefficients from the point of view of the efficiency of the considered cooling systems.

Keywords: reciprocating compressor, cooling system, liquid injection, air and liquid cooling

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 621.165.533

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

Автоматизированное построение решетки профилей на основе овала Кассини

При разработке турбомашин различного назначения проектирование лопаточного аппарата (построение аэродинамически гладких профилей) является трудоемкой многофакторной задачей. Перспективен способ проектирования профилей с использованием свойств кремоновых



преобразований плоскости с совпавшими F-точками, где объектом преобразований является овал Кассини. Представлены результаты аналитического построения решетки профилей методом преобразований Гирста. Для реализации предлагаемой математической модели разработаны алгоритм и (на его основе) пакет прикладных программ, являющихся фактически автоматизированной системой проектирования. Приведены некоторые расчетные формулы, отражено влияние положения овала Кассини относительно начала координат на форму проектируемого профиля, рассчитаны основные геометрические характеристики профилей, даны примеры построения средней линии и оформления входной кромки профиля. Предлагаемая математическая модель может быть самостоятельной расчетной системой, подсистемой (программным модулем) САПР или страницей электронного атласа профилей.

Ключевые слава: САПР, решетка профилей, овал Кассини, турбомашина **UDC 621.165.533**

P.P. Oshchepkov, P.R. Vallejo Maldonado, L.V. Vinogradov, V.K. Mamaev (Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russia)

E-mail: oshchepkov-pp@rudn.ru, prvm@rambler.ru

Automated construction of lattice profiles based on Cassini oval

When developing turbomachines for various purposes, designing a blade apparatus (building aerodynamically smooth airfoils) is a time-consuming multifactorial task. A promising method for designing profiles using the properties of Cremona transformations of a plane with coincident F-points, where the transformation object is the Cassini oval. The results of analytical construction of the lattice of profiles by Hirst transformation methods are presented. To implement the proposed mathematical model, an algorithm and (on its basis) a package of applied programs, which are in fact an automated design system, have been developed. Some calculation formulas are given, the impact of Cassini oval position relative to the origin on the shape of the designed profile is reflected, the main geometric characteristics of the profiles are calculated, examples of the construction of the midline and the design of the entrance edge of the profile are given. The proposed mathematical model can be an independent calculation system, a subsystem (software module) of CAD or a page of electronic profile atlas.

Keywords: CAD, profile grid, Cassini oval, turbomachine

УДК 665.622.43:66.021.1:004.942

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

Анализ гидродинамики горизонтальных электродегидраторов для определения способов интенсификации процессов электрообессоливния и обезвоживания

Численными методами проведен анализ гидродинамической структуры потоков в горизонтальных электродегидраторах на установках обессоливания нефти. По результатам расчета предложены новые технические решения и рекомендации по улучшению работы установок. Исходя из анализа поля скоростей в аппарате (с учетом обеспечения равномерного ламинарного потока в основном сечении аппарата) целесообразно вводить сырую нефть (с предварительно поданной в нее промывочной водой) в два яруса, а также применять дополнительную систему электродов и осадительных полок. Предложенные решения обеспечивают наиболее оптимальное движение потока во всех зонах горизонтального электродегидратора с эффективным использованием объема аппарата по всему его сечению.

Ключевые слова: электрообессоливание нефти, электродегидратор, гидродинамика, компьютерное моделирование, численный расчет, поле скоростей, интенсификация.

UDC 665.622.43:66.021.1:004.942

K.V. Tarantsev (Penza State University, Russia); K.R. Tarantseva (Penza State Technological University) E-mail: kvtar@bk.ru

Analysis of hydrodynamics in horizontal electrodehydrators for determination of the ways to intensify the processes of electric desalting and dewatering of crude oil

Numerical methods have been used to analyze the hydrodynamic structure of flows in horizontal



electrodehydrators at oil desalination plants. Based on the results of the calculation, new technical solutions and recommendations for improving their work are proposed. Based on the analysis of the velocity field in the apparatus to ensure a uniform laminar flow in its main section, it is recommended to introduce crude oil (with pre-supplied washing water) into two tiers, including with the use of an additional system of electrodes and sedimentation shelves. The proposed solutions ensure the most optimal flow movement in all zones of the horizontal electric dehydrogenator, thereby effectively using the volume of the apparatus throughout its cross section.

Keywords: electric desalination of oil, electrodehydrator, hydrodynamics, computer modeling, numerical calculation, velocity field, intensification

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 66.096.5-932.2

С.Н. Кузьмин, Р.Л. Исьёмин, А.В. Михалёв, О.Ю. Милованов, Д.В. Климов, Н.С. Муратова, кандидаты техн. наук, В.С. Кох-Татаренко, А.В. Небываев (Тамбовский государственный технический университет, Россия)

E-mail: penergy@list.ru

Результаты сравнительных исследований процессов обработки некоторых видов биомассы методами влажной и окислительной торрефикации

Исследован процесс торрефикации четырех образцов биомассы (пивная дробина, осадок сточных вод, спиртовая барда, кофейная гуща) в кипящем слое в среде перегретого водяного пара при температуре 300 °С и в среде дымовых газов (окислительная торрефикация) при температуре 250 °С. Установлено, что в результате торрефикации пивной дробины, спиртовой барды и кофейной гущи получается биоуголь, с более высоким содержанием углерода и более высокой теплотой сгорания, чем у исходной биомассы. Наилучшим сырьем для получения биоугля из исследованных образцов биомассы является кофейная гуща и, в несколько меньшей степени, пивная дробина. Использовать как сырье для получения биоугля осадок сточных вод и спиртовую барду — нецелесообразно.

Ключевые слова: торрефикация, биомасса, кипящий слой, биоуголь, кофейная гуща, осадок сточных вод, пивная дробина, спиртовая барда

UDC 66.096.5-932.2

S.N. Kuzmin, R.L. Isemin, A.V. Mikhalev, O.Yu. Milovanov, D.V. Klimov, N.S. Muratova, V.S. Kokh-Tatarenko, A.V. Nebyvayev (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: penergy@list.ru Results of comparative studies of treatment processes of some types of biomass by wet and oxidative torrefaction methods

In this article, the process of torrefaction of four samples of biomass (beer grains, sewage sludge, distillery stillage and coffee grounds) in a fluidized bed in an environment of superheated steam at a temperature of 300 °C and in a flue gas environment (oxidative torrefaction) at a temperature of 250 °C was studied. It has been found that the torrefaction of brewer's grains, distillery stillage and coffee grounds produces biochar containing a higher amount of carbon and having a higher calorific value than raw biomass. Also, it was found that the best raw material for obtaining biochar from the studied biomass samples is coffee grounds; brewer's grain is somewhat inferior to it. It is not advisable to use sewage sludge and distillery stillage as raw materials for biochar production.

Keywords: torrefaction, biomass, fluidized bed, biochar, coffee grounds, sewage sludge, brewer's grain, distillery stillage

УДК 66.081.6

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

Конструкция электрохимического мембранного аппарата рулонного типа с увеличенными площадью мембран и поверхностью охлаждения для разделения промышленных растворов

Предложена конструкция электрохимического мембранного аппарата рулонного типа для



эффективного разделения растворов химических, машиностроительных производств. В конструкции обеспечивается увеличение общей площади мембран и охлаждающей поверхности в единице конструкции аппарата (по сравнению с аналогами). Предложена методика расчета электрохимического мембранного аппарата рулонного типа, позволяющая определять его конструктивные параметры (общую поверхность охлаждения, площадь разделения и площади прикатодных, прианодных мембран).

Ключевые слова: мембрана, конструкция, аппарат, расчет, раствор, разделение **UDC 66.081.6**

S.V. Kovalev, O.A. Kovaleva (Derzhavin Tambov State University, Russia)

E-mail: sseedd@mail.ru

Design of a roll-type electrochemical membrane apparatus with an increased membrane area and cooling surface for separation of industrial solutions

The design of a roll-type electrochemical membrane apparatus for the effective separation of solutions of chemical, machine-building industries is proposed, which provides an increase in the total area of membranes and a cooling surface in a unit of apparatus design (unlike known analogues). A method for calculating a roll-type electrochemical membrane apparatus is proposed, which makes it possible to determine its design parameters (total cooling surface, separation area and areas of near-cathode, near-anode membranes).

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

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

УДК 621.86.065

В.А. Бубнов, д-р техн. наук, С.Г. Костенко, С.И. Казаков, кандидаты техн. наук (Курганский государственный университет, Россия)

E-mail: Kgu_sm@kgsu.ru

Особенности деформирования и разрушения титановых сплавов при сжимающих нагрузках (на примере титанового сплава BT-6)

Построена диаграмма изменения твердости титанового сплава BT-6 в зависимости от относительной деформации сжатия. Выявлена взаимосвязь между твердостью титанового сплава, подвергнутого различной степени пластической деформации сжатия, и пределом прочности. Экспериментально установлено, что для титанового сплава BT-6, в зависимости от степени его деформации при сжатии, коэффициент пропорциональности k в эмпирической зависимости $\sigma_{\rm R} = k \cdot {\rm HB}$ составляет 0.48.

Ключевые слова: титан, титановые сплавы, пластическая деформация, твердость, предел прочности

UDC 621.86.065

V.A. Bubnov, S.G. Kostenko, S.I. Kazakov (Kurgan State University, Russia)

E-mail: Kgu_sm@kgsu.ru

Features of deformation and destruction of titanium alloys under compressive loads (on the example of titanium alloy VT-6)

A diagram of the change in the hardness of the titanium alloy was built VT-6 depending on the relative compression strain. Relationship between hardness of titanium alloy subjected to different degree of plastic compression deformation and ultimate strength is revealed. It has been experimentally found that for titanium alloy VT-6, depending on the degree of its deformation during compression, the proportionality factor k in the empirical relationship $\sigma_v = k \cdot HB$ is 0.48.

Keywords: titanium, titanium alloys, plastic deformation, hardness, ultimate strength

УДК 621.822.1

В.В. Волков-Музылёв, Ю.А. Борисов, канд. техн. наук (Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия); В.Н. Бесчастных, канд. техн. наук (ПАО «НПО «Алмаз» ТОП «ЛЭМЗ», г. Москва, Россия)



E-mail: vladimir_muzylev@mail.ru

Экспериментальное исследование работоспособности антифрикционного покрытия «Modengy 1006» для лепестковых газодинамических подшипников микрогазотурбинных установок

Проведено экспериментальное исследование износостойкости твердосмазочного антифрикционного покрытия «Моdengy 1006», нанесённого на лепестки радиального и осевых газодинамических подшипников, для определения работоспособности покрытия в течение срока эксплуатации микроГТУ. Изложена методика проведения испытаний по определению износостойкости антифрикционного покрытия на роторном стенде. Выявлены закономерности изменения параметров электропривода и работы лепестковых подшипников в течение всего цикла испытаний.

Ключевые слова: лепестковый подшипник, газодинамический подшипник, роторный стенд, антифрикционное покрытие, износостойкость

UDC 621.822.1

V.V. Volkov-Muzylev, Yu.A. Borisov (Joint Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); V.N. Beschastnykh (PJSC «ALMAZ R&P Corp.» LEMZ, Moscow, Russia) E-mail: vladimir muzylev@mail.ru

Experimental research of the antifriction coating "Modengy 1006" performance for gas foil bearings of micro gas turbine units

The article is dedicated to an experimental investigation of solid lubricant antifriction coating «Modengy 1006», covered on the journal and thrust foils of gas dynamic bearings, in order to determine its wear resistance during the entire service life of the microGTU. A test procedure for determination of the antifriction coating wear resistant on rotary test rig was described. The patterns of changes in the parameters of the electric drive and the operation of foil bearings during the entire test cycle are revealed.

Keywords: gas foil bearing, gas dynamic bearing, rotary test rig, antifriction coating, wear resistance

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 62-216.6:[66.048.3.069.82+66.081.2.069.82]-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского») E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация опорных устройств тарелок массообменных колонн (обзор конструкций)

Предложена классификация устройств для фиксации контактных тарелок в корпусах массообменных колонных аппаратов. Рассмотрены наиболее характерные конструкции опор тарелок.

Ключевые слова: массообменная колонна, контактная тарелка, опора, классификация, конструкция

UDC 62-216.6:[66.048.3.069.82+66.081.2.069.82]-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of supporting devices for mass-exchange columns contact plates (review of designs)

A classification of devices for fixing contact plates in bodies of mass-exchange column apparatuses is proposed. The most characteristic designs of the plates supports, are considered.

Keywords: mass-exchange column, contact plate, support, classification, design

УДК [66.048.3.069.82+66.081.2.069.82]-025.73-027.28(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»)

E-mail: i.mikulionok@gmail.com



Классификация наклонных тарелок массообменных колонн (обзор конструкций)

Предложена классификация плоских и объёмных наклонных контактных тарелок массообменных колонных аппаратов. Рассмотрены наиболее характерные конструкции наклонных тарелок.

Ключевые слова: массообменная колонна, наклонная контактная тарелка, классификация, конструкция

UDC [66.048.3.069.82+66.081.2.069.82]-025.73-027.28(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of inclined plates for mass-exchange columns (review of designs)

A classification of flat and volumetric inclined contact plates of mass-exchange column apparatus is proposed. The most characteristic designs of the inclined plates are considered.

Keywords: mass-exchange column, inclined contact plate, classification, design



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 8–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 519.812.3:665.622.43

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

Влияние способов ввода нефти на гидродинамику в электродегидраторах электрообессоливающих установок

Численными методами проведен анализ гидродинамики потоков в горизонтальных электродегидраторах в зависимости от положения форсунок ввода исходной нефти в аппарат. По результатам расчета предложен вариант модернизации электродегидратора 2ЭГ160-2 путем замены щелевых форсунок цилиндрическими, объединенными с малообъемными одно- или многоступенчатыми смесителями. Это позволит исключить образование встречных потоков нефти в аппарате и обеспечить эффективное движение потока нефти во всем объеме аппарата.

Ключевые слова: электрообессоливание нефти, электродегидратор, гидродинамика, компьютерное моделирование, численный расчет, поле скоростей, форсунки

UDC 519.812.3:665.622.43

K.V. Tarantsev (Penza State University, Russia);

K.R. Tarantseva (Penza State Technological University, Russia) E-mail: kvtar@bk.ru Influence of oil input methods on hydrodynamics in electric dehydrators of electric desalination plants

Numerical methods have been used to analyze the hydrodynamics of flows in horizontal electric dehydrators depending on the position of the nozzles for introducing initial oil into the apparatus. Based on the results of the calculation, a variant of the modernization of existing devices was proposed by changing the design of the nozzles. A variant of the modernization of the 2EG160-2 electric dehydrator by replacing the slotted nozzles with cylindrical ones combined with low-volume one- or multi-stage mixers is proposed. This will avoid counter flows of the original oil in the apparatus, and will ensure the effective movement of the oil flow throughout the entire volume of the apparatus.

