

ЕНЕРГЕТИКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

<i>Сетюков В. Б.</i> Здания с нулевым потреблением энергии извне, как составляющая в перспективе развития возобновляемой энергетики	3
--	---

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

<i>Таврин В. А.</i> Методика оценки влияния погодных условий и рельефа местности на высотные характеристики ДПЛА мониторинга поверхности Земли	12
<i>Гринь Г. І., Панасенко В. В., Лавренко А. О., Бондаренко Л. М., Резніченко Г. М., Дейнека Д. М., Адаменко С. Ю.</i> Методи промислового одержання карбонатних солей	17
<i>Болюх В. Ф., Олексенко С. В.</i> Влияние параметров наружного экрана на эффективность индукционно-динамического преобразователя	24
<i>Пономаренко А. В., Ведь В. Е.</i> Разработка материалов керамических носителей каталитических преобразователей газовых выбросов	36
<i>Бобух А. А., Ковалёв Д. А., Подустов М. А., Переверзева А. Н.</i> Применение методов фильтрации и прогнозирования изменений измеряемых значений параметров технологических процессов	42

ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<i>Анипко О. Б.</i> Результаты экспериментального исследования воздействия перекиси водорода на нитроцеллюлозные высокомолекулярные соединения	50
<i>Матвеева Т. В., Белінська А. П., Федякіна З. П., Петров С. О.</i> Розробка олій нового покоління	56
<i>Анипко О. Б., Демченко А. А.</i> Экспериментальное исследование баллистических характеристик 120 мм миномета при применении метательных зарядов длительных сроков хранения	61
<i>Боднарь И. А., Денисова А. Е., Бухкало С. И.</i> Применение озонобезопасных фреонов в теплонасосных установках с использованием тепла грунтовых вод	71
<i>Петік П. Ф.</i> Використання альтернативних розчинників для екстракції рослинних олій	77
<i>Мухаммадиев Р. Т., Обьедков А. В.</i> Оценка влияния содержания сероводорода на различных месторождениях с целью предупреждения образований гидратных пробок	86

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

<i>Киприч К. К., Ковалив В. И., Малахов В. А.</i> Анализ тенденций расходов на оборону в странах Латинской Америки в 2013 году	93
<i>Сторінка редколегії</i>	98

Сетюков В.Б.

ЗДАНИЯ С НУЛЕВЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ ИЗВНЕ, КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Введение. В последние годы проблема энергосбережения и, неразрывно связанная с ней, – проблема защиты окружающей среды, стали практически глобальными, а необходимость в их решении – столь острой и многократно обсуждаемой в научной литературе, что нет необходимости в каких либо дополнительных комментариях в чести актуальности обсуждаемых задач.

Следует лишь заметить, что, как показывает статистика, наиболее медленно эти задачи решаются в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве. Вместе с тем, строительная отрасль потребляет более 10 % энергоресурсов Украины, являясь одной из наиболее энергоемкой. При этом, жилищно-коммунальное хозяйство потребляет до 40 % тепловой и около 20 % электрической энергии [1, 2].

Существенным сдвигом в концептуальной оценке значимости проблемы явилось и то, что энергоэффективность зданий рассматривается не только в аспекте экономии электро- и тепловой энергии, снижения эксплуатационных расходов, но и в отношении улучшения здоровья человека, его комфорта, благополучия и продуктивности труда. Подтверждение этому – целый ряд законодательных актов, принятых в Украине [3–6].

2012 год Генеральная Ассамблея ООН провозгласила годом устойчивой энергетики. Эта инициатива предусматривает решение к 2030 году трех взаимосвязанных задач:

- обеспечение всеобщего доступа к современным энергетическим услугам;
- снижение мирового энергопотребления на 40 %;
- увеличение доли возобновляемых источников энергии в мире до 30 %.

Очевидно, что одним из решающих факторов снижения интенсивности энергопотребления является энергосбережение в строительстве. И в этой части – строительство зданий с т.н. нулевым энергопотреблением, в которых функционируют блоки, автономно использующие возобновляемые источники энергии. Анализ показал, что общая концепция этих зданий вбирает в себя, пожалуй, весь диапазон аспектов – от математического моделирования теплофизических процессов, происходящих в общей схеме комплексного автономного энергообеспечения, – до социально-психологических и правовых аспектов.

Основная часть. Идея строительства домов с низким и даже нулевым потреблением энергии – не нова: в Европе счет таких домов идет уже на тысячи. Первый дом появился в Швеции два десятилетия тому назад, затем в Германии [7].

Чуть позже появилась немецкая концепция "энергопассивного дома" и "дома нулевого энергопотребления", разработанная Фейстом и Фрайбургом. Основу концепции формируют следующие положения:

- суммарный коэффициент сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (для условий Центральной Европы, градусо-сутки отопительного сезона – 2500) не менее 10;

– использование пассивной солнечной архитектуры (окна – на юг, но с защитой от летнего перегрева);

– рекуперация теплоты при вентиляции с КПД около 0,7, т.е. 70% теплоты, уходящей через систему вентиляции воздуха, передается холодному входящему воздуху;

– канал в грунте ниже линии промерзания, для естественного подогрева входящего воздуха грунтом зимой и охлаждения летом;

В соответствии с указанной концепцией классификация домов по энергозатратам имеет вид: [15]

– до $90 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ – дом энергоэффективный;

– $45 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ – энергопассивный дом;

– $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ – дом нулевого энергопотребления (нет расхода теплоты на отопление, горячее водоснабжение и приготовление пищи);

– менее 0 – "Энержи плюс" – дом, производящий энергию в количестве, превышающем собственные нужды, с возможностью передачи избытка энергии (к примеру, электрической) в центральную сеть. Таких домов пока не существует.

Для сравнения следует отметить, что в соответствии с данными работы [8], по тем же немецким стандартам, в зданиях старой постройки, эксплуатируемых сегодня, удельный расход энергии на отопление составляет от 300 до 400 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. В зданиях, соответствующих требованиям законодательства Германии по теплозащите 1984 г, действующих и сегодня, расход энергии составляет от 150 до 200 $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$.

Современная концепция строительства домов требует не только применения энергосберегающих технологий. Она подразумевает также сведение к минимуму загрязнений окружающей среды различными отходами, вредными веществами, энергетическими излучениями и полями. В идеальном случае энергопассивный дом должен находиться в состоянии термодинамического равновесия с окружающей средой, что соответствует такому развитию цивилизации, при котором, с одной стороны, практически не используются невозобновляемые источники энергии и материалы, а с другой – не наносится вред природе и здоровью человека.

С этой точки зрения следует обратить внимание на то, что строительство энергопассивных домов должно (помимо комплекса других задач) решить проблему, которая в течении многих лет применительно к существующим традиционно построенным зданиям, практически не рассматривалась.

Речь идет об острой экологической проблеме качества воздуха внутри помещения. При комфортном уровне температуры, относительной влажности (а в ряде случаев и заданной подвижности) воздуха, его качество может оказаться ответственным за целый ряд негативных последствий для человека, обусловленных, в первую очередь, использованием ненатуральных материалов.

С 1 июля 2008 г. Европарламентом введено новое законодательство в области обращения химических веществ (в том числе, используемых в строительстве) [8]. Всем участникам рынка товаров дается один год на выяснение опасности того, что они производят и продают. При обнаружении опасности дается 5 лет на закрытие или перефилирование производства.

Введение этого законодательства инициировали результаты исследования здоровья молодых людей, проживающих (работающих) в помещениях с искусственным климатом. Установлено, что в настоящее время в этой воздушной среде индицируется около 4000 вредных для здоровья людей веществ, в то время, как нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) в Европе и США разработаны всего лишь

для 2000, при возможности оперативного измерения концентрации лишь для 60 веществ. В СНГ разработаны ПДК для 600 вредных [8] и только 10 из них медики могут измерить оперативно. Основные источники опасности – пластик, дерево-стружечные панели, поливинилхлорид, синтетические смолы, композиты и т.п.

Поэтому, одна из концепций дома нулевого энергопотребления базируется на использовании материалов натурального происхождения.

Один из показательных примеров – экспериментальный эко-дом в Белоруссии, изготовленный из дерева. Он оборудован ветродвигателем (300 Вт), солнечным водогрейным коллектором (4 м²), системой аккумулирования электроэнергии на щелочном аккумуляторе и резервным генератором (1500 Вт). Общая стоимость дома – 10 000 долларов США, площадь – 72 м², строительство (от нулевого цикла) было завершено за 5 месяцев. Дом полностью отсоединен от центральных сетей и потребляет менее 20 кВт·ч в год на один м² площади. Дом является полностью "нулевым" по выбросам CO₂. Дров в таком доме на подготовку горячей воды и отопление тратится в 5–6 раз меньше, чем в обычном.

Сдерживающим фактором (помимо прочих), пока является сложившееся мнение, о дороговизне строительства таких домов. Однако расчеты [9] показывают, что стоимость постройки 1 м² энергоэффективного дома всего лишь на 8–10 % выше средних показателей для обычного здания.

Для интенсификации продвижения домов с нулевым энергопотреблением в ряде стран создаются специальные организационные и финансовые структуры.

Так, "Корпорация ипотеки и жилищного строительства Канады" [10], на конкурсной основе финансирует проект "Конкуренция в устойчивом строительстве жилья", объединив усилия государства и частных лиц.

Победителем из 72 проектов стал в дальнейшем реализованный "Eco Terra" в городе Истман, Квебек, дом, расходы на содержание которого, составили сумму на 60 % ниже аналогичного стандартного дома [11].

Дома с "нулевым потреблением" не используют ископаемое топливо и получают энергию из возобновляемых источников [12].

Традиционными дома могут быть с большим солнечным коллектором и солнечной батареей [13]. Большинство этих домов строятся на следующих основных принципах: уменьшение требуемой энергии, использование излишков энергии, уменьшение необходимости в искусственном охлаждении, обеспечение высокоэффективными системами управления микроклиматом и иными системами, в том числе освещения, обеспечение возобновляемыми источниками энергии солнца, ветра, грунта, сточных вод и др. [13].

К примеру, в Дании, дом с нулевым энергопотреблением может подключиться к одной и более энергетическим инфраструктурам: электросеть, районная система охлаждения и обогрева, газораспределительная сеть биотоплива и биомассы [14].

Эти примеры можно и продолжить, однако, более существенным является то, что в оптимизированном варианте схемного решения дома с нулевым энергопотреблением (ДНЭП), все отдельные блоки общей схемы должны соответствовать высоким стандартам качества. Образцом реализации такого условия является "Международный стандарт энергоэффективности потребительских товаров" Energy Star (Канада) [11].

Изложенные аспекты создания ДНЭП позволяют сделать некий промежуточный вывод, который состоит в следующем. Реальная перспектива устойчивого развития концепции ДНЭП и строительство таких домов требует использования современных принципов интегрированных технологий и энергосбережения, вбирающих в себя прак-

тически все достижения в области архитектуры и строительства, вентиляции и кондиционирования воздуха, холодильной и теплонасосной техники, теплоэнергетики, электротехники, электроники, автоматики и эргономики – в их системном, когенерационном взаимодействии. При этом очевидно, что такая сложная система должна быть снабжена средствами автоматического управления, которая независимо от изменения параметров наружного климата и условий внутри помещения обеспечивает комфортные условия при минимальных эксплуатационных и капитальных затратах.

В этой ситуации очевидно, что в теоретическом плане решение задачи возможно лишь путем привлечения методологии многопараметрической оптимизации на основе современных термoeкономических методов анализа процессов производства, трансформации и распределения энергии *различной физической природы*.

Предварительный анализ общих схемных решений ДНЭП показал, что наиболее адаптируемой теоретической основой для решения оптимизационных задач при создании указанного автономного объекта, является научно–методическая база для термoeкономического анализа диссипативных процессов в элементах теплотехнических схем, в их интегральном взаимодействии. В частности для ДНЭП, это обеспечение комфортных условий обитания при минимальных капитальных и эксплуатационных расходах.

Развитию методов анализа структуры энергопреобразующих систем посвящены работы ведущих специалистов в области прикладной термодинамики, таких как Дж. Тсатсаронис [16], А. Велеро [17], Ранее, основы метода были представлены в работах В.М. Бродянского [18], М.В. Сорина [19]. Наиболее близкой к решению задачи оптимизации ДНЭП является методология, предложенная Д.Х. Харлампида в его работах [20, 21].

В связи с достаточно широким спектром оборудования ДНЭП (включая и саму его строительную часть, как неотъемлемого элемента общей схемы взаимодействующего с окружающей средой), а также большим числом возможных структурных соединений элементов, одной из основных является задача поиска рациональной структуры технологической схемы ДНЭП.

Для решения этой задачи автор [20] предложил использовать критерий Е.И. Таубмана [20]

$$D_{cx} = D_i \cdot (2m + p), \quad (1)$$

где D_i – сложность элементов схемы; m – суммарное число технологических связей между элементами системы; p – суммарное число энергетических взаимодействий системы с окружающей средой.

Несмотря на то, что далее излагаемая методология была предложена в [20] применительно к диагностике и оптимизации пароконпрессорных циклов холодильных и теплонасосных установок, нам представляется возможным использовать ее и применительно к ДНЭП.

Для детальной оценки уровня сложности схемы ДНЭП можно использовать предложенный в [20] модифицированный критерий, имеющий вид

$$D'_{cx} = \sum D_i \cdot n_i \cdot m_i + j + g + b, \quad (2)$$

где n_i – число одинаковых и вспомогательных элементов, непосредственно влияющих на энергетический баланс ДНЭП; D_i – сложность элементов; m_i – число технологических связей между элементами; j – число вспомогательных элементов, влияющих на энергобаланс ДНЭП; g – количество разнотипных элементов одинакового технологического назначения; b – число потенциальных связей между элементами.

К числу основных элементов схемы отнесем, к примеру, солнечные коллекторы, фотоэлементы, грунтовые тоннели для охлаждения или нагрева воздуха, ветродвигатель, аккумулирующие блоки, а также элементы внутренней схемы ДНЭП, относящиеся к отоплению, горячему водоснабжению, вентиляции и системы канализирования отходов, несущих сбрасываемую или утилизируемую энергию.

При использовании в ДНЭП теплонасосной техники, аспекты применения которой достаточно детально рассмотрены в работах А.Е. Денисовой, оптимизированный вариант ТН может быть определен путем непосредственного использования методики [22]. При этом оптимальный выбор хладагента при заданных условиях работы ТН производится с помощью критерия Клаузиуса [21]

$$K_{Lx} = \frac{r_k}{C'_p \cdot (T_k - T_o)}, \quad (3)$$

где r_k – теплота фазового перехода при конденсации хладагента; C'_p – теплоемкость хладагента при температуре его конденсации T_k ; T_o – температура испарения хладагента.

Для анализа влияния межэлементных связей в технологической схеме ДНЭП на его энергетическую эффективность используются структурные коэффициенты вида

$$\Pi_{ik} = \left(\frac{\partial E_D^S}{\partial x_{ik}} \right) / \left(\frac{\partial E_{Dk}}{\partial x_{ik}} \right), \quad (4)$$

где E_{Dk} – эксергетические потери в элементе; E_D^S – эксергетические потери в системе; x_{ik} – параметр, влияющий на величину эксергетических потерь.

Влияние эксергетических потерь в одном элементе на потери эксергии в другом, смежном элементе, оценивается с помощью предложенного в [21] коэффициента влияния

$$\omega_{ik} = \left(\frac{\partial E_{D(k+1)}}{\partial E_{DK}} \right)_{x_a = \text{var}}, \quad (5)$$

где $E_{D(k+1)}$ – эксергетические потери в смежном элементе схемы.

Влияние локальной потери эксергии E_{DK} на величину подведенной к системе эксергии E_{bx} оценивается структурным коэффициентом ϕ_{ik}

$$\varphi_{ik} = \left(\frac{\partial E_{bx}}{\partial E_{Dk}} \right)_{x_a = \text{var}} . \quad (6)$$

В рамках системного підходу к оцінці ефективності ДНЭП методика представляє собою сукупність блоків розрахунку ексергетических втрат і техніко-економічних характеристик системи. Блоки пов'язані між собою входними і вихідними термодинамічними і расходними характеристиками. Блок включає в себе рівняння, описуючі термодинамічні, гідравлічні і електричні процеси, а також рівняння для розрахунку теплообмінних елементів схеми ДНЭП. Далі сформована система рівнянь з відповідними початковими і граничними умовами, оговореними обмеженнями при реалізації заданої функції цілі (к прикладу мінімуму приведених витрат) дозволяє знайти оптимальне схемне рішення ДНЭП.

При цьому ексергетическі втрати, відповідні мінімуму приведених витрат S визначаються з рівняння

$$\frac{\partial S}{\partial x_{ik}} = \pi_{ik} \cdot C_{\vartheta} \cdot \tau \left(\frac{\partial E_{Dk}}{\partial x_{ik}} \right) + a_{\partial} \cdot E_k = \left(\frac{\partial Z_k}{\partial x_{ik}} \right) = 0 , \quad (7)$$

де величина $\partial E_{Dk} / \partial x_{ik}$ встановлює вплив варіюваного параметра в процесі на втрати від необоротності в елементі системи, а величина $\partial Z_k / \partial x_{ik}$ враховує вплив зміни параметра x_{ik} на вартість елемента. Рівняння (7) дозволяє виконати термоекономічну оптимізацію як кожного елемента схеми, так і оптимізацію схеми в цілому.

Висновки

1. Аналіз вітчизняної і зарубіжної інформації показав, що створення домов з нульовим енергопотреблением є однією з найбільш перспективних складових в розв'язанні загальної енергоекологічної проблеми розвитку житло-комунального комплексу України.

2. В роботі представлено узагальнений на випадок ДНЭП алгоритм розв'язання оптимізаційної задачі, базуючийся на сучасних принципах енергоекономічного аналізу об'єктів складної технологічної структури.

Література

1. Малярєнко В.А. Енергоефективність та енергоаудит. Довідниковий посібник / В.А. Малярєнко, І.А. Неміровський / Харків, «САГА» . – 2009. – 336 с.

2. Про основні показники роботи паливно-енергетичного комплексу України у 2013 р. – Енергосбереження, Енергетика, Енергоаудит. – загально – державний науково – виробничий і інформаційний журнал. – 2004, №11(117) – С. 76–82.

3. Шидловський А.К. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / А.К. Шидловського, Б.С. Стогній // Українські енциклопедичні знання. – Київ, 2004. – 468 с.

4. Долинський А.А. Энергозбереження та екологічні проблеми енергетики/ А.А. Долинський// Вісник НАН України. – 2006. - №10. – С. 24–31.
5. Майгер Н. Политика формирования энергобаланса Украины / Н. Майгер // Энергетическая политика Украины. – 2009. – №2. – 26–32.
6. Гелетуха Г.Г. Анализ основных положений «Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года» / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железная // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28, №5. – С. 82–92.
7. Широков Е.И. Экодом нулевого энергопотребления: реальный шаг к устойчивому развитию /Е.И. Широков/ Архитектура и строительство России. – №2 2009. – С. 35–39.
8. К. Гертис Здания XXI века – здания с нулевым потреблением энергии/ К. Гертис / электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы», – 2012. №4.
9. Экодом нулевого энергопотребления. Архитектура и строительство России, Москва//Открытая электронная библиотека по инженерным дисциплинам.
10. Конкуренция в строительстве Equilibrium // Корпорация ипотеки и жилищного строительства Канады (англ.).
11. Net Zero Energy Homes of the Future: A Case Study of the EcoTerra™ House in Canada//Natural resources of Canada (government site) (англ.).
12. Green Homes. Towards energy-efficient housing in the United Nations Economic Commission for Europe region. 2009// United Nations Economic commission for Europe (англ.).
13. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. oecd/ IEA, March 2008// International Energy Agency (англ.).
14. Working Definition of a Net Zero Energy Building (NetZEB) approach// Aalborg University, Denmark (англ.).
15. Классификация зданий с нулевым энергопотреблением. 09.01.2012 г.// Энергетический портал Белоруссии.
16. Тсатсаронис Дж. Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергопреобразующей системы. Дж. Тсатсаронис. – Одесса: Негоциант. – 2002. – 152 с.
17. On the Thermoeconomic Approach to the Diagnosis of Energy System Malfunctions. Part 2. Malfunction Definitions and Assessment/A. Valero, L. Correas, A. Zaleta, A. Lazzaretto, V. Verda, M. Reini, V. Rangel / Energy Int. J. – 2004. – №29. – P. 1889–1907.
18. Бродянский В.М. Эксергетический метод и его приложения/ В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
19. Сорин М.В. Зависимость КПД систем преобразования энергии и вещества от КПД составляющих ее элементов/ М. В. Сорин, В.М. Бродянский/ Изв. вузов СССР. Энергетика. – 1990. – №4. – С. 75–83.
20. Харлампици Д.Х. Применение системного подхода при выборе технологической схемы теплонасосной установки/ Интегровані технології та енергозбереження. – 2008. – №1. – с. 16–24.
21. Харлампици Д.Х. Влияние структурной сложности технологической схемы на термодинамическое совершенство теплонасосных установок/ Технические газы. 2009. – №3 – С. 45–53.
22. Денисова А.Е. Анализ тепловых явлений в грунте при работе теплонасосной грунтовой системы теплоснабжения/ Денисова А.Е. Холодильная техника и технология. – 2000. – №69. – С. 75–78.

Bibliography(transliterated)

1. Malyarenko V.A. Energoeffektivnost' ta energoaydit. Spravochnoe posobie. V.A. Malyarenko, I.A. Nemirovs'kiy. Kharkiv, «SAGA», – 2009, – 336 p.
2. Pro osnovni pokazniki roboti palivno-energetichnogo kompleksy Ukraini y 2013 r. – energosberegennya, energetika, energoaydit. – zagal'no-dergavniy naykovo-virobnichij i informatsijnij gyral. – 2004, №11(117) – P. 76–82.
3. Shidlovs'kij A.K. Palivno-energetichnij kompleks Ukraini v konteksti global'nih energetichnih peretvoren'. A.K. Shidlos'kogo, B.S. Stognij. Ukraijns'ki entsiklopedichni znannya. – Kijv, 2004. – 468 p.
4. Dolins'kij A.A. Energozberegennya ta ekologichni problemi energetiki. A.A. Dolins'kij. Visnik NAN Ukraini. – 2006. – №10. – P. 24.
5. Majjger N. Politika formirovaniya energobalansa Ukraini. N. Mayger. Energeticheskaya politika Ukraini. – 2009. – №2. – P. 26–32.
6. Geletyha G.G. Analiz osnovnih pologenij «Energeticheskoy strategii Ukraini na period do 2030 goda». G.G. Geletyha, T.A. Geleznaya. Promishlennaya teplotehnika. – 2006. – T. 28, №5. – P. 82–92.
7. Shirokov E.I. Ekodom nylevogo energopotrebleniya: real'nyi shag k ystoyichivomy razvitiju /E.I. Shirokov. Arhitektyra i stroitel'stvo Rossii. – №2.– 2009. – P. 35–39.
8. K. Gertis. Zdaniya XXI veka – zdaniya s nylevim potrebleniem energii/ K. Gertis / elektronnij zhurnal energoservisnoj kompanii «Ekologicheskie sistemi»,– 2012.– №4.
9. Ekodom nulevogo energopotrebleniya. Arhitektura i stroitelstvo Rossii, Moskva. Otkryitaya elektronnyaya biblioteka po inzhenernym distsiplinam.
10. Konkurentsiya v stroitelstve Equilibrium. Korporatsiya ipoteki i zhilischnogo stroitelstva Kanadyi (angl.).
11. Net Zero Energy Homes of the Future: A Case Study of the EcoTerra™ House in Canada. Natural resources of Canada (government site) (angl.).
12. Green Homes. Towards energy-efficient housing in the United Nations Economic Commission for Europe region. 2009. United Nations Economic commission for Europe (angl.).
13. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. oecd. IEA, March 2008. International Energy Agency (angl.).
14. Working Definition of a Net Zero Energy Building (NetZEB) approach. Aalborg University, Denmark (angl.).
15. Klassifikatsiya zdaniy s nulevyim energopotrebleniem. 09.01.2012 g. Energeticheskij portal Belorussii.
16. Tsatsaronis Dzh. Vzaimodejstvie termodinamiki i ekonomiki dlya minimizacii stoimosti energopreobrazuyushhey sistemy. Dzh. Tsatsaronis. – Odessa: Negociant. – 2002. – P. 152;
17. On the Thermo-economic Approach to the Diagnosis of Energy System Malfunctions. Part 2. Malfunction Definitions and Assessment. A. Valero, L. Correas, A. Zaleta, A. Lazzaretto, V. Verda, M. Reini, V. Rangel. Energy Int. J. – 2004. – №29. – P. 1889–1907.
18. Brodyanskiy V.M. Eksergeticheskij metod i ego prilozheniya. V.M. Brodyanskiy, V. Fratsher, K. Mixalek. – M.: Energoatomizdat, 1988. – P. 288.
19. Sorin M.V. Zavisimost kpd sistem preobrazovaniya energii i veschestva ot kpd sostavlyayuschih ee elementov. M.V. Sorin, V. M. Brodyanskiy. Izv. vuzov SSSR. Energetika. – 1990. – №4. – P. 75–83.

20. Harlampidi D.H. Primenenie sistemnogo podhoda pri vyibore tehnologicheskoy shemyi teplonasosnoy ustanovki. Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya. – 2008. – №1. – P. 16–24.

21. Harlampidi D.H. Vliyanie strukturnoy slozhnosti tehnologicheskoy shemyi na termodinamicheskoe sovershenstvo teplonasosnyih ustanovok/ Tehnicheskie gazyi. 2009. – №3 – P. 45–53.

22. Denisova A.E. Analiz teplovyih yavleniy v grunte pri rabote teplonasosnoy gruntovoy sistemyi teplosnabzheniya. Denisova A.E. Holodilnaya tehnika i tehnologiya. – 2000. – №69. – P. 75–78.

УДК 621.571

Сетюков В.Б.

**СПОРУДИ З НУЛЬОВИМ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ ЗЗОВНІ,
ЯК СКЛАДОВА В ПЕРСПЕКТИВІ РОЗВИТКУ ПОНОВЛЮЄМОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

Приведено аналіз інформації щодо основних аспектів створення домів з нульовим споживанням енергії, та представлено узагальнений алгоритм вирішення оптимізаційної задачі мінімізації приведених витрат при створенні вказаних споруд.

Setukov V.B.

**BUILDINGS WITH ZERO ENERGY CONSUMPTION FROM THE OUTSIDE,
AS A PART OF THE FUTURE OF RENEWABLE POWER ENGINEERING**

The analysis of information on key aspects of creating homes with zero energy consumption and presents a generic algorithm for solving the optimization problem of minimizing reduced costs, while creating the specified buildings.

УДК 629.735.33.001.2

Таврин В.А.

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ
И РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ НА ВЫСОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ДПЛА МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ**

Дистанционно пилотируемых летательных аппаратов (ДПЛА), оснащенные оптико-электронными средствами воздушной разведки (ОЭСВР) или иконическими средствами мониторинга, находят все большее применение для мониторинга поверхности Земли.

Это объясняется своевременностью и достоверностью информации, передаваемой с борта ДПЛА наземному оператору,

Решение задач мониторинга обеспечивается применением ДПЛА различных классов – легких, мини и микро (табл. 1).

Рассматриваемые классы ДПЛА особенно чувствительны к условиям внешней среды (метеорологическим условиям, рельефу местности).

К опасным для ДПЛА явлениям погоды относятся такие явления или значения метеорологических элементов, которые угрожают безопасности полетов или снижают эффективность выполнения боевой задачи [1].

Поэтому минимально безопасная высота полета ДПЛА назначается с учетом влияния погодных условий и рельефа местности, над которой производится полет на воздушную разведку.

Максимальная высота полета ДПЛА ограничивается мощностью силовой установки, взлетной массой и запасом топлива. С другой стороны, максимальная высота полета ДПЛА, оснащенных ОЭСВР, ограничивается нижней кромкой облаков по маршруту полета.

Предположим, что ДПЛА выполняет полет над местностью, на которой отсутствуют препятствия.

В приземном слое (до высоты 200 м) возмущения, возникающие в атмосфере в виде вихрей перемещающихся в воздушном потоке, могут быть самых различных размеров от долей миллиметров до десятков и сотен километров.

Все эти вихри оказывают влияние на ДПЛА, однако болтанку (турбулентность) вызывают только такие возмущения, частота которых имеет диапазон от 0,1 до 10 Гц.

Болтанка ДПЛА вызывается в основном восходящими и нисходящими потоками воздуха. Воздействие горизонтальных пульсаций ветра на ДПЛА примерно в 17 раз меньше чем воздействие вертикальных пульсаций такой же силы [1, 2].

В зависимости от характера и интенсивности болтанки, типа ДПЛА его массы и скорости полета в турбулентном воздухе возможны потеря управления, повреждения ДПЛА, трудности управлением ДПЛА, приводящие к быстрой утомляемости наземных операторов, неточности в показаниях отдельных датчиков, уменьшение скорости полета [1].

При взлете ДПЛА особенно опасны нисходящие потоки воздуха (вертикальные нисходящие порывы ветра), возникающие в утренние часы суток при нагреве поверхности земли.

Кроме того, с определенной высоты (градиентной высоты $h_{гд}$) значение средней скорости ветра W не зависит от шероховатости поверхности [3], то есть при $h \geq h_{гд} - W$

равны над любыми типами местности ($W_A = W_B = W_V$), находящимися на одной высоте над уровнем моря.

Таблица 1 – Основные массовые и высотные характеристики легких, мини, микро

№ п/п	ДПЛА	Тип	Масса, кг	Диапазон высот полета, м
1	Crekerelle	легкий	120–150	150–3000
2	Phoenix	легкий	175	350–2800
3	CL-289	легкий	190	150–3000
4	Silver Fox	мини	10	до 500
5	Skylark	мини	5,5	до 500
6	АИСТ	микро	2,0	до 500

Следовательно, при полете ДПЛА над местностью, на которой отсутствуют препятствия, необходимо назначать высоту полета равную или большую, чем градиентная высота $h_{гд} = 350$ м [3].

Таким образом, для рассматриваемого случая минимально безопасная высота полета ДПЛА $H_{вmin} \geq 350$ м.

Передача движущихся изображений от ОЭСВР установленных на борту ДПЛА производится с частотой 25–30 кадров в секунду на ультракоротких волнах, которые распространяются практически прямолинейно [4].

Тогда максимальная дальность телевизионной передачи определяется высотой расположения передающей антенны на борту ДПЛА (рис. 1).

Препятствия классифицируются как естественные (горы, леса), так и искусственные (здания, сооружения).

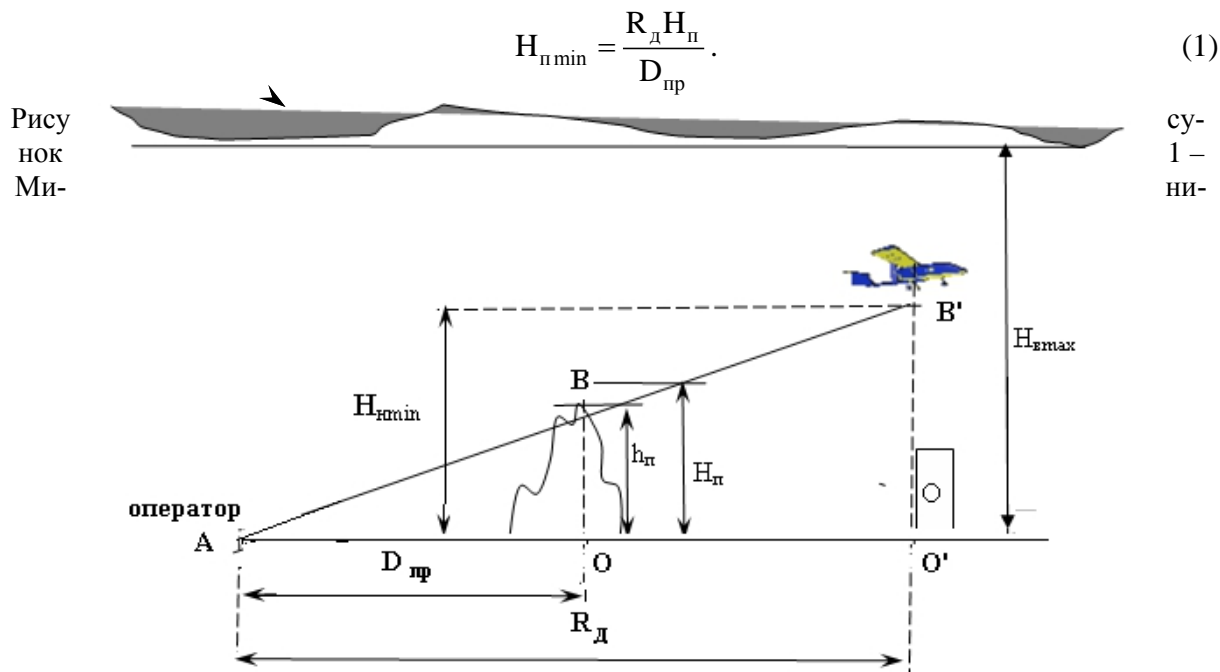
Таким образом, минимальная высота полета ДПЛА при полете над препятствиями определяется их высотой и возможностью передачи телевизионной информации на землю на максимальную дальность [4], которая должна соответствовать максимально-му радиусу действия ДПЛА (табл. 1).

Предположим, что ДПЛА выполняет полет над местностью, на которой есть естественные или искусственные препятствия, а оператор, который принимает информацию с борта ДПЛА, основание препятствия и объект на земле находятся на одной высоте над уровнем моря.

В этом случае высота препятствий определяет минимально безопасную высоту полета ДПЛА.

Предположим, полет ДПЛА над препятствием с превышением 20 % высоты препятствия безопасен, а прием информации оператором (точка А) с борта ДПЛА осуществляется на некотором удалении от препятствия $D_{пр}$, на котором находится основание препятствия, с высоты $H_{пmin}$. Объект наблюдения находится за препятствием на максимальном удалении R_d ДПЛА от оператора. В этом случае минимально безопасная высота полета ДПЛА зависит от расстояния препятствия до оператора и высоты самого препятствия.

Тогда минимально безопасная высота полета ДПЛА для заданных условий определяется из подобия треугольников ABC и АВ'С' $\frac{H_{пmin}}{R_d} = \frac{H_{п}}{D_{пр}}$ (рис. 1). Отсюда:



мально безопасная высота полета микро БЛА при полете над препятствием
 $D_{\text{пр}}$ – дальность до препятствия; $R_{\text{д}}$ – максимальная дальность передачи информации (соответствует радиусу действия ДПЛА), $h_{\text{п}}$ – высота препятствия, $H_{\text{п}}$ – высота полета над препятствием ($H_{\text{п}}$ равна $1,2h_{\text{п}}$), $H_{\text{пmin}}$ – минимально безопасная высота полета ДПЛА, $H_{\text{вmax}}$ – максимальная высота полета ДПЛА по условию видимости объекта на земле, O – объект наблюдения

Если значение минимально безопасной высоты полета ДПЛА (определено возможностью передачи телевизионной информации на землю на максимальную дальность при полете над препятствием) меньше значения минимальной высоты полета ДПЛА по условию видимости объекта на земле $H_{\text{пmin}} \leq H_{\text{вmin}}$, тогда определяющей является $H_{\text{вmin}}=350$ м. Во всех других случаях, когда $H_{\text{пmin}} > H_{\text{вmin}}$, минимально безопасная высота полета ДПЛА определяется возможностью передачи телевизионной информации на землю или задача поиска ОЭСВР невыполнима.