Keywords: electric oil desalination, electric dehydrator, hydrodynamics, computer simulation, numerical calculation, velocity field, nozzles

УДК 62-531.3

А.Б. Капранова, д-р физ.-мат. наук, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук, И.С. Гуданов, канд. техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия); А.М. Мельцер (ЗАО «НПО Регулятор», г. Ярославль, Россия);

Д.А. Макаренков (Институт химических реактивов и особо чистых химических веществ НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва)

E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Экспериментальное исследование распределения по размерам кавитационных пузырей в проточной части регулирующего клапана с поворотным затвором

Выполнен анализ экспериментальных результатов испытаний нового регулирующего клапана с поворотным затвором на модельной установке в условиях начальной стадии образования кавитационных пузырей. Полученные данные распределения пузырей в узле *перфорированный сепаратор – поворотный затвор* проанализированы с учетом двух основных факторов, влияющих на интенсивность гидродинамической кавитации (диаметра дроссельных отверстий и степени открытия клапана). На первой стадии эволюции кавитации (при полном



открытии поворотного затвора и уменьшении диаметра дроссельных отверситий в 2,5 раза до значения $1 \cdot 10^{-3}$ м) наблюдается снижение числа кавитационных пузырей диаметром $1 \cdot 10^{-3}$ м в 1,33 раза.

Ключевые слова: клапан, кавитационные пузыри, дроссельные отверстия, степень открытия

UDC 62-531.3

A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, I.S. Gudanov(Yaroslavl State Technical University, Russia); A.M. Meltzer (CJSC "NPO Regulyator", Russia); D.A. Makarenkov (Institute of Chemical Reagents and Highly Pure Chemical Substances, National Research Center "Kurchatov Institute", Russia) E-mail: kapranova_anna@mail.ru

Experimental study of the size distribution of cavitation bubbles in the flow part of a control valve with a butterfly valve

The analysis of the experimental results of testing a new control valve with a butterfly valve on a model plant under conditions of the initial stage of cavitation bubbles formation is carried out. The resulting pattern of bubble distribution in the perforated separator - butterfly valve assembly is described taking into account two main identified factors that affect the intensity of hydrodynamic cavitation (the diameter of the orifice holes and the degree of valve opening). At the first stage of cavitation evolution (with full opening of the butterfly valve and a decrease in the diameter of the throttle holes by 2.5 times to a value of 10^{-3} m), a decrease in the number of cavitation bubbles with the same diameter of 10^{-3} m by 1.33 times is observed.

Keywords: valve, cavitation bubbles, throttle openings, degree of opening, experiment

УДК 66.063:66.963

B.A. Авроров, д-р техн. наук (Пензенский государственный технологический университет, Poccus) E-mail: v_avrorov@bk.ru

Устройство для распределения транспортируемых сыпучих и жидких материалов по емкостям технологического оборудования

Представлена конструкция многоместного распределителя для распределения различных видов дисперсных материалов и жидких сред по накопительным емкостям и бункерам технологического оборудования. Приведены зависимости для определения основных конструктивно-технологических параметров распределителя. Рассмотрены возможные варианты поточных линий для транспортирования и распределения по емкостям потоков сыпучих материалов и жидких сред.

Ключевые слова: многоместный распределитель, сухие дисперсные материалы, жидкие среды, мальтийский механизм, транспортно-рапределительные линии, накопительные емкости, бункеры машин

UDC 66.063:66.963

V.A. Avrorov (Penza State Technology University, Russia)

E-mail: v_avrorov@bk.ru

Device for distribution of transported loose bulk and liquid materials in the tanks of technological equipment

The article describes the design of a multi-seat distributor for the distribution of various types of dispersed materials and liquid media in storage tanks and bunkers of technological equipment. Dependences for determining the main design and technological parameters of the distributor are given. Possible variants of production lines for transportation and distribution of flows of bulk materials and liquid media are considered.

Keywords: multi-seat distributor, dry dispersed materials, liquid media, Maltese mechanism, transport and distribution lines, storage tanks, machine bunkers

УДК 66.021.3

Д.Ю. Мытько, П.Е. Вайтехович, д-р техн. наук (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск)



E-mail: dmitriimitko26@gmail.com

Моделирование пленочного течения жидкости в канале регулярно-структурированной насадки

Методом компьютерного моделирования исследовано пленочное течение жидкости в каналах регулярно-структурированной насадки для массообменных аппаратов. Установлено, что устойчивый режим работы насадки, ширина диапазона изменения скорости газа зависят от гидродинамики пленочного течения жидкости по стенкам каналов. Получены данные толщины пленки жидкости и скорости пленочного течения с противотоком воздуха и без него. Выявлено влияние скорости газа и вязкости жидкости на толщину и скорость пленочного течения.

Ключевые слова: регулярно-структурированная насадка, пленочное течение, толщина, скорость, гидродинамические режимы

UDC 66.021.3

D.Yu. Mytsko, P.E. Vaitekhovich (Belarusian State Technological University, Minsk) E-mail: dmitriimitko26@gmail.com

Simulation of fluid film flow in the channel of a regular structured packing

The film flow of liquids in channels of regularly structured packing for mass transfer apparatuses has been studied by computer simulation. It has been established that the stable mode of operation of the packing, the width of the range of change in the gas velocity depends on the hydrodynamics of the liquid film flow along the channel walls. The results of studying the thickness and velocity of film flow with and without countercurrent are obtained. The effect of gas velocity and viscosity on the thickness and velocity of the film flow is described.

Keywords: regular-structured packing, film flow, thickness, velocity, hydrodynamic regimes

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.565.83; 665.66

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

Сравнительный анализ эффективности очистки природного газа при низкой степени расширения с применением дросселя или высокорасходной трехпоточной вихревой трубы

Основным направлением промышленного применения высокорасходных трёхпоточных вихревых труб (ТВТ) Ранка-Хилша является низкотемпературная сепарация (НТС) природного газа, где они применяются в качестве генераторов холода и непосредственно сепараторов. Проведено сравнение эффективности ТВТ и дросселя на установке НТС Берегового месторождения, особенностью которой является низкая степень расширения газа (перепад давлений от 85 до 60 бар). Экспериментально показано преимущество ТВТ перед дросселем по снижению температуры газа и, следовательно, точки росы. Результаты работы показали, что при применении ТВТ возможно повысить степень очистки газа, в том числе при низких степенях его расширения, что обеспечивает выполнение СТО Газпром 089–2010 в летнее время.

Ключевые слова: тепломассообмен, эффект Ранка-Хилша, вихревая труба, низкотемпературная сепарация, природный газ, дросселирование

UDC 621.565.83; 665.66

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

Comparative analysis of natural gas purification efficiency with a low degree of expansion when using a throttle or a high-flow three-flow vortex tube

The main direction of industrial application of high-flow Ranque-Hilsch three-flow vortex tubes is the low-temperature separation (LTS) of natural gas, where vortex tubes are used as cold generators and directly separators. This study compares TVT and the throttle at LTS unit of the Beregovoe field, a



feature of which is a low degree of gas expansion (pressure drop from 85 to 60 bar). The advantage of TVT over the throttle in reducing the gas temperature and, consequently, the dew point is experimentally shown. The results of the study showed that with the use of TVT it is possible to increase the degree of gas purification, incl. at low degrees of its expansion, which ensures the implementation of Gazprom company standard 089–2010 in the summer conditions.

Keywords: heat and mass transfer, Rank-Hilsch effect, vortex tube, low-temperature separation, natural gas, throttling

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 динамики движения охлаждающей жидкости и рабочих процессов в поршневой гибридной энергетической машине объемного действия с газовым колпаком и двумя всасывающими клапанами при изменении давления нагнетания

Проведен анализ влияния давления нагнетания при постоянном давлении всасывания на динамику движения жидкости, рабочие процессы и интегральные характеристики высокоэффективной поршневой гибридной энергетической машины объемного действия с двумя всасывающими клапанами. В результате численного эксперимента по разработанной ранее математической модели установлено, что максимальное значение относительного расхода охлаждающей жидкости достигается при давлении нагнетания 0,4 МПа и составляет ~120 кг/кг. Относительный расход газа и относительные потери энергии, обусловленные подачей газа через неплотности второго всасывающего клапана с целью интенсификации движения жидкости вниз, с увеличением давления нагнетания увеличиваются. Максимальное значение индикаторного адиабатического КПД достигается при давлении нагнетания 0,5 МПа, при этом коэффициент подачи с увеличением давления нагнетания монотонно уменьшается.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина с двумя всасывающими клапанами, динамика движения охлаждающей жидкости, поршень, цилиндр, теплообмен **UDC 621.512**

V.E. Shcherba, A.S. Tegzhanov (Omsk State Technical University, Russia)

E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Analysis of the dynamics of coolant movement and working processes in a piston hybrid volumetric energy machine with a gas cap and two suction valves with variation of injection pressure

The paper analyzes the effect of injection pressure at constant suction pressure on fluid dynamics, operating processes and integral characteristics of a high-efficiency reciprocating hybrid volumetric energy machine with two suction valves. As a result of a numerical experiment conducted using a previously developed mathematical model, it was found that the maximum value of the relative coolant flow rate is achieved at a discharge pressure equal to 0.4 MPa and is of the order of 120 kg/kg. The relative gas consumption and relative energy losses caused by the gas supply through the leaks of the second suction valve in order to intensify the downward movement of the liquid increase with increasing discharge pressure. The value of the maximum indicator adiabatic efficiency is achieved at a discharge pressure of 0.5 MPa, while the supply coefficient decreases monotonically with increasing discharge pressure.

Keywords: piston hybrid power machine with two suction valves, coolant dynamics, piston, cylinder, heat exchange

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 динамических и интегральных характеристик поршневой гибридной энергетической машины с двумя всасывающими клапанами при изменении частоты



вращения коленчатого вала

Проведен анализ влияния угловой скорости коленчатого вала на рабочие процессы, интегральные характеристики и динамику движения охлаждающей жидкости поршневой гибридной энергетической машины с двумя всасывающими клапанами. На основании численного эксперимента (по разработанной ранее математической модели) установлено, что с увеличением частоты вращения коленчатого вала расход охлаждающей жидкости в исследуемой поршневой гибридной энергетической машине уменьшается. В диапазоне частоты вращения вала 700...900 мин⁻¹ наблюдаются максимальные значения коэффициента подачи и индикаторного КПД. С увеличением частоты вращения коленчатого вала уменьшается относительное количество энергии, затрачиваемой на организацию принудительного течения жидкости вниз.

Ключевые слова: поршневая гибридная энергетическая машина с двумя всасывающими клапанами, динамика движения охлаждающей жидкости, поршень, цилиндр, теплообмен, число оборотов коленчатого вала, коэффициент подачи, индикаторный КПД

UDC 621.512

V.E. Shcherba, A.S. Tegzhanov (Omsk State Technical University, Russia)

E-mail: Scherba_V_E@list.ru

Analysis of dynamic and integral characteristics of a reciprocating hybrid power machine with two suction valves when changing the rotation speed of the crankshaft

The paper analyzes the influence of the angular velocity of the crankshaft on the working processes, integral characteristics and dynamics of the coolant movement of a reciprocating hybrid power machine with two suction valves. Based on a numerical experiment conducted using a previously developed mathematical model based on the basic fundamental conservation laws, it was found that with an increase in the number of revolutions of the crankshaft, the coolant consumption in the studied piston hybrid power machine decreases. In the range 700...900 rpm the maximum values of the feed coefficient and the indicator efficiency are observed. With an increase in the number of revolutions of the crankshaft, the amount of relative energy expended to organize the forced flow of liquid down decreases.

Keywords: reciprocating hybrid power machine with two suction valves, dynamics of coolant movement, piston, cylinder, heat exchange, number of revolutions of the crankshaft, feed ratio, indicator efficiency

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ. ПРИБОРЫ

УДК 621.825

А.Я. Красильников, д-р техн. наук (Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия);

А.А. Красильников (ОАО «УРАЛГИДРОМЕДЬ», г. Полевской, Россия);

Д.В. Таранов (ООО «ПОЗ-Прогресс», г. Верхняя Пышма, Россия)

E-mail: Krasilnikov1951@yandex.ru

Определение передаваемого крутящего момента торцовой магнитной муфты с тонкими высококоэрцитивными постоянными магнитами из сплава редкоземельных элементов

Рассмотрена возможность применения стандартной методики для расчета передаваемого крутящего момента торцовой магнитной муфты с тонкими высококоэрцитивными постоянными магнитами толщиной 4,5 мм из сплава редкоземельных элементов самарий-кобальт (КС-25ДЦ). Диапазон изменения воздушного зазора между магнитами в полумуфтах торцовой муфты — от 5 до 20 мм. По результатам исследований внесены поправочные коэффициенты в методику расчета передаваемого крутящего момента торцовой магнитной муфты с тонкими магнитами. Отмечено, что торцовые магнитные муфты применяются при воздушном зазоре между магнитами полумуфт от 5 до 12 мм.

Ключевые слова: торцовая магнитная муфта; постоянный магнит, воздушный зазор, передаваемый крутящий момент

UDC 621.825

A.Ya. Krasilnikov (Ural Federal University named after the first President of Russia Boris Yeltsin



(UrFU), Yekaterinburg, Russia); A.A. Krasilnikov (OAO «URALGIDROMED'», Sverdlovsk oblast, Polevskoy, Russia); D.V. Taranov (OOO «POZ-Progress», Sverdlovsk oblast, Verkhnyaya Pyshma, Russia)

E-mail: Krasilnikov1951@yandex.ru

Determination of the transmitted torque of an end magnetic coupling with thin high-coercive permanent magnets manufactured from the alloy of rare earth elements

The article considers the possibility of using a standard method for calculating the transmitted torque of an end magnetic coupling with thin high-coercive permanent magnets with a thickness of 4.5 mm manufactured from the samarium-cobalt base alloy (KS-25DC). The air gap variation range between the magnets in the half couplings of the end coupling is from 5 to 20 mm. The results of the research made it possible to introduce a correction coefficients into the methodology for calculating the transmitted torque of an end magnetic coupling with thin magnets. It is noted that end magnetic couplings are practically used with an air gap between the magnets of the coupling halves in a size range 5...12 mm.

Keywords: end magnetic coupling; permanent magnet, air gap, transmitted torque

УДК 621.822.6

М.М. Матлин, д-р техн. наук, В.А. Казанкин, Е.Н. Казанкина, кандидаты техн. наук, В.А. Костюков (Волгоградский государственный технический университет, Россия) E-mail: matlin@vstu.ru

Шариковые подшипники качения (обзор публикаций)

Дан обзор конструкций подшипников качения (приведенных в современной литературе, патентах и авторских свидетельствах), применением которых может быть обеспечено смазывание подшипников, повышение грузоподъемности и долговечности подшипников, снижение их износа.

Ключевые слова: конструкции, редукторы, приводы, подшипники

UDC 621.822.6

M.M. Matlin, V.A. Kazankin, E.N. Kazankina, V.A. Kostyukov (Volgograd State Technical University, Russia) E-mail: matlin@vstu.ru

Rolling ball bearings (review of publications)

The paper provides an overview of the designs of rolling bearings (in modern literature, patents and copyright certificates), including designs that improve the load capacity and durability of bearings, reduce wear and ensure bearing lubrication.

Keywords: structures, gearboxes, drives, bearings

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

УДК 681.518.5:539.1.06

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

Мониторинг коррозионных процессов в конструкционных материалах оборудования радиометрическим методом

Исследовано воздействие агрессивных нефтехимических сред на ферросодержащие конструкционные материалы трубопроводов оборудования радиометрическим методом (с использованием образцов-свидетелей, содержащих $^{60}_{27}$ Co). При экспериментальных исследованиях обеспечено своевременное выявление критических высоких скоростей коррозии (до 274 мм/год и более) для оперативной корректировки антикоррозионных мер, в результате обеспечено снижение скорости коррозии до приемлемого уровня (0,1...1,0 мм/год). Установлена высокая эффективность образцов-свидетелей для длительного (более 1 года) неразрушающего мониторинга коррозионных процессов в режиме реального времени, что необходимо для контроля качества работы и усовершенствования антикоррозионных систем, для повышения их быстродействия, устойчивости и надежности.



Ключевые слова: агрессивная нефтехимическая среда, конструкционные материалы, коррозия, образцы-свидетели, радиометрический мониторинг

UDC 681.518.5:539.1.06

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

Corrosion monitoring in structural materials of equipment by radiometric method

The effect of aggressive petrochemical media on ferrocontaining structural materials (pipelines) in equipment was studied by the radiometric method, using the obtained witness samples (containing $^{60}_{27}$ Co). The conducted experimental studies made it possible to timely detect critically high corrosion rates (up to 274 mm/year or more) and promptly take appropriate anti–corrosion measures, which allowed reducing the corrosion rate to an acceptable level (0.1...1.0 mm/year). The witness samples used showed high efficiency, since they provided long-term (more than 1 year) non-destructive monitoring of corrosion processes in real time, which makes it possible to assess the quality of existing anti-corrosion systems, improve their working methods, increase their speed, stability and reliability.

Keywords: aggressive petrochemical environment, structural materials, corrosion, samples-witnesses, radiometric monitoring

УДК 621.514

А.В. Яновский, Г.И. Шайдурова, д-р техн. наук (ПАО «Научно-производственное объединение «Искра», г. Пермь, Россия);

А.Л. Каменева, д-р техн. наук (Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия)

E-mail: YanovskiyAnton@npoiskra.ru

Исследование триботехнических свойств композиционных материалов с перспективой их применения в пластинчатых компрессорах

Представлены результаты исследований триботехнических свойств неметаллических композитных материалов с учетом возможности их применения для изготовления пластин компрессора. На образцах композитов были определены начальный и установившийся коэффициенты трения, а также средняя интенсивность износа. Двухэтапный эксперимент проведен в условиях сухого трения и в условиях смазывания зоны трения с применением моторного масла марки «Лукойл-Стандарт». В результате сравнения характеристик образцов выделен материал с наилучшими триботехническими характеристиками, предложены дополнительные рекомендации по дополнительному снижению коэффициента трения.

Ключевые слова: трибология, композиционные материалы, сухое трение, пластинчатый компрессор

UDC 621.514

A.V. Yanovskiy, G.I. Shaidurova (PSC Research-and-Production Association «Iskra», Perm, Russia); A.L. Kameneva (Perm National Research Polytechnic University, Russia) E-mail: YanovskiyAnton@npoiskra.ru

Study of tribological properties of composite materials with prospects for application in vane compressors

There are given results of tribological properties' analysis in non-metal composite materials taking into account the possibility of their application for manufacture of compressor's vanes. Composite specimens were used for determination of initial and steady friction coefficients, as well as mean rate of wear. Double stage experiment was run under dry friction conditions and with application of Lukoil-Standart motor oil for friction zone lubrication. After analysis of specimens' characteristics there was chosen a material with the best tribological properties and were proposed recommendations on additional decrease of friction coefficient.

Keywords: tribology, composite materials, dry friction, vane compressor



ИНФОРМАЦИЯ

УДК 678.027.3:678.073-023.811-023.848(048.83)

И.О. Микулёнок, д-р техн. наук (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»)

E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Классификация устройств для намотки полимерных плёнок (обзор конструкций)

Предложена классификация устройств для намотки рукавных и плоских полимерных плёнок. Выполнен критический обзор наиболее характерных конструкций устройств.

Ключевые слова: полимер, экструзия, наматывающее устройство, классификация, конструкции

UDC 678.027.3:678.073-023.811-023.848(048.83)

I.O. Mikulionok (National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute") E-mail: i.mikulionok@gmail.com

Classification of devices for winding of polymeric films (review of designs)

A classification of devices for winding tubular and flat polymeric films is proposed. The critical review of the most characteristic designs of the devices is realized.

Keywords: polymer, extrusion, winding devices, classification, designs



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 9–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66.092:66.041.45

О.Ю. Кулешов, В.М. Седелкин, доктора техн. наук, А.Н. Мракин, канд. техн. наук (Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия) Е-mail: o-yu-kul@yandex.ru

Математическое моделирование нестационарных режимов работы печных трубчатых реакторов пиролиза углеводородов с учетом динамики внутреннего коксоотложения

Разработана математическая модель физико-химических процессов в трубчатом реакторе пиролиза углеводородов (реакционном змеевике трубчатой печи) с учетом динамики образования слоя кокса на внутренней поверхности труб. Особенность математического описания — используется двухзонная модель тепломассопереноса в трубчатом реакторе, в которой учитываются физико-химические процессы как в ядре потока, так и в значительно перегретой пристеночной области. С применением предложенной математической модели проведено исследование процесса коксообразования в различных пиролизных печах этиленовых установок.

Ключевые слова: трубчатые печи пиролиза, реакционный змеевик; внутренние физикохимические процессы, коксообразование, математическое моделирование

UDC 66.092:66.041.45

O.Yu. Kuleshov, V.M. Sedelkin, A.N. Mrakin (Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Russia) E-mail: o-yu-kul@yandex.ru

Mathematical modeling of non-stationary operation modes of furnace tubular reactors of hydrocarbons pyrolysis with account of the internal coke deposition dynamics

A mathematical model of physicochemical processes in a tubular hydrocarbon pyrolysis reactor (reaction coil of a tubular furnace) have been developed, taking into account the dynamics of the formation of a coke layer on the inner surface of the tubes. The mathematical description differs in that a two-zone model of heat and mass transfer in a tubular reactor is used, taking into account physicochemical processes both in the flow core and in a significantly overheated wall region. Using the proposed mathematical model, a study of the process of coke formation in various pyrolysis furnaces of ethylene plants was carried out.

Keywords: tubular pyrolysis furnaces, reaction coil; internal physico-chemical processes, coke formation, mathematical modeling

УДК 621.593

Е.В. Семенов, И.А. Никитин, доктора техн. наук (Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), г. Москва, Россия):

Г.А. Белозеров, д-р техн. наук, А.Н. Сучков (Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия)

E-mail: sem-post@mail.ru

К расчету процесса замораживания влагосодержащей субстанции

Расчетным и экспериментальным методами исследован процесс охлаждения образца в форме прямоугольной пластины при стационарном теплообмене и при конвективном теплообмене объекта с окружающей воздушной средой с учетом фазового превращении воды в лед, что имеет важное практическое значение для реализации технологий длительного хранения образца в



условиях субкриоскопических температур.

Ключевые слова: процесс охлаждения, прямоугольная пластина, фазовое превращение, криоскопическая температура

UDC 621.593

E.V. Semenov, I.A. Nikitin (Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovsky (First Cossack University), Moscow, Russia);

G.A. Belozerov, A.N. Suchkov (All-Russian Research Institute of Refrigeration Industry – Branch of the Federal State Budgetary Institution "FSC of Food Systems named after V.M. Gorbatov" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia) E-mail: sem-post@mail.ru

To the calculation of the process of freezing of a moisture-containing substance

Quantitatively and experimentally was investigated the problem of cooling the sample in the form of a rectangular plate during stationary and convective heat exchange of the object with the surrounding air environment, taking into account the phase transformation of water into ice, which is of great practical importance for the implementation of technologies for long-term storage of the sample at subcryoscopic temperatures.

Keywords: cooling process, rectangular plate, phase conversion, cryoscopic temperature

УДК 66.011:532.3

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

Перемешивание жидкой фазы в слоях регулярной насадки из гофрированной сетки с треугольными гофрами

Представлены результаты исследования распределения жидкости в массообменных аппаратах с регулярными насадками из сетки с треугольными гофрами. Разработаны модели радиального и продольного перемешивания жидкости с учетом ее растекания и неравномерности орошения по сечению аппарата. Получена зависимость коэффициента продольного перемешивания жидкой фазы в аппаратах различных размеров при неравномерном орошении от коэффициента продольного перемешивания жидкой фазы в модельном аппарате. Результаты экспериментов в лабораторных условиях удовлетворительно совпадают с результатами теоретических исследований. При увеличении коэффициентов растекания жидкости снижается влияние масштабного фактора.

Ключевые слова: насадка, модель, распределение жидкости, пристеночный эффект, масштабный фактор

UDC 66.011:532.3

M.V. Klykov, T.V. Alushkina, R.G. Khasanov (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

Mixing of the liquid phase in layers of regular packing made of corrugated mesh with triangular corrugations

The results of modeling and studying of the distribution of liquid in mass transfer apparatuses with regular packings from a grid with triangular corrugations are presented. Models of radial and longitudinal mixing of the liquid are developed, taking into account its spreading and uneven irrigation over the section of the apparatus. The dependence of the coefficient of longitudinal mixing of the liquid phase in apparatuses of various sizes with uneven irrigation on the coefficient of longitudinal mixing of the liquid phase in the model apparatus is obtained. In experiments under laboratory conditions, the results obtained agree satisfactorily with the results of theoretical studies. Increasing the spreading coefficients of the liquid reduces the sensitivity of the nozzle to the scale factor.

Keywords: column packing, model, liquid distribution, wall effect, scale factor

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ. ПРИБОРЫ



УДК 629.114.2-235

Ю.И. Крыхтин, В.И. Карлов, кандидаты техн. наук (Волгоградский государственный технический университет, Россия)

E-mail: au@vstu.ru

Разработка агрегата насосной установки повышенной мощности для гидроразрыва перемычек пластов нефтяных и газовых изолированных полостей

Предлагается конструкция агрегата насосной установки мобильного комплекса для гидроразрыва перемычек пластов нефтяных и газовых изолированных полостей с дизельным ДВС с эффективной мощностью до 3000 л.с., двухпоточной высокооборотной многоскоростной механической коробкой перемены передач и гидронасосом с максимальным рабочим давлением 105 МПа. Разработка направлена на повышение производительности и КПД, увеличение надежности и упрощение конструкции агрегата насосной установки.

Ключевые слова: дизельный ДВС, высокооборотная двухпоточная механическая КПП, гидронасос высокого рабочего давления

UDC 629.114.2-235

Yu.I. Krykhtin, V.I. Karlov (Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia) E-mail: au@vstu.ru

Development of a high-power pumping unit apparatus for hydraulic fracturing of bridges of oil and gas insulated cavities

Presented the unit of pumping unit of a mobile complex for hydraulic fracturing of oil and gas insulated cavities with an internal combustion diesel engine with an effective capacity of up to 3000 l.s., a two-flow high - turnover and multi-speed manual gearbox, and with a hydraulic pump with a maximum working pressure of 105 MPa. The development is aimed at at improving productivity, efficiency factor, increasing reliability and simplifying the design of the pumping unit.

Keywords: diesel internal combustion engine, high-speed double-flow mechanical gearbox, high-pressure hydraulic pump

УДК 62-98

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

Определение физико-механических характеристик колец Рашига и обоснование толщины стенки колец Рашига из фторопласта для эксплуатации в условиях сернокислотного производства

Представлены результаты исследования деформации колец Рашига из фторопласта, нагруженных поперечным усилием, в условиях рабочих режимов в колонных аппаратах сушильно-абсорбционных отделений производства серной кислоты. По результатам компьютерного моделирования и натурного эксперимента определены значения модуля упругости фторопласта марок Ф-4МБ и Ф-4ТГ в этих условиях. Определены минимально возможные толщины стенок колец Рашига из фторопласта данных марок с допустимой деформацией колец от действующего поперечного усилия в условиях сернокислотного производства.

Ключевые слова: серная кислота, абсорбция, колонный аппарат, кольца Рашига, толщина стенки, надежность, фторопласт, физико-механические характеристики, натурный эксперимент, компьютерное моделирование, SolidWorks.

UDC 62-98

I.Yu. Golovanov, M.G. Lagutkin (Moscow Polytechnic University, Russia)

E-mail: igol95@yandex.ru

Determination of physical and mechanical characteristics of Rashig rings and the wall thickness of polytetrafluoroethylene Rashig rings working under conditions of sulfuric acid production

The article presents the deformations and the minimum wall thicknesses of Raschig rings made of polytetrafluoroethylene. The rings were loaded with transverse force. The created conditions simulated the conditions in the column apparatuses of drying and absorption units in the production of sulfuric acid. The modulus of elasticity of polytetrafluoroethylene was determined by computer modeling and field



experiment.