Для микро ДПЛА "АИСТ" радиус действия 5000 м (табл. 1).

Предположим в первом случае высота препятствия 40 м, а расстояние от препятствия до оператора 4500 м $H_{\text{пmin}}$ при данных условиях составляет 53,3 м.

Во втором случае расстояние от препятствия до оператора 500 м при прочих равных условиях. В этом случае $H_{\text{пmin}}$ составляет 480 м

В третьем случае радиус действия (объект наблюдения находится за препятствием) составляет, предположим, 600 м, расстояние от препятствия до оператора 500 м. Тогда $H_{\text{пmin}}$ составляет 57 м.

Если значение минимально безопасной высоты полета ДПЛА определенно возможностью передачи телевизионной информации на землю на максимальную дальность меньше значения минимально безопасной высота полета ДПЛА по погодным условиям $H_{\text{пmin}} \leq H_{\text{вmin}}$, тогда определяющей является $H_{\text{вmin}}=350$ м.

Во всех других случаях, когда $H_{\text{пmin}} > H_{\text{вmin}}$, минимально безопасная высота полета ДПЛА определяется возможностью передачи телевизионной информации на землю.

Поэтому для первого и третьего рассмотренных случаев назначается высота полета $H_{\text{вmin}}=350$ м, а во втором случае назначается высота $H_{\text{пmin}}=480$ м.

Характеристики ОЭСВР определяются максимально и минимально возможными высотами применения БЛА $H_{\text{нmax}}$ и $H_{\text{нmin}}$.

Это, в первую очередь, определяет ширину полосы захвата B (рис. 2) [5].

Так как ДПЛА – носитель ОЭСВР чувствителен к погодным условиям, необходимо, чтобы характеристики ОЭСВР соответствовали выбранному диапазону высот полета. Вершина этого угла находится в центре входного отверстия приемной оптической системы ОЭСВР.

Угол поля зрения β характеризует ширину полосы захвата разведываемой местности, которая так же пропорциональна высоте H ведения воздушной разведке. Угол измеряется в градусах.

Ширина полосы захвата B определяет ширину полосы местности, которая просматривается ОЭСВР [6].

Она связана с полем обзора соотношением:

$$B = 2 H \times \text{tg } \beta . \quad (2)$$

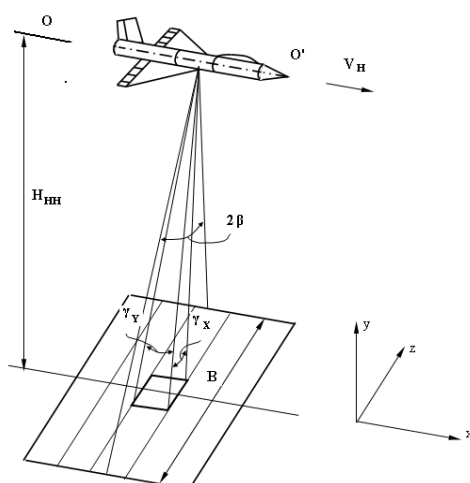


Рисунок 2 – Схема сканирования аэроландшафта одноканальной ИК-системой

Ширина полосы захвата B находится в диапазоне от $0,2 H_n$ до $9 H_n$ [5].

Таким образом, предложена методика определения высоты полета легких, мини и микро ДПЛА, которая позволяет назначить диапазон высот полета.

Тем самым обеспечить безопасный пролет над естественными и искусственными препятствиями, а также определить ширину полосы захвата бортовыми ОЭСВР в зависимости от их типа (инфракрасных, лазерных, телевизионных).

В том случае, когда высота препятствий по маршруту полета ДПЛА на максимальный радиус действия приближается к максимальной высоте полета, по условию передачи информации от бортовых ОЭСВР наземному оператору, необходимо задачу передачи информации решать с использованием ДПЛА-ретранслятора.

Литература

1. Кравченко И.В. Летчику о метеорологии. – М.: Воениздат, 1982. – 256 с.

2. Лернер Э. Коварный сдвиг ветра будет побежден // *Аэрокосмическая техника*. – 1987. – № 3. – С. 20–24.
3. Климов Ф.Я. Нижний слой атмосферы в условиях опасных явлений погоды. – Ленинград: Гидрометеиздат. 1978. – 255 с.
4. Поповских П.Я., Кукушкин А.В., Аспанин В.Н. и др. Подготовка войскового разведчика. – Москва: Воениздат, 1993. – 335 с.
5. Ребрин Ю.К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов. – К.: КВВАИУ, 1988. – 452 с.
6. Афинов В., Ольгин С. Авиационные оптико-электронные средства разведки наземных целей // *ЗВО*. – 2003. – №4. – С. 44–45.

Bibliography (transliterated)

1. Kravchenko I.V. Letchiku o meteorologii. – M.: Voenizdat, 1982. – 256 p.
2. Lerner E. Kovarniy sdvig vetra budet pobezhden. Aerokosmicheskaya tehnika. – 1987. – # 3. – P. 20–24.
3. Klimov F.Ya. Nizhniy sloy atmosferyi v usloviyah opasnyih yavleniy pogodyi. – Leningrad: Gidrometeoizdat. 1978. – 255 p.
4. Popovskih P.Ya., Kukushkin A.V., Aspanin V.N. i dr. Podgotovka voyskovogo razvedchika. – Moskva: Voenizdat, 1993. – 335 p.
5. Rebrin Yu.K. Optiko-elektronnoe razvedyivatelnoe oborudovanie letatelnyih apparatov. – K.: KVVAIU, 1988. – 452 p.
6. Afinov V., Olgin S. Aviatsionnyie optiko-elektronnyie sredstva razvedki nazemnyih tseley. ZVO. – 2003. – #4. – P. 44–45.

УДК 629.735.33.001.2

Таврін В.А.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ ПОГОДНИХ УМОВ І РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ НА ВИСОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДПЛА МОНІТОРИНГА ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ

Розглядається методика оцінки впливу погодних умов і рельєфу місцевості на висотні характеристики дистанційно пілотованих літальних апаратів. Призначення мінімальної та максимальної висоти польоту визначається умовами безпеки польоту розглянутих типів дистанційно пілотованих літальних апаратів та характеристиками іконічних засобів моніторингу.

Tavrın V.

THE TECHNIQUE OF AN ESTIMATION OF INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS AND TERRAIN ON HIGH-RISE PROPERTIES OF UAV MONITORING THE EARTH'S SURFACE

The methodology of assessing the impact of weather and terrain in high-altitude characteristics of remotely piloted aircraft. The assignment of minimum and maximum flight altitude is determined by the conditions of flight safety are considered types of unmanned aerial vehicles and characteristics iconic monitoring tools.

УДК 661.332.3

Гринь Г.І., Панасенко В.В., Лавренко А.О., Бондаренко Л.М., Резніченко Г.М.,
Дейнека Д.М., Адаменко С.Ю.

МЕТОДИ ПРОМИСЛОВОГО ОДЕРЖАННЯ КАРБОНАТНИХ СОЛЕЙ

Нині попит у світі на калійні солі залишається стабільно високим. В Україні внутрішній попит на них становить у перерахунку на K_2O майже 2,2 млн. т на рік. На цей час Україна стала фактично імпортером солей калію і мінеральних добрив на їхній основі з Росії, Білорусії та інших держав, тому що найбільші підприємства – виробники калійних добрив (ДП "Калієвий завод", ВАТ "Оріана" та ТОВ "Стебніківський калійний завод") фактично призупинили своє виробництво. Так, щорічно в Україну тільки карбонату калію завозиться більше 80 тис. тон. Проте, калійні руди родовищ Прикарпаття зберігають промислову цінність і придатні для промислової переробки в карбонат калію (поташ) та інші продукти. Сировинною базою для створення нового виробництва калійних солей можуть бути також родовища Дніпровсько-Донецької западини та Північно-Західного Донбасу (табл. 1). Вони оцінюються у мільярди тонн, є достатні для організації потужного виробництва калійних добрив, сполук калію, натрію не тільки для задоволення потреб підприємств України, але й для організації експортних поставок. При цьому є можливість застосування методу підземного вилучення, який мало впливає на експлуатацію будівель, споруд і мереж інженерних комунікацій, що розташовані в зоні гірничих виробітків, не призводить до зміни природного режиму ґрунтових вод, підтоплення земної поверхні, заболочення, утворення провальних воронок, які створюють небезпеку для населення і наземних об'єктів.

Калійні солі і їх сполуки мають досить широке застосування в різних галузях народного господарства. Хімічна речовина поташ, відома в хімії як вуглекислий калій, використовується в хімічній, скляній, легкій промисловості, у пожежній справі та в інших галузях. У хімічній промисловості його застосовують для виготовлення фарб, миючих засобів, як поглинач сірководню при очищенні газів. У легкій промисловості поташ використовують для вичинки шкір. У будівництві поташ застосовують в якості протиморозних домішок. У пожежній справі поташ застосовується для протипожежної обробки дерев'яних будівель і конструкцій.

Разом з фосфором і азотом калій входить у тріаду елементів, найбільш необхідних рослинам, що зумовило використання поташу у виробництві мінеральних добрив. Група галогенних і сульфатних калійвмісних мінералів відрізняється гарною розчинністю і утворює основну сировинну базу для виробництва калійних добрив.

Одним із перших способів виробництва K_2CO_3 є метод вилуговування із рослинної золи [1]. Зола соняшника в розчинній частині містить масову частку солей: від 15 % до 35 % K_2CO_3 , 3,5–4,1 % K_2SO_4 і 3,8–5,1 % KCl , нерозчинний у воді залишок становить від 40 до 61 %. Поділ системи $K_2CO_3 - KCl - K_2SO_4 - H_2O$ на складові компоненти здійснювали методом випарювання і охолодження, що засновано на відмінності розчинності компонентів системи при різних температурах. Технологія характеризується складністю процесів, значними витратами енергії. Експлуатаційні витрати на 1 т K_2CO_3 становили: умовного палива 0,24 т; пари – 4,5 т; електроенергії – 75 кВт/год і води – 10 м³. Отримання K_2CO_3 із золи спалювання патоково-спиртової барди має аналогічні недоліки. Крім цього, складним завданням є труднощі поділу карбонатних солей калію і натрію на чисті складові компоненти. Під час використання та-

кої сировини можна отримати лише низькоякісний карбонат калію з вмістом основної речовини 90–96%. Недоліками цих способів також є: низький вихід, забруднення K_2CO_3 домішками, обмеженість сировинної бази, багатостадійність, використання енерговитратних процесів випарювання і охолодження, перекристалізація K_2CO_3 , KCl і K_2SO_4 .

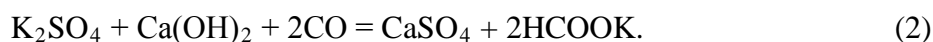
Останніми роками зазначені недоліки частково усунені в розробленій європейською фірмою «SF Soepenbergr Compag GmbH» (Австрія) технології виробництва K_2CO_3 із золи біогенного палива [2]. Авторами [3] проведено вивчення можливості отримання K_2CO_3 із золи сільськогосподарських рослин (тютюну), а також визначено вплив різних чинників на цей процес. Дослідження виконували у вилуговувачі оснащеному мішалкою, в якій подавали різну кількість води і здійснювали процес при температурі від 90 °С до 95 °С. Вилуговування закінчували при залишковому вмісті в сухому підзолі 2,5 % K_2CO_3 , що давало можливість отримати K_2CO_3 з виходом біля 62,5 %. Отриманий концентрований карбонат – лужний розчин (густина 1,11 г/см³) мав склад (%): K_2CO_3 – 9,19; Na_2CO_3 – 16,1; KCl – 3,3; K_2SO_4 – 1,7, для переробки якого застосовували процеси випаровування, кристалізацію, сушки. Систематичних же досліджень за подібною технологією за останні роки практично не виявлено. Однак на перспективу в зв'язку з зростанням обсягів утворення золи біогенного палива, відходів переробки рослин ця обставина дозволить розвивати виробництво K_2CO_3 і з цього виду сировини.

Магnezіальний метод отримання K_2CO_3 або метод Енгеля-Прехта [1, 4, 5] базується на хімічній взаємодії суміші хлориду калію і карбонату магнію з діоксидом вуглецю (карбонізації суспензії активного $MgCO_3$ в розчині KCl під тиском 0,493–1,776 МПа (5–18 атм.). Використовувався німецькою фірмою «Kali-Chemie». У результаті реакції отримували нерозчинну подвійну сіль гідрокарбонату калію і карбонату магнію

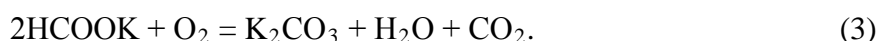


Спосіб дозволяє отримувати якісний K_2CO_3 (99,3 % мас.). Однак він має обмежене застосування через свою складність, пов'язану головним чином, з багатостадійністю, труднощами отримання добре фільтрованих кристалів подвійної солі, забезпеченням умов утворення стабільно активного карбонату магнію і великими витратами електроенергії.

Форміатний метод отримання карбонату калію з сульфату калію [1, 4] полягає в каустифікації промитого K_2SO_4 вапняним молоком у присутності оксиду вуглецю. Оксид вуглецю утворює з гідроксидом кальцію форміат калію по реакції



Утворення K_2CO_3 відбувається за реакцією



Недоліками технології є багатостадійність, періодичність, висока температура синтезу – 200 °С і великий тиск – 2,942 МПа (30 атм.), обмеженість сировинної бази. Схему процесу отримання K_2CO_3 не можна визнати вдалою з тієї причини, що готовий продукт, що утворився, має недостатню чистоту, % мас.: K_2CO_3 – 98; KCl – 0,25;

K_2SO_4 – 0,2; Na_2CO_3 – 0,3; Fe – 0,0005, нерозчинний у воді залишок – 0,01 і високу вартість за великої витрати палива.

Технологія отримання K_2CO_3 методом електролізу розчинів KCl з подальшою переробкою гідроксиду калію в карбонат калію незважаючи на комплексність характеризується складністю процесу через багатостадійність, велике споживання електроенергії [4, 6, 8], дорогою сировину КОН та, відповідно, високу вартість одержуваного K_2CO_3 . Так, за даними Г.Й. Мікуліна [6, 7] і С.В. Беньковського [8] питома витрата електроенергії на 1 т КОН становить понад 2300 кВт/год (без урахування витрат енергії теплоти у вигляді пари) і понад 190 кВт/год на 1 т K_2CO_3 . Під час електролізу KCl в КОН переходить тільки половина калію. Решта калію залишається у вигляді нерозкладеного KCl, забруднюючи одержуваний у процесі карбонізації лугів поташ хлоридами. Метод електролізу завдає значної шкоди навколишньому середовищу в результаті газових викидів хлору і його сполук, ртуті, а також стічних вод, що містять токсичні сполуки.

Авторами [9] показано, що найбільш перспективним для реалізації з точки зору економічної ефективності є мембранний електроліз з отриманням на 1 т K_2O : K_2CO_3 – 1,5 т, кальцинованої соди – 4,0 т і газоподібного хлору – 3,6 т.

Карбонат калію затребуваний промисловістю і може використовуватися як безхлорне калійне добриво з підвищеним вмістом K_2O (68 % проти 54 % в сульфаті калію і 46,6 % в нітраті калію). Однак відсутність простих і дешевих методів виробництва карбонату і гідрокарбонату калію є основною причиною, що обмежує їх застосування в промисловості і агропромисловому комплексі [13].

Технологія отримання K_2CO_3 з KCl електролітичним методом не розв'язує проблеми отримання карбонату калію як безхлорного калійного добрива, конкуруючого за ціною на сульфат калію та калійну селітру.

В.М. Томенко і К.М. Зубковою [10] запропонована технологічна схема переробки вітчизняних нефелінових сієнітів враховує великий вміст діоксиду кремнію (46–65 % мас.), що дозволяє комплексно переробляти їх на глинозем, соду, поташ, сульфат калію і цемент. Однак кальцинована сода, одержувана з нефелінів, відрізняється від аміачної соди присутністю калієвих солей. Ці домішки обмежують використання такої соди в миловарінні, фармацевтичній промисловості та інших галузях. Аналогічні обмеження щодо домішок соди, заліза, хлоридів є і для K_2CO_3 , одержуваного за цією технологією. Цим методом отримують K_2CO_3 з вмістом 98 % K_2CO_3 і до 1 % KCl. Для випуску більш чистого карбонату калію (за вмістом хлоридів) його додатково очищують шляхом перекристалізації.

Всеросійським алюмінієво-магнієвий інститутом і ВАТ Пікалевське об'єднання «Глинозем», Росія [11], розроблено технологію отримання K_2CO_3 з розчинів, що містять карбонати натрію, калію і сульфати, включаючи підтримання в суміші молярних відносин калію до калію і натрію від 72,95 до 94, 82 %, відділенні сульфатвміщуючого осаду, упарюванні розчину і кристалізації K_2CO_3 охолодженням розчину. Перевагою способу є зменшення енергетичних витрат (виключення стадії випарювання) і витрат на очищення содо-калієвого розчину, зменшення вмісту домішок K_2SO_4 в поташі до 0,11 % порівняно з традиційною технологією – 0,62 %.

Фірмою «Kompania Handlowa Verbus SA», єдиного у Польщі виробника високої якості та чистоти карбонату калію прожареного та гідратованого [12] запропоновано спосіб і пристрій для отримання очищеного K_2CO_3 , включаючи термічну обробку побічного продукту одержуваного у процесі переробки нефелінових руд. Пристрій складається з трьох технологічних вузлів: попереднього сушіння; сушіння дегідратованого

матеріалу; двоступеневого очищення газів, що відходять, що, на думку авторів, дозволяє отримувати готовий продукт з насипною масою 0,65–0,75 г/см³ і зменшити витрату палива на сушіння. Загальним недоліком способів [11, 12] є значні капітальні та енергетичні витрати на їх реалізацію, зумовлені комплексністю переробки нефелінової сировини на поташ, кальциновану соду, глинозем і цемент, а також недостатня чистота одержуваного K₂CO₃ вміщуючого домішки соди, хлоридів, заліза, сульфатів і інш.

На думку авторів [10] існуючі лужні методи переробки алюмосилікатної сировини є нерентабельні, оскільки відрізняються складністю, багатостадійний процес має значні інвестиційні, інноваційні та енергетичні витрати.

Технологія отримання K₂CO₃ із сильвініту з одночасним отриманням соди і K₂CO₃ розроблена авторами [13,14]. За цим способом переробляють хлориди натрію, калію із сильвініту на соду і карбонат калію з використанням гексаметиленіміну (ГМІ) і гексаметилендіаміну (ГМДА). Спосіб включає стадії очищення розсолу, карбонізації, фільтрації, кальцинації і електрохімічної регенерації аміну, а також устаткування, що успішно використовується у процесі отримання соди за методом Сольве. Розроблена технологічна схема отримання соди і K₂CO₃ з сильвініту передбачає двостадійне ведення процесу: на першій стадії отримати соду, після чого додати додаткову кількість аміну і на другій стадії отримати карбонат калію. Напівпромислові випробування цього способу показали, що з використанням цієї схеми можна з розчинів сильвініту Карлюкського родовища, використовуючи гексаметиленімін, виділити чистий гідрокарбонат натрію. Коефіцієнт використання іонів натрію при цьому становить 84 %. На другій стадії відбувається виділення суміші гідрокарбонатів натрію і калію, останній містить до 72 % мас. гідрокарбонату калію. Коефіцієнт використання іонів калію (KHCO₃) при цьому становить лише 53 %. Суміш гідрокарбонатів поділяли за допомогою репульпації з наступним отриманням K₂CO₃ і содопоташної суміші.

Перевагою такого методу є комплексність переробки вихідної сировини – сильвініту. Недоліком є відносно незначний вихід KHCO₃ на головній стадії процесу – карбонізації. Побічним продуктом технології є содопоташна суміш з не зовсім ясними перспективами використання у споживача через нестабільність складу і недостатню чистоту.

Авторами [10] було проведено технологічне оцінювання різних способів і технологічних схем отримання карбонату калію з хлориду калію, нефелінової сировини, полігалітової сировини, ропи Сиваша. Відзначено, що при використанні розсолів у процесі вилуговування сильвініту технологічний процес отримання хлориду калію включає стадії свердловинного розчинення, очищення розсолу, концентрування розсолу з вакуум-кристалізацією хлориду калію. На основі результатів техніко-економічного оцінювання витрат, перевагу віддано схемі переробки сильвініту на карбонат калію і виварувальної солі. При використанні (C₂H₅)₂NH попутно отримують 1,86 тонн виварної харчової солі на кожен тону K₂CO₃. Це є перевагою методу, оскільки дає можливість отримувати одночасно два високоякісних продукти. У результаті проведених досліджень і техніко-економічного оцінювання авторами також зроблені висновки, що поташ ефективно можна одержувати також з полігалітової сировини, включаючи ропу Сиваша з переробкою її на карбонат калію і палену магnezію (MgO).

Сивашське родовище гідромінеральної сировини має практично невичерпні запаси натрію, калію, магнію, бромю та інших хімічних елементів, оскільки вони поповнюються за рахунок надходження в Сиваш і випаровування вод Азовського моря. Виробництво карбонату калію може бути створено з використанням споруд існуючого солепромислу ПАТ «Кримський содовий завод», який виробляє сирий розсіл для вироб-

ництва кальцинованої соди. Спосіб передбачає [10] концентрування ропи Сиваша за рахунок сонячної енергії з отриманням поряд з хлоридом натрію сировини для виробництва соди, калійно-магнієвої солі, яку переробляють в шеєніт $K_2SO_4 - MgSO_4 - 6H_2O$. Проміжним продуктом після розчинення калійно-магнієвої солі, отриманої випаровуванням ропи, залишається осад складу, % мас.: 10,80 – K^+ , 6,27 – Mg^{2+} , 5,2 – Na^+ , 19,11 – Cl^- , 22,88 – SO_4^{2-} . При середньому вмісті в ропі Сиваша 6 кг/м³ хлориду калію склад осаду є близьким до полігалітових руд Прикарпаття.

Аналіз відомих існуючих методів виробництва карбонатних солей калію показав, що використання KCl та $(C_2H_5)_2NH$ не вимагає дорогої сировини і багатостадійних технологічних схем, великих енергетичних витрат на випарювання води з кристалізацією, високих витрат електроенергії, що визначає в результаті високу собівартість карбонатних солей калію, відсутні газові викиди хлору і його сполук, не утворюються стічні води, що містять токсичні сполуки, відсутнє забруднення карбонату калію домішками, тому запропонований метод є найбільш прийнятним і ефективним з усіх аналізованих напрямків за вартістю одержуваних карбонатних солей калію та екологічної безпеки.

Маючи більш високу розчинність, ніж кальцинована сода поташ не може бути отриманий методом, аналогічним аміачному способу Сольве. Заміна аміаку на $(C_2H_5)_2NH$, N,N -діетиламонію хлорид якого має більшу розчинність і висолюючу здатність, ніж хлорид амонію, дозволяє отримувати відразу кристалічний $KHCO_3$, а надалі при його кальцинації і K_2CO_3 .

Через брак даних про фізико-хімічні основи процесу висолювання і кристалізації в четвертій взаємній системі K^+ , $(C_2H_5)_2NH_2^+ // HCO_3^-$, $Cl - H_2O$ на цей час немає можливості визначити температурні і концентраційні параметри основних стадій технологічного процесу одержання карбонатних солей калію і розробити ефективну апаратурно-технологічну схему.

Аналіз існуючих методів промислового одержання поташу, їх переваг та недоліків, показує, що подальші дослідження необхідно спрямувати на вивченні фізико-хімічних основ процесу висолювання і кристалізації в системі K^+ , $(C_2H_5)_2NH_2^+ // HCO_3^-$, $Cl - H_2O$ та створенні конкурентоспроможної технології.

Методи отримання карбонатних солей калію в процесах висолювання і кристалізації є актуальним науково-технічним завданням, яке визначає подальші дослідження і розробки.

Література

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей / М.Е. Позин. – Л.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1962. – С. 116.
2. Пат. 1741673 (A2) EP, МКИ B01F11/00P; B01F3/12D; C01D7/00; C05D9/00. Process for the recuperation of potassium carbonate from ash from biogenic fuels / Steindl Roman Dipling, Gumpinger Franzing, assignor to SF SoepenberG Compag GMBH; Application 04.07.2005; Published 10.01.2007.
3. Камалова Н.К. Исследование возможности получения поташа из золы сельскохозяйственных растений / Н.К. Камалова, В.В. Абрамова // Экология – 2003: Тезисы молодежной международной конференции, Архангельск, 17–19 июня, 2003. – Архангельск, 2003. – С. 103–104.
4. Чернов В.Ф. Производство кальцинированной соды / В.Ф. Чернов. – М.: Госхимиздат, 1956. – 316 с.

5. Саймон Грайвер. Грани израильской экономики. Сырье как основа экономики [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://posolstvo.narod.ru/lib/rawmaterials.html>.
6. Микулин Г.И. Исследование процесса получения поташа из хлористого калия с применением гексаметиленмина: отчет о НИР, тема № 281-66 / Г.И. Микулин. – Х.: НИОХИМ, 1969. – 122 с.
7. Микулин Г.И. Применение интенсивных ионообменных процессов технологии основной химии для получения реактивных и высокочистых минеральных веществ: отчет о НИР, тема № 271-66 / Г.И. Микулин. – Х.: НИОХИМ, 1966. – 37 с.
8. Беньковский С.В. Технология содопродуктов / С.В. Беньковский, С.М. Круглый, С.К. Секованов. – М.: Химия, 1972. – 352 с.
9. Аксенов Е.М. Перспективы освоения сырьевой базы калийных удобрений на востоке России / Е.М. Аксенов, Ю.В. Баталин, А.К. Вишняков, Р.Р. Туманов, Р.З. Фахрутдинов. – Москва, Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2008. – № 1. – 78–90 с.
10. Разработка вариантов технологических схем и оценка целесообразности организации производства поташа на Украине с выдачей технико-экономической оценки: отчет о НИР. – Харьков: НИОХИМ, 1992. – 98 с.
11. Пат. 2132301 RU, МКИ C01D7/00. Способ получения поташа / [А.А. Битнер, С.А. Николаев, В.Г. Тесля и др.] / заявитель Всероссийский алюминиево-магниевый институт; ОАО Пикалевское объединение «Глинозем». Дата подачи заявки 10.04.1997; Дата публикации 27.06.1999.
12. Саймон Грайвер. Грани израильской экономики. Сырье как основа экономики [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://posolstvo.narod.ru/lib/rawmaterials.html>.
13. Крашенинников С.А. Получение соды и поташа из сильвинитов Карлюкского месторождения / [С.А. Крашенинников, Т.С. Греф и др.] – Москва. Химическая промышленность, 1984. – № 2. – 93 с.
14. Львов А.В. Электрохимическая регенерация органических акцепторов хлористого водорода в процессе получения соды и поташа // Дис ... канд. хим. наук. – Москва, 1983. – 243 с.

Bibliography (transliterated)

1. Pozin M.E. Tehnologiya mineralnykh soley. M.E. Pozin. – L.: Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatelstvo himicheskoy literatury, 1962. – P. 116.
2. Pat. 1741673 (A2) EP, MKI B01F11/00P; B01F3/12D; C01D7/00; C05D9/00. Process for the recuperation of potassium carbonate from ash from biogenic fuels. Steindl Roman Dipling, Gumpinger Franzing, assignor to SF SoepenberG Compag GMBH; Application 04.07.2005; Published 10.01.2007.
3. Kamalova N.K. Issledovanie vozmozhnosti polucheniya potasha iz zolyi selskohozyaystvennykh rasteniy. N.K. Kamalova, V.V. Abramova. Ekologiya – 2003: Tezisy molodezhnoy mezhdunarodnoy konferentsii, Arhangel'sk, 17–19 iyunya, 2003. – Arhangel'sk, 2003. – P. 103–104.
4. Chernov V.F. Proizvodstvo kaltsinirovannoy sody. V.F. Chernov. – M.: Goshimizdat, 1956. – 316 p.
5. Saymon Grayver. Grani izrailskoy ekonomiki. Syire kak osnova ekonomiki [Elektronnyiy resurs]. Rezhim dostupa <http://posolstvo.narod.ru/lib/rawmaterials.html>.

6. Mikulin G.I. Issledovanie protsessa polucheniya potasha iz hloristogo kaliya s primeneniem geksametenimina: otchet o NIR, tema # 281–66 / G.I. Mikulin. – H.: NIOHIM, 1969. – 122 p.
7. Mikulin G.I. Primenenie intensivnykh ionoobmennyykh protsessov tehnologii osnovnoy himii dlya polucheniya reaktivnykh i vyisokochistykh mineralnykh veschestv: otchet o NIR, tema # 271–66 / G.I. Mikulin. – H.: NIOHIM, 1966. – 37 p.
8. Benkovskiy S.V. Tehnologiya sodoproduktov/ S.V. Benkovskiy, S.M. Kruglyiy, S.K. Sekovanov. – M.: Himiya, 1972. – 352 p.
9. Aksenov E.M. Perspektivy osvoeniya syirevoy bazyi kaliynykh udobreniy na vostoке Rossii/ E.M. Aksenov, Yu.V. Batalin, A.K. Vishnyakov, R.R. Tumanov, R.Z. Fahrutdinov. – Moskva, Mineralnyie resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie, 2008. – # 1. – 78–90 p.
10. Razrabotka variantov tehnologicheskikh shem i otsenka tselesoobraznosti organizatsii proizvodstva potasha na Ukraine s vyidachey tehniko-ekonomicheskoy otsenki: otchet o NIR. – Harkov: NIOHIM, 1992. – 98 p.
11. Pat. 2132301 RU, MKI C01D7/00. Sposob polucheniya potasha. [A.A. Bitner, S.A. Nikolaev, V.G. Teslya i dr.]. zayavitel Vserossiyskiy alyuminievo-magnievyy institut; OAO Pikalevskoe ob'edinenie «Glinozem». Data podachi zayavki 10.04.1997; Data publikatsii 27.06.1999.
12. Saymon Grayver. Grani izrail'skoy ekonomiki. Syire kak osnova ekonomiki [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa <http://posolstvo.narod.ru/lib/rawmaterials.html>.
13. Krashenninikov S.A. Poluchenie sodyi i potasha iz silvinitov Karlyukskogo mestorozhdeniya. [S.A. Krashenninikov, T.S. Gref i dr.] – Moskva. Himicheskaya promyshlennost, 1984. – # 2. – 93 p.
14. Lvov A.V. Elektrohimicheskaya regeneratsiya organicheskikh aktseptorov hloristogo vodoroda v protsesse polucheniya sodyi i potasha // Dis ... kand. him. nauk. – Moskva, 1983. – 243 p.

УДК 661.332.3

Гринь Г.И., Панасенко В.В., Лавренко А.А., Бондаренко Л.Н., Резниченко А.М.,
Дейнека Д.Н., Адаменко С.Ю.

МЕТОДЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ СОЛЕЙ

В работе проанализированы существующие методы получения карбонатных солей, широко освещены их преимущества и недостатки, показано, что наиболее перспективным является химический метод с применением KCl и $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$.

УДК 661.332.3

Gryn G.I., Panasenko V.V., Lavrenko A.A., Bondarenko L.N., Reznichenko A.M.,
Deyneka D.N., Adamenko S.Y.

METHODS FOR PRODUCING INDUSTRIAL CARBONATE SALTS

This paper analyzes the existing methods for the preparation of carbonate salts, widely covered their advantages and disadvantages, it is shown that the most promising is a chemical method using KCl and $(C_2H_5)_2NH$.

Болюх В.Ф., Олексенко С.В.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАРУЖНОГО ЭКРАНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Введение. Индукционно-динамические преобразователи (ИДП) применяются в различных областях научных исследований, промышленности, технологии и сферах безопасности для создания механических импульсов ударного действия.

В этих преобразователях, имеющих коаксиальную конфигурацию, неподвижный индуктор возбуждается от емкостного накопителя энергии, и посредством импульсного магнитного поля в электропроводящем якоре индуцируются вихревые токи. Это приводит к возникновению электродинамических усилий (ЭДУ), вследствие чего якорь перемещается относительно индуктора в аксиальном направлении.

Традиционные ИДП, как правило, не содержат специальных элементов, обеспечивающих снижение внешних магнитных полей, возбуждаемых при работе. Вследствие этого возникает проблема электромагнитной совместимости с близко расположенными электронными приборами и негативное влияние импульсных магнитных полей на обслуживающий персонал.

Использование наружного экрана позволяет снизить внешнее магнитное поле создаваемое ИДП. Однако при этом происходит усложнение конструкции, увеличение массогабаритных параметров ИДП и изменение эффективности преобразователя. Все это обуславливает задачу выбора параметров наружного экрана рассматривать как многокритериальную, учитывающую ряд различных факторов.

Целью статьи является оценка влияния материала, конструкции и геометрической конфигурации наружного экрана на эффективность ИДП при учете внешнего магнитного поля рассеяния, рабочих показателей и массогабаритных параметров.

Математическая модель ИДП

Для исследования ИДП с наружным экраном было проведено компьютерное моделирование в программном пакете *COMSOL Multiphysics 4.4*, основанное на решении дифференциальных уравнениях в частных производных и использовании метода конечных элементов. Программное обеспечение позволяет осуществлять адаптивное изменение построенной сетки и контроль ошибок при работе с различными численными решателями.

При расчете определяется векторный магнитный потенциал A с использованием условия Дирихле на внешних границах расчетной области:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r\mu(B)} \frac{\partial(rA)}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu(B)} \frac{\partial A}{\partial z} \right) - \gamma \frac{\partial A}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

где $\mu(B)$ – магнитная проницаемость материала ФМЭ, зависящая от индукции магнитного поля B ; γ – электропроводность материала.

Составляющие вектора магнитной индукции находятся по известным соотношениям:

$$B_z = \frac{1}{r} \frac{d(rA)}{dr}; B_r = -\frac{dA}{dz}. \quad (2)$$

Плотность тока в конечных элементах якоря определяется по известному выражению:

$$j = -\gamma \frac{\partial A}{\partial t}. \quad (3)$$

Аксиальная сила, действующая на ускоряемый якорь, определяется следующим образом:

$$f_z = 0,5 \iint (H(B \cdot n)) + B(H \cdot n) - n(H \cdot B)) dS, \quad (4)$$

где S – поверхность, охватывающая якорь в поперечном сечении; H – напряженность магнитного поля.

Для материала ФМЭ в расчетах используется нелинейная кривая намагничивания $B = f(H)$. Импульс электродинамических усилий (ЭДУ), действующий на якорь, определяется следующим образом:

$$F_z = \int_0^t f_z dt. \quad (5)$$

При расчете быстропротекающих электромагнитных, электродинамических и тепловых процессов ИДП предполагаем отсутствие механических перемещений (отдачи) индуктора и деформации элементов ИДП.