Keyword: sulfuric acid, absorption, column apparatus, Raschig rings, wall thickness, reliability, polytetrafluoroethylene, physical and mechanical characteristics, field experiment, computer modeling, SolidWorks

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 66.074

В.Э. Зинуров, А.В. Дмитриев, д-р техн. наук (Казанский государственный энергетический университет, Россия); О.С. Дмитриева, канд. техн. наук (Казанский национальный исследовательский технологический университет, Россия) E-mail: ieremiada@gmail.com Влияние конструктивного оформления мультивихревого классификатора-сепаратора на эффективность разделения порошка на основе силикагеля

Для фракционирования сыпучего материала на основе силикагеля с крупностью граничного зерна 30...40 мкм предложена конструкция мультивихревого классификаторасепаратора с соосно расположенными трубами, приведены трехмерная модель аппарата, принцип его действия. Исследована эффективность классификатора-сепаратора при различных конструктивных и технологических параметрах. При численном моделировании применена k-w SST модель турбулентности. Был произведен расчет эффективности работы одного аппарата и трех последовательно соединенных аппаратов. Установлено, что применением внутренней трубы без конического перехода обеспечивается фракционирование сыпучего материала на основе силикагеля с крупностью граничного зерна равного 30...40 мкм. Разработана инженерная методика расчета мультивихревого классификатора-сепаратора для прогнозирования эффективности аппарата в зависимости от входной скорости газового потока и требуемой крупности граничного зерна.

Ключевые слова: силикагель, адсорбент, классификатор, эффективность, фракционирование, сыпучий порошок, сепарация частиц

UDC 66.074

V.E. Zinurov, A.V. Dmitriev (Kazan State Power Engineering University, Russia); O.S. Dmitrieva (Kazan National Research Technological University, Russia)

E-mail: ieremiada@gmail.com;

Effect of the design of a multi-vortex classifier-separator on the separation efficiency of powder based on silica gel

Design of a multi-vortex classifier-separator with coaxially arranged pipes for fractionation of bulk material based on silica gel with a grain size of the boundary equal to 30...40 microns was proposed. The article presents a three-dimensional model of the device and the principle of its operation. The effectiveness of a multi-vortex classifier-separator with coaxially arranged pipes at various design and technological parameters was determined. The *k-w* SST turbulence model was used in numerical simulation. The efficiency of one and three sequentially connected classifiers-separators was calculated. Use of the inner tube without the conical junction allows fractionation of bulk material based on silica gel with a grain size of the boundary grain equal to 30...40 microns. An engineering method for calculating a multi-vortex classifier-separator is obtained allowing to predict the efficiency of the apparatus depending on the input velocity of the gas flow and the required size of the boundary grain.

Keywords: silica gel, adsorbent, classifier, efficiency, fractionation, loose powder, particle separation

УДК 66.081.6

С.И. Лазарев, И.В. Хорохорина, О.А. Абоносимов, доктора техн. наук,

М.С. Гессен, И.А. Лазарев (Тамбовский государственный технический университет, Россия) E-mail: kotelnikovirina@yandex.ru

Анализ конструкции электромембранного аппарата трубчатого типа с фильтрующими элементами различной площади и методика его расчета



Разработана методика расчета электробаромембранного аппарата трубчатого типа с фильтрующими элементами различной площади, выполненного с увеличенной площадью разделения в единице объема аппарата (за счет дополнения прикатодных, прианодных мембран концентрической формы выступами увеличенного диаметра). По разработанной методике рассчитываются объем и масса аппарата и его эколого-экономическая эффективность при разделении биологически активных растворов.

Ключевые слова: методика, мембраны, трубчатый элемент, электробаромембранная установка, расход энергии

UDC 66.081.6

S.I. Lazarev, I.V. Khorokhorina, O.A. Abonosimov, M.S. Gessen, I.A. Lazarev (Tambov State Technical University, Russia) E-mail: kotelnikovirina@yandex.ru
Analysis of the design of a tubular electromembrane apparatus

with filter elements of various areas and a method for its calculation

A method for calculating a tubular electrobaromembrane apparatus with a non-uniform filtration area has been developed. The tubular electrobaromembrane apparatus is made with an increased separation area per unit volume of the apparatus, due to the addition of concentric near-cathode, near-anode membranes with protrusions of increased diameter. The developed technique makes it possible to calculate the volume, mass of the apparatus and its environmental and economic efficiency in the separation of biologically active solutions.

Keywords: technique, membranes, tubular element, electrobaromembrane installation, energy consumption

УДК 662.61.074:665.6

В.Д. Катин, д-р техн. наук (Дальневосточный государственный университет путей сообщения; Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск, Россия); В.Ю. Косыгин, д-р геол.-минер. наук («Вычислительный центр» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Хабаровск, Россия); А.А. Журавлев (Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Россия) Е-таіl: kosyginv@inbox.ru

Снижение вредных выбросов оксидов азота частичной рециркуляцией дымовых газов в топку нефтезаводских печей

Рассмотрены результаты теоретических и опытных исследований по обоснованию использования в нефтезаводских печах способа рециркуляции части дымовых газов в топку для сокращения выбросов оксидов азота. Разработаны рекомендации по применению данного метода в трубчатых печах. Предложены авторские новые технические решения по созданию усовершенствованного устройства для сжигания жидкого топлива (в виде водомазутной эмульсии) и горелочного устройства типа ГП-2 с подачей рециркулирующих газов в зону горения.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающие заводы, трубчатые технологические печи, нефтезаводские газы, мазут, водомазутная эмульсия, снижение вредных выбросов, оксиды азота, рециркуляция дымовых газов

UDC 662.61.074:665.6

V.D. Katin (Far Eastern State University of Communications; Pacific State University, Khabarovsk, Russia); V.Yu. Kosygin ("Computer Center" of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia); A.A. Zhuravlev (Far Eastern State University of Communications, Khabarovsk, Russia) E-mail: kosyginv@inbox.ru

Reducing harmful emissions of nitrogen oxides by partial recirculation of flue gases into the furnace of oil refinery furnaces

The article presents the results of theoretical and experimental studies to justify the use of the method of recirculation of part of the flue gases into the furnace in operating oil refinery furnaces in order to reduce emissions of nitrogen oxides. Recommendations for the use of this method in various designs of tube furnaces have been developed. Author's new technical solutions for the creation of an improved installation for burning liquid fuel in the form of a water-oil emulsion and a burner device of the GP-2



type with the supply of recirculating gases to the combustion zone are proposed for implementation. *Keywords*: oil refineries, tubular process furnaces, refinery gases, fuel oil, oil-water emulsion, reduction of emissions, nitrogen oxides, recirculation of flue gases

БЕЗОПАСНОСТЬ. ДИАГНОСТИКА. РЕМОНТ

УДК 620.179:621.64

Б.В. Гусев, д-р техн. наук, М.Ю. Федотов, канд. техн. наук (Российская инженерная академия, г. Москва, Россия);

В.В. Лещенко, канд. техн. наук, А.М. Лепихин, д-р техн. наук (ООО «НТЦ «Нефтегаздиагностика», г. Москва, Россия);

Н.А. Махутов, д-р техн. наук (Институт машиноведения РАН им. А.А. Благонравова, г. Москва, Россия);

О.Н. Будадин, д-р техн. наук (АО «ЦНИИ специального машиностроения», г. Хотьково Московской обл., Россия)

E-mail: fedotovmyu@gmail.com

Неразрушающий контроль морских подводных трубопроводов и расчетное обоснование их безопасности по критериям риска

Рассмотрена концепция оценки опасности дефектов морских подводных трубопроводов по критериям риска с учетом особенностей методов и средств неразрушающего контроля. Расширение практики оценки опасности дефектов трубопроводов по критериям рисков позволит уточнить назначаемые коэффициенты запаса и повысить достоверность расчетов допускаемых размеров дефектов. Описаны наиболее перспективные методы ремонта трубопроводов, среди которых особое внимание уделено методу ремонта обжимными композитными муфтами, обеспечивающему возможность проведения ремонта на действующем объекте в реальных условиях эксплуатации. Данным методом обеспечиваются надежный ремонт дефектов основного металла и сварных соединений трубопровода на весь срок эксплуатации и восстановление его полноценной работоспособности, что подтверждено результатами апробации предложенной технологии ремонта на реальном объекте.

Ключевые слова: морской подводный трубопровод, неразрушающий контроль, дефект, критерий риска, ремонт трубопроводов, усиливающая композитная муфта

UDC 620.179:621.64

B.V. Gusev, M.Yu. Fedotov (Russian Academy of Engineering, Russia, Moscow);

V.V. Leshchenko, A.M. Lepikhin (NTTs NefteGazDiagnostika, Russia, Moscow);

N.A. Makhutov (Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Science, Russia, Moscow);

O.N. Budadin (Central Research Institute for Special Machinery JSC, Russia, Khotkovo) E-mail: fedotovmyu@gmail.com

Non-destructive testing of offshore underwater pipelines and calculation substantiation of their safety according to risk criteria

The concept of assessing the risk of defects in offshore subsea pipelines according to risk criteria is considered, taking into account the features of methods and means of non-destructive testing used in practice. Expansion of the practice of assessing the danger of defects in pipelines according to risk criteria will make it possible to clarify the assigned safety factors and increase the reliability of calculations of the permissible sizes of defects. The most promising methods of pipeline repair are described, among which special attention is paid to the method of repair using crimped composite sleeves, which makes it possible to carry out repairs at an existing facility in real operating conditions. It is shown that this method makes it possible to reliably repair most defects in the base metal and welded joints of the pipeline for the entire service life and restore its full functionality, which is confirmed by the results of testing the proposed repair technology on a real object.

Keywords: offshore subsea pipeline, non-destructive testing, defect, risk criterion, pipeline repair, reinforcing composite sleeve



ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

УДК 67.08

B.A. Авроров, д-р техн. наук (Пензенский государственный технологический университет, Poccus) E-mail: v_avrorov@bk.ru

О переработке использованной пластиковой упаковки

Рассмотрены вопросы переработки использованных пластиковых упаковочных материалов и отходов производства. Дано описание основных операций обработки пластиковых отходов при получении из них различных материалов и вторичных технических изделий. Предложена машинно-аппаратурная схема поточной линии для получения гранулированных полимерных полуфабрикатов.

Ключевые слова: пластиковые отходы, технология и оборудование для обработки отходов, полимерные изделия из отходов

UDC 67.08

V.A. Avrorov (Penza State Technological University, Russia) E-mail: v_avrorov@bk.ru About recycling of used plastic packaging

The article discusses the issues of further processing of used plastic packaging materials and production waste. The description of the main operations of processing plastic waste in order to obtain various materials and secondary technical products from them is given. A machine and hardware diagram of a production line for the production of granular polymer semi-finished products used for the production of finished products is given.

Keywords: plastic waste, technology and equipment for waste treatment, polymer products from waste

УДК 66.02:541.64(075)

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

Модернизированная конструкция устройства для вторичной переработки полимеров

Приведено описание модернизированного устройства для вторичной переработки полимеров с возможностью обработки вторичных полимеров (перемещаемых прессующим шнеком) наносекундными электромагнитными импульсами, что позволяет снизить степень термической деструкции вторичных полимеров и обеспечить высокое качество изделий из них, а также повысить производительность процесса вторичной переработки полимеров.

Ключевые слова: полимерные отходы, вторичная переработка, прессующий шнек, электрофизическая обработка, наносекундные электромагнитные импульсы

UDC 66.02:541.64(075)

O.Yu. Erenkov, D.O. Yavorskiy (Pacific National University, Khabarovsk, Russia)

E-mail: erenkov@list.ru

Modernized design of the polymer recycling unit

The article describes a modernized device for the recycling of polymers arranged to process secondary polymers (moved by the screw) with nanosecond electromagnetic pulses, allowing to reduce the degree of secondary polymers thermal degradation and will ensure the production of high-quality final products of secondary processing.

Keywords: recycling, polymers, pressing feeder, electro physical processing, nanosecond electromagnetic pulse

ЭКОНОМИКА

УДК 621.928.37+621.928.93

В.В. Кузьмин, канд. техн. наук (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск) E-mail: bstu@list.ru

Выбор наиболее экономичного типоразмера циклона

Рассмотрены методики выбора экономически оптимального типоразмера циклона-



пылеуловителя: выбора оптимальных типа, диаметра и числа циклонов. Представлены результаты расчета наиболее рациональных (для заданных условий очистки) типоразмеров цикдонов, а также экономические и энергетические потери при произвольном выборе типа циклона и использовании упрощенной методики расчета по рекомендуемым фиксированным величинам условной скорости газа. На основе технико-экономических расчетов выполнен анализ выпускаемой номенклатуры наиболее распространенных циклонов конструкции НИИОГАЗ, отмечен ряд недостающих вариантов типоразмеров циклонов, применение которых позволило бы снизить стоимость циклонной очистки газа.

Ключевые слова: очистка газа, циклон, снижение затрат на очистку газа, экономическая эффективность, энергосбережение.

UDC 621.928.37+621.928.93

V.V. Kuzmin (Belarusian State Technological University, Minsk) E-mail: bstu@list.ru Selection of the most economical cyclone type and size

The issue of choosing the economically optimal diameter, number and type of cyclones is considered. The results of calculation of the most profitable options—for the given cleaning conditions, as well as the economic and energy losses that may occur with an arbitrary choice of the type of cyclone and the use of the simplified calculation method used today based on the recommended fixed values of the conditional gas velocity, are presented. On the basis of technical and economic calculations, an analysis was made of the manufactured range of the most common NIIOGAZ cyclones and noted a number of missing options for standard sizes that would reduce the cost of cyclone gas purification.

Keywords: gas cleaning, cyclone, reducing costs of gas cleaning, economic efficiency, energy saving



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 10–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 66.041.45:536.33

О.Ю. Кулешов, В.М. Седелкин, доктора техн. наук, А.А. Овчинников (Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., Россия) E-mail: o-yu-kul@yandex.ru

Увеличение равномерности теплоподвода по высоте цилиндрических трубчатых печей с подовыми горелками при двухступенчатом факельном сжигании топлива

По результатам математического моделирования внешнего теплообмена в цилиндрической трубчатой печи типа ЦД4 с подовыми горелками и центральным рассекателем-распределителем установлено, что в печах данного типа изменением позонного подвода вторичного воздуха возможно изменение профиля выгорания топлива и тепловыделения в факеле, увеличение равномерности распределения плотности тепловых потоков по высоте экранных труб и соответственно улучшение эксплуатационных характеристик печи.

Ключевые слова: цилиндрические трубчатые печи, подовые горелки, факельное горение, позонный подвод воздуха, сложный теплообмен, экраны, равномерность теплоподвода **UDC 66.041.45:536.33**

O.Yu. Kuleshov, V.M. Sedelkin, A.A. Ovchinnikov (Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia) E-mail: o-yu-kul@yandex.ru

Increase of uniformity of the heat transfer along the height of cylindrical tubular furnaces with bottom burners due to two-stage jet burning of fuel

The results of mathematical modeling of external heat transfer in a cylindrical tubular furnace of the CD4 type with bottom burners and a central divider-distributor showed that in furnaces of this type, by changing the position supply of secondary air, it is possible to change the profile of fuel burnout and heat release in the flare and increase the uniformity of the distribution of heat flux density along the height of the screen pipes and thereby improve the operational characteristics of the furnace.

Keywords: cylindrical tubular furnaces, bottom burners, torch flames, zoning air supply, complex heat exchange, screens, uniformity of heat supply

УДК 66.021.3/4

И.Н. Мадышев, канд. техн. наук (Нижнекамский химико-технологический институт, 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 технологических параметров работы диабатической ректификационной колонны при различных схемах подвода теплоносителя во встроенные на ступенях дефлегматоры

Проведен сравнительный анализ нескольких схем подвода теплоносителя в дефлегматоры, встроенные в многоступенчатую тарельчатую колонну диабатической ректификации. В зависимости от схемы подвода теплоносителя изменяются тепловые характеристики колонны, что сказывается на эффективности разделения. Установлено, что наиболее эффективной схемой подвода теплоносителя во встроенные на ступенях дефлегматоры является параллельная схема, при этом также обеспечивается возможность регулирования расхода теплоносителя на каждой тарелке ректификационной диабатической колонны. Основное сопротивление теплопередаче (более 74,2 % для всех исследуемых схем подвода теплоносителя) сосредоточено в теплоотдаче от



жидкости, конденсирующейся на наружной поверхности труб дефлегматора.

Ключевые слова: диабатическая ректификация, дефлегматор, теплоноситель, тепловая мощность, коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление

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

Evaluation of the technological parameters of the operation of diabatic rectification column with various schemes of heat transfer agent supply to the built-in reflux exchangers on the column stages

In the course of the work, a comparative analysis of several schemes of coolant supply to the reflux exchangers built into a multi-stage poppet diabatic rectification column was carried out. With changes in the coolant supply scheme the thermal characteristics of the column change, which affects the efficiency of separation. The conducted studies show that the most advantageous scheme for supplying coolant to the built-in reflux exchangers on the stages is a parallel one, which, in addition, allows you to regulate the flow of coolant on each stages of the diabatic rectification column. It is shown that the main resistance to heat transfer (more than 74.2 % for all the studied coolant supply schemes) is concentrated in the heat transfer from the liquid condensing on the outer surface of the pipes of the reflux exchanger.

Keywords: diabatic rectification, reflux exchanger, heat transfer agent, heat output, heat transfer coefficient, heat resistance

УДК 66.061.351

К.А. Муллабаев, С.К. Чуракова, д-р техн. наук (Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия)

E-mail: kamil200995@gmail.com

Оптимизация конструкции перераспределителей жидкости в насадочных экстракторах методами CFD-анализа на примере колонны демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов

Представлен алгоритм оптимизации конструктивных параметров перераспределительных тарелок для диспергирования тяжелой фазы в насадочном экстракторе на примере колонны демеркаптанизации сжиженных углеводородных газов. Согласно разработанной методике оценки равномерности распределения потоков (базирующейся на результатах CFD-моделирования) получен ряд соотношений основных конструктивных размеров, при которых обеспечивается наилучшее распределение сплошной и дисперсной фаз в заданных условиях.

Ключевые слова: CFD-анализ, демеркаптанизация, оптимизация, перераспределительная тарелка, распределение потоков, СУГ, экстракционная колонна, эффективность

UDC 66.061.351

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

Optimization of the design of liquid redistributors in packed extractors by

CFD-analysis methods on the example of liquefied petroleum gas demercaptanization column

The article presents an algorithm for optimizing the design solutions of redistribution trays for dispersing the heavy phase in a packed extractor using the example of liquefied petroleum gas demercaptanization column. According to the method developed by us for assessing the uniformity of flow distribution, based on the results of CFD modeling, a number of ratios of the main structural dimensions were obtained, at which the best distribution of continuous and dispersed phases is achieved under given conditions.

Keywords: CFD-analysis, demercaptanization, design, efficiency, extraction column, flow distribution, LPG, optimization, redistribution plate

УДК 621.928.37

В.О. Яблонский, канд. техн. наук (Волгоградский государственный технический университет,



Poccuя) E-mail: everest58@mail.ru

Моделирование влияния конструктивных параметров цилиндрического гидроциклона на показатели очистки вязкопластических жидкостей методом флотации

На основе разработанной математической модели очистки жидкостей (с пределом текучести) в цилиндрическом гидроциклоне напорной флотацией проанализировано влияние параметра конструкции гидроциклона и фактора разделения при различных значениях числа пластичности на остаточную концентрацию частиц твердой фазы. В разработанной математической модели учитывается действие сил инерции, Кориолиса и присоединенной массы жидкости. Система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая процесс напорной флотации в центробежном поле, сведена к системе обыкновенных дифференциальных уравнений и решена численным методом. Рассчитано поле концентраций частиц твердой фазы и определена остаточная концентрация.

Ключевые слова: вязкопластическая жидкость, предел текучести, напорная флотация, цилиндрический гидроциклон, параметр конструкции, число пластичности, фактор разделения, показатель нелинейности, остаточная концентрация.

UDC 621.928.37

V.O. Yablonskiy (Volgograd State Technical University, Russia)

E-mail: everest58@mail.ru

Modeling the influence of design parameters of a cylindrical hydrocyclone on the indicators of flotation cleaning of viscoplastic liquids

On the basis of the developed mathematical model for the purification of liquids having a yield point in a cylindrical hydrocyclone by pressure flotation, the influence of the design parameter of hydrocyclone and the separation factor at different values of the plasticity number on the residual concentration of solid phase particles was analyzed. The developed mathematical model takes into account the action of inertia forces, Coriolis and the attached mass of the liquid. The system of partial differential equations describing the process of pressure flotation in a centrifugal field is reduced to a system of ordinary differential equations and solved numerically. The field of concentrations of solid phase particles is calculated and the residual concentration is determined.

Keywords: viscoplastic fluid, yield strength, pressure flow, cylindrical hydrocyclone, design parameter, plasticity number, separation factor, nonlinearity index, residual concentration

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

УДК 665.725

С.П. Горбачев, В.Ю. Семенов, доктора техн. наук (ООО «Газпром ВНИИГАЗ», п. Развилка Московской обл., Россия); В.Л. Карпов, д-р техн. наук (ФГУБ ВНИИПО, г. Балашиха Московской обл., Россия); Т.И. Клеблеев (АО НПП «Криосервис», г. Балашиха Московской обл., Россия)

E-mail: sten37go@gmail.com

Результаты испытаний неизотермического криогенного двухоболочечного резервуара для хранения и транспортирования СПГ

Произведена оценка возможности применения разработанной физико-математической модели для расчета аварийного процесса в криогенном двухоболочечном резервуаре для хранения и транспортирования малотоннажного СПГ. По результатам испытаний макета двухоболочечного резервуара как на жидком азоте (без изоляции в межстенном пространстве), так и на СПГ (с порошковой изоляцией в межстенном пространстве) подтверждена достоверность предложенной методики расчета параметров переходного процесса в криогенном двухоболочечном резервуаре.

Ключевые слова: СПГ, криогенный резервуар, двухоболочечный резервуар, испытания, методика расчета

UDC 665.725

S.P. Gorbachev, V.Yu. Semenov (VNIIGaz, Moscow, Russia); V.L. Karpov (VNIIPO, Balashiha,



Russia); T.I. Klebleev («Cryoservice», Balashiha, Russia) E-mail: sten37go@gmail.com Test results of a non-isothermal cryogenic double-shell reservoir for LNG storage and transportation

An assessment of the possibility of using the developed physical and mathematical model for calculating an emergency process in a cryogenic double-shell tank for the storage and transportation of small-scale LNG was made. The results of tests of a model of a double-shell tank both on liquid nitrogen (in the absence of insulation in the annular space) and on LNG (the annular space is filled with powder insulation) confirmed the reliability of the proposed method for calculating the parameters of the transient process in a cryogenic double-shell tank.

Keywords: LNG, cryogenic tank, double-shell tank, testing, calculation method

УДК 536.25

В.И. Ряжских, д-р техн. наук, В.А. Сумин, канд. физ.-мат. наук (Воронежский государственный технический университет, Россия) E-mail: vi@mail.ru Анализ свободноконвективных гидротермических полей в прямоугольной каверне при тепловых граничных условиях второго рода

На основании уравнений Обербека — Буссинеска сформулирована задача движения ньютоновской жидкости в прямоугольной каверне в стоксовском гидродинамическом приближении. Сформулированы тепловая и гидродинамическая подзадачи. Применением интегральных преобразований Фурье получено аналитическое решение уравнений модели с тепловыми граничными условиями второго рода. В качестве примера проанализирована динамика гидротермических полей при хранении жидкого азота с учетом поступающей теплоты через смоченную поверхность.

Ключевые слова: аналитическое решение, прямоугольная каверна, свободноконвективное течение, уравнения Стокса

UDC 536.25

V.I. Ryazhskikh, V.A. Sumin (Voronezh State Technical University, Russia)

E-mail: vi@mail.ru

Analysis of free convective hydrothermal fields in a rectangular cavity under thermal boundary conditions of the second kind

Based on the Oberbeck – Boussinesq equations, the problem of motion of a Newtonian fluid in a rectangular cavity in the Stokes hydrodynamic approximation is formulated. Thermal and hydrodynamic subtasks are formulated. Using integral Fourier transforms, an analytical solution of the model equations with thermal boundary conditions of the second kind is obtained. As an example, the dynamics of hydrothermal fields during storage of liquid nitrogen is analyzed, taking into account the incoming heat through the wetted surface.

Keywords: analytical solution, rectangular cavity, free convective flow, Stokes equations

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 004.9: 303.732.4: 628.16: 661.11

А.М. Бессарабов, д-р техн. наук, В.Е. Трохин, А.К. Попов, кандидаты хим. наук, А.С. Радецкая (АО «Научный центр «Малотоннажная химия», г. Москва, Россия) E-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

CALS-проект аппаратурно-технологического оформления модульной системы водного хозяйства предприятия

Проведен системный анализ обеспечения водными ресурсами промышленного предприятия. Для предприятия АО «ЭКОС-1» разработана интегрированная система водного хозяйства, включающая все технологические и вспомогательные процессы, в которых используются водные ресурсы. Система включает аппаратурно-технологические модули: оборотного водоснабжения; получения обессоленной воды; получения высокочистой воды; генерации пара, сбора и обработки конденсата; сбора и обработки загрязненных вод; горячего



водоснабжения. Разработка проведена с применением системы компьютерной поддержки – CALSтехнология.

Ключевые слова: системный анализ, водные ресурсы, аппаратурные модули, CALSтехнология, особо чистые вещества

UDC 004.9:303.732.4:628.16:661.11

A.M. Bessarabov, V.E. Trokhin, A.S. Radetskaya, A.K. Popov (R&D Centre ''Fine Chemicals'', Moscow, Russia) E-mail: bessarabov@nc-mtc.ru

CALS-project of hardware and technological design of the modular water management system of industrial enterprise

A systematic analysis of the problem of providing industrial enterprises with water resources has been carried out. An integrated water management system has been developed for JSC ECOS-1. It covers all technological and auxiliary processes in which water resources are used, and includes 6 hardware and technological modules: recycling water supply; obtaining demineralized water; obtaining high-purity water; steam generation, condensate collection and treatment; collection and treatment of polluted waters; hot water supply. The development was carried out using a computer support system - CALS-technology.

Keywords: system analysis, water resources, hardware modules, CALS technology, highly pure substances

УДК 66-2; 532.517

H.C. Трутнев, А.С. Соколов, кандидаты техн. наук, И.А. Буздалина (Московский политехнический университет, Россия) E-mail: trutnev7@yandex.ru

Компьютерное моделирование гидродинамики центробежного криогранулятора

Проведено компьютерное моделирование потока модельной жидкости и жидкого азота в центробежном криогрануляторе. Установлена хорошая сходимость результатов компьютерного моделирования на модельной жидкости (воде) и натурного эксперимента при параметрах модели: SST k— ω -модель турбулентности с равновесными пристеночными функциями FlowVision. Определено поле скоростей потока жидкого азота в объёме центробежного криогранулятора.

Ключевые слова: криохимический метод, нанокристаллические порошки, замораживание раствора, компьютерное моделирование, параметры модели, натурный эксперимент **UDC 66-2; 532.517**

N.S. Trutnev, A.S. Sokolov, I.A. Buzdalina (Moscow Polytechnic University, Russia) E-mail: trutnev7@yandex.ru

Computer simulation of hydrodynamics of centrifugal cryogranulator

A computer simulation of the flow of a model liquid and liquid nitrogen in a centrifugal cryogranulator was carried out. A good convergence of the results of computer modeling on a model liquid (water) and a full-scale experiment with model parameters is shown: SST k– ω -turbulence model together with equilibrium wall FlowVision functions. The field of liquid nitrogen flow velocities in the volume of the centrifugal cryogranulator is determined.

Keywords: cryochemical method, nanocrystalline powders, freezing of solution, computer modeling, model parameters, field experiment

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 662.62:662.75:662.94

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

Характеристики горячего распыления многокомпонентных водоугольных топлив

Представлены результаты исследований распыления многокомпонентных водоугольных суспензий горячим воздухом. В качестве компонентов топлива использовались уголь, вода, этанол, пирогенетическая жидкость. Установлено, что в сравнении с двухкомпонентным водоугольным топливом угол раскрытия струи увеличивается на 14...25 %, что существенно



увеличивает объем струи и зону воспламенения. Скорость капель в струе увеличивается на 9...13 % при нагреве воздуха на 50 К, при дальнейшем нагреве рост скоростей капель несущественен (не более 4 %). Распыление водоугольных суспензий горячим воздухом позволяет снизить средний размер капель в струе на 7...12 % в сравнении с «холодным» распылением (при 293 К).