Геометрические параметры ИДП

Таблица 1 – Основные параметры ИДП основного исполнения

Показатель	Обозначение	Величина
Внешний диаметр индуктора	D_{ex1}	100 мм
Внутренний диаметр индуктора	D_{in1}	10 мм
Высота индуктора	H_1	10 мм
Внешний диаметр якоря	D_{ex2}	100 мм
Внутренний диаметр якоря	D_{in2}	10 мм
Высота якоря	H_2	3 мм
Исходное расстояние между индуктором и якорем	δ	1 мм
Количество витков индуктора	N_1	46 шт.
Сечение шины индуктора	$a \times b$	8,64 мм ²
Масса исполнительного элемента	$m_я$	0.48кг
Емкость емкостного накопителя энергии	C	2850 мкФ
Напряжение емкостного накопителя энергии	U_0	400 В

Основные параметры ИДП основного исполнения (без наружного экрана) приведены в табл. 1. На рис. 1 представлен общий вид исследуемого ИДП с указанием гра-

ниці, на которой рассчитывается поле рассеяния. Показано распределение магнитного поля через 1 мс после начала возбуждения ИДП. На рис. 1 означены: 1 – неподвижный индуктор; 2 – подвижный электропроводящий якорь; 3 – граница измерения поля рассеяния, определяемая на расстоянии $2H_1$ от нижней и боковой и на расстоянии $4H_1$ от верхней наружной поверхности индуктора.

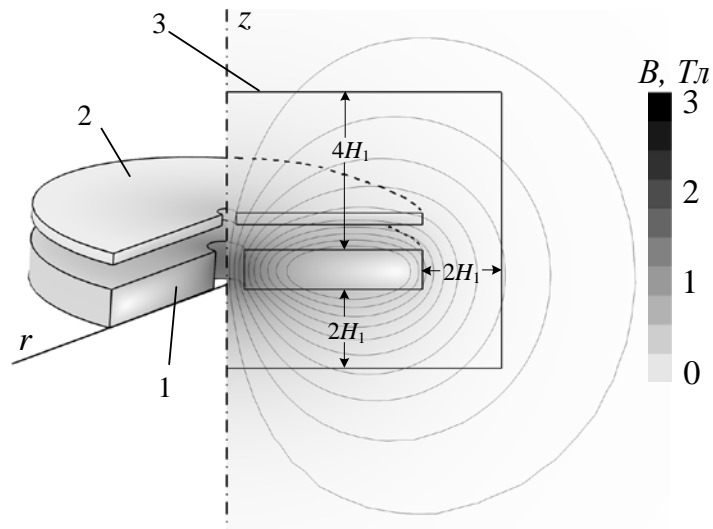


Рисунок 1 – Схема ИДП основного исполнения и распределение магнитного поля через 1 мс после начала возбуждения индуктора

Рассмотрим электромагнитный экран (ЭМЭ), выполненный из технической меди толщиной 1 мм, и ферромагнитный экран (ФМЭ), выполненный из технической стали марки Ст.10 (AISI 1010) шихтованным и прилегающим к индуктору с внешней и нижней стороны через изоляционный зазор 1 мм.

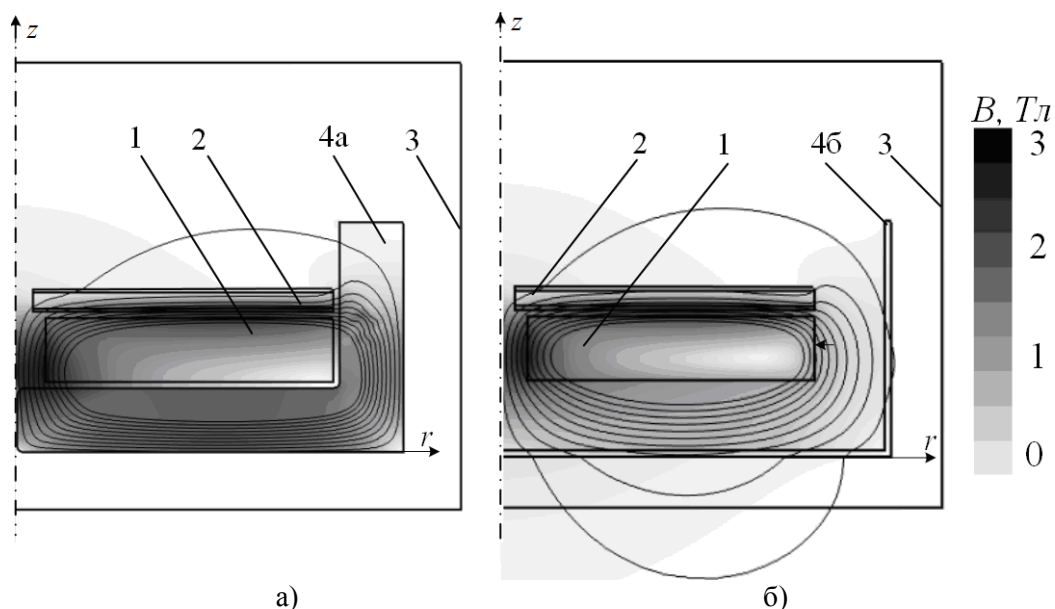


Рисунок 2 – Сечение ИДП с ФМЭ (а) и с ЭМЭ (б) и распределением магнитного поля в момент максимума ЭДУ: 1 – индуктор; 2 – якорь; 3 – граница расчета поля рассеяния; 4а – ФМЭ; 4б – ЭМЭ

На рис. 2 представлены ИДП с ФМЭ и ИДП с ЭМЭ, где показаны распределения магнитных полей в момент максимума ЭДУ. В данных расчетах использовались одинаковые наружные габариты экранов. Как следует из представленных расчетов, толсто-стенный ФМЭ усиливает, а тонкостенный ЭМЭ – ослабляет магнитное поле в зоне индуктора и якоря. При этом магнитное поле практически не выходит за наружную поверхность ФМЭ, в то время как это поле проникает за наружную поверхность ЭМЭ.

Все варьируемые геометрические параметры наружного экрана ИДП опишем безразмерными величинами (χ – для ФМЭ, ε – для ЭМЭ):

$$\chi = \frac{H_{4б}}{H_1}; \varepsilon = \frac{H_{4а}}{H_1}, \quad (6)$$

где $H_{4а}$ – расстояние от нижней (боковой) поверхности индуктора до нижней (боковой) наружной поверхности ФМЭ; $H_{4б}$ – расстояние от нижней (боковой) поверхности индуктора до наружной нижней (боковой) поверхности ЭМЭ.

Для анализа будем использовать относительные показатели ИДП с наружным экраном: максимальное значение скорости якоря с исполнительным элементом – v_m^* , усредненное значение поля рассеяния B^* , масса ИДП с экраном m^* , радиальные – G_d^* и аксиальные – G_h^* габариты ИДП с учетом экрана; КПД Ek^* .

Значение КПД рассчитывается как отношение кинетической энергии якоря с исполнительным элементом к энергии емкостного накопителя энергии:

$$Ek = \frac{m_{я} \cdot v_{\max}^2}{C \cdot U_0^2}. \quad (7)$$

Все относительные показатели ИДП с наружным экраном приведены к показателям ИДП основного исполнения (без экрана).

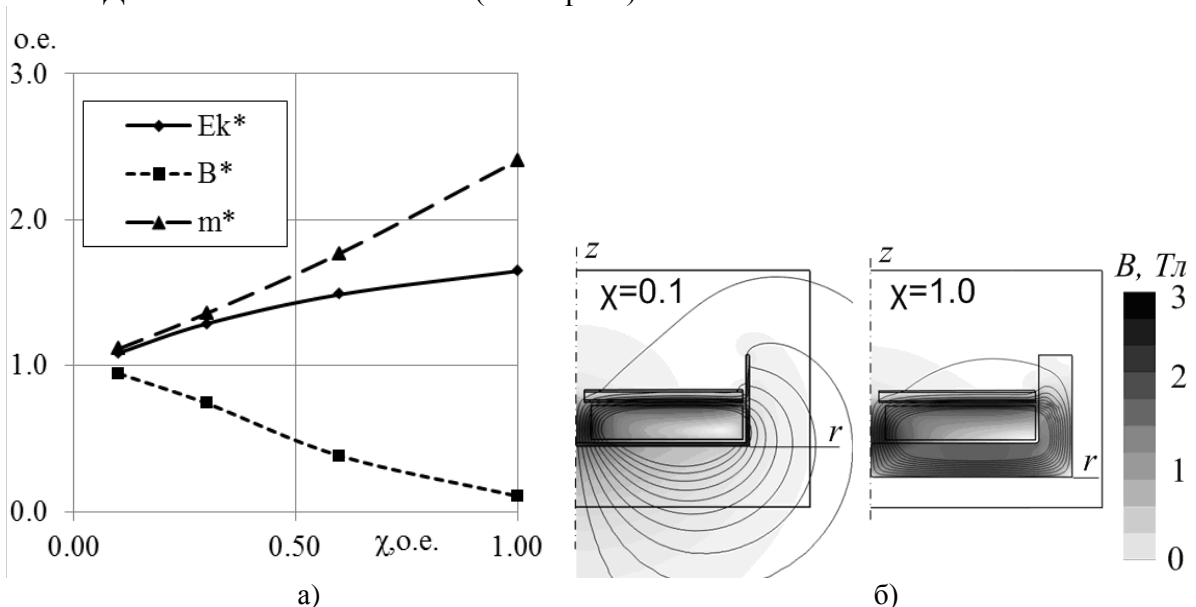


Рисунок 3 – Зависимость относительных показателей ИДП от толщины ФМЭ (а) и распределение магнитного поля в момент максимума ЭДУ для граничных значений параметра χ (б)

Как следует из расчетов, ЭМЭ уменьшает максимальную скорость и КПД преобразователя, в то время как ФМЭ – увеличивает эти показатели по отношению к ИДП основного исполнения. При удалении ЭМЭ от индуктора магнитное поле рассеяния снижается, а скорость и КПД возрастают. При увеличении толщины ФМЭ поле рассеяния также снижается, но при этом скорость и КПД возрастают.

На рис. 3,а показано влияние толщины ФМЭ на основные показатели ИДП, а на рис. 3,б показано распределение магнитных полей в ИДП при использовании тонкого ($\chi=0,1$) и толстого ($\chi=1,0$) ФМЭ. При увеличении толщины ФМЭ происходит практически линейное увеличение массы преобразователя. При геометрическом параметре $\chi=1,0$ масса ИДП возрастает практически в 2,4 раза, КПД повышается в 1,65 раз, а магнитное поле уменьшается больше, чем в 9 раз по сравнению с ИДП основного исполнения.

На рис. 4,а показано влияние зазора между ЭМЭ и индуктором на основные показатели ИДП, а на рис. 4,б показано распределение магнитных полей в ИДП при использовании близко расположенного ($\varepsilon =0,1$) и удаленного ($\varepsilon =1,0$) ЭМЭ. При увеличении зазора между ЭМЭ и индуктором происходит незначительное увеличение массы преобразователя. При геометрическом параметре $\varepsilon =1,0$ масса ИДП возрастает на 16 %, КПД уменьшается на 20 % 1,65 раз, а магнитное поле уменьшается больше, чем в 3,8 раз по сравнению с ИДП основного исполнения.

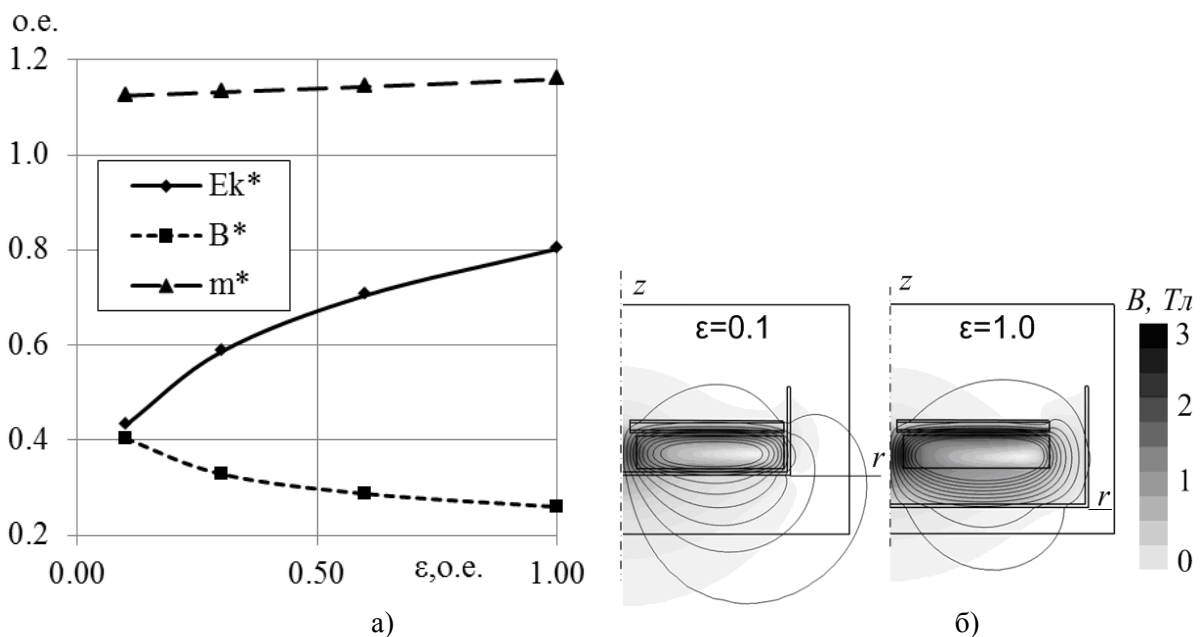


Рисунок 4 – Зависимость относительных показателей ИДП от зазора между ЭМЭ и индуктором (а) на рабочие показатели ИДП (а) и распределение магнитного поля в момент максимума ЭДУ для граничных значений параметра ε (б)

Поскольку ЭМЭ выполняется тонкостенным, то для него актуальной является проблема ЭДУ, способных вызвать механическую деформацию. На рис.5 показано распределение удельных аксиальных ЭДУ f_z , действующих на нижнюю стенку ЭМЭ, и распределение удельных радиальных f_r , действующих на боковую стенку ЭМЭ. Указанные силы распределяются неравномерно по соответствующей поверхности с максимумом в области, расположенной напротив центра обмотки индуктора. Причем силы в аксиальном направлении f_z , действующие на нижнюю стенку ЭМЭ, более чем на порядок превышают силы в радиальном направлении f_r , действующие на боковую стенку ЭМЭ.

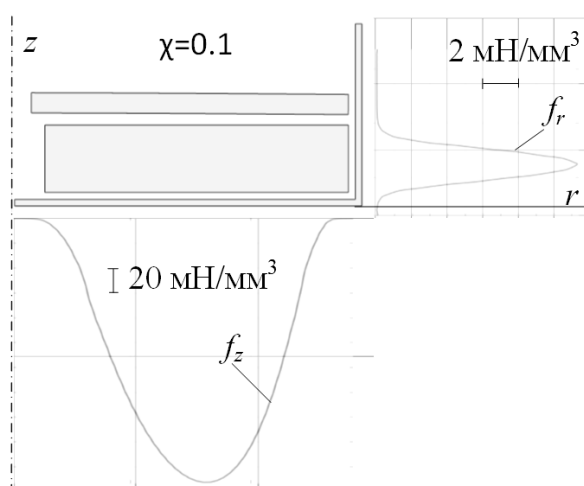


Рисунок 5 – Распределение удельных ЭДУ действующих на поверхность ЭМЭ в момент времени $t=0.4$ мс

Как показывают расчеты, каждый из рассмотренных экранов имеет свои преимущества и недостатки. Для максимального экранирования магнитного поля, обеспечения минимальных массогабаритных показателей и обеспечения повышенного КПД рассмотрим комбинированный экран. Этот экран состоит из прилегающего к индуктору ФМЭ, который снаружи охвачен тонкостенным ЭМЭ. В этом случае ферромагнитный экран, который служит опорой для электромагнитного экрана, может быть выполненным относительно тонкостенным.

На рис. 6 показан ИДП с комбинированным экраном и пространственные распределения плотности тока и магнитного поля.

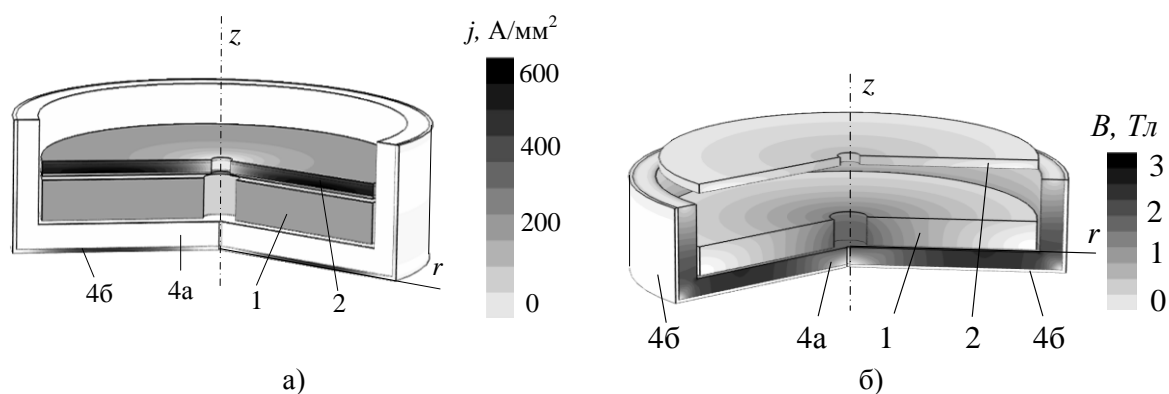


Рисунок 6 – ИДП с комбинированным экраном и распределение плотности тока в момент максимума ЭДУ (а) и распределение магнитного поля при $t=2$ мс: 1 – индуктор; 2 – якорь; 4а – ФМЭ; 4б – ЭМЭ

На рис. 7 показано распределение поля в ИДП с комбинированным экраном, у которого ЭМЭ имеет одинаковую толщину 1 мм, а ФМЭ выполнено с различной толщиной стенок. Как показывают расчеты комбинированный экран обеспечивает по сравнению с ФМЭ снижение магнитных полей примерно в 4 раза при одинаковых габаритах. При геометрическом параметре $\chi=0,4$ магнитное поле частично выходит за поверхность дискового основания ЭМЭ. Однако уже при $\chi=0,4$ магнитное поле практически «закупорено» внутри комбинированного экрана.

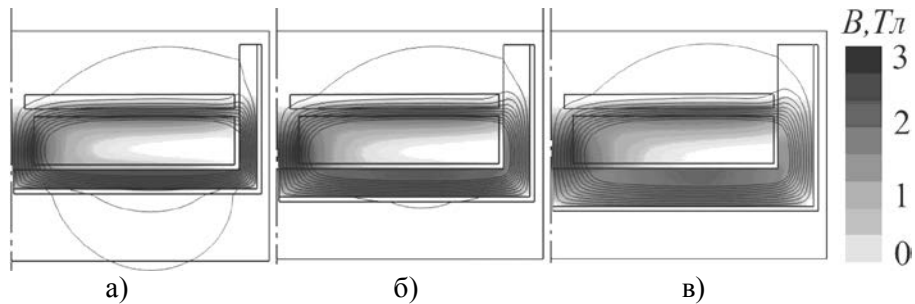


Рисунок 7 – Распределение поля в ИДП с комбинированным экраном, у которого ЭМЭ имеет толщину 1 мм, а ФМЭ выполнено с геометрическим параметром χ : 0,4 (а); 0,6 (б); 0,8 (в)

На рис. 8,а показана зависимость относительных показателей ИДП от толщины ферромагнитной части комбинированного экрана при фиксированной толщине электромагнитной части, равной 1мм. Необходимо отметить, что магнитные поля рассеяния при этом малы даже при небольшой толщине ферромагнитной части ($\chi=0,4$). При этом с увеличением толщины ферромагнитной части экрана увеличение КПД происходит не линейно, а имеет характер насыщения.

На рис. 8,б показана зависимость относительных показателей ИДП от толщины и электромагнитной части комбинированного экрана при фиксированной толщине ферромагнитной части, равной 6 мм. При увеличении толщины электромагнитной части экрана наблюдается уменьшение магнитных полей рассеяния. Однако массогабаритные показатели и КПД меняются незначительно.

Необходимо отметить, что комбинированный экран имеет более сложную конструкцию по сравнению с ФМЭ.

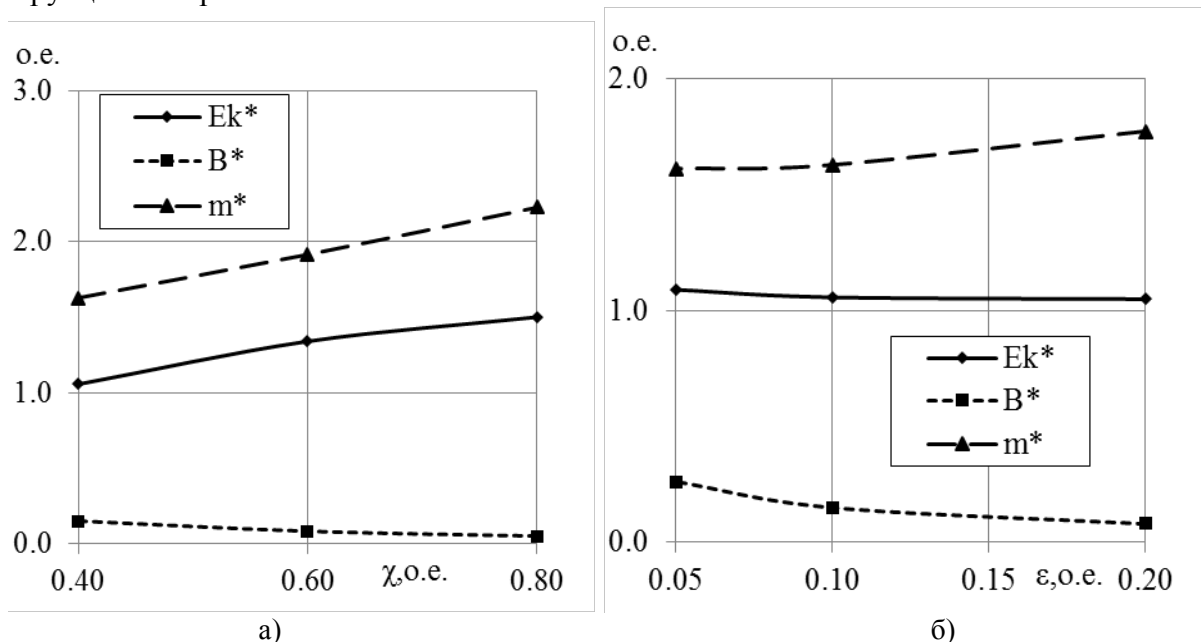


Рисунок 8 – Зависимость относительных показателей ИДП от толщины ферромагнитной части при толщине ЭМЭ 1мм (а) и электромагнитной части при толщине ФМЭ 6 мм (б) комбинированного экрана

Таким образом, каждый из рассмотренных типов наружных экранов (ферромагнитный, электромагнитный и комбинированный) имеет свои достоинства и недостатки,

что требует оптимизационного подхода, учитывающего различные аспекты и показатели ИДП.

Критерии эффективности ИДП с НЭ

Влияние типа и геометрических параметров наружного экрана на эффективность ИДП целесообразно оценивать с помощью обобщенного критерия:

$$\eta^* = \sum_{j=1}^5 K_j^* \cdot \beta_j, \quad (8)$$

где K_j – относительный j -ый показатель эффективности ИДП.

β_j – весовые коэффициенты соответствующих относительных показателей эффективности ИДП, удовлетворяющие соотношению:

$$\sum_{j=1}^5 \beta_j = 1. \quad (9)$$

В качестве показателей эффективности использовано: КПД (Ek), масса (m), усредненное значение полей рассеяния (B), радиальные (G_d) и аксиальные (G_h) габариты ИДП с наружным экраном.

В расчетах каждый из показателей $K_j = \{K_{ji}\}$ варьируется в диапазоне от минимального до максимального значения согласно:

$$B_{\min}^* = \min\{B_1^*, B_2^*, \dots, B_n^*\}; \quad B_{\max}^* = \max\{B_1^*, B_2^*, \dots, B_n^*\}.$$

где i -ый вариант экрана; n - число вариантов экрана; K_{ji} – значение i -го варианта j -го показателя эффективности.

$$K_{1i} = \frac{B_{\max}^* - B_i^*}{B_{\max}^* - B_{\min}^*};$$

$$Ek_{\min}^* = \min\{Ek_1^*, Ek_2^*, \dots, Ek_n^*\}; \quad Ek_{\max}^* = \max\{Ek_1^*, Ek_2^*, \dots, Ek_n^*\};$$

$$K_{2i} = \frac{Ek_i^* - Ek_{\min}^*}{Ek_{\max}^* - Ek_{\min}^*};$$

$$m_{\min}^* = \min\{m_1^*, m_2^*, \dots, m_n^*\}; \quad m_{\max}^* = \max\{m_1^*, m_2^*, \dots, m_n^*\};$$

$$K_{3i} = \frac{m_{\max}^* - m_i^*}{m_{\max}^* - m_{\min}^*};$$

$$G_{h \min}^* = \min\{G_{h 1}^*, G_{h 2}^*, \dots, G_{h n}^*\}; G_{h \max}^* = \max\{G_{h 1}^*, G_{h 2}^*, \dots, G_{h n}^*\};$$

$$K_{4i} = \frac{G_{h \max}^* - G_{h i}^*}{G_{h \max}^* - G_{h \min}^*};$$

$$G_{d \min}^* = \min\{G_{d 1}^*, G_{d 2}^*, \dots, G_{d n}^*\}; G_{d \max}^* = \max\{G_{d 1}^*, G_{d 2}^*, \dots, G_{d n}^*\};$$

$$K_{5i} = \frac{G_{d \max}^* - G_{d i}^*}{G_{d \max}^* - G_{d \min}^*}.$$

В таком случае каждый коэффициент K_{ji} находится в интервале $[0, 1]$. При расчетах обобщенного критерия эффективности ИДП с наружным экраном использовано 5 вариантов оценки эффективности ИДП (табл.2). Указанные варианты оценивают эффективность ИДП путем выбора значения весового коэффициента соответствующего показателя. При выборе варианта оценки эффективности весовой коэффициент β_1 оценивает поле рассеяния B , β_2 – оценивает КПД Ek , β_3 – оценивает массу m , β_4 – оценивает аксиальные габариты G_h и β_5 – оценивает радиальные габариты G_d преобразователя.

Таблица 2 – Варианты оценки эффективности ИДП

Вариант	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1
2	0.25	0.25	0.25	0.125	0.125
3	0.3	0.5	0.1	0.05	0.05
4	0.3	0.1	0.5	0.05	0.05
5	0.5	0.1	0	0.2	0.2

На рис. 9 показаны зависимости обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ФМЭ и от величины зазора между ЭМЭ и индуктором.

По варианту оценки эффективности 2, при котором все показатели рассматриваются равноценными, целесообразно увеличение толщины ФМЭ до значения показателя $\chi=1$. Аналогичное увеличение толщины ФМЭ справедливо при использовании варианта 5, при котором наибольший приоритет отдан уменьшению магнитного поля рассеяния. В вариантах оценки эффективности 1, 3 и 4 целесообразно выбирать ФМЭ с геометрическим параметром $\chi=0,1-0,5$.

При оценке эффективности ЭМЭ по варианту 2, при котором все показатели рассматриваются равноценными, целесообразно увеличение зазора до значения $\varepsilon=1$. Но при использовании варианта 5, при котором наибольший приоритет отдан уменьшению магнитного поля рассеяния целесообразно выбирать значение $\varepsilon=0,1$. В вариантах оценки эффективности 1, 3 и 4 целесообразно выбирать ЭМЭ с геометрическим параметром $\chi=0,2-0,4$.

Исходя из анализа представленных зависимостей, можно сделать вывод, что толщину ФМЭ целесообразно выбирать с параметром $\chi=0,8$ только при использовании

варианта оценки эффективности 2. Во всех остальных вариантах этот параметр целесообразно выбирать в интервале $\chi=0,4-0,5$.

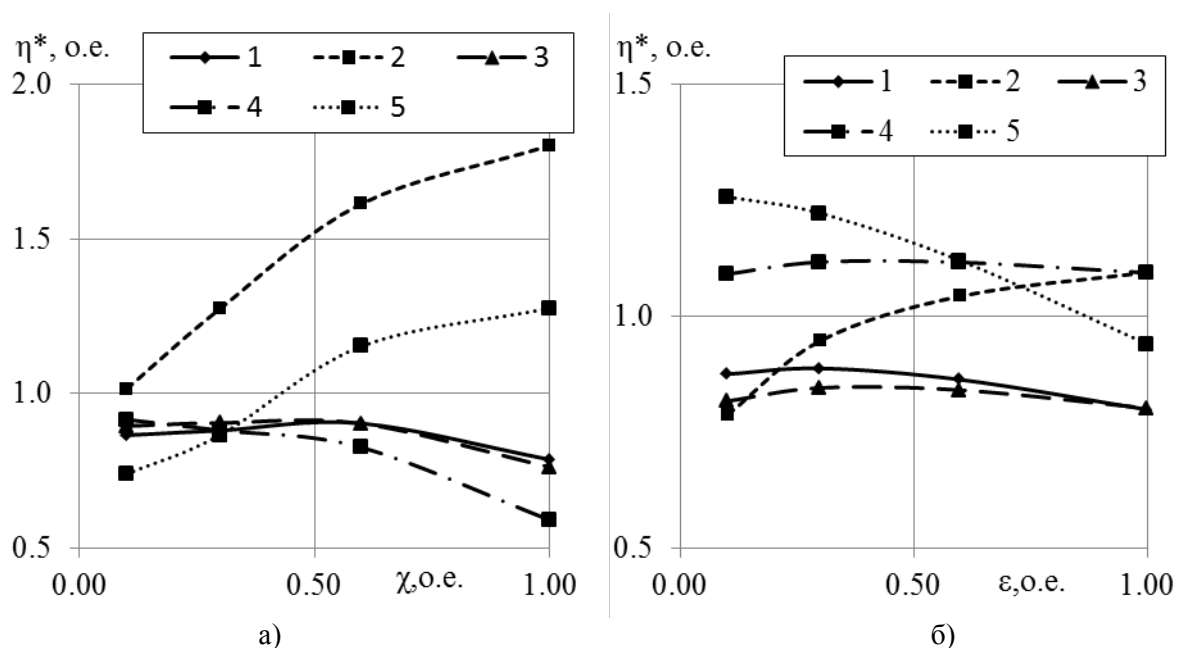


Рисунок 9 – Зависимость обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ФМЭ (а) и от величины зазора между ЭМЭ и индуктором (б)

На рис. 10 представлена зависимость обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ферромагнитной и электромагнитной части комбинированного экрана.

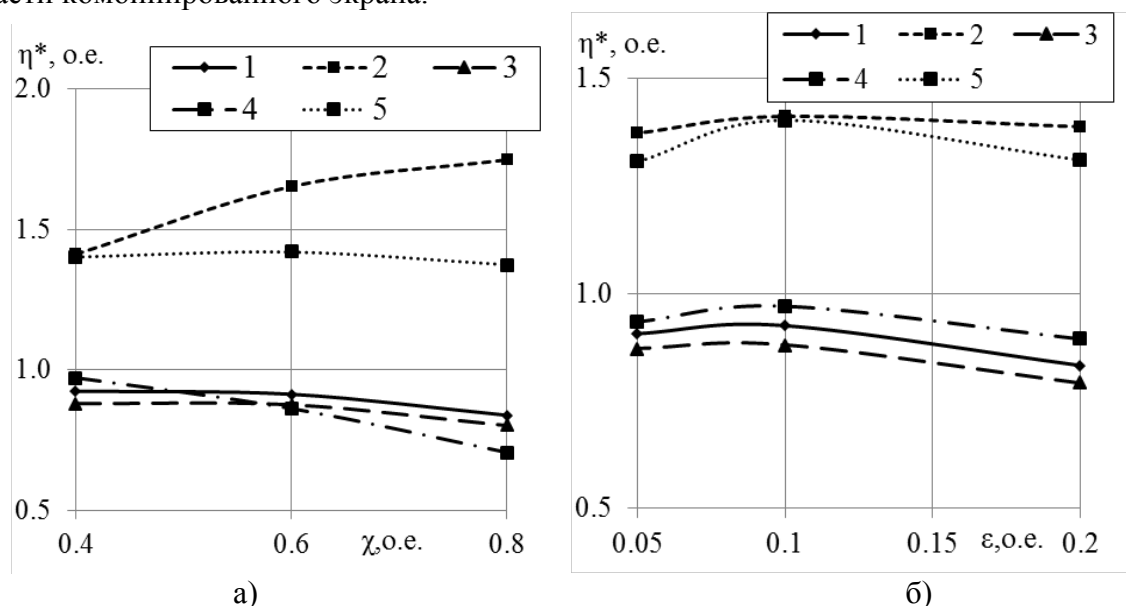


Рисунок 10 – Зависимость обобщенного критерия эффективности для вариантов весовых коэффициентов от толщины ферромагнитной части (а) и от толщины электромагнитной части комбинированного экрана (б)

Для ЭМЭ во всех вариантах целесообразно выбирать геометрический параметр $\epsilon=0,1$. На основании проведенных расчетов для заданных вариантов весовых коэффи-

циентов получены оптимальные геометрические параметры ε и χ для всех рассмотренных типов наружных экранов, которые сведены в табл. 3. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о целесообразности использования комбинированного экрана

Таблица 3 – Значения относительных показателей ИДП при оптимальных геометрических показателях

Экран	χ о.е.	ε , о.е.	B^* , Тл	v_{max}^* , м/с	Ek^* , %	m^* , кг	G_h^* , мм	G_d^* , мм
ЭМЭ	-	0.60	0.29	0.84	0.70	1.14	2.29	1.16
ФМЭ	1.00	-	0.11	1.28	1.65	2.41	2.57	1.24
ФМЭ+ЭМЭ	0.60	0.70	0.08	1.16	1.34	1.92	2.36	1.18

Выводы

Предложено задачу выбора наружного экрана ИДП рассматривать как многокритериальную, учитывающую ряд противоречивых положительных (повышение КПД и силовых показателей, снижение магнитного поля рассеивания) и отрицательных факторов (увеличение массы и габаритов ИДП, повышение сложности конструкции).

Предложена математическая модель ИДП с наружным экраном, учитывающая взаимосвязанные электрические, магнитные, механические и тепловые процессы, протекающие при возбуждении индуктора от емкостного накопителя.

На основании компьютерного моделирования установлено влияние материала и геометрических параметров наружного экрана на показатели эффективности ИДП. Для заданных критериев получены оптимальные варианты. Показано, что при определенных параметрах экран более чем в 10 раз снижает уровень полей рассеивания при незначительном повышает эффективности ИДП на 1,5–2 % и приемлемым изменением массогабаритных параметров.

Показана целесообразность использования комбинированного экрана, внутренняя часть которого выполнена ферромагнитной, а наружная – электромагнитной.

Литература

1. Livshiz. Y., Izhar A., Gafri O. One turn coil for industrial use of magnetic pulse processes. // Proceedings of 9th Mega-Gauss Conference. – 2002. – P. 125–131.
2. Chemerys V.T., Bolyukh V.F. Prospectives of new coilgun design development // Артиллерийское и стрелковое вооружение.– 2008.– № 3.– С. 44–52.
3. Barmada S. Field analysis in tubular coilguns by wavelet transform // *IEEE Trans. Magnetics*. – 2003.– Vol. 39, № 1– P. 120–124.
4. Болюх В.Ф., Олексенко С.В., Шукин И.С. Влияние параметров ферромагнитного сердечника на эффективность индукционно-динамического двигателя // *Електротехніка і електромеханіка*. – 2012.– №6. – С. 20–27.
5. Bolyukh V.F., Oleksenko S.V., Katkov I.I. The use of fast cryogenic cooling and ferromagnetic core greatly increases efficiency of a linear induction-dynamic converter // Proceedings of the 13th cryogenics 2014 IIR international conference. – Praha, Czech Republic. – April 7–11, 2014. – Paper ID: 012. – P. 268–275.