Ключевые слова: уголь, водоугольная суспензия, термическая подготовка, распыление, пирогенетическая жидкость, этанол

UDC 662.62:662.75:662.94

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

Characteristics of hot spraying of multicomponent coal-water fuels

The results of studies of spraying multicomponent coal-water suspensions with hot air are presented. Coal, water, ethanol and pyrogenetic liquid were used as fuel components. It was found that in comparison with two-component coal-water fuel, the opening angle of the jet increases by 14...25%, which significantly increases its volume and ignition zone. The velocity of droplets in the jet increases by 9...13% when the air is heated by 50 K. With further heating, the growth of droplet velocities is insignificant (no more than 4%). It is proved that spraying the studied coal-water suspensions with hot air reduces the average droplet size in the jet by 7...12% compared to cold (293 K) spraying.

Keywords: coal, coal-water slurry, thermal preparation, spraying, pyrogenetic liquid, ethanol

УДК 66.023

В.К. Леонтьев, канд. техн. наук, М.А. Юровская, А.Е. Лебедев, д-р техн. наук (Ярославский государственный технический университет, Россия)

E-mail: leontievvk@ystu.ru

Коэффициент эффективности пылеуловителя-классификатора

Определен коэффициент эффективности аппаратов для центробежной сепарации твердых частиц от сплошной фазы. Проведены расчет и сравнительный анализ коэффициента эффективности для различных ступеней пылеуловителя-классификатора, а также для первой ступени очистки аппарата инерционно-центробежного типа.

Ключевые слова: центробежная сепарация, пылеуловитель-классификатор, фактор разделения, время осаждения, коэффициент эффективности аппарата

UDC 66.023

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

Effectiveness coefficient of the dust collector-classifier

Effectiveness coefficient is obtained for apparatus performing centrifugal separation of solid particles from continuous phase. Calculation and comparative analysis of effectiveness coefficient for different stages of dust collector-classifier, as well as effectiveness coefficient of the first stage of cleaning for the device of inertial centrifugal type was performed.

Keywords: centrifugal separation, dust collector-classifier, separation factor, deposition time, effectiveness coefficient for apparatus

ЭКОНОМИКА

УДК 621.928.37+621.928.93

В.В. Кузьмин, канд. техн. наук (Белорусский государственный технологический университет, г. Минск) E-mail: bstu@list.ru

Расчет экономически оптимальной скорости газа в циклоне

Получены аналитические зависимости для расчета экономически оптимального значения условной скорости газа в циклоне с учетом как технических, так и экономических параметров, влияющих на стоимость очистки газа. Предложен способ определения оптимальных диаметра циклона и числа циклонов, соответствующих минимальной стоимости очистки газа с учетом требуемой эффективности пылеулавливания. На основе полученных зависимостей установлено,



что применяемые при подборе циклона рекомендуемые фиксированные значения условной скорости газа для большинства случаев завышены.

Ключевые слова: очистка газа, пылеуловитель, циклон, оптимальная скорость газа в циклоне, снижение стоимости очистки газа, экономическая эффективность, энергосбережение **UDC 621.928.37**+**621.928.93**

V.V. Kuzmin (Belarusian State Technological University, Minsk)

E-mail: bstu@list.ru

Calculation of economically optimal values of gas velocity in cyclones

Analytical dependencies are obtained to find the economically optimal value of the average gas velocity in the cyclone, taking into account both technical and economic parameters that affect the cost of gas purification. A method is proposed for determining the optimal cyclone diameter and the number of cyclones corresponding to the minimum cost of gas purification, taking into account the required dust collection efficiency. Based on the dependencies obtained, it is shown that the recommended fixed values of the average gas velocity used today when selecting a cyclone are overestimated for most cases.

Keywords: gas cleaning, dust collector, cyclone, optimal gas velocity in a cyclone, reducing costs of gas cleaning, economic efficiency, energy saving



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 11–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

Секция «Ожижение и разделение промышленных газов»

УДК 66.048.3

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, М.Ю. Куприянов, канд. техн. наук,

А.И. Верховный, А.Г. Куцко, К.К. Сирота (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: kutsko@bmstu.ru

Сравнение эффективности различных типов насадочных элементов при разделении изотопов методом ректификации

Проведено сравнение эффективности разделения изотопов методом ректификации с применение разных типов насадок. Проведен сравнительный анализ экспериментальных данных по эффективности разделения и значений высоты единицы переноса, полученных по эмпирическим формулам. Сформулированы рекомендации по выбору типа насадочных элементов и расчетных формул эффективности разделения на начальных этапах конструирования колонн.

Ключевые слова: высота единицы переноса, разделение изотопов, ректификация, насадочный элемент

UDC 66.048.3

V.L. Bondarenko, M.Yu. Kupriyanov, A.I. Verkhovny, A.G. Kutsko, K.K. Sirota (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: kutsko@bmstu.ru

Comparison of the efficiency of various types of packing elements for isotope separation by rectification method

The article compares the efficiency of isotopes separation by rectification method using different types of packings. A comparative analysis of experimental data and values obtained from an empirical formulas based on the evaluation of efficiency. As a result of the work of these recommendations on the choice of the type of packing elements and the calculation formula for the efficiency of separation required for the initial calculations of the constructed column.

Keywords: height of a transfer unit, isotope separation, rectification, packing element

УДК 544.723.2

М.Ю. Куприянов, канд. техн. наук, А.И. Верховный, В.Д. Кононова, А.С. Мирошкин (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) Е-mail: amiroshkins@gmail.com

Сравнение цеолитов NaX и NaA в качестве адсорбентов в блоках очистки установок получения чистых Kr и Xe

Исследована эффективность синтетических цеолитов NaA и NaX в качестве адсорбентов для использования в блоках комплексной очистки установок низкотемпературного разделения ксенонсодержащей смеси. Адсорбционная емкость цеолитов по Kr определена по данным о заполнении адсорберов Kr в рамках технологического процесса подготовки адсорберов, адсорбционная емкость адсорбентов по Xe оценена по данным процесса замещения Xe из блока очистки. Экспериментально полученные изотермы адсорбции N_2 , Xe, CO_2 на цеолите NaA сопоставлены с литературными данными. Полученные данные могут быть полезны при



планировании регламентных и исследовательских работ на установке получении Кr и Хе высокой чистоты.

Ключевые слова: установка разделения Kr-Xe смеси, модуль очистки, адсорбер, цеолиты NaX и NaA, адсорбционная емкость

UDC 544.723.2

M.Yu. Kupriyanov, A.I. Verkhovny, V.D. Kononova, A.S. Miroshkin (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: amiroshkins@gmail.com

Comparison of NaX and NaA zeolites as adsorbents in purification units of pure Kr and Xe production plants

Efficiency of synthetic zeolites NaA and NaX as adsorbents used in complex purification units of low-temperature rectification plants for the separation of a xenon-containing mixture was studied. The adsorption capacity of zeolites for Kr was estimated from experimental data on the filling of Kr adsorbers as part of the technological process of preparing adsorbers for research. The adsorption capacity of Xe was evaluated by considering the technological process of replacing Xe from the purification unit. The experimentally obtained adsorption capacity of NaA zeolite for N₂, Xe, CO₂ was compared with the literature data. The data obtained may be useful in planning routine and research work on a high purity Kr and Xe production plant.

Keywords: Kr-Xe mixture separation unit, purification module, adsorber, zeolites NaX and NaA, adsorption емкость

УДК 536.483:538.941

В.Л. Бондаренко, д-р техн. наук, М.Ю. Куприянов, канд. техн. наук, А.И. Верховный, А.Г. Куцко, К.К. Сирота (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: sirota@bmstu.ru

Влияние геометрических параметров пористой среды на работу энтропийного фильтра для сверхтекучего $^4{\rm He}$

Эффективное использование сверхтекучего ⁴Не в криогенных тепломассообменных аппаратах возможно с применением энтропийного фильтра, основанного на создании локального гидравлического сопротивления, преодоление которого возможно только при сверхтекучей фазе с почти нулевой вязкостью. При этом разделяются две фазы сверхтекучего ⁴Не с последующим использованием одной из них. В качестве гидравлического сопротивления могут быть микрощели, дроссели, пористые тела. В работе анализируется влияние геометрических параметров пористой среды (пористости и размера пор) на режимы протекания через нее сверхтекучего ⁴Не. Оценены диапазоны стационарных и переходных режимов для потока сверхтекучего компонента через энтропийный фильтр.

Ключевые слова: сверхтекучий ⁴He, пористая среда, энтропийный фильтр, докритический режим, закритический режим

UDC 536.483:538.941

V.L. Bondarenko, M.Yu. Kupriyanov, A.I. Verkhovny, A.G. Kutsko, K.K. Sirota (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: sirota@bmstu.ru

Influence of porous medium geometric parameters on the superfluid ⁴He entropy filter operation

Efficient use of superfluid ⁴He in cryogenic heat and mass transfer apparatus is possible due to the use of the entropy filter based on the creation of local hydraulic resistance, which can be effectively passed only by a superfluid phase with almost zero viscosity. Thus, two phases of superfluid ⁴He are separated, followed using one of them. Microslits, chokes, porous bodies can act as hydraulic resistance. The article analyzes the influence of the geometric parameters of porous media – porosity and pore size – on the flow regimes of superfluid ⁴He through it. The ranges of stationary and transient regimes are estimated for the flow of a superfluid component through an entropy filter.

Keywords: superfluid ⁴He, porous media, entropy filter, subcritical regime, supercritical regime



Секция «Криофизика, криогенная техника»

УДК 621.59.004.032.26

Н.А. Лавров, д-р техн. наук, С.И. Хуциева (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия);

В.А. Шананин (Московский государственный строительный университет, Россия) E-mail: lavrovna@bmstu.ru

Применение нейронных сетей для динамического моделирования теплообменного аппарата

Исследовано применение нейронной сети для вычисления значений температур потоков динамического режима двухпоточного противоточного теплообменного аппарата. Подобрана оптимальная архитектура нейронной сети для задачи динамического моделирования теплообменного аппарата, получены оптимальные значения числа нейронов и числа слоев в нейронной сети для минимизации среднеквадратичной ошибки.

Ключевые слова: теплообменные аппараты, нейронные сети, динамические режимы **UDC 621.59.004.032.26**

N.A. Lavrov, S.I. Khutsieva (Bauman Moscow State Technical University, Russia);

V.A. Shananin (Moscow State University of Civil Engineering, Russia)

E-mail: lavrovna@bmstu.ru

Application of neural networks for simulation of heat exchanger dynamics

The paper presents the use of a neural network to calculate the double-flow counterflow heat exchanger flow temperatures values of the dynamic mode. The optimal architecture of the neural network for the problem of heat exchanger dynamic modeling was selected and the optimal values for the number of neurons and the number of layers in the neural network were obtained to achieve the minimum mean square error.

Keywords: heat exchangers, neural networks, dynamic modes

УДК 621.59

Н.Е. Шишова, канд. юрид. наук, И.А. Архаров, Е.С. Навасардян, доктора техн. наук, С.А. Токарев (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: nshishova@bmstu.ru

Анализ рабочих циклов микрокриогенных газовых машин с позиций максимизации ресурсных характеристик

На стадии проектирования или совершенствования модели микрокриогенной газовой машины (МКГМ) осуществляется подбор рабочего цикла и соответствующего ему конструктивного исполнения устройства. Данный выбор обусловлен комплексом технических параметров и требований, предъявляемых как к машине, условиям ее работы, так и к объекту охлаждения. Проведен анализ рабочих циклов МКГМ, реализующих циклы Стирлинга, Сольвея, Гиффорда — МакМагона, Вюлемье и их модификации. Цели исследования: определение способов повышения термодинамической эффективности машины на стадии проектирования или совершенствования модели путем модернизации рабочего цикла; подбор компоновочной схемы с предварительной оценкой срока службы отдельных элементов и узлов, основанной на экспериментальных данных отечественных и иностранных компаний. Авторы надеются, что данный анализ позволит на стадии проектирования новой МКГМ выбрать наиболее подходящий рабочий цикл под заданные параметры и требуемый ресурс, а в случае совершенствования устройства — определить возможные пути улучшения его термодинамических характеристик, повышения срока службы под заданные технические требования.

Ключевые слова: микрокриогенная газовая машина (МКГМ), степень термодинамической эффективности, цикл Стирлинга, цикл Сольвея, цикл Гиффорда — МакМагона, цикл Вюлемье, ресурс

UDC 621.59

N.E. Shishova, I.A. Arkharov, E.S. Navasardyan, S.A. Tokarev (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: nshishova@bmstu.ru

Analysis of operating cycles of microcryocoolers from the standpoint of lifetime maximization



At the design stage of a new model or improvement of an existing microcryocooler, engineers select the operating cycle and the corresponding design of the future device. This choice is due to a set of technical parameters and requirements for both the machine itself, its operation conditions and the object of cooling. The paper analyzes the operating cycles of microcryocoolers that implement the Stirling, Solvay, Gifford – McMahon, Vuillemier cycles and their modifications. Research objectives: to determine ways to improve the thermodynamic efficiency of the future machine at the stage of design or improvement of the existing model through modernization of the operating cycle; selection of the layout scheme with a preliminary assessment of the service life of individual elements and assemblies, based on experimental data of domestic and foreign companies. The authors hope that this analysis will make it possible at the design stage to select the most suitable operating cycle for the given parameters and required lifetime, and when improving the existing device, to determine the possible ways of improving its thermodynamic characteristics, increasing the lifetime for the given technical requirements.

Keywords: microcryocooler, Stirling cycle, Solvay cycle, Gifford – McMahon cycle, Vuillemier cycle, lifetime

УДК 620.93

Е.А. Кубанкова, И.А. Архаров, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: ea.kub@bk.ru

Обзор систем аккумулирования энергии

Проведен анализ особенностей применяемых систем аккумулирования энергии, сделаны выводы о достоинствах и недостатках различных систем.

Ключевые слова: системы хранения энергии, возобновляемая энергетика, накопители электроэнергии, анализ систем хранения энергии

UDC 620.93

E.A. Kubankova, I.A. Arkharov (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: ea.kub@bk.ru

Review of energy storage systems

In this paper the features of the most popular energy storage systems were analyzed, conclusions were made about advantages and disadvantages of different systems.