6. Engel T.G., Surls D., Nunnally W.C. Prediction and verification of electromagnetic forces in helical coil launchers // IEEE Trans. Magnetics. – 2003. – Vol. 39, № 1.– P. 112–115.

Bibliography (transliterated)

1. Livshiz. Y., Izhar A., Gafri O. One turn coil for industrial use of magnetic pulse processes. Proceedings of 9th Mega-Gauss Conference. – 2002.– P. 125–131.

2. Chemerys V.T., Bolyukh V.F. Prospectives of new coilgun design development Artilleriyskoe i strelkovoє vooruzhenie.– 2008.– # 3.– P. 44–52.

3. Barmada S. Field analysis in tubular coilguns by wavelet transform IEEE Trans. Magnetics. – 2003.– Vol. 39, # 1– P. 120–124.

4. Bolyukh V.F., Oleksenko S.V., Schukin I.S. Vliyanie parametrov ferromagnitnogo serdechnika na effektivnost induktsionno-dinamicheskogo dvigatelya Elektrotehnika I elektromehanika. – 2012.– #6. – S. 20–27.

5. Bolyukh V.F., Oleksenko S.V., Katkov I.I. The use of fast cryogenic cooling and ferromagnetic core greatly increases efficiency of a linear induction-dynamic converter Proceedings of the 13th cryogenics 2014 IIR international conference. – Praha, Czech Republic. – April 7–11, 2014. – Paper ID: 012. – P. 268–275.

6. Engel T.G., Surls D., Nunnally W.C. Prediction and verification of electromagnetic forces in helical coil launchers IEEE Trans. Magnetics. – 2003. – Vol. 39, # 1.– P. 112–115.

УДК 621.313:536.2.24:539.2

Болюх В.Ф., Олексенко С.В.

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЗОВНІШНЬОГО ЕКРАНА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ІНДУКТИВНО-ДИНАМІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

Запропоновано математичну модель індукційно-динамічного перетворювача із зовнішнім екраном, що враховує взаємозалежні електричні, магнітні, механічні та теплові процеси, що протікають при збудженні індуктора від ємкісного накопичувача. Встановлено вплив матеріалу і геометричних параметрів зовнішнього екрана на показники ефективності індукційно-динамічного перетворювача. Показано доцільність використання комбінованого екрана, внутрішня частина якого виконана ферромагнітною, а зовнішня – електромагнітною.

Bolyukh V.F., Oleksenko S.V.

**INFLUENCE OF PARAMETERS ON THE PERFORMANCE OF THE SCREEN
INDUCTIVELY DYNAMIC CONVERTER**

A mathematical model of induction-dynamic transducer with an external screen, taking into account the related electrical, magnetic, mechanical and thermal processes occurring during the excitation inductor of bone-eating drive. The influence of material and geometric parameters of the outer shield on performance of induction-dynamic transducer. Shown the feasibility of using a combined screen, the inner part of which is made of a ferromagnetic and an outer – electromagnetic.

Пономаренко А.В., Ведь В.Е.

РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ КЕРАМИЧЕСКИХ НОСИТЕЛЕЙ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

1. Введение

Исследователи в области катализа стали все большее внимания уделять природе и свойствам носителя каталитически активных элементов. Это связано с тем, что носитель уже не рассматривается просто как инертная подложка. Работами [1, 2] доказано, что носитель катализатора способен обеспечивать термическую стабильность катализатора, устойчивость к отравлению и к повышению избирательности. Немаловажным фактором, обеспечивающим высокую работоспособность каталитическим нейтрализаторам, является возможность придания каталитическому блоку оптимальной формы для обеспечения, в том числе, механической прочности при перепадах давления [3, 4]. Исследования в области изучения свойств материалов, применяемых для изготовления носителей катализаторов, являются актуальными в настоящее время.

2. Анализ литературных данных

В работах [5–9] описано применение принципов статического планирования экспериментов при изучении влияния технологических факторов на свойства материалов.

Для изучения свойств смесей при одновременном использовании нескольких компонентов состава наиболее оправданным является применение метода планирования экспериментов на основе симплексных решёток [5]. На основе симплексных решёток разрабатываются такие планы экспериментов, как план Мак Лина–Андерсона [6], *D*-оптимальные планы Кифера [7], планы Драйпера–Лоуренса [8], планы Кенворси [9]. Но с их помощью достаточно сложно описать одновременно взаимодействие многокомпонентных систем и, тем более, графически представить зависимости их свойств. Поэтому для изучения свойств смесей при одновременном использовании нескольких компонентов наиболее оправданным является применение метода планирования экспериментов на основе симплексных решёток Шеффе [5].

3. Постановка проблемы

Целью данного исследования является определение оптимального состава керамического материала на основе кордиерита различных фракций и корунда, используемого для изготовления носителей катализаторов газоочистки.

При наличии широкого диапазона варьирования изучаемых составов смесей целесообразно прибегнуть к планированию экспериментов – процедуре выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью [10].

Экспериментальные образцы керамических материалов для носителей каталитически активных центров приготавливались из смеси, состоящей из кордиерита фракций меньше 0,63 мм, 1,25–0,63 мм и 2,5–1,25 мм, а также корунда фракции менее 0,06 мм. В качестве вяжущего материала использовалось алюмофосфатное связующее с мольным соотношением $P_2O_5:Al_2O_3=4,08$, которое вводилось во все составы в количестве 10 % (масс.) сверх 100 % сухого вещества.

Фракционные составы материалов в соответствии с планированием эксперимента методом симплексных решеток были выражены посредством независимых переменных: x_1 – кордиерит фракции 1,25–0,63 мм; x_2 – кордиерит фракции меньше 0,63 мм; x_3 – корунд фракции 0,06 мм; x_4 – кордиерит фракции 2,5–1,25 мм. Полученные переменные изменялись внутри следующих пределов, выраженных в долях единицы – 0,2–0,6. Для представления многогранника с наложенными ограничениями в виде правильного симплекса осуществлен перевод натуральных переменных (x_i) в кодированные (z_i), относительно которых строится правильный симплекс концентраций. При этом, кодированные переменные z , соответственно z_1, z_2, z_3 и z_4 , изменялись от 0 (для $x_i=0,2$) до 1 (для $x_i=0,6$).

На основе предложенных экспериментальных точек были изготовлены смеси соответствующих составов.

4. Результаты исследований свойств материалов для носителей катализаторов

Для полученных экспериментальных образцов были определены следующие свойства: открытая пористость, удельная плотность, предел прочности при сжатии.

Принятый план эксперимента позволил получить полиномиальные зависимости четвертого порядка для каждой из трехкомпонентной смеси, описывающие экспериментальные значения свойств. Полученные зависимости имеют вид:

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1x_2 + a_5x_1x_3 + a_6x_2x_3 + a_7x_1x_2(x_1 - x_2) + a_8x_1x_3(x_1 - x_3) + a_9x_1x_3(x_2 - x_3) + a_{10}x_1x_2(x_1 - x_2)^2 + a_{11}x_1x_3(x_1 - x_3)^2 + a_{12}x_2x_3(x_2 - x_3)^2 + a_{13}x_1^2x_2x_3 + a_{14}x_1x_2^2x_3 + a_{15}x_1x_2x_3^2,$$

где $a_1, a_2 \dots a_{15}$ – коэффициенты приведенного полинома, получаемые на основе метода наименьших квадратов.

Адекватность полученных зависимостей определялась согласно t – распределению Стьюдента [11].

Функции отклика изученных свойств материалов на симплексах массовых долей входящих компонентов, образованных переменными z_1, z_2, z_3 и z_4 , были графически представлены в виде проекций линий равных значений, иллюстрирующих поверхности изменяющихся значений исследуемых свойств.

Разработанная нами методика, заключающаяся в совмещении граней трехкомпонентных симплексов, позволяет получить проекции равных значений исследуемых свойств на плоскость четырехкомпонентного симплекса концентраций в координатах кодированных переменных z_1, z_2, z_3 и z_4 .

При использовании данной методики были построены проекций линий равных значений кажущейся плотности для экспериментальных керамических образцов (рис. 1).

На рис. 1 показано, что значения кажущейся плотности для четырехкомпонентной системы изменяются в пределах 1,5–2 г/см³. Зоны максимальных значений кажущейся плотности 2 г/см³ на симплексе показывают, что наибольшие значения данного показателя наблюдаются в смесях, в которых фракция кордиерита 1,25–0,63 мм входит в минимальных количествах, а массовые доли корунда и кордиерита фракции 2,5–1,25 мм в равных соотношениях. Зона минимальных значений удельной плотности (1,5–

1,6 г/см³) отмечается преимущественно по всей площади симплекса, образованного координированными переменными $\{z_1, z_2, z_4\}$, что определяется отсутствием корунда в составе смесей данного участка плана.

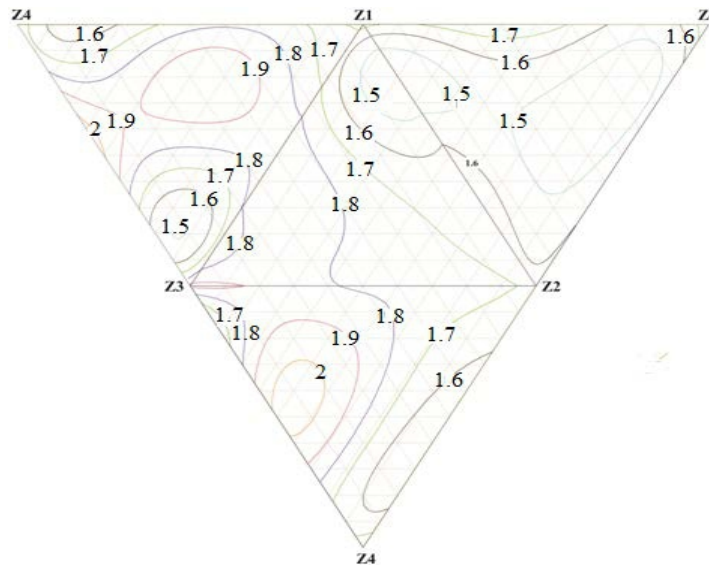


Рисунок 1 – Проекция линий равных значений кажущейся плотности на симплексе концентраций четырехкомпонентной системы для кодированных параметров z_1, z_2, z_3 и z_4

Одно из наиболее определяющих свойств керамических носителей каталитических нейтрализаторов – открытая пористость. На рис. 2 представлены результаты изучения данного свойства для исследуемых составов смесей, использованных для приготовления керамических материалов.

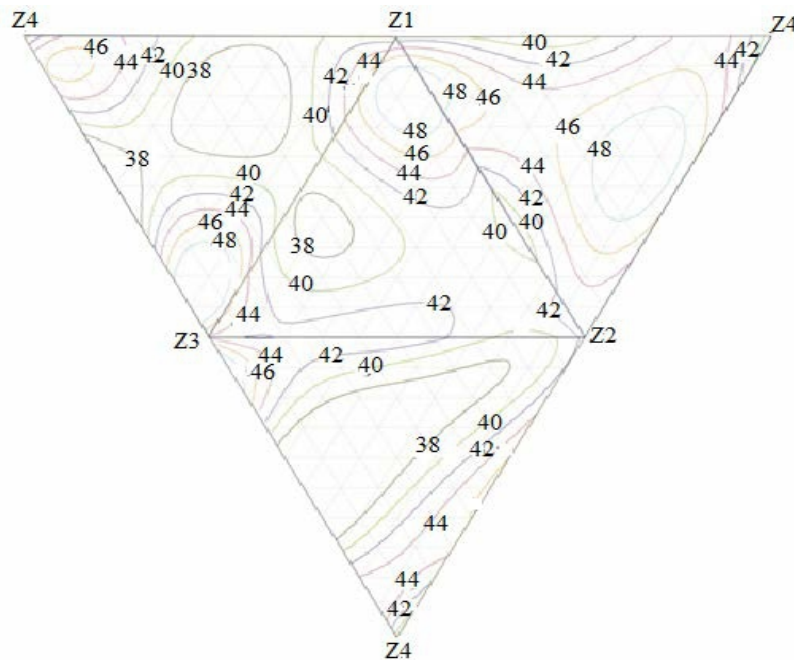


Рисунок 2 – Проекция линий равных значений открытой пористости на симплексе концентраций четырехкомпонентной системы для кодированных параметров z_1, z_2, z_3 и z_4

Анализ полученных экспериментальных данных, представленных в графическом виде на рис. 2, дает возможность определить области с максимальными и минимальными значениями открытой пористости. Показатель открытой пористости для исследуемых составов смесей меняется в пределах 38–48 %.

На четырехкомпонентном симплексе концентраций можно выделить три области с максимальными значениями изучаемого показателя (38–40 %).

При выборе материалов для изготовления носителей каталитически активных элементов в зависимости от ряда факторов определяющим показателем может являться как максимальная, так и минимальная открытая пористость.

Как следует из рис. 2, на полученном симплексе можно выделить три области с минимальными значениями показателя открытой пористости. С целью получения каталитических носителей с достаточно продолжительным сроком службы было изучено влияние состава используемого материала на изменение предела прочности при сжатии экспериментальных образцов. Графически результаты исследований представлены на рис. 3.

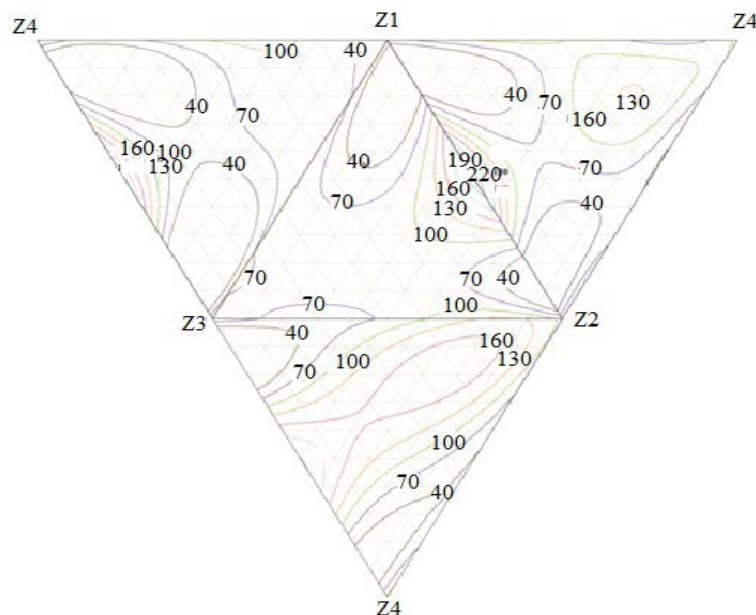


Рисунок 3 – Проекция линий равных значений предела прочности при сжатии на симплексе концентраций четырехкомпонентной системы для кодированных параметров Z_1 , Z_2 , Z_3 и Z_4

Из рис. 3 следует, что показатель предела прочности при сжатии изменяется в значительных пределах – 40–220 МПа. Интерес представляют области с максимальными значениями показателя, поскольку они определяют сопротивляемость керамического носителя к внешним физическим нагрузкам в процессе эксплуатации. Таких областей максимальных значений на четырехмерном симплексе можно выделить две. Первая область, где достигается значение изучаемого показателя 220 МПа, определена следующими составами смесей (масс. дол.): кордиерит фракции 0,63–1,25 мм – 0,35–0,5; кордиерит фракции менее 0,63 мм – 0,3–0,45; корунд – 0,2–0,3; кордиерит фракции 1,25–2,5 мм – 0,2–0,25. Вторая область максимальных значений (190 МПа) соответствует следующим составам смесей (масс. дол.): кордиерит фракции 0,63–1,25 мм – 0,2–0,25; кордиерит фракции менее 0,63 мм – 0,2–0,25; корунд – 0,3–0,45; кордиерит фракции 1,25–2,5 мм – 0,3–0,4.

Выводы. В промышленном производстве каталитических преобразователей к носителям каталитически активных элементов предъявляются такие требования, как механическая прочность, определяемая, в том числе показателем предела прочности при сжатии, максимальная либо минимальная открытая пористость (в зависимости от области протекания каталитического процесса), кажущаяся плотность.

Проведенные исследования и использование предложенной методики совмещения проекций линий равных значений на симплексах концентраций многокомпонентных систем могут быть использованы для определения оптимального состава керамического материала для изготовления носителя катализатора, исходя из предъявляемых к нему требований.

Литература

1. Стайлз Э.Б. Носители и нанесенные катализаторы. Теория и практика [Текст] / Э.Б. Стайлз; пер. с англ. под ред. А.А. Слинкина. – М.: Химия, 1991. – 240 с.
2. Слинко М.Г. Научные основы подбора и приготовления катализаторов [Текст] / М. Г. Слинко. – Новосибирск: РИО СО АН СССР, 1964. – 250 с.
3. Дзисько В.А. Основы методов приготовления катализаторов [Текст] / В. А. Дзисько. – Новосибирск: Наука, 1983. – 260 с.
4. Дзисько В.А. Физико-химические основы синтеза окисных катализаторов [Текст] / В.А. Дзисько, А.П. Карнаухов, Д.В. Тарасова. – Новосибирск: Наука, 1978.– 384 с.
5. Ezeh J.C., Ibearugbulem O.M., Anya U.C. Optimisation of aggregate composition of laterite/sand hollow block using Scheffe's simplex method. *International Journal of Engineering*. – 2010. – Vol. 4(4). – P. 471–478.
6. Onwuka D.O., Okere C.E., Arimanwa J.I., Onwuka, S.U. Prediction of concrete mix ratios using modified regression theory, *Computational Methods in Civil Engineering*. – 2011. – Vol. 2 (1). – P. 95–107.
7. Mama B.O., Osadebe N.N. Comparative analysis of two mathematical models for prediction of compressive strength of sandcrete blocks using alluvial deposits. *Nigerian Journal of Technology*. – 2011. – Vol. 30 (3). – P. 35–39.
8. Cornell J. Fitting models to data from mixture experiments containing other factors. *Journal of Quality Technology*. – 1995. – Vol. 27. – P. 13–33.
9. Kowalski S., Cornell J. A., Vining G. G. Split-plot designs and estimation methods for mixture experiments with process variables. *Technometrics*. – 2002. – Vol. 44. – P. 72–79.
10. Семенов С.А. Планирование эксперимента в химии и химической технологии [Текст]: учеб. метод. пос. / С. А. Семенов. – М.: ИПЦ МИТХТ, 2001. – 93 с.
11. Næs T., Førgestad E. M., Cornell, J. A comparison of methods for analysing data from a three component mixture experiment in the presence of variation created by two process variables. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. – 1998. – Vol. 41. – P. 221–235.

Bibliography (transliterated)

1. Staylz E.B. Translation from English. Slinkin, A.A. (1991). Nositeli i nanesennyye katalizatoryi. Teoriya i praktika. M.: Himiya, 240.
2. Slinko M.G. (1964). Nauchnyie osnovy podbora i prigotovleniya katalizatorov. Novosibirsk: RIO SO AN SSSR, 250.

3. Dzisko V.A. (1983). *Osnovyi metodov prigotovleniya katalizatorov*. Novosibirsk: Nauka, 260.
4. Dzisko V.A., Karnauhov A.P., Tarasova D.V. (1978). *Fiziko-himicheskie osnovyi sinteza okisnyih katalizatorov*. Novosibirsk: Nauka, 384.
5. Ezeh J.C., Ibearugbulem O.M., Anya U.C., (2010). Optimisation of aggregate composition of laterite/sand hollow block using Scheffe's simplex method. *International Journal of Engineering*, Vol. 4(4), 471–478.
6. Onwuka D.O., Okere C.E., Arimanwa J.I., Onwuka S.U. (2011). Prediction of concrete mix ratios using modified regression theory, *Computational Methods in Civil Engineering*, Vol. 2 (1), 95–107.
7. Mama B.O., Osadebe N.N., (2011). Comparative analysis of two mathematical models for prediction of compressive strength of sandcrete blocks using alluvial deposits, *Nigerian Journal of Technology*, Vol.30 (3), 35–39.
8. Cornell J. (1995). Fitting models to data from mixture experiments containing other factors. *Journal of Quality Technology*, 27, 13–33.
9. Kowalski S., Cornell J.A. and Vining G.G. (2002). Split-plot designs and estimation methods for mixture experiments with process variables. *Technometrics*, 44, 72–79.
10. Semenov S.A. (2001). *Planirovanie eksperimenta v himii i himicheskoy tehnologii*. Uchebno-metodicheskoe posobie. M.: IPTs MITHT, 93.
11. Næs T., Førgestad E.M., Cornell J. (1998). A comparison of methods for analysing data from a three component mixture experiment in the presence of variation created by two process variables. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 41, 221–235.

УДК 66.092.147.542

Пономаренко Г.В., Ведь В.Є.

РОЗРОБКА МАТЕРІАЛІВ КЕРАМІЧНИХ НОСІЇВ КАТАЛІТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ

Запропонована методика вивчення властивостей багатокomпонентних матеріалів з використанням методу планування Шеффе. Описується спосіб підбору оптимального складу керамічного матеріалу на основі кордиерита різних фракцій та корунду для створення носіїв каталізаторів різноманітної геометрії, що використовуються у процесах газоочистки.

Ponomarenko A., Ved V.

CERAMIC BEARER MATERIAL DEVELOPMENT OF CATALYTIC CONVERTER GAS EMISSION

Methods of multicomponent materials characteristic studying was propose using the method of planning Sheffe. The selection optimal composition method of ceramic material based on cordierite different fractions and corundum was described to catalyst carrier of varied geometry forming using at gas treatment.

УДК: 681.5.015

Бобух А.А., Ковалёв Д.А., Подустов М.А., Переверзева А.Н.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ИЗМЕНЕНИЙ ИЗМЕРЯЕМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Введение

При разработке автоматизированного управления технологическими процессами (АУТП) промышленного производства возникают как минимум две задачи, связанные, во-первых, с фильтрацией измеряемых выходных сигналов преобразователей с целью выделения из них измеряемых значений параметров и, во-вторых, исследования возможности прогнозирования их изменений с целью оперативного управления ими.

Цель работы

При разработке АУТП промышленного производства используется информация от нескольких сот преобразователей и эта информация является основой для алгоритмизации практически всех задач АУТП, следовательно, анализ различных методов фильтрации и прогнозирования изменений измеряемых значений параметров технологических процессов является весьма актуальной научно-технической задачей.

Основная часть

Рассмотрим первую задачу. При наличии микропроцессорных контроллеров (МПК) фильтрация измеряемых сигналов от преобразователей может осуществляться с помощью специальных алгоритмов (дискретная фильтрация). При этом различные методы фильтрации дают, с одной стороны, неодинаковую погрешность получения сглаженных сигналов, а с другой, их реализация на МПК может привести к различной нагрузке элементов вычислительных устройств. В качестве критерия фильтрации выбрана величина ε^2 , определяемая по формуле:

$$\varepsilon^2 = M [Z(t) - \tilde{X}(t)]^2, \quad (1)$$

где M – математическое ожидание; $Z(t)$ – измеряемый сигнал; $\tilde{X}(t)$ – сглаженный сигнал на выходе фильтра.

Фильтрацию параметров технологических процессов необходимо осуществлять таким образом, чтобы минимизировать ε^2 .

Выбор именно этой величины в качестве критерия фильтрации обусловлен тем, что такой критерий удовлетворяет необходимым условиям (предъявляемым к выбору критерия по Калману [1]) и он находит достаточно широкое применение при решении задач фильтрации [2]. С помощью приведенного критерия был произведен анализ широко распространенных методов фильтрации измеряемых значений параметров: скользящего среднего, Брауна (экспоненциального сглаживания) и взвешенного среднего [3–4].

Особенностью алгоритмов фильтрации методом скользящего среднего является то, что расчёт значений крайних точек h сглаживаемых массивов производится по фор-

мулам [3], где h – количество точек по которым производится сглаживание. Так, для $h = 3$ первая и последняя точки сглаживаемого массива рассчитываются по формулам:

$$\tilde{X}_1 = \frac{1}{6}(5X_1 + 2X_2 - X_3); \quad (2)$$

$$\tilde{X}_N = \frac{1}{6}(-X_{N-2} + 2X_{N-1} + 5X_N), \quad (3)$$

где N – число точек исходного массива.

Для $h = 5$ две первые и две последние точки сглаживаемого массива рассчитываются по формулам:

$$\tilde{X}_1 = \frac{1}{5}(3X_1 + 2X_2 + X_3 - X_5); \quad (4)$$

$$\tilde{X}_2 = \frac{1}{10}(4X_1 + 3X_2 + 2X_3 + X_4); \quad (5)$$

$$\tilde{X}_{N-1} = \frac{1}{10}(X_{N-3} + 2X_{N-2} + 3X_{N-1} + 4X_N); \quad (6)$$

$$\tilde{X}_N = \frac{1}{5}(-X_{N-4} + X_{N-2} + 2X_{N-1} + 3X_N). \quad (7)$$

Характерной чертой алгоритма фильтрации методом Брауна [4] является, то, что коэффициент α выбирается для каждого конкретного сглаживаемого параметра технологического процесса отдельно, исходя из условия минимизации критерия фильтрации. Применение метода Брауна при K – циклах сглаживания исходного массива в общем случае требует определения оптимального для каждого цикла коэффициента α , при этом в нашем случае $\alpha_{opt} = f(K)$ имеет вид:

$$\alpha = \begin{cases} 0,49 & \text{при } K = 1 \\ 1 & \text{при } K > 1 \end{cases}. \quad (8)$$

Особенностью алгоритма фильтрации методом взвешенного среднего [3] является то, что расчет крайних (первой и последней) точек сглаживаемого массива производится по формулам:

$$\tilde{X}_1 = \frac{2X_1 + X_2}{3}; \quad (9)$$

$$\tilde{X}_N = \frac{X_{N-1} + 2X_N}{3}. \quad (10)$$

Возможность применения изложенных методов фильтрации для расчета сглаженных значений параметров технологического процесса промышленного производства была проверена применительно к нескольким наиболее характерным его параметрам. На рисунке 1 приведены графики зависимости ε^2 от числа циклов сглаживания – K

для всех рассмотренных методов фильтрации применительно к расходу газа ($Q_{\text{ср}}=27461,8 \text{ м}^3/\text{ч}$).

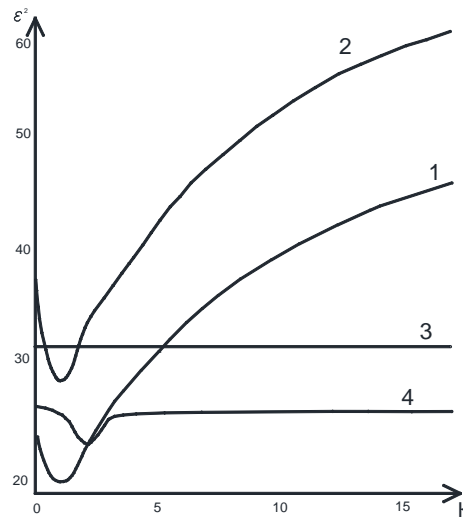


Рисунок 1 – Графики зависимости среднеквадратической погрешности фильтрации от числа циклов сглаживания: 1 – методом фильтрации скользящего среднего при $h=3$; 2 – методом скользящего среднего при $h=5$; 3 – методом Брауна; 4 – методом взвешенного среднего

Анализ приведенных графиков свидетельствует о том, что сглаживание данного параметра рационально осуществлять методом скользящего среднего при $h = 3$.

На рисунке 2 приведены графики изменения (методом скользящего среднего при $h = 3$ и $K = 2$) измеряемого (1) и сглаженного (2) сигналов.

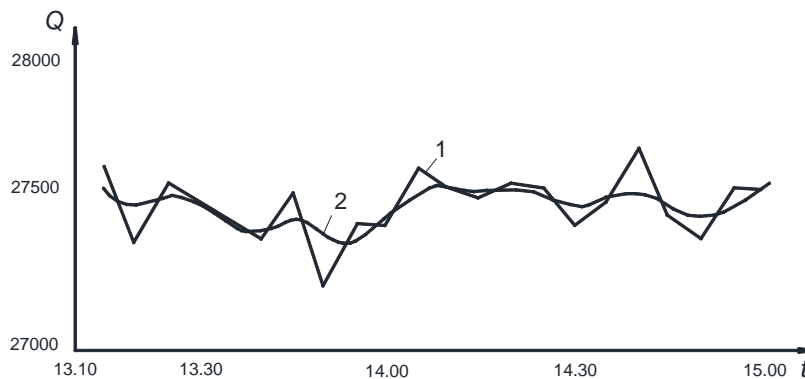


Рисунок 2 – Графики изменения измеряемого (1) и сглаженного (2) значений расхода газа Q

Анализ этих графиков свидетельствует о том, что выбранный метод фильтрации может быть применен для сглаживания исследуемого параметра.

С учетом выбранного метода фильтрации рассмотрим вторую задачу. Математическая теория прогнозирования хорошо разработана и широко освещена в литературе [3–5]. Наибольшее распространение получил метод Колмогорова – Габора [5], использующий обобщенный степенной полином:

$$x^*(t + \tau) = r_0 + \sum_{j=1}^m r_j x_j + \sum_{j_1} \sum_{j_2} r_{j_1 j_2} x_{j_1 j_2} + \sum_{j_1} \sum_{j_2} \sum_{j_3} r_{j_1 j_2 j_3} x_{j_1 j_2 j_3} + \dots, \quad (11)$$

(где $x_j = x[t - (j-1)T]$), который представляет собой чрезвычайно гибкий оператор, учитывающий настоящие и предыдущие значения временной функции и позволяющий, варьируя степень полинома l и величину предыстории m , выбрать форму предсказывающего оператора, дающего достаточную точность прогноза при оптимальном объеме памяти и времени счета θ .

Весовые коэффициенты r_j , которые характеризуют влияние отдельных составляющих полинома, удовлетворяющих выбранному критерию оптимальности, могут быть определены двумя методами: при помощи составления и решения системы нормальных уравнений Гаусса, а также методами адаптации, в частности, стохастической аппроксимации.

Мы остановились на первом методе, поскольку он является более точным, и, как показали исследования, вполне применим для нашего случая.

При этом были приняты следующие допущения:

1) критерием оптимальности служит \min среднеквадратической ошибки отклонения прогнозируемых значений от действительных:

$$\bar{\varepsilon}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [x^*(t + iT) - x(t + iT)]^2, \quad (12)$$

где N – длина проверочной последовательности; t – текущий момент времени; T – период дискретности;

2) рассматривается наиболее общий случай прогнозирования на шаг вперед, то есть $\tau = T$. (Выбор периода дискретности является самостоятельной задачей комплекса и в настоящей работе не рассматривается);

3) параметры полинома должны улучшаться в процессе обучения.

Учитывая вышесказанное, можно определить цель этой задачи как выбор оптимальных характеристик полинома, то есть исследование методики оптимизации функции:

$$\bar{\varepsilon}^2 = f(m, l, p, \theta), \quad (13)$$

где p – длина обучающей последовательности – будет определена ниже.

Исследования проводились для технологических процессов характеризующихся инерционностью. В качестве примера приведены результаты выбора характеристик предсказывающего оператора для прогнозирования применительно к расходу газа Q .

Ниже приведена методика определения указанных характеристик полинома.

1. Влияние количества точек предыстории m на качество предсказания было рассмотрено на наиболее простых линейных полиномах вида:

$$x^*(t + T) = r_0 + \sum_{j=1}^m r_j x_j [t - (j-1)T], \quad (14)$$

что позволило определить необходимую длину используемой в операторе предыстории с наименьшими затратами времени счета θ_{min} . Графики функции $\bar{\varepsilon} = f(m)$ (рисунок 3) показывают, что изменение $\bar{\varepsilon}$ является монотонной функцией m , имеющей минимум при $m = 2$, то есть наибольшее влияние на точность прогноза $x^*(t+T)$ оказывают члены $x(t)$ и $x(t-T)$. Так как увеличение числа используемых в полиноме членов предыстории не дает улучшения качества прогноза, дальнейшие расчеты проводились при фиксированном значении $m_{opt} = 2$.

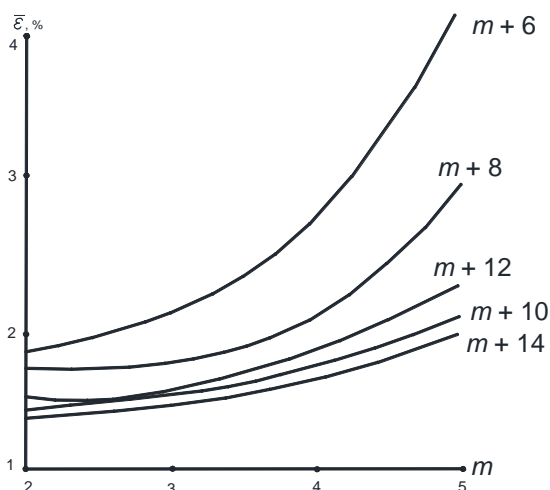


Рисунок 3 – Зависимость качества прогноза от величины предыстории

2. Исследование влияния сложности структуры полинома на точность прогноза проводилось для оператора типа (11) первой, второй и третьей степени. При этом полагали, что полином первой степени представляет собой линейный фильтр Колмогорова – Габора, учитывающий $m = m_{opt}$ интервалов дискретности; полином второй степени содержит дополнительно произведения этих дискретных значений по два, включая квадраты, то есть $n_{(2)} = m + 0,5m(m+1)$ членов; а полином третьей степени – составляющие третьего порядка, включая кубы, то есть $n_{(3)} = m + \frac{1}{2}m(m+1) + \frac{1}{6}m(m+1)(m+2)$. Из сказанного видно, что число составляющих оператора n резко возрастает с увеличением степени полинома, а для однозначности определения весовых коэффициентов r_j ($j = \overline{0, n}$) по выбранному выше методу необходимо составить не менее $n + 1$ условных уравнений вида (11) для моментов времени $t, t - T, t - 2T$ и так далее (на практике рекомендуется увеличить число этих уравнений в 5–10 раз для устранения влияния неточности измерения функции [4]).

Следовательно, уменьшение среднеквадратической ошибки при увеличении степени предсказывающего оператора и при $m = m_{opt}$ может быть достигнуто лишь за счет резкого увеличения объема вычислительных операций, что не оправдано при предусматриваемой обработке большого числа параметров (рисунок 4).

Полином	1	2	3	4
l	1	1	2	3
j	0,1,2	1,2	0,1,...,6	0,1,...,9

3. Влияние на качество прогноза длины обучающей последовательности K (где K – число дискретных значений $x[t - (i - 1)]$, $i = \overline{1, K}$), необходимых для определения весовых коэффициентов r_j , также может быть проиллюстрировано графиками (рисунок 4). Из графиков можно видеть, что функции $\bar{\varepsilon} = f(K)$ для различных видов полинома (1–4) монотонно убывают, асимптотически приближаясь к уровню наилучшего предсказания для данного полинома.

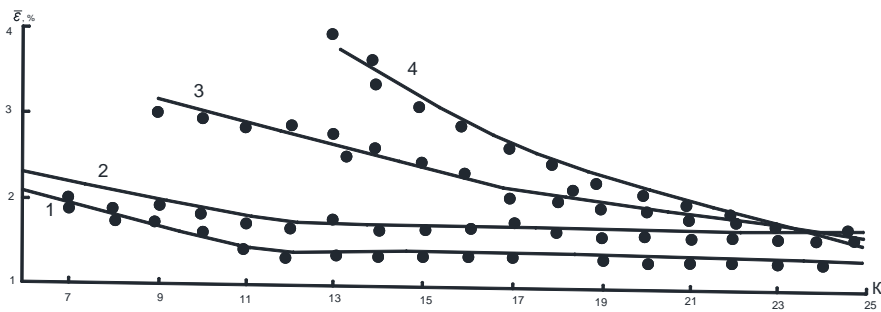


Рисунок 4 – Зависимость качества прогноза от длины обучающей последовательности и структуры полинома

Увеличение длины обучающей последовательности не улучшает качество прогноза. Следовательно, в качестве оптимальной длины обучающей последовательности может быть выбрана точка выхода на уровень оптимального предсказания для данного полинома. Для линейного полинома эта длина минимальна и равна $K = 12$ дискретов (для расхода газа Q).

4. Временные характеристики предсказывающего оператора, приведенные на рисунке 5, характеризуют время, затраченное для прогноза Q при определении $x^*(t + T)$ при $K \approx K_{\text{опт}}$, $m = m_{\text{опт}}$ и $l = 1, 2, 3$. Как видно из графиков время обучения резко возрастает с увеличением сложности структуры полинома, что еще раз подтверждает сделанный выше вывод о целесообразности выбора линейного полинома для прогнозирования Q .

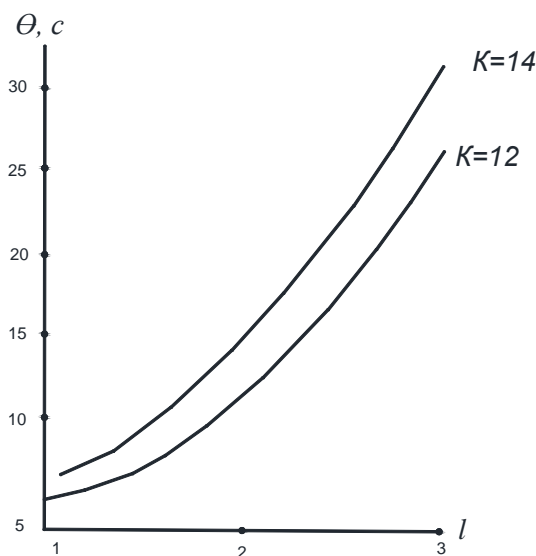


Рисунок 5 – Временные характеристики предсказывающего оператора при $k \approx k_{\text{опт}}$, $m = 2$ и $l = 1$

При выбранной структуре полинома (11) и $K = K_{\text{опт}}$ для наглядности на рис. 6 приведены графики значений измеряемых (1) и прогнозируемых (2) значений изменения расхода газа Q на небольшом отрезке проверочной последовательности, причем p остается постоянной, и учитываются поступающие измеряемые значения параметра.

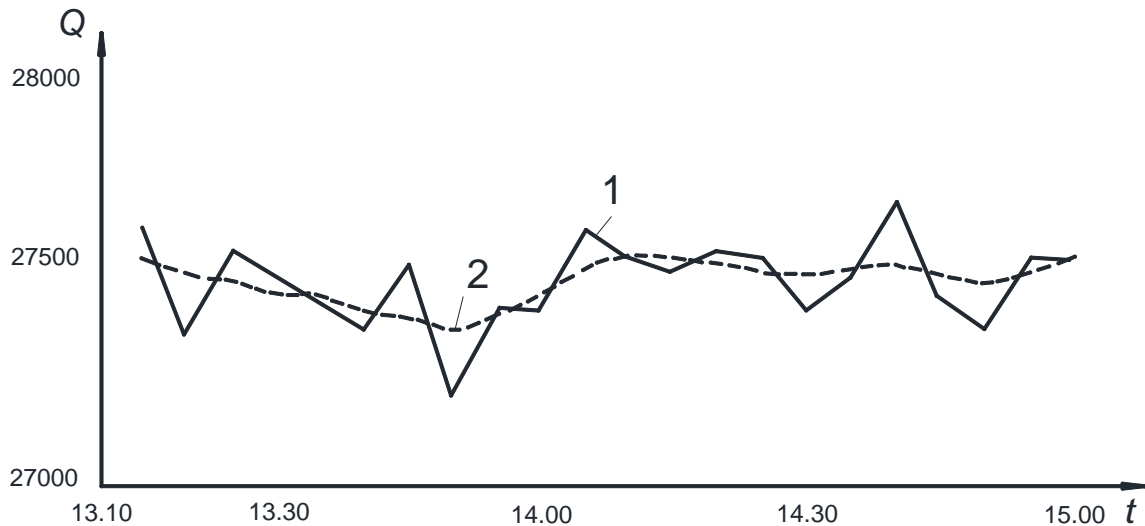


Рисунок 6 – Графики изменения измеряемого (1) и прогнозируемого (2) значений расхода газа Q

Вывод

В результате проведенных исследований выполнен анализ различных методов фильтрации измеряемых значений параметров технологических процессов и для выбранного метода выполнено прогнозирование изменений параметров этих процессов с целью оперативного управления при разработке и реализации АУТП.

Литература

1. Ingvar Strid «Block Kalman Filtering for Large-Scale DSGE Models»/Ingvar Strid, Karl Walentin // Computational Economics (Springer), 2009. – Т. 33 (3) – р. 277–304.
2. Кулиш У. Достоверные вычисления. Базовые численные методы : пер. с англ. / У. Кулиш, Д. Рац, Р. Хаммер, М. Хокс. – М. : РХД, 2005. – 495 с.
3. Дуброва Т. А. Статистические методы прогнозирования / Т. А. Дуброва. – М. : ЮНИТИ, 2003. – 204 с.
4. Лукашин Ю.П., Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов/ Ю.П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
5. Стрижов В.В. Методы выбора регрессионных моделей/ В.В. Стрижов, Е.А Крымова. – М.: ВЦ РАН, 2010.– 60 с.

Bibliography (transliterated)

1. Ingvar Strid «Block Kalman Filtering for Large-Scale DSGE Models»/Ingvar Strid, Karl Walentin Computational Economics (Springer), 2009. – Т. 33 (3) – р. 277–304.

2. Kulish U. Dostovernnye vyichisleniya. Bazovyye chislennyye metody : per. s angl. U. Kulish, D. Rats, R. Hammer, M. Hoks. – М. : RHD, 2005. – 495 p.
3. Dubrova T.A. Statisticheskie metody prognozirovaniya T.A. Dubrova. – М. : YuNITI, 2003. – 204 p.
4. Lukashin Yu.P., Adaptivnyie metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyih ryadov Yu.P. Lukashin. – М.: Finansyi i statistika, 2003. – 416 p.
5. Strizhov V.V. Metody vyibora regressionnyih modeley V.V. Strizhov, E.A Kryimova. – М.: VTs RAN, 2010.– 60 p.

УДК: 681.5.015

Бобух А.О., Ковальов Д.О., Подустов М.О., Переверзева А.М.

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН
ВИМІРЮВАНИХ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

У статті виконано аналіз різних методів фільтрації вимірюваних значень параметрів технологічних процесів і для вибраного методу виконано прогнозування змін параметрів цих процесів з метою оперативного управління ними.

Bobukh A.A., Kovalyov D.A., Podustov M.A., Pereverzieva A.N.

**APPLICATION OF METHODS OF FILTRATION AND PROGNOSTICATION
OF CHANGES OF MEASUREABLE VALUES OF PARAMETERS
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

In the article the analysis of different methods of filtration of measureable values of parameters of technological processes is executed and for the chosen method prognostication of changes of parameters of these processes is executed with the purpose of operative control by them.

Анипко О.Б.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА НА НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

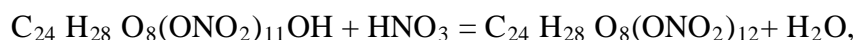
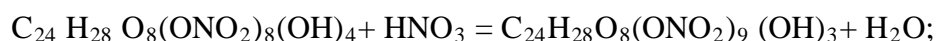
Одной из проблем эксплуатации пороховых зарядов является химическая нестойкость нитроцеллюлозы, на основе которой они выделяются [1,2]. В Мире, и ранее в СССР, эта проблема преодолевалась плановой ротацией боеприпасов в результате чего они хранились не более 5–7 лет и, таким образом, происходящие геронтологические изменения практически не оказывали влияния на баллистические характеристики выстрела.

На современном этапе, в Украине имеется огромный, в несколько раз превышающий потребности Вооруженных Сил, арсенал боеприпасов. Однако, сроки их хранения составляют 25–27 и более лет и с каждым годом продолжают увеличиваться. Проведенные исследования в период 2003–2013 годов [4] показали, что уже на этапе 18–21 года хранения происходят такие изменения баллистических характеристик, которые ставят под сомнение целесообразность применения таких боеприпасов вообще, и не только в виду снижения ниже корректируемого пристрелкой уровня баллистических характеристик, но и повышенного (вплоть до разрушения) износа стволов, а главное – опасности для личного состава.

Учитывая это, а также отсутствие производства боеприпасов в Украине представляется важной задачей регенерации (полной или частичной) пороховых зарядов.

В процессе производства порохов реакция нитрования является наиболее характерной и заключается в замещении атомов водорода органических соединений на нитрогруппу NO₂.

Так, нитрование целлюлозы идет по следующей схеме



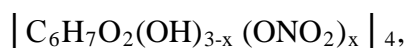
где C₂₄ H₂₈ (OH)₁₂ – условная формула исходной целлюлозы.

Как известно, в процессе нитрования целлюлозы полная нитрация, в результате которой получают продукты вида C₂₄ H₂₈ O₈ (ONO₂)₁₂, содержащие 14,14 % азота, невозможна. Поэтому в продуктах нитрования содержатся соединения и с неполной нитрацией. Их доля зависит от степени нитрации, которая в конечном продукте оценивается по процентному содержанию азота:

> 12 % – пироксилин;

< 12 % – коллоксин.

Поэтому прибегают к так называемой общей формуле нитроцеллюлозы [3]



где $x=1,2,3$ – число групп ONO_2 .

Кроме этого, для условного обозначения нитронов целлюлозы, содержащих определенное количество азота в 1кг. продуктов, используют брутто-формулы.

Так пироксилин с 13%-м содержанием азота идентифицируется формулой [2,3]



В общем случае нитраты являются сложными эфирами азотной кислоты, в том числе и нитраты целлюлозы.

Применяемые на практике нитроцеллюлозы представляют собой не чистые соединения, а смеси эфиров.

Состав смесей изменяется не строго закономерно, что объясняется сложной зависимостью между отношением компонентов в смеси и свойствами получаемого нитрата целлюлозы.

Исследование причин и характера структурных превращений нитратов целлюлозы в процессе стабилизации имеет большое значение как для выяснения общих вопросов строения целлюлозы – вопроса о ее равновесном состоянии – так и для определения влияния различных обработок на свойства нитратов целлюлозы. Одной из таких прикладных проблем является выяснение принципиальной возможности полного или частичного восстановления баллистических свойств нитроцеллюлозных порохов после длительного хранения

Перекись водорода окисляет нитриты и нитраты. Целлюлозу разлагает.

В доступных источниках не было обнаружено данных о результатах обработки высокомолекулярных нитроцеллюлозных соединений вообще, и порохов на их основе, в частности перекисью водорода. Принимая во внимание то, что химический состав нитроцеллюлозы и порохов на ее основе описывается приближенно, а также неопределенность химического состава пороха после длительного его хранения, было признано целесообразным провести экспериментальное исследование по обработке нитроцеллюлозных порохов перекисью водорода.

Для экспериментального исследования использовались элементы трубчатого (Тр) и семиканального (7к) порохов 1982 и 1985 годов выделки и 44 % раствор перекиси водорода.

Для проведения эксперимента была разработана программа испытаний, приведенная ниже.

Программа испытаний образцов: 7к и Тр

1. Отобрать контрольные образцы: один 7к и один Тр.
2. Опытные образцы (два 7к и один Тр).
Зафиксировать цвет (фото, рис. 1).
Взвесить.
Данные взвешивания занести в протокол.
3. Прогреть печь до температуры 60 °С, для чего предварительно включить ее, установив регулятор на заранее определенной отметке.
4. Прогреть опытные образцы до температуры 60 °С, для чего поместить их в печь при начале ее прогрева (см. п. 3).
5. Контролировать температуру в печи по термометру.

6. При достижении температуры 60 °С поместить один образец 7к и один образец Тр в перекись, а один образец 7к над поверхностью перекиси на деревянных подставках. Накрыть крышкой с предохранительным клапаном. Зафиксировать время и занести его в протокол.

7. Выдержать опытные образцы в течении 4-х часов, контролируя температуру (60±1) °С.

8. По истечении 4-х часов выключить печь открыть дверку. Дать остыть образцам до температуры окружающей среды.

9. Зафиксировать цвет (фото рис. 1).

10. Произвести взвешивание, данные занести в протокол.

11. Провести сравнение испытания горением опытных и контрольных образцов.

12. При сравнительном испытании определить температуру пламени или образца.

Результаты экспериментального исследования представлены в нижеследующем протоколе

Протокол испытаний образцов: 7к и Тр

Образец	До выдержки		После выдержки			Примечание
	масса, г	цвет	масса, г	цвет	Δ m, г	
7к (перекись)	0,670	темный торец св.	0,675	весь темный	0,005	сгорел почти од- новр. с контр.
7к (пар) №2	0,660	темный торец св.	0,670	потемнели торцы	0,010	сгорел последн.
Тагил 83г Тр (перекись) №1	1,01	светлый	1,025	без измен	0,015	Сгорел быстрее контр. обр. гор. более прав.

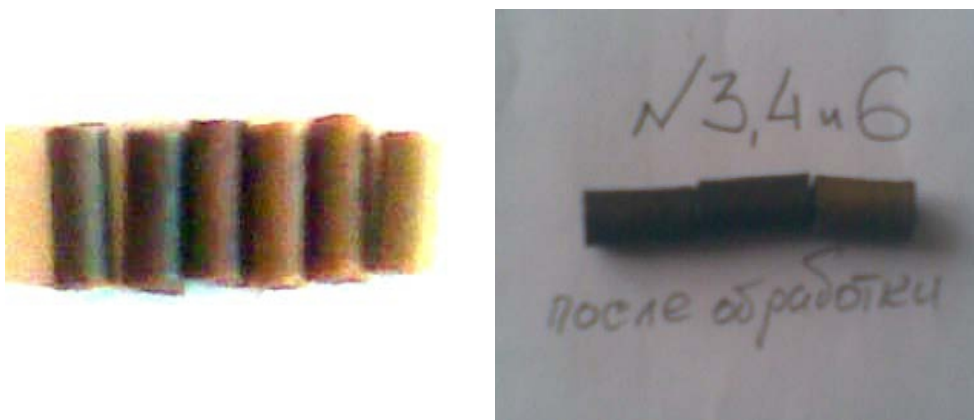


Рисунок 1 – Образцы 7к до (верхнее фото) и после (нижнее) обработки перекисью водорода

Эффекты, которые наблюдались при эксперименте

1. Вокруг поверхности пороховых элементов все время наблюдались пузыри газа, которые по размерам отличались до 4–5-и раз, есть целые отдельные области, покрытые мелкопузырчатыми газообразованиями. (фото, рис. 2).

2. Перекись в конце опыта (2 часа) имела светло-желтую окраску.
3. Торцы семиканального пороха, после выдержки приобрели такой же темный цвет, как и основная часть элемента.
4. Как для Тр, и для 7к наблюдается увеличение массы. (см. таблицу протокола).
5. При прожигании – скорость горения незначительно выше, или такая же, как и у контрольных образцов, но область пламени по размерам больше у опытных образцов (фото, рис. 3)), у них же не наблюдалось поверхностное горение Тр пороха, конус горения близкий к правильному 20 мм, в то время, как контрольный Тр после воспламенения занялся по открытой поверхности, а потом началось основное горение.
6. После всех прожиганий оставалась решетчатая структура сгоревшей нитро-клетчатки.



Рисунок 2 – Пузырчатые образования на поверхности образцов, погруженных в перекись водорода



Рисунок 3 – Процесс горения контрольного (справа) и обработанного перекисью водорода (слева), образцов Тр

Критически оценивая полученные результаты были сформулированы задачи для дальнейших исследований

1. Теоретически предположить возможные химические процессы (S, N, C).
2. Проверить стойкость после взаимодействия с H_2O_2 .
3. Провести химический анализ перекиси после опыта.
4. Оценить изменения теплотворной способности и определить параметры процесса горения в первую очередь по максимальному давлению.

5. Провести стрельбовий експеримент в ході якого визначити крешерне тиск і початкову швидкість снаряда.

Отримані результати в першу чергу цілеспрямовано застосувати до вистрелів роздільного зарядання в вигляді порівняльної простоти конструкції заряду (типу 4Ж40 для танкової гармати). Це дозволить забезпечити боеприпасами з допустимими баллістическими характеристиками бронетехніку ВС України і здійснити поставку боеприпасів в країни-імпортери вітчизняних танків. Далі адаптація технології регенерації може бути поширена і на вистрели унітарного зарядання.

В відповідності з завданнями, перерахованими вище, був проведений експеримент по визначенню здатності зберігати придбані в процесі обробки перекисом водороду властивості пороховими елементами. Для цього три елемента типу 7к були піддані обробці перекисом водороду, як це було описано вище. До і після обробки були визначені маси елементів, після чого вони були поміщені в герметичний бикс при кімнатній температурі (18–19 °С). Витримка досліджуваних матеріалів здійснювалась в термін 10 діб, після чого знову були визначені маси елементів. Після цього було проведено прожигання, на основі результатів якого встановлено швидкість горіння оброблених 7к елементів після 10 добової витримки.

В результаті було встановлено

1. Один з елементів не змінив свою масу як після обробки перекисом, так і після витримки.

2. Два елемента після 10 добової витримки мали таку ж масу, як і після обробки (в межах точності аналітичних ваг на яких вироблялись всі вимірювання).

3. Швидкість горіння елементів 7к на відкритому повітрі при атмосферному тиску становила порядку 2 мм/с.

Таким чином можна зробити висновок, що в результаті обробки нітроцелюлози перекисом водороду утворюються сполучення які можуть зберігати свої властивості деякий час (спостерігався тільки ефект тому для визначення стійкості потрібен більш детальний експеримент). По-видимому існують окремі елементи які не чутливі до впливу перекиси водороду або зміни маси їх після обробки менше чутливості застосованого засобу вимірювання. Швидкість горіння може вважатися нормальною.

В висновку слід підкреслити, що можливо якщо підтвердиться адсорбція водороду високомолекулярними нітроцелюлозними сполученнями, то цілеспрямовано досліджувати ці властивості для створення системи зберігання і транспортування водородного палива, або складного горючого складу з нітроцелюлози насиченою водородом. Як відомо, принципових труднощів для використання водороду як палива для ДВС не існує. Головною проблемою залишається транспортування і зберігання водороду. Зберігання його в стисненому стані вимагає складного спеціального криогенного обладнання, при цьому застосування термосорбційних компресорів на основі інтерметаллідів також не дало очікуваних результатів. Тому пошук методів зберігання і транспортування водороду продовжує залишатися важливою науково-технічною проблемою.

Отримані дані про збільшення маси елементів на 0,8–1,3 % дозволяють зробити наступний висновок. Як показує аналіз поправочних формул внутрішньої баллістики, зміна збільшення маси пороху заряду прямо пропорційно

изменению начальной скорости. Поэтому можно ожидать соответствующее повышение начальной скорости снаряда при применении порохового заряда обработанного перекисью водорода. Это, в свою очередь, на этапе хранения пороховых зарядов 27–28 лет может обеспечить начальные скорости снаряда в пределах 5 % отклонения от табличного значения.

Литература

1. Роговин З.А. Химия целлюлозы. М. Химия 1972.
2. Роговин З.А. Гальбрайт Л.С. Химические превращения и модификация целлюлозы. М. Химия 1979.
3. Гальбрайт Л.С. Целлюлоза и ее производные. 1996.
4. Аніпко О.Б., Бусяк Ю.М. Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения / Монография. Харьков, Академия ВВ МВД Украины, 2010.– 129 с.

Bibliography (transliterated)

1. Rogovin Z.A. Himiya tsellyulozyi. M. Himiya 1972.
2. Rogovin Z.A. Galbrayh L.S. Himicheskie prevrascheniya i modifikatsiya tsellyulozyi. M. Himiya 1979.
3. Galbrayh L.S. Tsellyuloza i ee proizvodnyie. 1996.
4. Anipko O.B., Busyak Yu.M. Vnutrennyaya ballistika stvolnyih sistem pri primeneni boeprapasov dlitelnyih srokov hraneniya Monografiya. Harkov, Akademiya VV MVD Ukrainyi, 2010.– 129 p.

УДК 623.52

Аніпко О.Б.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕКИСИ ВОДНЮ НА НІТРОЦЕЛЮЛОЗНІ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНІ З'ЄДНАННЯ

В результаті отриманих експериментальних даних і аналізі поправочних формул встановлено, що зміна приросту маси порохового заряду прямо пропорційно зміні початкової швидкості. Тому можна очікувати відповідно підвищення початкової швидкості снаряда при застосуванні порохового заряду обробленого перекисом водню.

Anipko O.B.

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF HYDROGEN PEROXIDE INFLUENCE ON NITROCELLULOSE MACROMOLECULAR COMPOUNDS

Analysis of the experimental data and correction formulas showed that the change in mass increment of gunpowder charge directly proportional to the change of the initial velocity. Therefore, one can expect a corresponding increase of the initial velocity of the projectile with the use of gunpowder charge which is treated with hydrogen peroxide.

УДК 664.36

Матвеева Т.В., Белінська А.П., Федякіна З.П., Петров С.О.

РОЗРОБКА ОЛІЙ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

За сучасними уявленнями дієтології жирові продукти є збалансованими за жирнокислотним складом, якщо містять 30 % насичених, 50–60 % мононенасичених та 10–20 % поліненасичених жирних кислот [1]. При цьому співвідношення між ω -6 та ω -3 поліненасиченими жирними кислотами повинно складати для харчування здорової людини приблизно (9...10) : 1, а для хворої – (3...8) : 1 [2].

За літературними даними [3, 4] встановлено, що жодна олія не відповідає вимогам дієтологів щодо збалансованості жирнокислотного складу. Для одержання жирних продуктів із заданим жирнокислотним складом, що збалансований за ПНЖК, використовується метод купажування олій. Такі купажі можуть використовуватися і як лікувально-профілактичні засоби.

Для одержання купажів олій повинна використовуватися одна або дві основні олії, що формують основу збалансованого жирнокислотного складу. Особливої уваги потребує вміст у оліях таких жирних кислот як олеїнової (МНЖК), лінолевої (ПНЖК) та ліноленової (ПНЖК). Необхідний вміст олеїнової кислоти може забезпечити наступні види олій: оливкова, ріпакова, кукурудзяна, соняшникова, соєва, що змішані в різних співвідношеннях. Потрібний вміст лінолевої кислоти забезпечує соняшникова, кукурудзяна, соєва олії. Джерелом ліноленової кислоти є ріпакова та соєва олії [1]. А тому розробка збалансованих за жирнокислотним складом купажів олій, що доцільно одержувати з двох або трьох компонентів, які змішані в певних відношеннях, є актуальним.

Метою даної роботи є одержання купажів олій, які дозволяють задовольняти потреби організму людини в ПНЖК при споживанні їх добової норми. Об'єктами дослідження є нерафіновані олії: соняшникова, ріпакова та соєва. Ріпакова та соєва олії є джерелом ПНЖК родини ω -3, а соняшникова містить жирні кислоти родини ω -6. Ріпакова олія містить велику частку олеїнової кислоти.

Для досягнення мети треба вирішити наступні задачі:

- встановити фізико-хімічні, органолептичні показники та біологічну цінність олій, що обрано для купажування;
- математично розрахувати та експериментально одержати збалансовані за жирнокислотним складом купажі олій;
- встановити жирнокислотний склад одержаних купажів.

Фізико-хімічні та органолептичні показники обраних нерафінованих олій визначено згідно стандартних методик відповідно до ДСТУ та надано в таблиці 1.

Одержані фізико-хімічні та органолептичні показники обраних олій відповідають вимогам діючих нормативних документів.

В таблиці 2 надано жирнокислотний склад, який одержано з використанням газорідинного хроматографу «Shimadzu» GC-14B (Японія) та розраховано співвідношення жирних кислот, що характеризує біологічну цінність нерафінованих соняшникової, ріпакової та соєвої олій.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні характеристики нерафінованих олій

Показник	Олії		
	Соняшникова	Ріпакова	Соєва
Прозорість	Легке помутніння над незначним осадом		
Смак та запах	Притаманні олії соняшниковій, без стороннього присмаку і запаху	Притаманні олії ріпакової, без стороннього присмаку і запаху	Притаманні олії соєвій, без стороннього присмаку і запаху
Колірне число, мг I ₂	15	80	70
Кислотне число, мг КОН/г	1,4	3,7	3,5
Масова частка вологи, %	0,15	0,20	0,3
Пероксидне число, ½ O ммоль/кг	4,7	5,0	2,5

Таблиця 2 – Жирнокислотний склад нерафінованих олій

Олія	Вміст основних жирних кислот, %			Співвідношення, що характеризує біологічну цінність олій		
	МНЖК	ПНЖК	НЖК	МНЖК : ПНЖК : НЖК	ПНЖК : МНЖК	ω-6 : ω-3
Соняшникова	25,53	62,83	11,64	1 : 2,46 : 0,46	0,41 : 1	–
Ріпакова	62,87	29,54	7,59	1 : 0,47 : 0,12	2,13 : 1	2,62 : 1
Соєва	24,08	59,66	16,26	1 : 2,48 : 0,68	0,4 : 1	6,79 : 1

З таблиці 2 видно, що жодна олія не відповідає вимогам [2, 5]: співвідношення ПНЖК : МНЖК = 1 : 3, ω-6 : ω-3 = (3 – 10) : 1. Однак найбільш наближені до цих вимог ріпакова (за вмістом МНЖК та ПНЖК) та соєва (за вмістом ПНЖК) олії.

За рівнянням, що приведено в [6] розраховані купажі для нерафінованих олій (соняшникової (П), ріпакової (Р), соєвої (С)). Масова частка соєвої олії в композиціях не перебільшує 30 %, що пов'язано з негативним впливом даної олії на органолептичні характеристики одержаних купажів. Результати розрахунку округлені та приведені в таблиці 3.

З таблиці 3 встановлено, що купажі олій (ω-6 : ω-3 = 10 – 7 : 1), які призначені для профілактики хвороб, що пов'язані з нестачею надходження до організму ПНЖК, можна складати приблизно з однакових частин соняшникової і ріпакової олій з невеликим додаванням соєвої олії. В основі купажів олій лікувального характеру (ω-6 : ω-3 = 6 – 5 : 1) лежить ріпакова олія. Однак слід зазначити, що дані купажі нерафінованих олій використовувати в їжу можливо лише після їх рафінування.

Для купажів (з вмістом соєвої олії (С) = 5 %), що збалансовані за жирнокислотним складом, розраховано вміст жирних кислот (табл. 4) з урахуванням складу ідентифікованих олій та їх частки у купажу.

Таблиця 3 – Рецептури олій купажованих нерафінованих

Олії	Масова частка олій (% об.) при співвідношенні ω -6 : ω -3, що дорівнює					
	10 : 1	9 : 1	8 : 1	7 : 1	6 : 1	5 : 1
І	2	3	4	5	6	7
ІІ	48,0	44,0	40,0	35,0	29,0	22,0
ІІІ	47,0	51,0	55,0	60,0	66,0	73,0
ІV	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
ІV	46,0	42,0	38,0	33,0	20,0	11,0
ІV	44,0	47,0	52,0	57,0	70,0	79,0
ІV	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
ІV	45,0	41,0	36,0	31,0	25,0	18,0
ІV	40,0	44,0	49,0	54,0	60,0	67,0
ІV	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
ІV	43,0	39,0	35,0	29,0	23,0	16,0
ІV	37,0	41,0	45,0	51,0	57,0	64,0
ІV	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
ІV	42,0	38,0	33,0	28,0	21,0	14,0
ІV	33,0	37,0	42,0	47,0	54,0	61,0
ІV	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
ІV	40,0	36,0	31,0	26,0	19,0	12,0
ІV	30,0	34,0	39,0	44,0	51,0	58,0
ІV	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0

Таблиця 4 – Жирнокислотний склад (ЖК) купажованих нерафінованих олій з вмістом соєвої олії 5 %

ЖК	Кількість ЖК (%) при співвідношенні ω 6 : ω 3, що дорівнює					
	10:1	9:1	8:1	7:1	6:1	5:1
C _{16:0}	6,3061	6,2191	6,12	6,00	5,86195	5,69745
C _{18:0}	2,9091	2,84	2,76	2,67	2,56	2,42995
C _{18:1}	43,09	44,47	46,07	47,93	50,12	52,73
C _{18:2}	42,51	40,98	39,21	37,16	34,73	31,85
C _{18:3}	4,33	4,623	4,97	5,37	5,84	6,4
C _{20:0}	0,4981	0,522	0,55	0,5826	0,62	0,67
C _{20:1}	0,0664	0,0715	0,076	0,08456	0,09	0,1026
C _{20:2}	0,05712	0,0527	0,04752	0,04152	0,0344	0,026045
C _{22:0}	0,238	0,2195	0,198	0,173	0,1435	0,1085
<u>МНЖК</u>	0,92	0,98	1,04	1,129	1,237	1,38
<u>ПНЖК</u>						

Фактичний склад купажів, що визначено хроматографічно, незначно відрізняється від розрахункового, а співвідношення ω -6 : ω -3, що одержано теоретично і фактично за результатами хроматографічного аналізу зразків відрізнялись не більш ніж на 2–4 %.

Висновки. В результаті роботи за фізико-хімічними показниками та жирнокислотним складом ідентифіковано нерафіновані вітчизняні олії, які обрано для одержання купажів. За розробленою в попередніх роботах математичною методикою розраховано і експериментально одержано суміші (купажі), що відповідають співвідношенням збалансованих за жирнокислотним складом олій. Розрахунковим методом визначено та хроматографічним методом підтверджено склад сумішей, які в подальшому після їх рафінування можуть бути використані в харчуванні здорової людини як для безпосереднього вживання в їжу так і для одержання емульсійних продуктів функціонального призначення.

Література

1. Табакаева О.В. Растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом / О.В. Табакаева, Т.К. Каленик // Масложировая промышленность. – 2007. – № 1. – С. 21–22.
2. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915 – 04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М., 2004.
3. Арутюнян Н.С. Рафинация масел и жиров: Теоретические основы, практика, технология оборудование / Н.С. Арутюнян, Е.П. Корнена – СПб : Гиорд, 2004. – 288 с.
4. Кулакова С.Н. Особенности растительных масел и их роль в питании / С.Н. Кулакова, В.Г. Байков, В.В. Бессонов // Масложировая промышленность. – 2009. – № 3. – С. 16–20.
5. Самойлов А.В. Оптимизация расчета смесей растительных жиров и масел с использованием критериев их физиологической функциональности / А.В. Самойлов, А.В. Кочетков, С.М. Севериненко, Е.И. Конопленко, А.А. Романенко // Пищевая промышленность. – 2010. – №9. – С. 68–70.
6. Матвеева Т.В. Математичне обґрунтування складання сумішей олій / Т.В. Матвеева, П.Ф. Петік З.П. Федякіна // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2013. – №3/6 (63). – С. 26–28.

Bibliography (transliterated)

1. Tabakaeva O.V. Rastitelnyie masla s optimizirovannyim zhirnokislotnyim sostavom. O.V. Tabakaeva, T.K. Kalenik. Maslozhirovaya promyshlennost. – 2007. – # 1. – P. 21–22.
2. Metodicheskie rekomendatsii MR 2.3.1.1915 – 04. Rekomenduemyie urovni potrebleniya pischevyih i biologicheski aktivnyih veschestv. – M., 2004.
3. Arutyunyan N.S. Rafinatsiya masel i zhirov: Teoreticheskie osnovyi, praktika, tehnologiya oborudovanie. N.S. Arutyunyan, E.P. Kornena – SPb : Giord, 2004. – 288 p.
4. Kulakova S.N. Osobennosti rastitelnyih masel i ih rol v pitanii. S.N. Kulakova, V.G. Baykov, V.V. Bessonov. Maslozhirovaya promyshlennost. – 2009. – # 3. – P. 16–20.
5. Samoylov A.V. Optimizatsiya rascheta smesey rastitelnyih zhirov i masel s ispolzovaniem kriteriev ih fiziologicheskoy funktsionalnosti. A.V. Samoylov, A.V.

Kochetkov, S.M. Severinenko, E.I. Konoplenko, A.A. Romanenko. Pischevaya promyshlennost. – 2010. – #9. – P. 68–70.

6. Matveeva T.V. Matematichne obgruntuvannya skladannya sumishey oliy / T.V. Matveeva, P.F. Petik Z.P. Fedyakina. Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy. – 2013. – #3/6 (63). – P. 26–28.

УДК 664.36

Матвеева Т.В., Белинская А.П., Федякина З.П., Петров С.А.

РАЗРАБОТКА МАСЕЛ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Установлено, что среди возможных методов получения масел со сбалансированным составом как полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) ω -6 и ω -3 так и мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), наиболее экономичным, по сравнению с селекцией, генной инженерией, химической или ферментативной переэтерификациями, может стать купажирование масел. В данной статье определены физико-химические показатели, жирнокислотный состав и биологическая ценность предложенных для составления купажей масел. Рассчитаны и приведены рецептуры некоторых купажей.

Matveeva T.V., Belinskaya A.P., Fedyakina Z.P., Petrov S.A.

DEVELOPMENT OF A NEW GENERATION OF OIL

Found that among the possible methods of producing oils with a balanced composition as polyunsaturated fatty acids (PUFA) ω - 6 and ω - 3 and mononenasyschennyh fatty acids (MUFA), the most economical, compared with selection, genetic engineering, chemical or enzymatic interesterification can being oil blends. In this article the physico-chemical parameters, with the fatty acid composition and biological value proposed for the blends of oils. Calculated and are given some recipe blends.

УДК 623.421.4.