Key words: energy storage systems, renewable energy, energy storage systems, analysis of energy storage systems

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Секция «Холодильная техника и кондиционирование»

УДК 697.95:536.75

М.И. Здобнов (ООО «ЭЙ-СИ-С КОНСУЛЬТАНТ», г. Москва, Россия);

Н.А. Лавров, д-р техн. наук, В.В. Шишов, канд. техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: zdobnov_m@mail.ru

Энтропийный анализ потерь энергии в теплообменных секциях и в секции смешения центрального кондиционера

Проведен энтропийный анализ потерь энергии в секциях центрального кондиционера. Представлена методика определения потерь с применением энтропийного метода. По результатам замеров температуры и влажности наружного и рециркуляционного воздуха произведен расчет потерь при смешении воздушных потоков, охлаждении воздуха в секции испарителя и при нагреве в секции конденсатора. Проведен сравнительный анализ полученных результатов, представлены диаграммы распределения составляющих потерь и определены основные подходы уменьшения потерь.

Ключевые слова: центральный кондиционер, секция смешения, испаритель и конденсатор



парокомпрессионной холодильной машины, расход воздуха, наружный воздух, вытяжной воздух, рециркуляционный воздух, потери, энтропийный анализ

UDC 697.95:536.75

M.I. Zdobnov ("ACES CONSULTING" LLC, Moscow, Russia); N.A. Lavrov, V.V. Shishov (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: zdonov_m@mail.ru

Entropy analysis of energy losses in heat exchange sections and in mixing sections of a central air conditioner

The article presents an entropy analysis of losses in sections of a central air conditioner. The methodology for determining losses using the entropy analysis is presented in the work. The temperature and humidity of the outdoor and recirculating air were measured and losses due to mixing of air flows, cooling in the evaporator section and heating in the condenser section were calculated. A comparative analysis of the results is carried out and the distribution diagrams of the component losses are presented. Proposed conclusions regarding the way to reduce losses.

Keywords: central air conditioning, mixing section, evaporator and condenser of a steam compression refrigerating machine, air flow, outdoor air, exhaust air, recirculation air, losses, entropy analysis

УДК 621.56/.59

В.С. Николаев, И.В. Тищенко, канд. техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия; ПАО НПО «Наука», г. Москва, Россия) E-mail: vs.nikolaev.bmstu@gmail.com

Моделирование воздействия внешних механических факторов на турбоагрегат транспортной системы кондиционирования воздуха с лепестковыми газодинамическими подшипниками

Представлена нелинейная динамическая математическая модель динамики жёсткого ротора на лепестковых газодинамических подшипниках с упруго-деформируемой поверхностью лепестка. Модель позволяет исследовать влияние внешнего механического воздействия, такого как синусоидальная вибрация или случайная широкополосная вибрация, на динамику ротора в таких системах. Показано хорошее соответствие результатов моделирования с экспериментальными данными.

Ключевые слова: лепестковые газодинамические подшипники, турбомашина, кондиционирование, транспортные системы, моделирование, вибрация, случайная вибрация, виброустойчивость

UDC 621.56/.59

V.S. Nikolaev, I.V. Tishchenko (Bauman Moscow State Technical University, Russia; PJSC NPO "Nauka", Russia) E-mail: vs.nikolaev.bmstu@gmail.com

Modeling of influence of external mechanical factors on the turbine unit of air cooling transport system with gas foil bearings

An integrated nonlinear dynamic model of rigid shaft motion, unsteady gas film, and deformations of foil structure is established to investigate the impact of external mechanical factors such as sinusoidal and wide range random vibration of the rotor. Model was verified by own experimental data. Good agreement is shown between the prediction and test data.

Keywords: transport environmental control system, air cycle machine, gas foil bearings, turbomachinery, mechanical factors

УДК 621.565.945.3; 66.045.129.2

В.А. Портянихин, В.В. Шишов, канд. техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: v.portyanikhin@ya.ru

Адаптация метода ε -NTU к расчётам воздухоохладителей в условиях влаговыпадения или инеевыпадения

Разработан метод расчётов воздухоохладителей, работающих в «сухом» режиме (без



влаговыпадения или инеевыпадения), «мокром» режиме (с влаговыпадением или инеевыпадением на всей поверхности) или комбинированном режиме (с влаговыпадением или инеевыпадением на части поверхности), с возможностью применения для противоточных и прямоточных воздухоохладителей без фазового перехода охлаждающей среды и с её фазовым переходом. При сравнении с методом посегментного разбиения теплообменного аппарата установлена хорошая сходимость результатов расчётов при многократном сокращении их продолжительности.

Ключевые слова: теплообмен, массообмен, воздухоохладители, трубчато-ребристые теплообменные аппараты, охлаждение влажного воздуха, влаговыпадение, инеевыпадение, метод эффективность-NTU

UDC 621.565.945.3; 66.045.129.2

V.A. Portyanikhin, V.V. Shishov (Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia) E-mail: v.portyanikhin@ya.ru

Adaptation of the ϵ -NTU method to the calculation of air coolers in dehumidification or frost conditions

A calculation method has been developed applicable to air coolers operating in «dry» mode (without dehumidification or frosting), «wet» mode (with dehumidification or frosting on the entire surface) or combined mode (with dehumidification or frosting on part of the surface) for counterflow and parallel-flow air coolers without phase transition of the cooling fluid and with its phase transition. Comparison with the method of segmented division of the heat exchanger showed good convergence of the calculation results with a multiple reduction in their execution time.

Keywords: heat transfer, mass transfer, air coolers, fin-and-tube heat exchangers, cooling of humid air, dehumidifying conditions, frost conditions, efficiency-NTU method

УДК 532.135, 532.5, 621.65.05

М.Л. Галкин, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия). E-mail: galkinml@bmstu.ru

Магнитострикционные антифризы

Исследована эффективность теплообмена потока антифриза с магнитострикционным интерметаллическим сплавом для применения в качестве рабочего вещества холодильной системы. В качестве движущей силы магнитострикционного хладоносителя применено динамическое двумерное градиентное магнитное поле. Регулирование и управление объемным расходом хладоносителя реализовано индукцией динамического магнитного поля при изменении ориентации и размера диспергированных в хладоносителе плоских частиц сплава.

Ключевые слова: антифриз, хладоноситель, теплоноситель, магнитострикция, магнитные свойства, циркуляция, реология, энергоэффективность, теплопередача, теплообмен, энергосбережение, динамическое магнитное поле, скачек плотности

UDC 532.135, 532.5, 621.65.05

M.L. Galkin (Bauman Moscow State Technical University, Russia). E-mail: galkinml@bmstu.ru Magnetostrictive antifreezes

The heat exchange efficiency of the flow of antifreeze used as the working substance of the refrigeration system filled with magnetostrictive intermetallic alloy was investigated. A dynamic two-dimensional gradient magnetic field was used as a driving force of the magnetostrictive coolant. Regulation and control of the volume flow rate of the coolant was realized through induction of the dynamic magnetic field by changing the orientation and size of flake-shaped particles dispersed in the coolant.

Keywords: antifreeze, coolant, coolant, magnetostriction, magnetic properties, circulation, rheology, energy efficiency, heat transfer, heat exchange, energy saving, dynamic magnetic field, density jump



Аннотации статей журнала «Химическое и нефтегазовое машиностроение» № 12–2022

ИССЛЕДОВАНИЯ. КОНСТРУИРОВАНИЕ. РАСЧЕТЫ. ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

КРИОГЕННАЯ ТЕХНИКА. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА

Секция «Ожижение и разделение промышленных газов»

УДК 536.27

А.И. Смородин, д-р техн. наук, Т.И. Мурашкина, канд. техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия); А.Л. Шуяков, канд. техн. наук, Е.Е. Шуякова (ООО «Криомаш-БЗКМ», г. Балашиха Московской обл., Россия) E-mail: smorodin38@rambler.ru

Исследование процесса политермической орто-параконверсии водорода и его промышленная реализация

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса политермической орто-параконверсии водорода, которые позволили выявить ряд важных факторов, влияющих на работу аппарата конверсии. Экспериментальное исследование проведено на опытно-промышленной установке по сжижению водорода производительностью 20 кг/ч. Сопоставление полученных результатов показало хорошее согласование опытных и теоретических данных во всей исследованной области. Показано, что в интервале температур от 63 до 34 К возможен процесс непрерывной орто-параконверсии с достижением величины равновесной концентрации параводорода 90 %. По результатам выполненного комплекса работ был модернизирован низкотемпературных узел промышленного ожижителя водорода высокого давления, что позволило получить 500 кг жидкого параводорода в час и решить поставленную задачу по удвоению производительности действующего оборудования.

Ключевые слова: водород, дейтерий, математическая модель, орто-параконверсия, непрерывная конверсия, адиабатическая конверсия

UDC 536.27

A.I. Smorodin, T.I. Murashkina (Bauman Moscow State Technical University, Russia); A.L. Shuyakov, E.E. Shuyakova (LLC ''Cryomash-BZKM'', Balashikha, Moscow region, Russia) E-mail: smorodin38@rambler.ru

Study of polythermal hydrogen ortho-paraconversion process and its industrial implementation

The paper presents the results of the theoretical and experimental study of the process of polythermal ortho-paraconversion of hydrogen, which made it possible to find a number of important factors affecting the operation of the conversion apparatus. An experimental study of ortho-paraconversion processes was carried out on a pilot plant for hydrogen liquefaction with a capacity of 20 kg/h. A comparison of the obtained results shows that there is a good agreement between the experimental and calculated data in the entire studied area. It has been shown that, in the temperature range from 63 to 34 K, the process of continuous ortho-paraconversion is possible with the achievement of an equilibrium parahydrogen concentration of 90 %. Based on the results, the low-temperature unit of the industrial high-pressure hydrogen liquefier was modernized, which made it possible to obtain 500 kg of liquid parahydrogen per hour and solve the task of doubling the productivity of the existing equipment.

Keywords: hydrogen, deuterium, mathematical model, ortho-paraconversion, continuous conversion, adiabatic conversion

Секция «Криофизика, криогенная техника»



УДК 621.57

В.А. Чехович (АО «Конструкторское бюро точного машиностроения имени А.Э. Нудельмана», г. Москва, Россия); Е.С. Навасардян, д-р техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: czechowicz@mail.ru

Применение модели расслоения газового столба для расчета криогенных машин замкнутого цикла

Представлено описание физической модели расслоения газового столба, с применением которой производится моделирование реальных термодинамических процессов в криогенных газовых машинах замкнутого цикла. В частности, рассмотрены машины, в которых используется охладитель с пульсационной трубой, работающие по циклам Стирлинга. Высокая эффективность таких машин связана с низким уровнем вибрации на холодном конце криоголовки и с существенным увеличением ресурса в сравнении с криогенными газовыми машинами, в состав которых входит физический вытеснитель. Приведены примеры расчётов, выполненных по предлагаемой модели, и полученные результаты. Для оценки эффективности машин предложено вместо классической диаграммы Шмидта использовать две новые диаграммы – эволюционирования фаз и ресурсоёмкости. Применение модели – возможность определения в первом приближении оптимальной волюметрической схемы криогенной машины, её термодинамических характеристик (таких как мощность, холодопроизводительность, КПД), а также возможность расчета изменения фазовых характеристик термодинамических процессов для задаваемых пользователем факторов с учетом нестационарного процесса выхода на режим при инициализации двух типов: реального и мнимого. Среди факторов, задаваемых пользователем, следует отметить: гидравлическое сопротивление аппаратов, критерий Нуссельта, эффективную теплопроводность, температуру окружающей среды.

Ключевые слова: микрокриогенная газовая машина (МКГМ), пульсационная труба, расчет цикла Стирлинга, расчет цикла Эриксона

UDC 621.57

V.A. Chekhovich (Nudelman Precision Engineering Design Bureau, Moscow, Russia);

E.S. Navasardyan (Bauman Moscow State Technical University, Russia)

E-mail: czechowicz@mail.ru

Application of the gas column stratification model for the calculation of closed-cycle cryogenic machines

This article discusses the description of the physical model of gas column stratification, which is used to simulate real thermodynamic processes in cryogenic gas machines of a closed cycle. In particular, machines using a pulse tube cooler and operating on Stirling cycles are considered. The high efficiency of such machines is associated with a low level of vibration at the cold end of the cryohead and with a significant increase in resource in comparison with cryogenic gas machines, which include a physical displacer. The article provides examples of calculations performed according to the proposed model and the results obtained. To assess the efficiency of machines, it is proposed to use two new diagrams instead of the classical Schmidt diagram - evolution of phases and resource intensity. The model is able to determine, as a first approximation, the optimal volumetric scheme of a cryogenic machine, its thermodynamic characteristics, such as: power, cooling capacity, efficiency, and also calculate the change in the phase characteristics of thermodynamic processes for user-defined factors, taking into account the non-stationary process of entering the regime with two types of initializations: real and imaginary. Among the factors set by the user, it should be noted: the hydraulic resistance of the apparatus, the Nusselt criterion, the effective thermal conductivity, and the ambient temperature.

Keywords: Microcryogenic gas machine (MCGM), pulsation pipe, calculation of the Stirling cycle, calculation of the Ericsson cycle

УЛК 66-973

О.Г. Артемьев, А.А. Казакова, канд. техн. наук, Н.А. Лавров, д-р техн. наук, А.В. Левченко (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) Е-



mail: lavrovna@bmstu.ru

Применение твердых криогенных агентов в системах жизнеобеспечения космических станций для создания компонентов атмосферы

Предлагается новая технология восполнения суточных потерь азота в атмосфере российского сегмента Международной космической станции (200 г/сут) и охлаждения бортовых электронных устройств. Предлагаемые технологии могут быть использованы для создания систем хранения твердого азота, а также выделения газообразного азота для создания атмосферы для жилых отсеков на космических станциях и, в перспективе, на Лунной станции.

Ключевые слова: космическая станция, космический аппарат, криостат, твердый азот, криогенные агенты

UDC 66-973

O.G. Artemyev, A.A. Kazakova, N.A. Lavrov, A.V. Levchenko (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: lavrovna@bmstu.ru

Application of solid cryogenic agents in space station life support systems for creation of atmosphere components

We propose a new technology for replenishing daily nitrogen losses in the atmosphere of the Russian segment of the International Space Station (200 g/day) and for cooling on-board electronic devices. The proposed technologies can be used to create systems for the storage of solid nitrogen, as well as the release of gaseous nitrogen to create an atmosphere for living compartments at Space Stations and, in the future, at the Lunar Station.