Анипко О.Б., Демченко А.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК 120 мм МИНОМЕТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МЕТАТЕЛЬНЫХ ЗАРЯДОВ ДЛИТЕЛЬНЫХ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ

Введение

С развитием и широким распространением ракетного оружия разработка новых артиллерийских систем была приостановлена, однако со середины 70-х годов интерес к ствольным системам возобновился, что связано с необходимостью ведения боевых действий тактического уровня на малых дистанциях «штыкового боя». В виду пересмотра современных угроз, переростания войн в сторону локальных вооруженных конфликтов, активизацией незаконных вооруженных формирований и расширения борьбы с терроризмом, произошел пересмотр роли и места артиллерийского вооружения, а сравнительно низкая стоимость по сравнению с ракетными комплексами, наряду с достаточной эффективностью для ведения боевых действий на сравнительно небольших дистанциях в еще большей степени стимулирует интерес к артиллерийским ствольным системам. Это в свою очередь сопровождается разработками унифицированных боеприпасов (осколочно-фугасный-кумулятивный), развитием и модернизацией ствольных систем на колесном лафете, а так же самоходных артиллерийских систем. Кроме этого учитывая уникальные баллистические свойства минометов для решения тактических задач, ведения боевых действий в условиях труднодоступной местности сложного рельефа, минометы оказались весьма привлекательными, что выразилось в разработке минометных систем универсального калибра [1]. Прогнозируя угрозы будущего в ряде стран с развитием высокоточного оружия, начаты разработки по замене минометных систем малых калибров на минометы больших и средних калибров, что связано с необходимостью размещения системы наведения боеприпаса, обеспечивающего стрельбу навесным огнем даже в условиях населенного пункта [1].

На вооружении ВМС Украины состоят различные минометные системы в том числе и полковые минометы калибром 120 мм, образца 1938/1941 года которые комплектуются осколочно-фугасными, зажигательными, осветительными и дымовыми минами с дальностью стрельбы от 0,5 до 7,5 километров [2]. По своим характеристикам этот миномет соответствует современным требованиям [1], однако, учитывая тот факт, что имеющийся хранимый запас элементов выстрела находится на послегарантийных сроках хранения, которые составляют более 35 лет, представляется практически важным исследовать баллистические характеристики выстрела боеприпасов длительных сроков хранения. Метательный заряд [3] минометной системы состоит из основного метательного заряда с нитроглицериновым ленточным порохом и дополнительных пакетов (пучков) с пироксилиновым зерненным порохом.

Известно, что в процессе хранения пороховые заряды претерпевают физические и химические превращения поэтому, одной из важнейших проблем в комплексной оценке свойств порохов и зарядов является прогнозирование изменений происходящих на длительных этапах хранения. Следовательно, задача исследования и определения геронтологических свойств пороховых метательных зарядов, их влияния на баллистические характеристики ствольных систем, в том числе и минометов, представляется актуальной и с учетом сроков хранения имеющихся боеприпасов весьма своевременной.

Определение геронтологических изменений свойств минометных выстрелов длительных сроков хранения (проведение исследования)

С целью получения показателей баллистических характеристик пороховых метательных зарядов длительных сроков хранения минометной системы 2-С-12, а также прогнозирования изменения баллистических характеристик минометных выстрелов была разработана программа испытаний, которая, в свою очередь включала 3 основных этапа:

1. Подготовка условий для проведения эксперимента, дострельбовое определение физико-химических свойств порохового заряда.

2. Определение основных баллистических характеристик минометного выстрела по результатам выполнения практических стрельб.

3. Анализ результатов стрельбы, обработка полученных экспериментальных данных.

В ходе проведения первого этапа эксперимента исследовалось состояние минометного выстрела:

– определялись условия хранения элементов минометных выстрелов в полигонных условиях;

– проводился внешний осмотр мин, взрывателей, основных метательных зарядов, дополнительных пороховых пучков;

– боеприпасы сортировались по партиям, годам выпуска, весовым знакам – готовились выстрелы к приведению в окончательно снаряженный вид;

– боеприпасы доставлялись к месту стрельб.

Исследовалось состояние канала ствола миномета, которое включало:

– определение условий хранения миномета 2-Б-11;

– проведение внешнего осмотра миномета 2-Б-11;

– определение количества произведенных выстрелов до начала испытаний;

– определение износа канала ствола путем внешнего осмотра канала ствола и замера его внутреннего диаметра;

– сравнение полученных данных с инструкцией по категорированию.

Исследование состояния пороха пороховых метательных зарядов для минометного выстрела минометной системы 2-С-12 заключалось в следующем:

– определялись условия хранения пороховых метательных зарядов (ПМЗ);

– проводился внешний осмотр основных метательных зарядов, дополнительных пороховых пучков;

– сортировались по партиям, годам выпуска элементы выстрела;

– проводилось взвешивания основных метательных зарядов, дополнительных пороховых пучков с помощью электронных весов;

– фиксировалось путем фотографирования внешнего вида ПМЗ;

– снаряжение выстрела, приведение в окончательно снаряженный вид;

– вскрытие гильзы основного метательного заряда, дополнительных пороховых пучков, и их визуальный осмотр;

– фиксация цвета пороха основных метательных зарядов, и дополнительных пороховых пучков.

Привязка к местности осуществлялась с целью:

– подготовки полигона к стрельбе;

– подготовки миномета к стрельбе;

– определения дальности стрельбы;

- определения координат цели с помощью прибора СН-3003М(GPS),
- определения координат миномета с помощью прибора СН-3003М(GPS);
- определения расстояния до цели (фактического);
- определение погодных условий;
- определения углов возвышения, корректировки, введения поправок и прицеливания.

В ходе проведения второго этапа эксперимента выполнялось:

- пристрелка и корректировка огня с помощью прибора МПМ-44М;
- восстановление наведения миномета с учетом вводимых поправок;
- стрельба;
- определение начальной скорости мины с помощью баллистической станции

АБС-1М;

- фиксация разрывов с помощью прибора ПАБ-2М;
- фиксация ненормального действия выстрелов в ходе выполнения стрельб.

В ходе проведения третьего этапа эксперимента выполнено:

- определение координат разрывов (воронок) с помощью прибора СН-3003М(GPS);
- определение отклонения падений минометных выстрелов от центра прицеливания;
- определение фактических зависимостей дальности полета мины от углов возвышения ствола миномета;
- сравнение полученных результатов с табличными;

Экспериментальное исследование проводилось с использованием материальной части и на полигоне подразделений войск береговой обороны ВМС;

Материальное обеспечение экспериментального исследования включало:

- 120 мм полковой миномет 2-Б-11, минометной системы 2-С-12 – 1 единица;
- количество произведенных выстрелов до начала эксперимента – 152 выстрела зарядом №3 (настрел ствола миномета);
- 120 мм осколочно-фугасные мины ТД-50, ОФ-843Б, 81года выпуска с весовым знаком (+) 100 единиц (из них для пристрелки – 5 единиц);
- взрыватель – М-12;
- основные метательные заряды – 1957,1969,1978 годов выпуска;
- дополнительные пучки – 1963,1969,1971 годов выпуска;
- установлен заряд – №3;
- дальность стрельбы – 2700 метров;
- температура окружающей среды – +16 °С;
- условия хранения боеприпасов – в штатной укупорке на открытой площадке;
- условная цель – прямоугольник размером 2.5 на 6 метров (грузовой автомобиль);
- все соответствующие поправки и углы прицеливания для стрельбы введены согласно таблиц стрельбы ТС РГ № 98 для 120 мм возимого миномета 2-С-12;
- координаты цели – X+04972820, Y06603808, H00660;
- координаты миномета – X+04972299, Y06601218, H00426;
- расстояние от миномета до цели – 2700 метров.

Результаты проведенных стрельб представлены в таблице 1 и рисунках 1,2,3.

В ходе проведения экспериментального исследования зафиксировано снижение массы пороховых метательных зарядов (табл. 1, рис. 1,2) и как следствие плотности пороха, что свидетельствует об истощении порохового заряда. Данные исследований по-

казывают, что сила пороха и его теплотворная способность связаны линейно [4]. Известно [5,10], что основным физико-химическим свойством порохов является их плотность. Она непосредственно влияет на теплотворную способность и силу пороха. Поскольку экспериментально выявлено снижение массы порохового заряда, вызванное экссудацией летучих компонентов, а так же каталитическими реакциями в порохах [5,10], можно заключить, что снижение массы порохового заряда приведет к снижению плотности пороха и в свою очередь вызовет снижение теплотворной способности и силы пороха [5].

Таблица 1 – Результаты экспериментальных данных

Определяемая величина	Полученные результаты с учетом года выпуска элемента минометного выстрела		
	1957	1969	1978
Масса основного метательного заряда (табличное значение), г.	75	75	75
Масса основного метательного заряда (максимальное значение), г.	73	74	74,5
Масса основного метательного заряда (минимальное значение), г.	72	73	73,5
Масса основного метательного заряда (среднее значение), г	72,5	73,5	74
Среднее отклонение массы в %	3,3	2,2	1,3
	1963	1969	1971
Масса дополнительных пучков (табличное значение), г.	240	240	240
Масса дополнительных пучков (максимальное значение), г.	228	233	236
Масса дополнительных пучков (минимальное значение), г.	223	229	232
Масса дополнительных пучков (среднее значение), г	225,5	231	234
Среднее отклонение массы в %	6,04	3,75	2,5
Начальная скорость (табличное значение). м/с	196	196	196
Начальная скорость (максимальное значение). м/с	179	185	191
Начальная скорость (минимальное значение). м/с	173	182	187
Начальная скорость (среднее значение). м/с	176	183,5	189
Среднее отклонение начальной скорости в %	10,2	6,37	3,57

Полученные закономерности геронтологических изменений обобщены в виде аналитических выражений (1), (2), (3) и описывают изменения массы основных пороховых метательных зарядов в зависимости от сроков хранения пороховых метательных зарядов $\Delta m(\tau)$, а так же позволяют определять минимальные, максимальные и средние значения отклонения масс зарядов в зависимости от срока хранения боеприпасов в диапазоне сроков хранения $\tau = 35 \dots 56$ лет.

$$\Delta m(\tau)_{\max} = 1,04e^{0,3466\tau}; \quad (1)$$

$$\Delta m(\tau)_{\text{cp}} = 0,6214e^{0,4581\tau}; \quad (2)$$

$$\Delta m(\tau)_{\min} = 0,25e^{0,6931\tau}, \quad (3)$$

где Δm – изменения массы порохового метательного заряда; τ – срок хранения порохового метательного заряда.

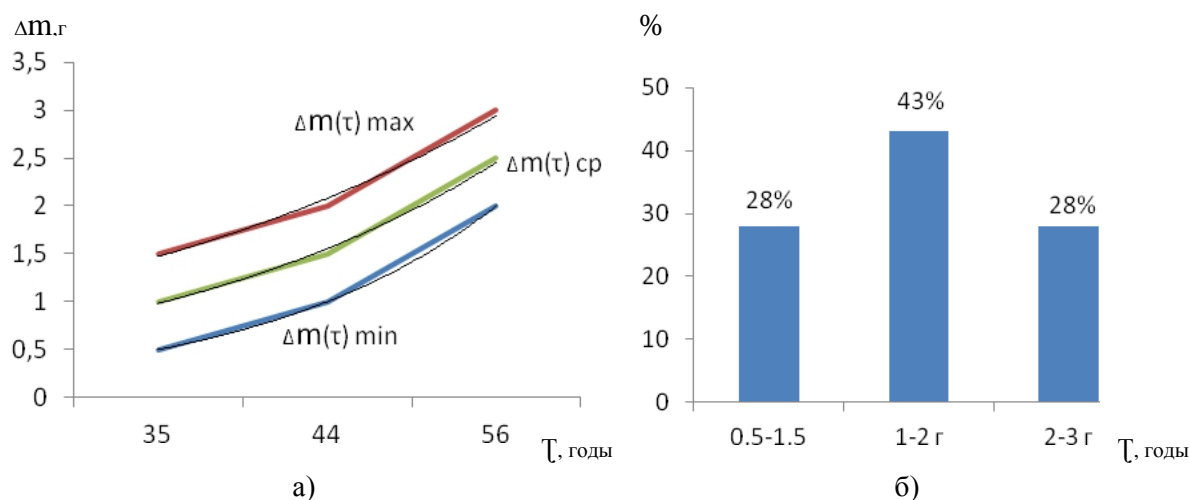


Рисунок 1 – а) изменение массы основного метательного заряда минометной системы 2-С-12 в зависимости от срока хранения.

б) доли диапазонов изменения массы основного метательного заряда

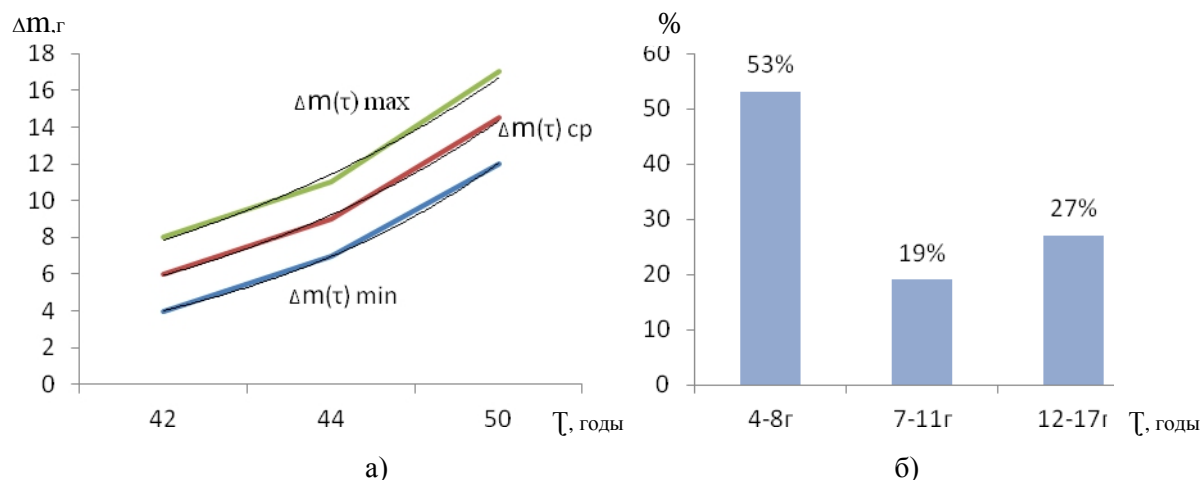


Рисунок 2 – а) изменение массы дополнительного метательного заряда (дополнительных пучков) минометной системы 2-С-12 в зависимости от срока хранения,

б) доли диапазонов изменения массы дополнительного метательного заряда

Полученные результаты в виде выражений (4), (5), (6) описывают закон изменения массы дополнительных пороховых метательных зарядов в зависимости от сроков хранения порохового метательного заряда $\Delta m(\tau)$ (табл. 1, рис. 2) и позволяют определять минимальные, максимальные и средние значения отклонения масс дополнительных метательных зарядов в зависимости от срока хранения боеприпасов в диапазоне сроков хранения $\tau = 42 \dots 50$ лет.

$$\Delta m(\tau)_{\max} = 5,3821e^{0,3769\tau}; \quad (4)$$

$$\Delta m(\tau)_{\text{ср}} = 3,8139e^{0,4412\tau}; \quad (5)$$

$$\Delta m(\tau)_{\min} = 2,3174e^{0,5493\tau}. \quad (6)$$

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что пороховые метательные заряды подверглись геронтологическим изменениям, а так же претерпевают изменения баллистические и энергетические характеристики, что влечет за собой изменение начальной скорости (табл. 1, рис. 3,) при этом теплотворная способность пороха (сила пороха) убывает со временем пропорционально снижению массы порохового заряда.

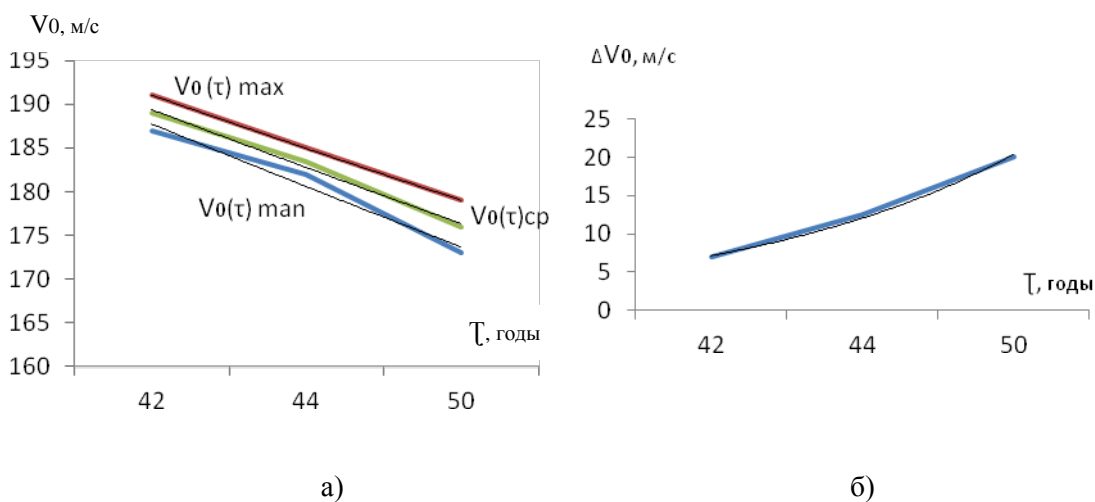


Рисунок 3 – а) изменение начальной скорости минометного выстрела минометной системы 2-С-12 в зависимости от срока хранения, б) падение (снижение) начальной скорости ΔV_0 в зависимости от времени хранения

В ходе эксперимента были получены значения начальных скоростей минометных выстрелов при различных сроках хранения элементов порохового метательного заряда (рис. 3). После обработки данных эксперимента получены средние значения начальных скоростей, а отклонение начальных скоростей минометных мин определяем по выражению (7) для каждой партии боеприпасов.

$$\Delta V_0 = V_0^{\text{табл}} - V_0^{\text{факт}}, \quad (7)$$

где ΔV_0 – изменение начальной скорости минометного выстрела.

Данные об абсолютных значениях падения начальной скорости ΔV_0 в зависимости от времени хранения элементов минометных выстрелов приведены в таблице 1 и рисунке 3. Аналитическое выражение (8) описывает падение начальной скорости мины ΔV_0 в зависимости от сроков хранения ПМЗ ($\Delta V_0(\tau)$) и позволяет определять значения начальной скорости в зависимости от срока хранения боеприпасов в диапазоне $\tau = 42 \dots 50$ лет.

$$\Delta V_0(\tau) = 4,2177 e^{0,5249\tau}. \quad (8)$$

Аналитические выражения (9), (10) и (11) позволяют определять минимальные, максимальные и средние значения ΔV_0 в зависимости от срока хранения боеприпасов (τ , годы) в диапазоне $\tau = 42 \dots 50$ лет.

$$V_0(\tau)_{\max} = 197,33 e^{-0,032769\tau}; \quad (9)$$

$$V_0(\tau)_{\text{cp}} = 196,25 e^{-0,036\tau}; \quad (10)$$

$$V_0(\tau)_{\min} = 195,19 e^{-0,039\tau}. \quad (11)$$

Таким образом, можно заключить, что исследованные пороховые заряды при длительной эксплуатации изменяют свои характеристики. В качестве дефектационного признака для таких зарядов может быть использован «дефект массы» [5, 6, 7], величина которого изменилась вследствие длительного хранения под влиянием физико-химических факторов. Полученные данные о результатах проведенных стрельб подтверждают (табл. 1), что при применении боеприпасов с длительным сроком хранения ухудшились баллистические характеристики ствольной системы. Однако в настоящее время при определении исходных данных для стрельбы из миномета изменение физико-химических свойств боеприпасов не учитывается [2].

Поэтому практически важной представляется задача выработки поправок, для учета изменения V_0 при определении исходных данных для стрельбы боеприпасами длительных сроков хранения. Необходимо подчеркнуть, что для минометных выстрелов с длительными сроками хранения не учет этой поправки может приводить к большим погрешностям при стрельбе [2, 5, 6, 8, 9].

Кроме определения характеристик определенных программой испытаний в ходе практических стрельб было зафиксировано 2 случая опрокидывания миномета при производстве выстрела (табл. 2, рис. 4). При этом, в обоих случаях использовались основные заряды 1957 года выпуска, с дополнительными зарядами 1963 года. Всего за время эксперимента было произведено 100 выстрелов, из них с помощью основных зарядов 1957 года выпущено 25 мин, а с дополнительными 1963 года 26 соответственно. Можно предположить, что это связано с изменением начального импульса в первом периоде [4,8], что может быть обусловлено повышением скорости горения порохового заряда, которая, как известно [4,5] пропорциональна P^n , или даже приобретением пороховым метательным зарядом бризантных свойств. Однако рассмотрение этого вопроса выходит за рамки настоящей статьи и составляет отдельную задачу, связанную с безопасностью личного состава при выполнении огневых задач из ствольной системы, а тем же разрушением конструкции миномета в виду увеличения нагрузок в канале ствола.

Таблица 2 – Зафиксированное ненормальное действие минометных выстрелов

Характер ненормального действия	Полученные результаты с учетом года выпуска элемента минометного выстрела (основной заряд/дополнительный заряд)		
	1957/1963	1969/1969	1978/1971
Не покидание канала ствола миномета минометным выстрелом (осечка), %	4 (14 %)	2 (4 %)	1 (3 %)
Опрокидывание миномета при производстве выстрела, %	2 (7 %)	–	–



Рисунок 4 – Опрокидывание миномета при производстве выстрела

Кроме случая опрокидывания миномета при производстве выстрела было также обнаружено не срабатывание основного метательного заряда (1978 года выпуска 1 случай, 1969 года – 2, 1957 года – 4). Исходя из дальнейших исследований основного заряда (рис. 5) можно предположить, что не срабатывание основного метательного заряда (табл. 1, рис. 6) в 3-х случаях произошло по причине отказа капсуля-воспламенителя, а в 4-х случаях по причине отказа дополнительного воспламенителя из дымного пороха размещенного в ампуле из нитроосновы (рис. 7). Этот вопрос также необходимо рассматривать отдельно, что может быть предметом дальнейших исследований.



Рисунок 5 – Разделка основного метательного заряда



Рисунок 6 – Не сработавшие основные метательные заряды



Рисунок 7 – Дополнительный воспламенитель из дымного пороха, размещенный в ампуле из нитроосновы

Полученные данные являются основой для коррекции методики формирования исходных данных для стрельбы из 120 мм миномета 2-Б-11 при применении боеприпасов длительных сроков хранения, что практически связано с разработкой методики по внесению поправок в исходные данные для стрельбы на горизонтальную дальность с учетом длительности хранения порохового метательного заряда.

На основе полученных в ходе проведенного экспериментального исследования данных так же могут быть определены характеристики рассеивания мин, которые изменились ввиду снижения начальной скорости a , следовательно, дальности стрельбы и являются предметом дальнейших исследований.

Литература

1. Новости ВПК. Электронный интернет ресурс – <http://vpk-news.ru/articles/1038>.
2. Таблицы стрельбы для равнинных и горных условий 120 мм возимого миномета 2-С-12 / Военное издательство, г. Москва 1990 – 412 с.
3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 120 мм возимого миномета 2-С-12. / Военное издательство, г. Москва 1990 – 32 с.
4. Чернов В.П. Поправочные формулы внутренней баллистики/ В.П.Чернов // Воен. изд-во. М.: – 1956. – 359 с.
5. Анипко О.Б., Внутренняя баллистика ствольных систем при применении боеприпасов длительных сроков хранения / О.Б. Анипко, Ю.М. Бусяк. – Харьков: Изд-во академии внутр. войск МВД Украины, 2010. – 130 с.
6. Бирюков И.Ю. Пороховые заряды длительных сроков хранения: проблемы, задачи и пути их решения // Интегровані технології та енергозбереження. – Х.: 2006. – №2. –С. 50–55.
7. Анипко О.Б., Баулин Д.С., Бирюков И.Ю. Влияние длительности хранения боеприпасов на баллистические характеристики стрелкового оружия / Интегровані технології та енергозбереження. Х.: Изд-во НТУ “ХПІ”, 2007. – №2, С. 97–100.
8. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. – М.: Оборонгиз, 1962. – 703 с.
9. Анипко О.Б., Вертелецкий В.Ф. Изменение физико-химических свойств порохового заряда и начальной скорости артиллерийских боеприпасов морской номенклатуры калибров 25/80 и 30/54 / Интегровані технології та енергозбереження. Х.: Вид. НТУ “ХПІ”, 2013. – №2, С. 74–79.
10. Д.И. Дементьева, И.С. Кононов, Р.Г. Мамашев, В.А. Харитонов. Введение в технологию энергонасыщенных материалов. / Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос.техн.ун-та, 2009.–254 с.
11. Веннен Л. Пороха и взрывчатые вещества / Л. Веннен, Э. Бюрло, А. Лекорше. Пер. с фран. – М.: ОНТИ, 1936. – 652 с.
12. Тимчасове рішення про встановлення термінів зберігання (технічної придатності) боеприпасів артилерії засобів ближнього бою та їх комплектуючих елементів. №131/Н/02-96. МОУ країни.– 1996.– 5 с.

Bibliography (transliterated)

1. Novosti VPK. Elektronnyy internet resurs – <http://vpk-news.ru/articles/1038>.
2. Tablitsyi strelbyi dlya ravninnyih i gornyyih usloviy 120 mm vozimogo minometa 2-S-12. Voennoe izdatelstvo, g. Moskva 1990 – 412 p.
3. Tehnicheskoe opisanie i instruksiya po ekspluatatsii 120 mm vozimogo mino-meta 2-S-12. Voennoe izdatelstvo, g. Moskva 1990 – 32 p.
4. Chernov V.P. Popravochnyie formulyi vnutrenney ballistiki V.P.Chernov Voen. izd-vo. M.: – 1956. – 359 p.

5. Anipko O.B., Vnutrennyaya ballistika stvolnyih sistem pri primenenii boepripasov dlitelnyih srokov hraneniya O.B. Anipko, Yu.M. Busyak. – Harkov: Izd-vo akademii vnutr. voysk MVD Ukrainyi, 2010. – 130 p.

6. Biryukov I.Yu. Porohovyye zaryady dlitelnyih srokov hraneniya: problemy, zadachi i puti ih resheniya Integrovani tehnologii ta energozberezhennya. – H.: 2006. – #2. – P. 50–55.

7. Anipko O.B., Baulin D.S., Biryukov I.Yu. Vliyanie dlitelnosti hraneniya boepripasov na ballisticheskie harakteristiki strelkovogo oruzhiya Integrovani tehnologii ta energozberezhennya. H.: Izd-vo NTU “HPI”, 2007. – #2, P. 97–100.

8. Serebryakov M.E. Vnutrennyaya ballistika stvolnyih sistem i porohovyih raket. – M.: Oborongiz, 1962. – 703 p.

9. Anipko O.B., Verteletskiy V.F. Izmenenie fiziko-himicheskikh svoystv porohovogo zaryada i nachalnoy skorosti artilleriyskikh boepripasov morskoy nomenklatury kalibrov 25/80 i 30/54 Integrovani tehnologii ta energozberezhennya. H.: Vid. NTU “HPI”, 2013. – #2, P. 74–79.

10. D.I. Dementeva, I.S. Kononov, R.G. Mamashev, V.A. Haritonov. Vvedenie v tehnologiyu energonasyischennyih materialov. Alt. gos. tehn. un-t, BTI. Biysk: Izd-vo Alt. gos.tehn.un-ta, 2009. 254 p.

11. Vennen L. Poroha i vzryivchatyie veschestva L. Vennen, E. Byurlo, A. Lekorshe. Per. s fran. – M.: ONTI, 1936. – 652 p.

12. Timchasove rishennya pro vstanovlennya terminiv zberigannya (tehничной pridatnosti) boepripasiv artileriyi zasobiv blizhnogo boyu ta yih komplektuyuchih elementiv.#131/N/02-96.MOUkraYini.– 1996.– 5 p.

УДК 623.421.4.

Аніпко О.Б., Демченко А.А.

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ БАЛІСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК 120 ММ МІНОМЕТУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ МЕТАЛЬНИХ ЗАРЯДІВ ТРИВАЛИХ ТЕРМЕНІВ ЗБЕРІГАННЯ

Приведені результати експериментального дослідження балістичних характеристик отриманих в ході виконання практичних стрільб з мінометної системи 2-С-12. Отримані залежності зміни маси порохових металевих зарядів і початкових швидкостей мінометних мін від термінів зберігання, що дозволяє вводити поправки при виконанні стрільб для боєприпасів, терміном зберігання до 60 років. У ході проведення експерименту зафіксовані ненормальні дії мінометних пострілів тривалих термінів зберігання, що вимагає додаткового дослідження з точки зору безпеки мінометного розрахунку.

Anipko O.B., Demchenko A.A.

EXPERIMENTAL STUDY OF BALLISTIC CHARACTERISTICS 120 mm MORTAR IN APPLYING PROPELLANT CHARGE LONGER SHELF LIFE

The results of experimental studies of the ballistic characteristics obtained during the execution of practical shooting mortar system 2-C-12. The dependences of the change in mass of propellant and propellant initial velocities of mortar from the shelf life that allows you to enter an amendment when the firing ammunition, a shelf life of up to 60 years. In the course of the experiment recorded abnormal actions mortar rounds long shelf life, which requires further study in terms of safety of the detachment.

УДК 697.329

Боднар І.А., Денисова А.Е., Бухкало С.І.

ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ФРЕОНОВ В ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛА ГРУНТОВЫХ ВОД

Введение. Одним из альтернативных методов энергообеспечения является использования низкотемпературного естественного тепла грунтовых вод земли на основе применения теплонасосных установок (ТНУ), которые позволяют получить экологически чистую энергию. В качестве рабочих тел ТНУ чаще всего используются фреоны, которые во время работы ТНУ совершают обратный цикл и изменяют свое агрегатное состояние. Фреоны легче воздуха и обладают высокой устойчивостью. При утечке из ТНУ они поднимаются в верхние слои атмосферы на высоту до 50 км, где разлагаются под действием ультрафиолетового излучения, в результате чего выделившийся хлор взаимодействует с озоном, что приводит к разрушению озонового слоя Земли [1].

Согласно Монреальского протокола, принятого в 1987 г., каждый фреон характеризуется потенциалом ODP, который представляет собой степень разрушения озонового слоя и берется относительно потенциала ODP фреона R11, принятого за единицу [2]. Фреоны, применение которых возможно в ТНУ, разделяют на три группы: 1) особо озоноопасные (R11, R12, R113, R114, R500), производство которых намечено сокращать; 2) озоноопасные (R21, R22, R123, R124, R141b, R142b, R401a, R401b, R401c, R406a); 3) экологически безопасные фреоны (R134a, R152a, R290, R600, R600a, RC318) [1].

Цель. Исследование энергетической эффективности рассмотренной схемы ТНУ с использованием экологически безопасных фреонов R134a, R152a, R290, которые целесообразно применять для систем теплоснабжения с использованием тепла грунтовых вод для полного покрытия тепловой нагрузки на отопление при температуре наружного воздуха $t_0 = -16 \dots -8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Анализ схемы ТНУ геотермального теплоснабжения. В работе рассмотрена перспективная схемы ТНУ, приведена методика ее расчета. Схема установки отопления от источника грунтовых вод земли (рис. 1) включает в себя заборную скважину 1 оснащенную откачивающим специальным насосом 3, который подает низкопотенциальный источник тепла (грунтовую воду) в испаритель 4, где отдает свое тепло фреону и поступает в поглощающую скважину 2.

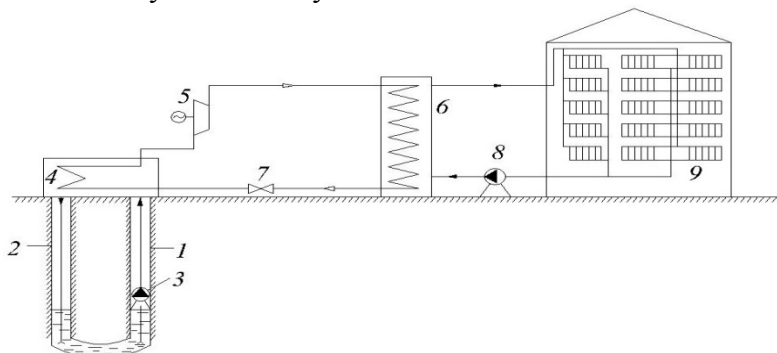


Рисунок 1 – Схема ТНУ от источника грунтовых вод

В испарителе фреон закипает, пар которого всасывается компрессором 5, где происходит его сжатие, при этом температура и давление фреона значительно повыша-

ється. Затем фреон подається в конденсатор 6, охолоджується водою, котра і буде високопотенціальним джерелом тепла, який подається в систему опалення 9, оснащений циркуляційним насосом 8. Віддав своє тепло, пар фреона конденсується і в стані рідкого фреона через дросельний вентиль 7, де його температура і тиск падає, поступає назад в випарник [1].

Методика розрахунку ТНУ на базі геотермальних джерел. Для аналізу енергетичної ефективності застосування розглянутої схеми ТНУ використаємо методику [1], реалізовану за допомогою програми CoolPack в p, h -діаграмі (рис. 2).

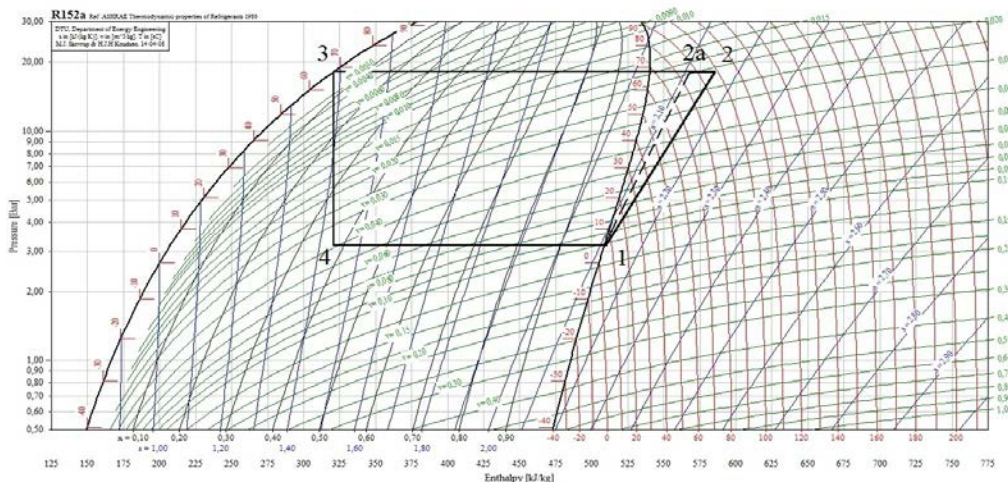


Рисунок 2 – Цикл ТНУ на базі ґрунтової енергії

Температура випаровування хладагента $t_{и}$, по якій можна визначити ентальпію h_1 і тиск $P_{и}$ фреона після випарника

$$t_{и} = t_{н2} - \Delta t_{и}, \quad (1)$$

де $t_{н2}$ – температура низькопотенціального джерела тепла, °C; $\Delta t_{и}$ – перепад температур на виході з випарника, К.

Температура конденсації хладагента $t_{к}$, по якій можна визначити ентальпію h_3 і тиск $P_{к}$ фреона після конденсатора

$$t_{к} = t_{в2} + \Delta t_{к}, \quad (2)$$

де $t_{в2}$ – температура високопотенціального джерела тепла на виході з випарника, °C; $\Delta t_{к}$ – перепад температур на виході з конденсатора, К.

Адиабатний ККД компресора

$$\eta_a = 0,98(273 + t_0) / (273 + t_k), \quad (3)$$

де t_0 – температура зовнішнього повітря, °C.

Ентальпія хладагента після компресора

$$h_2 = h_1 + (h_{2a} - h_1) / \eta_a, \quad (4)$$

где h_{2a} – энтальпия фреона после конца адиабатного сжатия, кДж/кг.

Удельная тепловая нагрузка конденсатора q_k

$$q_k = h_2 - h_3, \text{ кДж/кг.} \quad (5)$$

Удельная тепловая нагрузка ТНУ

$$q_{\text{ТН}} = q_k, \text{ кДж/кг.} \quad (6)$$

Работа сжатия в компрессоре

$$l_{\text{сж}} = h_2 - h_1, \text{ кДж/кг.} \quad (7)$$

Коэффициент преобразования теплоты

$$\mu = q_{\text{ТН}} / l_{\text{сж}}. \quad (8)$$

Массовый расход фреона

$$G_{\text{ха}} = Q_{\text{ТН}} / q_{\text{ТН}}, \text{ кг/с,} \quad (9)$$

где $Q_{\text{ТН}}$ – тепловая нагрузка ТНУ, кВт.

Для расчета энергетической эффективности рассматриваемой схемы ТНУ (рис. 1) будем использовать следующие исходные данные: температура низкопотенциального источника тепла на входе в испаритель ТНУ $t_{\text{н1}} = 20$ °С; температура низкопотенциального источника тепла на выходе из испарителя ТНУ $t_{\text{н2}} = 10$ °С;

В зависимости от температуры наружного воздуха $t_0 = -16...8$ °С температуры высокопотенциального источника тепла на входе в систему отопления и на выходе из системы отопления $t_{\text{в2}}$ и $t_{\text{в1}}$ получены графики (рис. 3) изменения нагрузки на отопление 5-ти этажного здания на 60 квартир [3], т.е. тепловой нагрузки ТНУ $Q_{\text{ТН}}$, кВт (рис. 4).

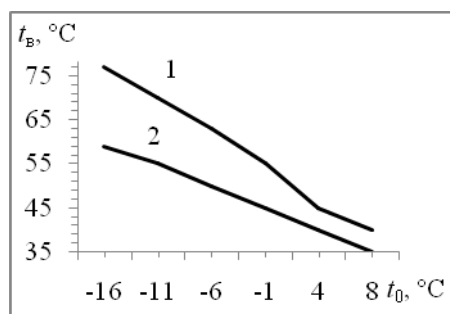


Рисунок 3 –

1 – зависимость подающего теплоносителя $t_{\text{в2}}$; 2 – обратного теплоносителя $t_{\text{в1}}$ от температуры наружного воздуха t_0

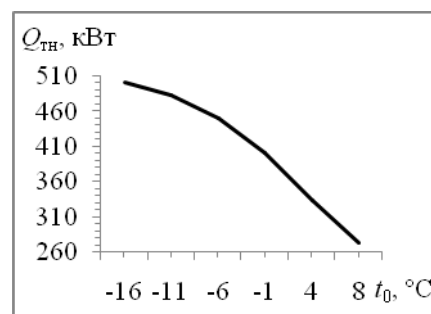


Рисунок 4 – Зависимость тепловой нагрузки ТНУ $Q_{\text{ТН}}$ от температуры наружного воздуха t_0

Перепады температур на виході з теплообмінників $\Delta t_k = \Delta t_{\text{и}} = 5, \text{ К}$.

Для аналізу енергетическої ефективності були отримані наступні залежності (рис. 5–6).

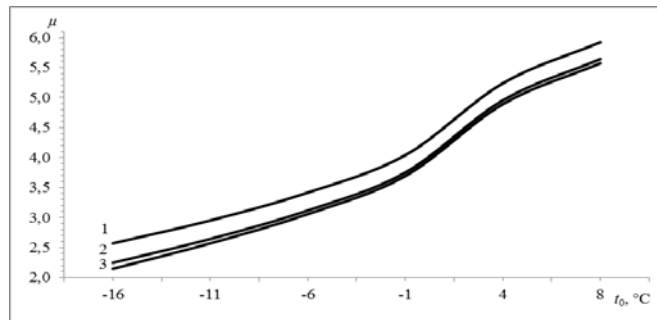


Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта перетворення теплоти μ від температури зовнішнього повітря t_0 : 1 – R152a; 2 – R134a; 3 – R290

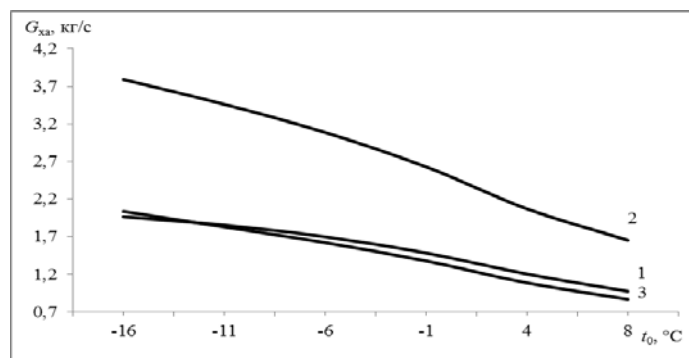


Рисунок 6 – Залежність масового витрату фреону $G_{\text{ха}}$ від температури зовнішнього повітря t_0 : 1 – R152a; 2 – R134a; 3 – R290

Аналіз результатів розрахунку. Для розглянутої даної системи теплоснабження з використанням тепла ґрунтових вод (рис. 1) при температурах зовнішнього повітря $t_0 = -16 \dots 8 \text{ }^\circ\text{C}$ цілесообразно застосовувати озонобезпечні фреони R134a, R152a, R290, так як тільки їх використання з найбільш часто застосовуваних, завдяки своїм теплофізическим властивостям, дозволяє повністю покрити опалювальну навантаження будівлі в даному інтервалі температур.

Розрахунковий цикл для схеми ТНУ з використанням озонобезпечного фреона R152a, виконаний за допомогою програми CoolPack, представлений в p, h -діаграмі при температурі середовища $t_0 = -6 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2).

Аналіз залежностей (рис. 5) показує, що чим вище температура середовища, тим вимоги до температури теплоносія, подаваного в систему опалення, знижуються. Це призводить до зменшення різниці температур між низкопотенціальним джерелом тепла ґрунтових вод і високопотенціальним джерелом тепла системи теплоснабження. Так, при підвищенні температури зовнішнього повітря коефіцієнт перетворення теплоти μ зростає, що дозволяє зробити висновок про більш ефективну роботу ТНУ. Найбільш цілесообразним є застосування в розглянутій схемі ТНУ фреона R152a, так як при інших рівних умовах за рахунок його теплофізических властивостей, вдасться підвищити коефіцієнт перетворення теплоти μ порівняно з фреонами R134a, R290. Кожен фреон характеризується таким своїм

ством как хладопроизводительность, т.е. теплотой фазового перехода. В табл. приведены свойства озонобезопасных фреонов R134a, R152a, R290.

Таблица – Свойства озонобезопасных фреонов

Фреон	0 °С		70 °С	
	Давление насыщения, кгс/см ²	Хладопроизводительность, кДж/кг	Давление насыщения, кгс/см ²	Хладопроизводительность, кДж/кг
R134a	2,94	198	21,16	123
R152a	2,67	304	18,94	214
R290	4,72	374	25,92	228

Анализ зависимостей (рис. 6) показывает, что чем меньше разность температур между низкопотенциальным источником тепла грунтовых вод и высокопотенциальным источником тепла системы теплоснабжения, тем массовый расход фреона $G_{ха}$ контура ТНУ меньше, так как при повышении температуры наружного воздуха необходимая нагрузка на отопления снижается (рис. 4). Чем выше теплота фазового перехода, тем ниже будет массовый расход фреона. Так из трех рассмотренных озонобезопасных фреонов при прочих равных условиях наименьший массовый расход $G_{ха}$ имеет фреон R290.

Выводы. Таким образом, с энергетической точки зрения использование фреона R152a в рассмотренной схеме ТНУ является наиболее эффективным, о чем свидетельствует коэффициент преобразования теплоты μ . Однако для выбора оптимально озонобезопасного фреона для системы теплоснабжения на базе ТНУ этого показателя недостаточно. Необходимо учитывать и экономический аспект, так как чем меньше массовый расход фреона через контур ТНУ, тем меньше будет стоимость испарителя, конденсатора и компрессора.

Литература

1. Трубаев П.А. Тепловые насосы: учеб. пособ. / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.
2. Цветков О.Б. Холодильные агенты / Цветков О.Б. – СПб. : СПбГУНиПТ, 2004. – 216 с.
3. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей / [Манюк В.И., Каплинский Я.И., Хиж Э. и др.] – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1982. – 215 с.

Bibliography (transliterated)

1. Trubaev P.A. Teplovyie nasosyi: ucheb. posob. P.A. Trubaev, B.M. Grishko. – Belgorod : Izd-vo BGTU im. V.G. Shuhova, 2009. – 142 p.
2. Tsvetkov O.B. Holodilnyie agentyi. Tsvetkov O.B. – SPB. : SPBGUNiPT, 2004. – 216 p.
3. Spravochnik po naladke i ekspluatatsii vodyanyih teplovyih setey. [Manyuk V.I., Kaplinskiy Ya.I., Hizh E. i dr.] – 2-e izd. – M.: Stroyizdat, 1982. – 215 p.

УДК 697.329

Боднар І.А., Денисова А.Є., Бухкало С.І.

ЗАСТОСУВАННЯ ОЗОНОБЕЗПЕЧНИХ ФРЕОНІВ У ТЕПЛОАСОСНИХ УСТАНОВКАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛА ГРУНТОВИХ ВОД

Запропонована система теплопостачання, яка забезпечує ефективне використання теплонасосної установки з джерелом тепла ґрунтових вод. Запропонована методика розрахунку теплонасосної установки на базі геотермального теплопостачання. Розглянуті екологічно безпечні фреони R134a, R152a, R290, які доцільно застосовувати для повного покриття теплового навантаження на опалювання при температурі зовнішнього повітря $t_0 = -16...8$ °С. Отримані залежності показників коефіцієнта перетворення тепла μ і масової витрати фреону через контур теплонасосної установки $G_{\text{ха}}$ системи теплопостачання від температури зовнішнього повітря. Приведені рекомендації по вибору оптимального екологічно безпечного фреону для теплонасосної установки.

Bodnar I.A., Denisova A.E., Bukhkalov S.I.

THE USE OF OZONE-SAFE IN HEAT PUMP PLANTS WITH USE OF HEAT OF GROUND WATERS

The systems of heat supply, which provides the effective use of heatpump plants with a source of heat of ground waters, are offered. The method of an assessment of power efficiency of systems is offered, comparison of parameters of their calculation cycles is executed. Are considered ecologically safe Freon's (R134a, R152a, R290) which are expedient for applying to a full covering of thermal load of heating at a temperature of external air $t_0 = -16...8$ °С. Dependences of indicators of coefficient of transformation of heat μ and a mass consumption of Freon through a contour of the heatpump plant G_{ca} of system of a heat supply from temperature of external air are received. Recommendations about a choice of optimum ecologically safe Freon for heatpump plant are provided.

Петік П.Ф.

**ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ РОЗЧИННИКІВ
ДЛЯ ЕКСТРАКЦІЇ РОСЛИННИХ ОЛІЙ**

Інтенсифікація процесу видобування рослинних олій та всіх його складових технологічних стадій є базою технічного розвитку оліє-жирової промисловості. При цьому велике значення має оперативне та ефективне використання найновіших наукових досягнень. У зв'язку з цим значна увага в наукових дослідженнях приділяється підготовці матеріалу до екстракції, процесу вилучення олії та методам інтенсифікації процесу [1].

Одним з актуальних напрямків інтенсифікації оліє видобувного виробництва є обґрунтування і вибір нових типів розчинників, оскільки традиційні вуглеводневі на основі нафтопродуктів виробляються з невідновлюваних джерел і є вибухонебезпечними.

Розчинники, що використовуються для вилучення олій методом екстракції, повинні задовольняти вимогам техніки та технології екстракційного виробництва. У загальному вигляді ці вимоги визначаються намаганням одержати найбільші виходи олії під час екстракції, гарантувати найкращі якісні показники готової продукції, запобігти шкідливої дії розчинника на організм людей і забезпечити безпечність роботи з ним. У зв'язку з цим промисловий розчинник повинен мати такі властивості [2]:

- добре і швидко розчиняти олію (змішуватись з нею у всіх співвідношеннях) і не розчиняти супутніх їй речовин, а також інших компонентів матеріалу, що екстрагується;
- бути хімічно однорідною речовиною з постійною і невисокою температурою кипіння, низькою теплоємністю і невисокою теплотою випаровування;
- не змінювати свого хімічного складу та властивостей під час зберігання і на різних стадіях екстракційного виробництва;
- не змішуватись з водою і не утворювати з нею азеотропних сумішей з постійною температурою кипіння;
- повністю вилучатися з олії та шроту за найбільш можливих низьких температур, не надавати їм стороннього запаху та смаку, не утворювати шкідливих для живих організмів сполук;
- не чинити руйнівної дії на апаратуру як у чистому вигляді, так і в суміші з водою та водяною парою;
- бути безпечним для життя обслуговуючого персоналу;
- бути пожежо- і вибухобезпечним.

Розчинність речовин залежить від співвідношення сил молекулярної взаємодії у розчиннику і речовині, що розчинюється. Величина сил міжмолекулярної взаємодії може бути оцінена за величиною їх діелектричної проникності, яка характеризує ступінь полярності молекул, з яких вони складаються.

Діелектрична проникність рослинних олій дорівнює 3,0–3,2 і тільки у рицинової олії вона дещо вище – 4,7, тому рослинні олії добре розчиняються в органічних розчинниках, які мають близькі діелектричні проникності. Так, діелектрична проникність

бензину за температури 20 °С складає біля 2, гексану – 1,89, бензолу – 2,20, діхлоретану – 10,36 (за температури 25 °С).

Спирти – етиловий, метиловий та ізопропіловий мають за температури 25 °С діелектричну проникність відповідно 24,30; 32,63; 18,30. За температури 16–18 °С вони вже не повністю розчиняють олії і тільки за умови підвищення температур розчинність їх збільшується. Винятком є ацетон, який за температури 20 °С має діелектричну проникність 21,50 і добре розчиняє олії.

Екстракційні розчинники класифікують за найбільш характерними фізичними характеристиками: за величиною полярності (ϵ – діелектричною проникністю), в'язкістю, температурою кипіння.

За полярністю розчинники поділяють на низькополярні ($\epsilon = 9\text{--}12$), середньополярні ($\epsilon = 12\text{--}50$) і високополярні ($\epsilon > 50$).

За величиною в'язкості розрізняють малов'язкі розчинники ($\eta < 2 \cdot 10^{-3}$ Па·с), розчинники, які характеризуються середньою величиною в'язкості ($\eta = (2 \dots 10) \cdot 10^{-3}$ Па·с) та високов'язкі ($\eta > 10 \cdot 10^{-3}$ Па·с).

За температурою кипіння (при 0,1 МПа) розчинники поділяються на низькокиплячі (< 100 °С), середньокиплячі (100–150 °С) та висококиплячі (> 150 °С).

Розчинники рослинних олій, що мають промислове застосування, є речовинами низьков'язкими, низькокиплячими, низькополярними і середньо полярними. Їх також поділяють на два типи: технічно чисті розчинники та суміші технічно чистих розчинників один з одним та з водою. Найбільш поширеним є перший тип розчинників, який представлено наступними групами хімічних сполук: аліфатичні вуглеводні, хлорпохідні аліфатичні вуглеводні, ароматичні вуглеводні та аліфатичні кетони; найбільш поширеними є представники перших двох груп [2].

Накопичена наукова база знань стосовно основних способів екстракції стосується, в основному, вуглеводневих розчинників [3–6]. Використання нових видів розчинників (спиртів, зріджених газів, суперкритичних рідин) є основою зниження енергоємності виробництва, оскільки вони, як правило, виробляються з відходів інших галузей промисловості.

Використання зріджених газів та суперкритичних рідин у виробництві рослинних олій вивчалось багатьма дослідниками [7–9]. Критичні рідини можуть бути використані для вилучення олії за умови урахування таких параметрів процесу, як тиск, температура і швидкість руху рідини. Найчастіше як екстрагент застосовується рідина або суперкритичний діоксид вуглецю ($T_k = 31,5$ °С, $P_k = 7,15$ МПа) за причини його незаймистості та низької вартості. Слід відмітити, що рівноважна розчинність олій та жирів для суперкритичного CO₂ дуже низька – менше, ніж 0,2 %. Для того, щоб досягти більш високої розчинності (1,5 %) тиск у перебігу процесу екстракції повинен складати 49,05 МПа.

За іншими даними [10] діоксин вуглецю адсорбує соєву олію за температури 50 °С і тиску 0,35 МПа у кількості 1,2–1,4 %. Якщо збільшити тиск до 0,56 МПа, можна подвоїти адсорбцію олії до 2,5–2,7 % від маси CO₂. У процесі екстракції діоксином вуглецю витрата енергії зменшується у два рази. Соева олія, екстрагована гексаном, містить 500–700 мг/кг фосфоліпідів, під час екстракції CO₂ їх кількість знижується більше ніж у 10 разів; вихід олії як і за умови екстракції гексаном, складає у середньому 20 %.

Досліджувались також інші екстрагенти з критичним тиском нижчим, ніж для діоксину вуглецю: пропан ($T_k = 97$ °С, $P_k = 4,12$ МПа) і етан ($T_k = 32$ °С, $P_k = 4,7$ МПа).

Ацилгліцерини жирів та олій повністю розчиняються у цих критичних рідинах за величин тиску набагато нижчих, ніж для CO₂. Однак, здатність до спалахування є їх загальним недоліком і для забезпечення безпеки потрібні спеціальні заходи, які, зокрема, передбачають ізоляцію екстракційних установок від інших виробництв. Питання заміни традиційних рідин критичними залишається актуальним і потребує подальших досліджень.

Детальну інформацію щодо CO₂-екстракції олії Canola в залежності від способу обробки представлено у авторів [11].

Суміші органічних розчинників різної хімічної природи один з одним і суміші органічних розчинників з водою як екстрагенти рослинних олій є предметом наукових досліджень в оглядових роботах [12–15].

Предметом наших наукових досліджень є спиртова екстракція. Слід відмітити, що серед можливих альтернативних екстрагентів рослинної олії розглядають ізопропіловий [1, 16, 17] та етиловий спирти.

Незважаючи на недоліки (втрати зі стічними водами і т. ін.), ізопропіловий спирт має більш високу температуру спалаху і тому менш небезпечний, ніж гексан. Ізопропанол як розчинник краще, ніж етанол. Його застосовували для вилучення олії з бавовняного насіння у вигляді водного розчину концентрацією 85–90,5 % за температури 77 °C протягом 71 хв.; залишкова олійність шроту складала близько 1 %.

Що стосується етилового спирту, то відомо [2], що його здатність до розчинення олій за температури 30 °C є невеликою. Перевага використання спирту полягає у тому, що добре розчиняючи олію за температури, близької до 120 °C, під час охолодження до 16–24 °C він відшаровується від олії. Таким чином одержують практично чисту олію з осадом, який видаляють центрифугуванням і повертають до тостера. Шрот з екстрактору проходить через прес для вилучення екстрагенту і також надходить до тостеру. Виключення процесу дистиляції з технологічного циклу економить 30 % теплоенергії [1].

Під час екстракції спиртом разом з олією вилучаються і супутні речовини (фосфоліпіди, барвні речовини та ін.), в момент охолодження місцели залишаються в спирті. Останній використовують повторно, а ректифікацію оборотного спирту чинять тільки тоді, коли його концентрація знизиться до величини < 95 %.

У зв'язку зі зміною пріоритетів в олійно-жировій промисловості інтерес до спиртової екстракції виник відносно недавно [18]. Між тим, ретроспективний системний аналіз науково-технічної та патентної літератури показав, що вже у 20–30-ті роки минулого століття японськими дослідниками (екстракція етанолом сої) було окреслено головні особливості майбутньої технології. Це, перш за все, виділення олії зі спирту за рахунок охолодження і відстоювання та потенційна економічна вигода за рахунок того, що для всіх продуктів, основних і побічних (олія, шрот, лецитин) можливе досягнення високої якості; олії – за рахунок переходу супутніх речовин у місцелу, шроту – за рахунок екстракції дезактивації шкідливих та супутніх речовин, лецитину – за рахунок більш повного його виведення зі складу шроту і відділення від нерозчинних у холодному спирті фосфоліпідів. Доречно зазначити, що японськими дослідниками ставилося завдання одержати високоякісний шрот, а не олію.

У більш пізніх дослідженнях у Радянському Союзі [19] також приділялася увага порівнянню характеристик шротів бензинової та спиртової екстракції, зокрема, наводиться приклад екстрагування сої абсолютним спиртом з одержанням шроту рекордно низької олійності – 0,5–1 %.

Другий етап розвитку спиртової екстракції припадає на 40–50-ті роки минулого сторіччя, коли центр наукових досліджень перемістився у США – в лабораторії Американського хімічного жирового товариства. Основні роботи цього періоду [20–22] присвячено дослідженню розчинності олій в широкому інтервалі концентрацій бінарних спиртових розчинників та визначенню критичних температур для різних олій і спиртоводних розчинників, а також удосконаленню схем екстракції, пов'язану з багаторазовим використанням місцели [23].

Приблизно в цей же час у Радянському Союзі продовжують індексуватися китайські науково-технічні джерела, присвячені екстракції сої етиловим спиртом. Результати цих робіт були узагальнені у Всесоюзному науково-дослідному інституті жирів, де дослідження етанольної екстракції сої набули подальшого розвитку і були кращими на той час [12–15].

Слід відмітити, що тема етанольної екстракції олійних культур завжди була актуальною й перспективною як для ряду країн Азії, Латинської Америки, так і для України. Між тим, після 60-х років минулого століття відповідні широкомасштабні дослідження не проводились, незважаючи на технічний і технологічний розвиток екстракційного виробництва і доступність етанолових розчинників високої концентрації.

Поодинокі оглядові роботи цього періоду [12, 28] стосуються спиртової екстракції соєвої, кукурудзяної, бавовняної, ріпакової та більш екзотичних рослинних олій, тому мають лише непряме відношення до етанольної екстракції соняшникової олії.

Тільки дві закордонні роботи [29, 30] присвячено екстракції соняшнику етанолом, але й вони вирішують вузько спеціальні питання і не висвітлюють проблему застосування етилового спирту як повноцінного екстрагенту рослинних олій.

У сучасних вітчизняних умовах етиловому спирту приділяється роль допоміжної речовини для одержання білкових концентратів [31], цінних супутніх речовин [32, 33].

Науково-практичний інтерес до етанолу в останнє десятиріччя оновився [18, 34, 35] завдяки декільком причинам. Це, перш за все, суттєвий зріст цін на вуглеводневі розчинники нафтового походження, а також великий запас в Україні виробничих потужностей щодо етанолу, який до того є харчовим продуктом.

Зважаючи на ефективність застосування етилового спирту, в Українському науково-дослідному інституті олій та жирів і відповідності з Науково-технічною програмою НААН України «Переробка насіння олійних культур та виробництво харчової продукції з олій та жирів» опочатковано низку науково-дослідних робіт, пов'язаних з розробкою пріоритетних технологій спиртової екстракції олійного матеріалу з метою одержання високоякісних соняшникової олії та білкових харчових продуктів. Якщо до цього додати позитивні результати наукових досліджень щодо використання етилового спирту в процесах безвідходної лужної нейтралізації, фракціювання фосфоліпідів, одержання біопалива з відновлювальної сировини (технічні жири відходів олієжирових підприємств та ресторанного господарства, мікробні жири), а також вимоги екологічної безпеки щодо технологічних процесів, можна прогнозувати масштабне застосування етилового спирту в олієжировій промисловості України.

Література

1. Ключкин В.В. Интенсификация процесса экстракции // В.В. Ключкин, П.П. Демченко // ЦНИИТЭИПИЩЕПРОМ. – серия 20. Масложировая промышленность. – 1985. – Вып. 6. – С 19–24.

2. Паронян В.Х. Технология жиров и жирозаменителей / В.Х.Паронян. М.: Де-Липринт, 2006. – 760 с.
3. Baumler E.R. Solvent Extraction: Kinetic Study of Major and Minor Compounds // E.R. Baumler, J.J. Crapiste // JAOCS. – 2010. – Vol. 87. – № 12. – P. 1489–1495.
4. Pagliero C. Separation of Sunflower oil From Hexane by Use of Composite Polimeric Membranes / C. Pagliero, N. Ochoa // JAOCS. – 2011. – Vol. 88. – № 11. – P. 1813–1819.
5. Остроушко В.Л. Технологічні аспекти процесу екстракції рослинних олій / В.Л. Остроушко, В.Ю. Папченко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2012. – № 34. – С. 117–120.
6. Остроушко В.Л. Экстрагирование в системе «твердое тело–жидкость» / В.Л. Остроушко, В.Ю. Папченко // Восточно-европейский журнал передових технологий. – Харьков: ЧП «Технологічний центр», 2012. – № 4/6 (58). – С. 12–14.
7. Bulley N. Supercritical Fluid Extraction of Vegetable Oil Seeds / N. Bulley, M. Fattory // JAOCS. – 1984. – Vol. 61. – № 8. – P. 908–915.
8. Caragy U. Pasing Technologies in the Fats and Oils Industry // JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – № 9. – P. 217–226.
9. Mounts T. Perspectives on Processing Methods Equipment and Procedures // JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – № 2. – P. 1236–1243.
10. Уткина Е.А. Использование надкритического CO₂ для экстракции растительных масел / Е.А. Уткина, Т.Н. Михайлова // ЦНИИТЭИПИЩЕПРОМ. – серия 6. Масложировая промышленность. – 1983. – Вып. 4. – С. 17–18.
11. Fattory M. Carbon Dioxide Extraction of Canola Seed: Oil Solubility and Effect of Seed treatment / M. Fattory, N. Bulley // JAOCS. – 1988. – Vol. 65. – № 6. – P. 968–974.
12. Jonson L. Comparison of Alternative Solvents for Oils Extraction / L. Jonson, E. Lusas // JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – № 2. – P. 229–242.
13. Rise P. Densities of Soybean Oil Solvent Mixture / P. Rise, W. Hamm // JAOCS. – 1988. – Vol. 65. – № 7. – P. 1177–1179.
14. Lusas E. World Conference Proceeding, Edible Fats and Oils Processing: Basis Principles and Modern Practices / E. Lusas, L. Watring, K. Rhee // JAOCS. – 1989. – Champaign. – P. 56–77.
15. Kuk M.S. Cottonseed Extraction with Mixtures of Acetone and Hexane / M.S. Kuk, F. Tedlay // JAOCS. – 2005. – Vol. 88. – № 8. – P. 609–612.
16. Anderson C.A. The Dual-Solvent Extraction of Wool Grease with Hexane and Aqueous Isopropanol / C.A. Anderson, J.J. Worner // JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – № 12. – P. 1009–1015.
17. Baker E. Development of Pilot-Plant Process the Extraction of Soy Flakes with Aqueous Isopropyl alcohol / E. Baker, D. Sulliran // JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – № 7. – P. 119–127.
18. Демидов И.Н. Использование этанола в масложировой промышленности / И.Н. Демидов // Масложировой комплекс. – Днепропетровск: ИА «Экспресс – Агро», 2004. – № 1 (4).
19. Вишнепольская Ф.А. Изучение состава и качества соевого масла, полученного с применением различных растворителей / Ф.А. Вишнепольская, Н.И. Пиллюк // Труды Всесоюзного НИИ жиров. – Л.: ВНИИЖ, 1965. – Вып. 25.

20. Rao R.K. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. 1. Solubilities of Cottonseed, Peanut, Sesame and Soybean Oils in Aqueous Ethanol / R.K. Rao, M.G. Krishna, S.H. Zaneer // *JAOCS*. – 1955. – Vol. 32. – № 7. – P. 420–423.
21. Rao R.K. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. 3. Solubilities of Babassy, Coconut, Olive, Palm Rapeseed and Sunflower Seedoils in Aqueous Ethanol / R.K. Rao, L.K. Arnold // *JAOCS*. – 1956. – Vol. 33. – № 9. – P. 389–391.
22. Arnold L.K. Ethanol Extraction of Soybeen Oil / L.K. Arnold // *JAOCS*. – 1962. – Vol. 39. – № 8. – P. 379–382.
23. Beckel A.C. The Nondistillation Alcohol Extraction Process for Soybeen Oil / A.C. Beckel, P.A. Belter, A.K. Smith // *JAOCS*. – 1948. – Vol. 25. – № 1. – P. 10–11.
24. Вишнепольская Ф.А. Экстракция соевых семян этиловым спиртом / Ф.А. Вишнепольская // *Труды Всесоюз. НИИ жиров*. – Л.: ВНИИЖ, 1963. – Вып. 23.
25. Вишнепольская Ф.А. Исследование качества продуктов, извлекаемых этиловым спиртом из соевых семян / Ф.А. Вишнепольская, Е.П. Меркулова, С.И. Николаенко // *Труды Всесоюз. НИИ жиров*. – Л.: ВНИИЖ, 1965. – Вып. 25.
26. Вишнепольская Ф.А. Сравнительное исследование состава фосфатидных продуктов, получаемых в процессе экстракции масла из соевых семян спиртом и бензином / Ф.А. Вишнепольская, Ц.Я. Альперина // *Труды Всесоюз. НИИ жиров*. – Л.: ВНИИЖ, 1967. – Вып. 26.
27. Вишнепольская Ф.А. Некоторые вопросы применения этилового спирта в качестве растворителя для извлечения липидов / Ф.А. Вишнепольская, Б.Н. Кириевский, Г.В. Бушмакина // *Труды Всесоюз. НИИ жиров*. – Л.: ВНИИЖ, 1967. – Вып. 26.
28. Hron R. Bio-Renewable Solvents for Vegetable Oil Extraction / R.Hron, S. Koltun, A. Cruci // *JAOCS*. – 1982. – Vol. 59. – № 9. – P. A674–A678.
29. Regitanodarce M.A.B. Sunflower-seed oil extraction with ethanol / M.A.B Regitanodarce, U.D. Lima // *JAOCS*. – 1986. – № 63 (4). – P. 428–428.
30. Sineiro J. Ethanolic extraction of sunflower oil in a pulsing extractor / *JAOCS*. – 1998. – №75 (6). – P. 753–754.
31. Ефремова Е.Г. Выбор сырья для производства соевых белковых продуктов / Е.Г. Ефремова, В.С. Петибская // *Известия вузов. Пищевая технология*. – Краснодар, 2003. – № 4.
32. Касьянов Г.И. Исследование процесса соэкстракции ценных компонентов из растительного сырья / Г.И. Касьянов, Г.А. Сагайдак // *Известия вузов. Пищевая технология*. – Краснодар, 2004. – № 2–3.
33. Один А.П. Преимущества использования этилового спирта как экстрагента для получения красных антоциановых красителей из растительного сырья / А.П. Один // *Известия вузов. Пищевая технология*. – Краснодар, 2004. – № 4.
34. Демидов И.Н. Перспективные технологии в масложировой промышленности: тезисы докладов 1-й Международ. научно-техн. конф. [«Химия и технология жиров»], (г. Алушта, 29 сентября–3 октября 2008 г.) – Харьков: УкрНИИМЖ, 2008. – С. 3–5.
35. Захаренко А.Ю. Экспериментальные исследования экстрагирования подсолнечного жмыха с использованием этанола / А.Ю. Захаренко, В.В. Гирман, П.Ф. Петик // *Збірник праць УкрНДІОЖ УААН*. – Харків: УкрНДІОЖ, 2008. – Вип. 2. – С. 26–31.

Bibliography (transliterated)

1. Klyuchkin V.V. Intensifikatsiya protsessa ekstraktsii. V.V. Klyuchkin, P.P. Demchenko. TsNIITEIPIShEPROM. – seriya 20. Maslozhirovaya promyshlennost. – 1985. – Vyip. 6. – S 19–24.
2. Paronyan V.H. Tehnologiya zhirov i zhirozameniteley. V.H.Paronyan. M.: DeLiprint, 2006. – 760 p.
3. Baumler E.R. Solvent Extraction: Kinetic Study of Major and Minor Compounds. E.R. Baumler, J.J. Crapiste. JAOCS. – 2010. – Vol. 87. – # 12. – R. 1489–1495.
4. Pagliero C. Separation of Sunflower oil From Hexane by Use of Composite Polimeric Membranes. C. Pagliero, N. Ochoa. JAOCS. – 2011. – Vol. 88. – # 11. – R. 1813–1819.
5. Ostroushko V.L. Tehnologichni aspekti protsesu ekstraktsiyi roslinnih oliy. V.L. Ostroushko, V.Yu. Papchenko. Visnik Natsionalnogo tehnichnogo univrsitetu «HPI». – Harkiv: NTU «HPI», 2012. – # 34. – P. 117–120.
6. Ostroushko V.L. Ekstragirovanie v sisteme «tverdoe telo–zhidkost». V.L. Ostroushko, V.Yu. Papchenko. Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy. – Harkov: ChP «Tehnologichniy tsentr», 2012. – # 4/6 (58). – P. 12–14.
7. Bulley N. Supercritical Fluid Extraction of Vegetable Oil Seeds. N. Bulley, M. Fattory. JAOCS. – 1984. – Vol. 61. – # 8. – R. 908–915.
8. Caragy U. Pasing Technologies in the Fats and Oils Industry. JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – # 9. – R. 217–226.
9. Mounts T. Perspectives on Procesing Methods Equipment and Procedures. JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – # 2. – R. 1236–1243.
10. Utkina E.A. Ispolzovanie nadkriticheskogo SO₂ dlya ekstraktsii rastitelnyih masel. E.A. Utkina, T.N. Mihaylova. TsNIITEIPIShEPROM. – seriya 6. Maslozhirovaya promyshlennost. – 1983. – Vyip. 4. – P. 17–18.
11. Fattory M. Carbon Dioxide Extraction of Canola Seed: Oil Solubility and Effect of Seed treatment. M. Fattory, N. Bulley. JAOCS. – 1988. – Vol. 65. – # 6. – R. 968–974.
12. Jonson L. Comparison of Alternative Solvents for Oils Extraction. L. Jonson, E. Lusas. JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – # 2. – R. 229–242.
13. Rise P. Densities of Soybean Oil Solvent Mxtures . P. Rise, W. Hamm. JAOCS. – 1988. – Vol. 65. – # 7. – R. 1177–1179.
14. Lusas E. World Conference Proceeding, Edible Fats and Oils Processing: Basis Principles and Modern Practices . E. Lusas, L. Watring, K. Rhee. JAOCS. – 1989. – Champaign. – R. 56–77.
15. Kuk M.S. Cottonseed Extraction with Mixtures of Acetone and Hexane. M.S. Kuk, F. Tedlay. JAOCS. – 2005. – Vol. 88. – # 8. – R. 609–612.
16. Anderson C.A. The Dual-Solvent Extraction of Wool Grease with Hexane and Aqueons Isopropanol . C.A. Anderson, J.J. Worner. JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – # 12. – R. 1009–1015.
17. Baker E. Development of Pilot-Plant Process the Extraction of Soy Flakes with Aquens Isopropil alcohol . E. Baker, D. Sulliran. JAOCS. – 1983. – Vol. 60. – # 7. – R. 119–127.