Keywords: space station, spacecraft, cryostat, solid nitrogen, cryogenic agents

ПРОЦЕССЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Секция «Холодильная техника и кондиционирование»

УДК 621.574; 536.75

В.В. Шишов, канд. техн. наук, В.А. Портянихин (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия); М.С. Талызин, канд. техн. наук (Журнал «Холодильная техника», г. Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: v.portyanikhin@ya.ru

Энтропийно-статистический анализ субкритических холодильных циклов с эжектором в качестве расширительного устройства

Приведены общие выражения для энтропийно-статистического анализа парокомпрессионных холодильных циклов. Разработано открытое программное обеспечение для энтропийно-статистического анализа парокомпрессионных холодильных циклов. С применением метода энтропийно-статистического анализа проведено сравнение двух различных холодильных циклов с применением эжектора в качестве расширительного устройства с пятью другими циклами, в которых в качестве расширительного устройства применяются дроссельные вентили. Расчёты проведены для двух температурных уровней: среднетемпературного и низкотемпературного. Показаны уровни энергопотребления в зависимости от используемого цикла и температуры кипения. Результаты показали рациональность и перспективность применения эжекторов в качестве расширительных устройств не только в транскритических холодильных циклах, но и в субкритических циклах.

Ключевые слова: субкритические, парокомпрессионные холодильные циклы, энтропийностатистический анализ, хладагенты, эжекторы

UDC 621.574; 536.75

V.V. Shishov, V.A. Portyanikhin (Bauman Moscow State Technical University, Russia); M.S. Talyzin (Journal «Kholodil'naya tekhnika», St. Petersburg, Russia) E-mail: v.portyanikhin@ya.ru Entropy-statistical analysis of subcritical refrigeration cycles with ejector as an expansion device



General expressions for entropy-statistical analysis of vapor-compression refrigeration cycles are given. An open software for entropy-statistical analysis of vapor-compression refrigeration cycles has been developed. Using the entropy-statistical analysis method, two different refrigeration cycles using an ejector as an expansion device were compared with 5 other cycles in which expansion valves are used in this capacity. Calculations were carried out for two temperature levels: medium-temperature and low-temperature. Energy consumption levels are shown depending on the cycle used and the evaporating temperature. The results showed the rationality and prospects of using ejectors as expansion devices not only in transcritical refrigeration cycles, but also in subcritical ones.

Keywords: subcritical, vapor-compression refrigeration cycles, entropy-statistical analysis, refrigerants, ejectors

УДК 629.7.048

М.Л. Галкин, д-р техн. наук, А.А. Казакова, канд. техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия)

E-mail: galkinml@bmstu.ru

Конверсия углеводородов и воды в закрытых системах жизнеобеспечения для межпланетных полетов

Представлено эффективное решение проблемы повышения степени конверсии воды и кислорода из продуктов жизнедеятельности экипажа для межпланетных пилотируемых полетов. В настоящее время в комплексах регенерации воды и кислорода используется метод высокотемпературного электролиза диоксида углерода и воды с циклической реакцией гидрирования монооксида углерода до метана и обеспечивается конверсия до 61 %. В этом случае отходы выбрасываются в виде монооксида углерода (270 г/сут), метана (140 г/сут), водорода (60 г/сут) и фекалий (150 г/сут). Однако эти отходы можно перерабатывать в описанном реакторе и легко использовать на международной космической станции в качестве удобрений для растений, а также для синтеза и биосинтеза востребованных органических веществ, таких как глюкоза. Благодаря использованию реактора замыкается полный цикл преобразования воды внутри станции для межпланетных экспедиций, сокращается количество отходов, масса доставляемых грузов и необходимые запасы для межпланетных экспедиций.

Ключевые слова: диоксид углерода, метан, конверсия углеводородов, конверсия воды, кислород, регенерация воды, высшие алканы, МКС

UDC 629.7.048

M.L. Galkin, A.A. Kazakova (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: galkinml@bmstu.ru

Conversion of hydrocarbons and water in closed life support systems for interplanetary flights

The article presents an effective solution to the problem of increasing the degree of water and oxygen conversion from the crew's waste products for interplanetary manned flights. The currently used water and oxygen regeneration complexes use the method of high-temperature electrolysis of carbon dioxide and water with a cyclic reaction of hydrogenation of carbon monoxide to methane and provide up to 61 % conversion. In this case, waste is emitted in the form of carbon monoxide (270 g/day), methane (140 g/day), hydrogen (60 g/day) and feces (150 g/day). The proposed method is based on the complete regeneration of water and oxygen in a reactor, in which additional water and higher alkanes are obtained from the waste of existing regeneration complexes by the action of low-temperature plasma with the presence of catalysts from hydrocarbons. The products obtained in this way can be used on the International Space Station as fertilizers for plants, as well as for the synthesis and biosynthesis of organic substances in demand, such as glucose. Due to the use of the reactor, the full cycle of water conversion inside the station for interplanetary expeditions is closed, the amount of waste, the mass of delivered cargoes and the necessary reserves for interplanetary expeditions are reduced.

Keywords: carbon dioxide, methane, hydrocarbon conversion, water conversion, oxygen, water regeneration



УДК 621.565.83; 665.66

М.С. Талызин, канд. техн. наук (Журнал «Холодильная техника», г. Санкт-Петербург, Россия); В.Г. Пономарев, канд. хим. наук (ООО «НПП Синтез», Пермь, Россия) E-mail: talyzin_maxim@mail.ru

Применение природных хладагентов в холодильной технике

Приведены результаты анализа потерь энергии холодильных установок с природными и синтетическими холодильными агентами R134a, R404A, R1270, R290 (температуры кипения хладагента –25 °C, –18 °C, –13 °C), работающих по циклу одноступенчатого сжатия с однократным дросселированием. Расчеты проведены энтропийно-статистическим методом термодинамического анализа. По результатам анализа выявлена перспективность применения природных хладагентов (R1270 и R290). Даны рекомендации по переходу на природные хладагенты в холодильном оборудовании.

Ключевые слова: энтропийно-статистический метод анализа, эффективность, природные хладагенты, пропилен, пропан

UDC 621.565.83; 665.66

M.S. Talyzin (Journal «Kholodil'naya tekhnika», St. Petersburg, Russia); V.G. Ponomarev (LLC «NPP Sintez», Perm, Russia) E-mail: talyzin_maxim@mail.ru Application of natural refrigerants in refrigeration plants

Results of analysis of losses in refrigeration plants with and different natural and synthetic refrigerants R134a, R404A, R1270, R290 (evaporation temperatures –25 °C, –18 °C, –13 °C) working on single stage refrigeration cycle with single throttling, obtained by entropic and statistical method of thermodynamical analysis, were given. The results of the analysis showed the perspective of application of natural refrigerants (R1270 and R290) and allowed to determine the ways to improve refrigeration plants. Recommendations for transition to natural refrigerants usage refrigeration equipment are given.

Keywords: entropic and statistical method of analysis, efficiency, nature refrigerants, propylene, propane

УДК 541.183; 532.546.7

И.Д. Шелякин (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия; Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва, Россия):

Е.М. Стриженов, канд. техн. наук, С.С. Чугаев, А.В. Школин, канд. хим. наук, И.Е. Меньщиков, канд. хим. наук (Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина РАН, г. Москва, Россия); А.А. Казакова, канд. техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: shelyakinlife@mail.ru

Математическое моделирование процесса

охлаждения адсорбентов с различной геометрией каналов при низкотемпературной циркуляционной заправке метаном

Методом математического моделирования исследованы процессы охлаждения циркуляционным потоком метана моноблочной адсорбционной структуры с центральными круглыми проточными каналами и структуры, образованной моноблоками в форме шестиугольных призм с щелевыми проточными каналами по периметру адсорбента. При заправке до 160 нм³/м³ (конечная средняя температура адсорбента — около 269 К) применением моноблочной структуры с щелевыми каналами обеспечивается сокращение продолжительности заправки на 53...63 % по сравнению с моноблочной структурой с круглыми каналами. Минимальная продолжительность низкотемпературной заправки по результатам моделирования составила 216 с, что соответствует быстрой заправке, отвечающей потребностям автовладельцев.

Ключевые слова: адсорбированный природный газ, математическое моделирование, вычислительная гидродинамика, пористая среда, адсорбция, адсорбент, метан, процессы тепло- и массообмена, хранение метана, циркуляционная заправка

UDC 541.183; 532.546.7



I.D. Shelyakin (Bauman Moscow State Technical University, Russia; Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, Moscow, Russia);

E.M. Strizhenov, S.S. Chugaev, A.V. Shkolin, I.E. Men'shchikov (Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry, Moscow, Russia); A.A. Kazakova (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: shelyakinlife@mail.ru

Mathematical modeling of the cooling process of adsorbents with different channel geometry at low-temperature circulating charging with methane

Using the method of mathematical modeling, the processes of cooling a monoblock adsorption structure with central round flow channels and a structure formed by monoblocks in the form of hexagonal prisms with slotted flow channels along the perimeter of the adsorbent by a circulating flow of methane were studied. When charging up to 160 v/v (final average temperature of the adsorbent is about 269 K), the use of a monoblock structure with slotted channels reduces the charging time by 53...63 % compared to a monoblock structure with round channels. The minimum duration of low-temperature charging according to the simulation results was 216 seconds, which corresponds to a fast charging that meets the needs of car owners.

Keywords: adsorbed natural gas, mathematical modeling, computational fluid dynamics, porous medium, adsorption, adsorbent, methane, heat and mass transfer processes, methane storage, circulation charging

УДК 62-784.433

E.В. Сергиянский, А.А. Казакова, канд. техн. наук (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Россия) E-mail: sev19eaa025@student.bmstu.ru Новая технология улавливания частиц железа из воздуха в барботажном устройстве с неодимовыми магнитами

Предложены новая технология определения примесей железа в воздухе и очистки воздуха (применительно для города Апатиты), а также экспериментальная установка для барботажа исследуемого газа через слой дистиллированной воды с применением неодимовых магнитов для концентрирования примесей. Предложенная технология может быть полезна для более точного определения количества примесей в воздухе и более эффективной очистки воздуха.

Ключевые слова: концентрирование твердых частиц, барботаж, дистиллированная вода, неодимовые магниты, атомно-абсорбционный анализ

UDC 62-784.433

E.V. Sergiyanskiy, A.A. Kazakova (Bauman Moscow State Technical University, Russia) E-mail: sev19eaa025@student.bmstu.ru

Novel technology for iron particles capturing from air in a bubbler with neodymium magnets

A new technology for determining impurities in the air and air purification is proposed (for the city of Apatity) and an experimental installation. Bubbling of the studied gas through a layer of distilled water with the use of neodymium magnets for the concentration of impurities is considered. The proposed technology makes it possible to more accurately determine the amount of impurities in the air as well as improve air purification.

Keywords: concentration of solid particles, bubbling, distilled water, neodymium magnets, atomic-absorption analysis

КОМПРЕССОРЫ. НАСОСЫ. ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

Секция «Холодильная техника и кондиционирование»

УДК 621.5.041

А.А. Жаров, А.В. Борисенко, А.В. Валякина, кандидаты техн. наук, С.В. Початков, М.В. Макаров (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,



Poccuя) E-mail: Pochatkov SV@mail.ru

Виды спиралей холодильных спиральных компрессоров и расчёт геометрии их профилей

В холодильной технике часто используются спиральные компрессоры, характеризующиеся высоким коэффициентом подачи, малым уровнем шума, высокой уравновешенностью и рядом других достоинств. В открытом доступе недостаточно информации по профилированию спиралей спиральных компрессоров, поэтому при их проектировании наиболее сложно именно профилирование спирали. Выведены и описаны необходимые математические зависимости, позволяющие профилировать и строить 3D-модели кусочно-окружной спирали, эвольвентной спирали и спирали Архимеда.

Ключевые слова: спиральный компрессор, профилирование спиралей, кусочно-окружная спираль, эвольвентная спираль, спираль Архимеда

UDC 621.5.041

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

Types of scrolls of refrigeration scroll compressors and calculation of geometry of scroll profiles

Spiral compressors are often used in refrigeration with volumetric efficiency, low noise, high balance and a number of other advantages. There is not enough information in the public domain describing the profiling of scroll, therefore, when designing scroll compressor, the greatest difficulty is the scroll profiling. The necessary mathematical relations are developed and described, which allow profiling and 3D models constructing of a piecewise circular scroll, an involute scroll and an Archimedes' scroll.

Keywords: scroll compressor, scroll profiling, piecewise circular scroll, involute scroll, Archimedes' scroll



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»

<u>29 марта 2023 г. - XIV Межотраслевая конференция АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2023</u>

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.











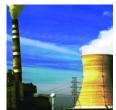


Подробнее - см. сайт конференции «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА» - www.intecheco.ru/anticor/



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/



Слушатели и докладчики могут выбрать очный или заочный формат участия:

- заочные участники получают на эл.почту диплом и ссылки на материалы конференции: эл. сборник докладов и каталог, архив с презентациями, брошюрами и ссылками на заранее записанными доп.видео,
- очные участники (слушатели) также получают ссылки на материалы и эл.диплом, могут присутствовать в конференц-зале, слушать очные доклады, посетить выставку при конференции и кофе-брейки,
- для всех докладчиков предусмотрена возможность публикации в каталоге и сборнике докладов, размещение презентаций, файлов и ссылок на доп.видео в эл. архиве конференции, а очные докладчики также могут выступить с 20 минутным очным докладом, посетить конференцию, выставку и кофе-брейки..

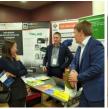
Для заочных участников онлайн трансляции нет. Очные доклады слушают только очные участники. На конференции ведется видеозапись и после обработки видео оргкомитет высылает всем участникам (очным и заочным) ссылки на видео очных докладов и видео с выставки при конференции.













Примеры видео очных докладов и выставок при конференциях «ИНТЕХЭКО» см. на YOUTUBE-канале: https://www.youtube.com/@intecheco

Для регистрации участия - отправьте заявку на эл.почту: admin@intecheco.ru

Подробную информацию, условия участия, бланки заявок, фотографии, видеоотчеты, программы и сборники докладов конференций ООО «ИНТЕХЭКО» с 2008 года - см. на сайте <u>www.intecheco.ru</u>

По всем вопросам обращайтесь к организатору конференции - ООО «ИНТЕХЭКО»:

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

Стоимсоть участия и график конференций «ИНТЕХЭКО»: http://www.intecheco.ru/doc/plan_intecheco.pdf Apxив конференций OOO «ИНТЕХЭКО» с 2008 года: http://www.intecheco.ru/catalog/sbornik.html

Видеоканал на YOUTUBE - https://www.youtube.com/@intecheco

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