18. Demidov I.N. Ispolzovanie etanola v maslozhirovoy promyshlennosti. I.N. Demidov. Maslozhirovoy kompleks. – Dnepropetrovsk: IA «Ekspress – Agro», 2004. – # 1 (4).
19. Vishnepolskaya F.A. Izuchenie sostava i kachestva soevogo masla, poluchennogo s primeneniem razlichnykh rastvoriteley. F.A. Vishnepolskaya, N.I. Pilyuk. Trudyi Vsesoyuznogo NII zhirov. – L.: VNIIZh, 1965. – Vyip. 25.
20. Rao R.K. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. 1. Solubilities of Cottonseed, Peanut, Sesame and Soybean Oils in Aqueous Ethanol. R.K. Rao, M.G. Krishna, S.H. Zaneer. JAOCS. – 1955. – Vol. 32. – # 7. – R. 420–423.
21. Rao R.K. Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. 3. Solubilities of Babassy, Coconut, Olive, Palm Rapeseed and Sunflower Seedoils in Aqueous Ethanol. R.K. Rao, L.K. Arnold. JAOCS. – 1956. – Vol. 33. – # 9. – R. 389–391.
22. Arnold L.K. Ethanol Extraction of Soybean Oil. L.K. Arnold. JAOCS. – 1962. – Vol. 39. – # 8. – R. 379–382.
23. Beckel A.C. The Nondistillation Alcohol Extraction Process for Soybean Oil. A.C. Beckel, P.A. Belter, A.K. Smith. JAOCS. – 1948. – Vol. 25. – # 1. – R. 10–11.
24. Vishnepolskaya F.A. Ekstraktsiya soevyih semyan etilovym spirtom. F.A. Vishnepolskaya. Trudyi Vsesoyuzn. NII zhirov. – L.: VNIIZh, 1963. – Vyip. 23.
25. Vishnepolskaya F.A. Issledovanie kachestva produktov, izvlekaemykh etilovym spirtom iz soevyih semyan. F.A. Vishnepolskaya, E.P. Merkulova, S.I. Nikolaenko. Trudyi Vsesoyuzn. NII zhirov. – L.: VNIIZh, 1965. – Vyip. 25.
26. Vishnepolskaya F.A. Sravnitelnoe issledovanie sostava fosfatidnykh produktov, poluchaemykh v protsesse ekstraktsii masla iz soevyih semyan spirtom i benzinom. F.A. Vishnepolskaya, Ts.Ya. Alperina. Trudyi Vsesoyuzn. NII zhirov. – L.: VNIIZh, 1967. – Vyip. 26.
27. Vishnepolskaya F.A. Nekotoryie voprosyi primeneniya etilovogo spirta v kachestve rastvoritelya dlya izvlecheniya lipidov. F.A. Vishnepolskaya, B.N. Kirievskiy, G.V. Bushmakina. Trudyi Vsesoyuzn. NII zhirov. – L.: VNIIZh, 1967. – Vyip. 26.
28. Hron R. Bio-Renewable Solvents for Vegetable Oil Extraction. R.Hron, S. Koltun, A. Cruci. JAOCS. – 1982. – Vol. 59. – # 9. – R. A674–A678.
29. Regitanodarce M.A.B. Sunflower-seed oil extraction with ethanol. M.A.B. Regitanodarce, U.D. Lima. JAOCS. – 1986. – # 63 (4). – P. 428–428.
30. Sineiro J. Ethanolic extraction of sunflower oil in a pulsing extractor. JAOCS. – 1998. – #75 (6). – P. 753–754.
31. Efremova E.G. Vyibor syirya dlya proizvodstva soevyih belkovykh produktov. E.G. Efremova, V.S. Petibskaya. Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. – Krasnodar, 2003. – # 4.
32. Kasyanov G.I. Issledovanie protsessa soekstraktsii tsennykh komponentov iz rastitelnogo syirya. G.I. Kasyanov, G.A. Sagaydak. Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. – Krasnodar, 2004. – # 2–3.
33. Odin A.P. Preimushchestva ispolzovaniya etilovogo spirta kak ekstragenta dlya polucheniya krasnykh antotsianovykh krasiteley iz rastitelnogo syirya. A.P. Odin. Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. – Krasnodar, 2004. – # 4.
34. Demidov I.N. Perspektivnyie tehnologii v maslozhirovoy promyshlennosti: tezisyi dokladov 1-y Mezhdunarod. nauchno-tehn. konf. [«Himiya i tehnologiya zhirov»], (g. Alushta, 29 sentyabrya–3 oktyabrya 2008 g.) – Harkov: UkrNIIMZh, 2008. – P. 3–5.

35. Zaharenko A.Yu. Eksperimentalnyie issledovaniya ekstragirovaniya podsolnechnogo zhmyiha s ispolzovaniem etanola . A.Yu. Zaharenko, V.V. Girman, P.F. Petik. ZbІrnik prats UkrNDIOZh UAAN. – HarkІv: UkrNDIOZh, 2008. – Vip. 2. – P. 26–31.

УДК 665.3

Петик П.Ф.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

В настоящей статье приведены обобщенные данные научно-технической литературы относительно использования химических растворителей в технологии экстракции растительных масел. Сформулированы требования, предъявляемые к промышленным растворителям, приведена их общая характеристика. Показано, что основой снижения энергоемкости производства является использование новых видов растворителей – сжиженных газов, сверхкритических жидкостей, спиртов. Обозначены технологические, экологические и экономические перспективы этанольной экстракции подсолнечного масла в Украине.

Petik P.F.

THE USE OF ALTERNATIVE EXTRACTION SOLVENTS VEGETABLE OILS

In the present article provides a summary of scientific and technical data of literature on the use of chemical solvents in the extraction technology of vegetable oils . The requirements applicable to industrial solvents, given their general characteristics. It is shown that the basis of reducing energy consumption is the use of new types of solvents - liquefied gases, supercritical fluids, alcohols. Marked technological, environmental and economic perspectives ethanolic extraction of sunflower oil in Ukraine.

УДК 66.015.23:661.96:622.276.6

Мухаммадиев Р.Т., Обьедков А.В.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СЕРОВОДОРОДА НА РАЗЛИЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЙ ГИДРАТНЫХ ПРОБОК

На газоперерабатывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях при транспортировке газа и конденсата весьма важна проблема разрушения гидратов. Структура гидратов, являющихся твердыми соединениями, отличается от структуры кристаллических соединений (например, льда). Гидраты относятся к клатратам, т.е. соединениям которые могут существовать в стабильном состоянии что, однако, не является результатом истинного химического взаимодействия всех молекул, входящих в состав соединения.

Решетка гидрата состоит из молекул воды, промежутки между которыми заполнены молекулами другого газа. Существуют промежутки двух размеров. Они доступны для CH_4 , C_2H_6 , H_2S , CO_2 и других молекул (до изобутана включительно), имеющих такие же размеры; н-бутан может проникнуть в решетку гидрата только вместе с молекулами меньших размеров. Давление искажает структуру решетки, т. е. деформирует ее. Пентан и более крупные молекулы имеют склонность к разрушению решетки и обладают ингибирующим действием в отношении гидратообразования. Гидраты способны образовывать связь газ-вода с большинством молекул, которые из газа могут перейти в раствор, образующийся вследствие наличия воды в газе. Поэтому H_2S и CO_2 ускоряют образование гидратов, особенно при повышенных температурах, так как они лучше растворимы в воде, чем углеводороды. Гидраты растут подобно кристаллам и образуют пробки в прорезях тарелок и в вентилях, если кристаллики гидрата не уносятся потоком газа. Поэтому турбулентное течение газа в промышленных установках способствует смещению условий образования гидратов по сравнению с равновесными условиями лабораторных опытов. Углеводородные жидкости (например, конденсат) усиливают этот эффект, благодаря смывающему действию. Для предотвращения образования гидратов и разработки способов борьбы с ними необходимо знать структуру гидратов.

Существуют методы оценки типа структуры гидратов: по теплотам их образования гидратов из газа и жидкости, по молярным объемам и т. д., однако основным фактором, определяющим тип структуры гидрата, следует считать размер молекул газа, образующего гидрат. [1]

Де Форкран впервые предложил косвенный метод определения состава гидратов по теплотам образования: разность теплот образования гидратов из газа и жидкой воды H_x и гидратов из газа и льда H_a , отнесенная к молекулярной теплоте плавления льда H_3 , дает число молекул воды Π , связываемых в гидрат:

$$\Pi = \frac{H_x - H_a}{H_3}.$$

Пользуясь методом Де Форкрана (с некоторыми приближениями), В.А. Хорошиловым вычислены составы гидратов природных газов с различными плотностями. Оказалось, что количество воды в гидратах газов различной плотности значительно отличается от количества связанной воды в гидратах индивидуальных газов [2]. Теплоты обра-

зования гидратов из газа и жидкой воды H_x и из газа и льда H_a , а также верхняя критическая точка разложения гидрата $T_{кр.гидр}$ и $P_{кр.гидр}$ для компонентов природного газа приведены в табл. 1.

Теплоты образования гидратов структур I и II изо льда и газа (H_a) отличаются сравнительно мало, тогда как при образовании гидратов из газа и жидкой воды мольная теплота образования для гидратов структуры I (абсолютное значение) не более 63 кДж, а для гидратов структуры II в среднем вдвое больше. Из всех компонентов природного газа сероводород дает гидраты с наивысшей температурой существования (при давлении 2,3 МПа гидрат сероводорода существует при температуре 29,5 °С). В нестабильном конденсате Астраханского газового комплекса содержание сероводорода выше, чем на других месторождениях, поэтому проблема предупреждения, образования гидратов стоит очень остро. Действительно, процессы гидратации приводят к нестабильной работе установок, авариям и другим явлениям.

Таблица 1 – Некоторые величины гидратообразования компонентов природного газа

Компонент	p, МПа	T, К при 0,1 МПа	$T_{кр. гидр}$,	$P_{кр.гидр.}$, МПа	H_1 , кДж/моль	H_2 , кДж/моль
Метан	2,60	244,15			60,80	18,44
Этан	0,52	257,35	287,65	3,40	62,93	26,40
Пропан	0,17	264,65	278,75	0,56	134,10	22,50
Изобутан	0,12	273,15	275,75	0,17	138,10	22,50
Углекислый газ	1,25	249,15	283,15	4,50	60,42	
Сероводород	0,10	273,50	302,65	2,30	62,05	28,74
Азот	16,01				49,61	15,92
Аргон	10,50	230,35			58,24	
Криптон	1,45	245,35				
Ксенон	0,15	269,75			69,97	

Современные распределенные информационно-управляющие системы (РИУС), включенные в контур управления технологическими процессами, располагают необходимым арсеналом программных средств для отработки результатов технологических экспериментов. Например, АСУТП I/A Series фирмы Foxboro, успешно работающая на Астраханском газоперерабатывающем заводе с 1994 года, осуществляет поддержку технологических экспериментов посредством программных приложений, входящих в современную версию 6.2.1 [3].

В связи с возникшими проблемами технологического характера на установке по получению стабилизированного конденсата был осуществлен информационный поиск с целью решения этой проблемы. Была создана локальная база данных по характерным признакам образования и существования гидратов, а также введены расчетные варианты состава нестабильного конденсата и составы стабилизированного конденсата и стабилизированного газа.

При транспортировании с установок сепарации на установку стабилизации нестабильный газовый конденсат из-за дросселирования поступает с температурой ниже 20 °С. Согласно практическим исследованиям из всех компонентов природного газа сероводород образует гидраты с наивысшей температурой существования (при давлении 2,3 МПа гидрат сероводорода существует при температуре 29,5 °С). Для предупреждения образования гидратных пробок повышают температуру нестабильного газового конденсата в ёмкости (1) рециркуляцией стабильного газового конденсата насосом с

температурой 70 °С и расходом 32 м³/час. Это привело к повышению температуры на 2–3 °С в ёмкости дегазации (1) в зависимости от нагрузки, но проблему гидратообразования на клапанах (3) и (6) не разрешило. Для проверки технологических исследований на установке получения стабильного конденсата был смонтирован метанольный узел для предотвращения гидратных пробок. Подача ингибитора гидратообразования (метанола) на клапаны (3) и (6) несколько стабилизировала работу установки получения стабильного конденсата, однако полностью причину возникновения гидратных пробок не устранило. На установке получения стабильного конденсата по-прежнему возникали аварийные ситуации из-за гидратообразования на указанных клапанах ёмкости (1), особенно при откачке подземных дренажных ёмкостей (рис. 1).

Таблица 2 – Характеристика сырья

Показатели	Ед.изм. Количество	
Плотность	г /см ³	0,812
Содержания H ₂ S	мг/л	< 100
Молекулярный вес		155
Содержание солей	мг/л	< 5
Содержание C ₃ -C ₄ ,	% мол.	1,29
Содержание H ₂ S,	% масс.	< 0,005
Содержание серы, общ.	%, об.	1,37
Содержание серы, меркаптановой	%, об.	0,17
Содержание серы, сульфидной	%, об.	0,13

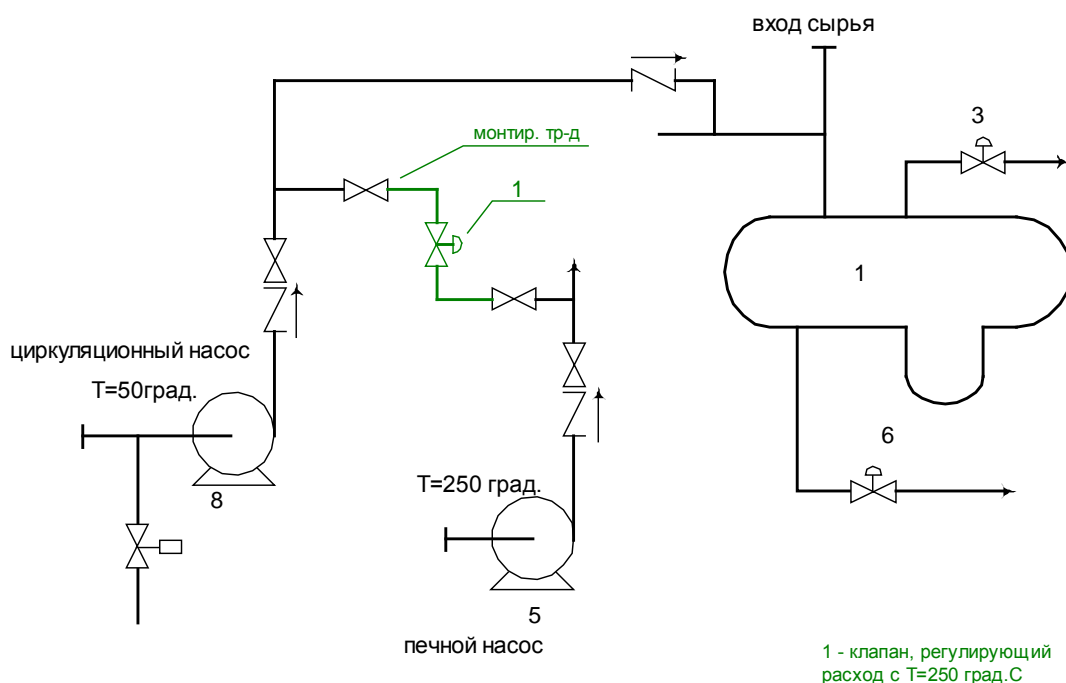


Рисунок 1

Для повышения температуры нестабильного конденсата в ёмкости (1) нами предложено проводить подачу горячего стабильного конденсата с температурой 250 °С. Данное мероприятие позволило:

- повысить температуру нестабильного конденсата в ёмкости (1) и исключить образование гидратных пробок на клапанах (3) и (6);
- стабилизировать режим работы установки получения стабильного конденсата.
- улучшить качество стабильного конденсата за счёт сокращения использования метанола, отметим, что метанол является катализаторным ядом для установок гидроочистки и риформинга).

Для технического решения и проверки условий образования гидратов в промышленных условиях была использована идея «функции отклика». «Функция отклика» может использоваться для расчета оптимального процесса или параметра, при заданных известных параметрах. На установке получения стабильного конденсата были проведены эксперименты, с использованием прикладных функций АСУТП I/A Series. Использовалась функция FCALC, с помощью которой была сначала расчетным путем, а затем в ходе эксперимента определена зависимость образования гидратов от температуры при условно-постоянном составе компонентов нестабильного конденсата на входе установки стабилизации.

Метод решения проблемы, примененный на установке стабилизации показал его преимущество перед способом устранения гидратов посредством метанола. Вследствие сокращения количества используемого метанола улучшилось качество работы установок гидроочистки и риформинг [4]. Технологическая схема при аналогичных условиях может применяться как способ устранения гидратов в различных технологических процессах [5]. На установках стабилизации газового конденсата применение аналогичной модели позволяет повысить производительность установки и улучшить качество стабильного конденсата.

Устранение гидратов в промышленных условиях способом повышения температуры входящего сырья показало преимущество этого способа перед другими методами устранения гидратообразований.

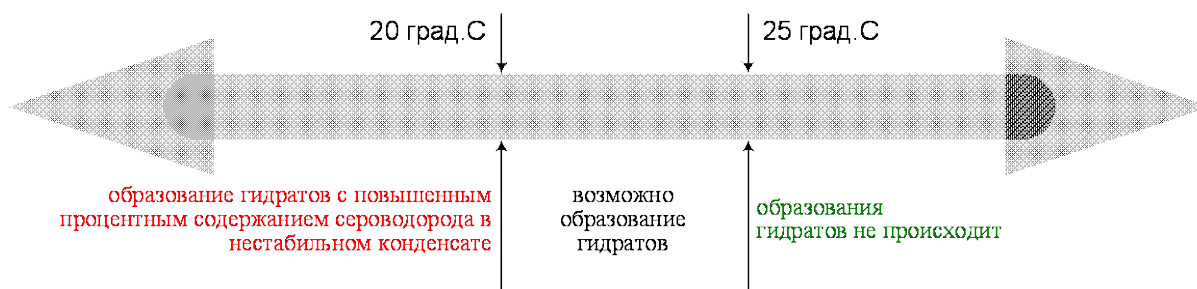


Рисунок 2

Теоретические расчеты, проведенные посредством специальных функций и приложений, входящих в ИУС I/A Series были подтверждены на практике. При температуре ниже 20 °С происходит образование гидратов с повышенным содержанием сероводорода в нестабильном конденсате, при 20–25 °С возможно образование гидратов, при температуре выше 25 °С образования гидратов не происходит.

На рис. 3. представлена зависимость производительности установки стабилизации газоконденсата от времени до и после внедрения схемы извлечения стабильного конденсата без образования гидратов. Показана неустойчивая работа установки по проектной схеме, периодическое снижение расхода газоконденсата в результате гидратообразования на клапанах с последующим подавлением образования гидратов посредством добавок метанола (кривая 1). Кривая 2 демонстрирует извлечение стабильного

конденсата без образования гидратов при устойчивой работе установки стабилизации газоконденсата без применения метанола.

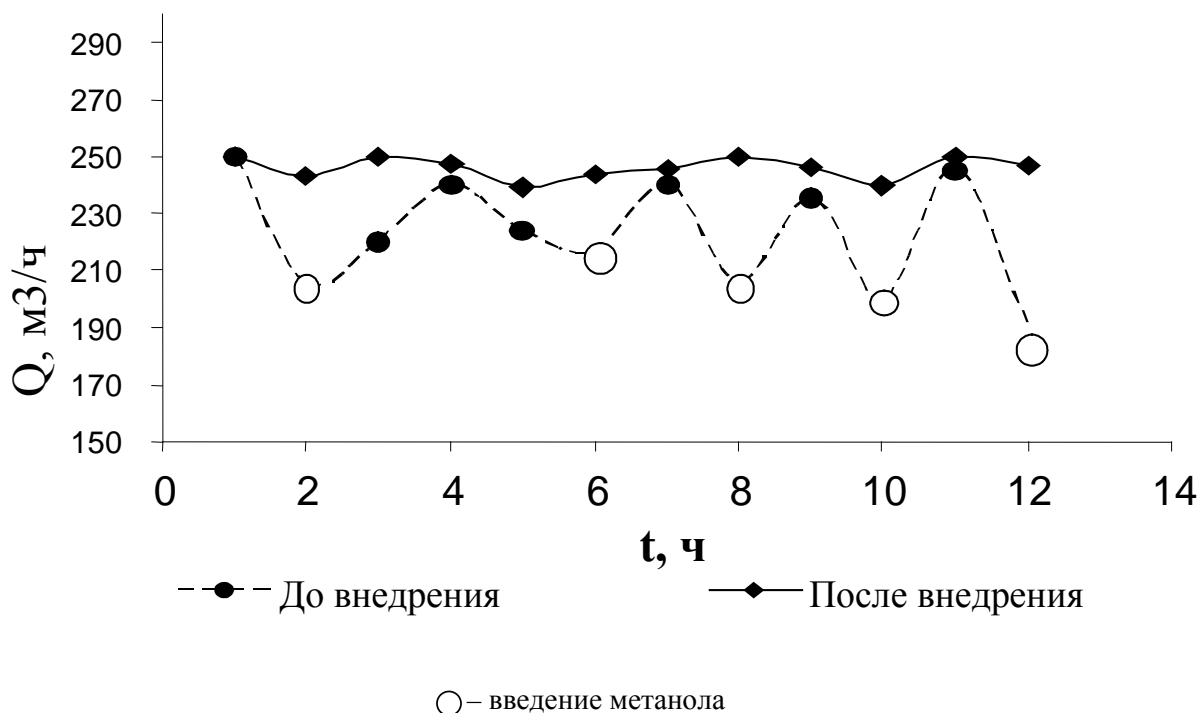


Рисунок 3 – Зависимость производительности установки стабилизации газоконденсата от времени до и после внедрения схемы извлечения стабильного конденсата без образования гидратов

Для теоретической оценки влияния сероводорода на температуру образования гидратов была разработана расчетная модель посредством программного продукта HYSYS. Для концептуальной оценки был взят состав газа с месторождения Мишриф (Ирак), промоделировано 5 вариантов с разным содержанием сероводорода при фиксированной концентрации водной фазы (4700 ppm). Данные, полученные в результате вычислений, объединены на диаграмме 4. На диаграмме 4 отражены фазовые диаграммы и кривые гидратообразования для каждого состава газа. По полученным результатам можно сделать общий вывод, что температура гидратообразования смещается в зону справа при увеличении концентрации сероводорода в газе с 500 до 5000ppm (vol.). В данном расчете, температура гидратообразования при давлении 40бар сместилась с 16 до 22 °С при изменении концентрации сероводорода с 500 до 5000ppm. Влияние сероводорода на температуру гидратообразования должно быть внимательно исследовано на стадии проектирования, т.к это может привести к дополнительным капитальным и эксплуатационным затратам на борьбу с гидратами.

В таблице 3 представлен состав газа Мишриф (месторождение Западная Курна-2, Ирак) с различными составами газа по сероводороду.

На рис. 4 приведена диаграмма и кривая гидратообразования для различных концентраций сероводорода месторождения Мишриф (Ирак).

Таблица 3 – состав газа Мишриф (месторождение Западная Курна-2, Ирак) с различными составами газа по серводороду

Компонент	Состав газа Мишриф (нормализованный)				
	500ppm H2S	1000ppm H2S	1500ppm H2S	3000ppm H2S	5000ppm H2S
	мол. доля	мол. доля	мол. доля	мол. доля	мол. доля
N2	0.0051	0.0050	0.0050	0.0049	0.0048
H2S	0.0005	0.0010	0.0015	0.0300	0.0500
CO2	0.0231	0.0231	0.0230	0.0224	0.0219
nC1	0.5830	0.5827	0.5824	0.5658	0.5541
nC2	0.1662	0.1661	0.1660	0.1613	0.1579
nC3	0.1087	0.1086	0.1086	0.1055	0.1033
iC4	0.0157	0.0157	0.0157	0.0152	0.0149
nC4	0.0475	0.0475	0.0475	0.0461	0.0452
iC5	0.0162	0.0162	0.0162	0.0157	0.0154
nC5	0.0173	0.0173	0.0173	0.0168	0.0164
C6	0.0106	0.0105	0.0105	0.0102	0.0100
C7+	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
H2O	0.0049	0.0049	0.0049	0.0047	0.0046
Total	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

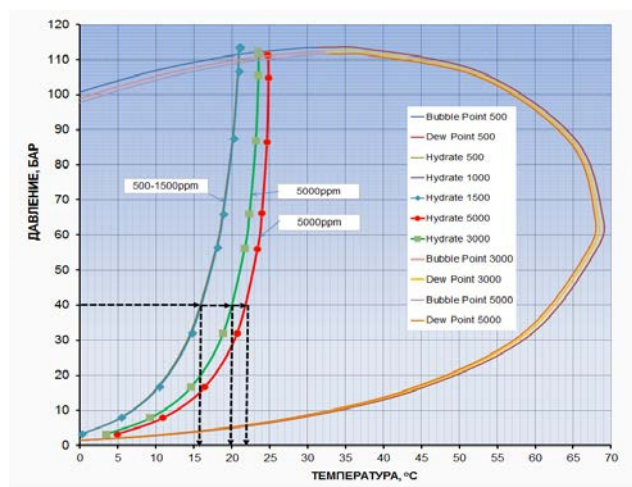


Рисунок 4 – Фазовая диаграмма гидратообразования для различных концентраций H2S (Мишриф) 500–5000 (vol.) при концентрации воды (4600ppm)

Литература

1. Кемпбелл Джон М. «Очистка и переработка природных газов».– М, «Недра», 1977.– 349 с.
2. Э.Б. Бухгалтер «Метанол и его использование в газовой промышленности».– М, «Недра», 1986.– 238 с.
3. Современная версия 6.2.1. – приложения программ Fox Draw and Fox View компания Foxboro, September.– 1996.

4. Мухаммадиев Р.Т., Арабов М.Ш., Лapidус А.Л., Жагфаров Ф.Г. Использование информационных технологий для оптимизации температуры газового конденсата Астраханского месторождения с целью предупреждения образований гидратных пробок.

5. Патент на полезную модель №2010101074/22, от 14.01.2010 «Система получения стабильного конденсата без образования гидратов» – Мухаммадиев Р.Т., Арабов М.Ш., Солодкий А.В.

Bibliography (transliterated)

1. Kempbell Dzhon M. «Ochistka i pererabotka prirodnyih gazov».– М, «Nedra», 1977.– 349 p.

2. E.B. Buhgalter «Metanol i ego ispolzovanie v gazovoy promyshlennosti».– М, «Nedra», 1986.– 238 p.

3. Sovremennaya versiya 6.2.1. – prilozheniya programm Fox Draw and Fox View kompaniya Foxboro, September.– 1996.

4. Muhammadiev R.T., Arabov M.Sh., Lapidus A.L., Zhagfarov F.G. Ispolzovanie informatsionnyih tehnologiy dlya optimizatsii temperaturyi gazovogo kondensata Astrahanskogo mestorozhdeniya s tselyu preduprezhdeniya obrazovaniy gidratnyih probok.

5. Patent na poleznuyu model #2010101074/22, ot 14.01.2010 «Cistema polucheniya stabilnogo kondensata bez obrazovaniya gidratov» – Muhammadiev R.T., Arabov M.Sh., Solodkiy A.V.

УДК 66.015.23:661.96:622.276.6

Мухаммадієв Р.Т., Об'єдков А.В.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВМІСТУ СІРКОВОДНЮ НА РІЗНИХ РОДОВИЩАХ С МЕТОЮ ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕНЬ ГІДРАТНИХ ПРОБОК

Дана стаття присвячена вирішенню проблеми забруднень гідратними пробками транспортного обладнання газопереробних і нафтопереробних підприємств.

Проведено порівняльні експериментальні та розрахункові дослідження ефективності очищення транспортного обладнання від гідратів методами подачі інгібітору гідратоутворення (метанолу) і нагріву нестабільного конденсату і показана більш висока ефективність останнього.

Muhammadiev R.T., Obyedkov A.V.

ESTIMATION OF HYDROGEN SULFIDE CONCENTRATION INFLUENCE IN VARIOUS DEPOSITS IN ORDER TO PREVENT THE FORMATION OF HYDRATE PLUGS

This article is devoted to solving hydrate plugs pollution problems of gas and oil refineries transport equipment.

Comparative experimental and computational studies of the purification methods effectiveness from hydrates were carried out.

Higher efficiency of the heating method of unstable condensate compared to the method of filing hydrate inhibitor (methanol) to gas transport equipment was shown.

УДК 621-05 (477.54-25)

Киприч К.К., Ковалив В.И., Малахов В.А.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАСХОДОВ НА ОБОРОНУ В СТРАНАХ ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ В 2013 ГОДУ

В то время, как в последние годы оборонные бюджеты США и Европейских стран уменьшились, в Латинской Америке отмечается их значительный рост. В данной статье приводится анализ бюджетных тенденций расходов на оборону в пяти крупнейших странах Латинской Америки в контексте более широкого развития политики в области обороны.

В 2012 году общие совокупные расходы на оборону в странах Латинской Америки достигли почти \$ 60 миллиардов [1]. На долю пяти крупнейших стран в Латинской Америке – Аргентины, Бразилии, Чили, Колумбии и Мексики – приходилось примерно 84 % всех латиноамериканских расходов на оборону.

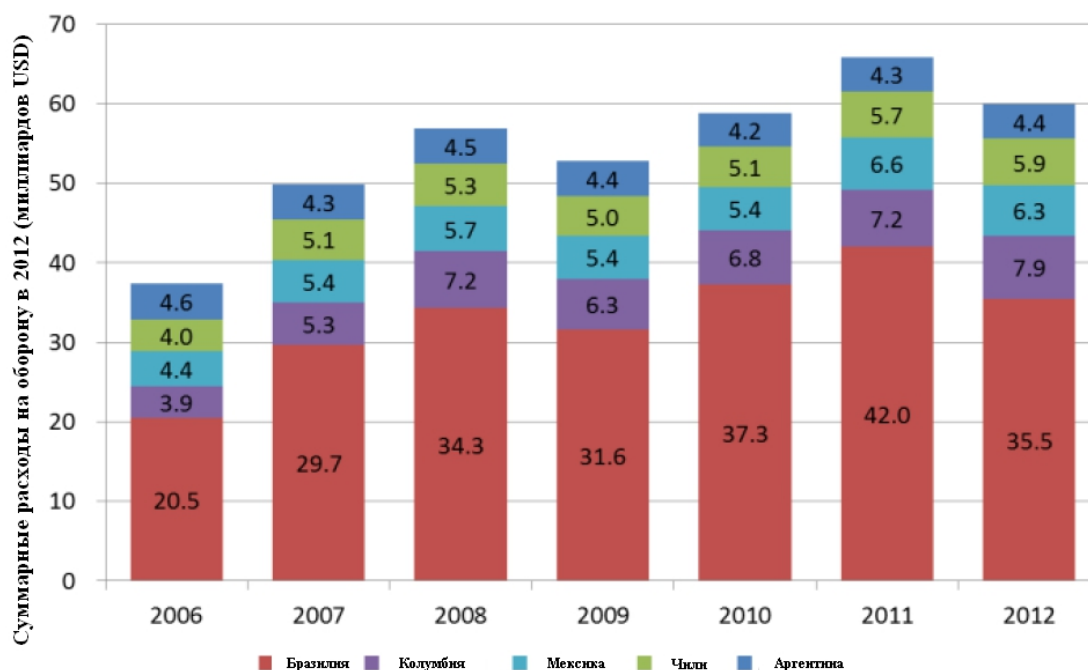


Рисунок 1 – Расходы на оборону пяти крупнейших стран Латинской Америки в 2006–2012 годах

Большая пятерка увеличила совокупные расходы на оборону на \$ 22,5 млрд. в период с 2006 по 2012 год (рис. 1). Бразилия увеличила свои оборонные расходы на рекордную сумму – \$ 15 миллиардов. Оборонные расходы Колумбии росли самыми быстрыми темпами, совокупные темпы годового роста (СТГР) составили 12,6 %, или около 4 миллиардов долларов в год. Мексика и Чили увеличили свои расходы на \$ 1,8 и \$ 1,9 млрд. соответственно. Расходы Аргентины оставались относительно стабильными на уровне около \$ 4,4 млрд. Тем не менее, в 2012 году во всех пяти странах наблюда-

лось снижение расходов на оборону по сравнению с 2011 на 9 %. В первую очередь это стало результатом сокращения на \$ 6,5 млрд. в оборонном бюджете Бразилии.

Увеличение общих расходов на оборону стран большой пятерки сопровождалось ростом расходований на одного военнослужащего на \$ 14 010 с 2006 по 2012 г. (рис. 2).

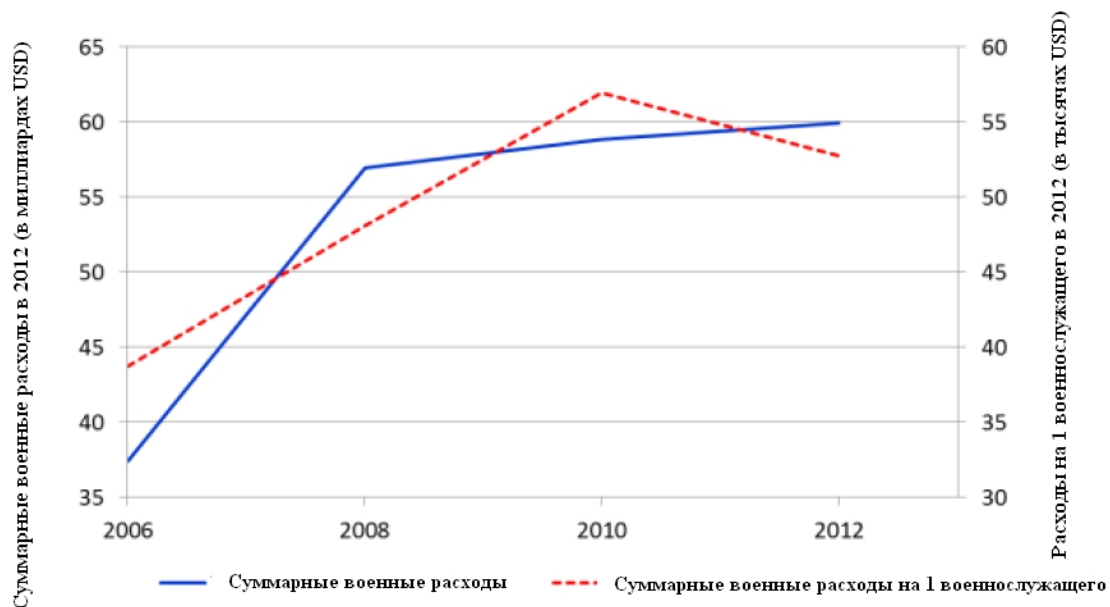


Рисунок 2 – Суммарные расходы на оборону и расходы на 1 военнослужащего стран большой пятерки в 2006–2012 годах

Расходы на одного военнослужащего являются косвенным показателем качества формирования, так как он указывает средства, расходуемые на работу, подготовку, денежную компенсацию, оснащение и содержание одного военнослужащего.

Расходы на одного военнослужащего в Колумбии были самым низким в 2006 году, но темп их роста был самым высоким (10,7 % СТГР); в Мексике этот показатель составлял 4,9 % СТГР и был самым медленным. В Чили и Бразилии наблюдались более высокие темпы роста (по 9,5 % в год) и были самыми высокими расходами на одного военнослужащего в 2012 году (\$ 115 400 и \$ 104 600 соответственно) [2]. Расходы на оборону в Бразилии, Колумбии и Мексике увеличились более быстрыми темпами, чем рост численности вооруженных сил, что было результатом увеличения расходов на 1 военнослужащего. Это указывает на тенденцию в этих странах к увеличению и улучшению качества вооруженных сил. В Аргентине незначительные сокращения в общих расходах на оборону в период с 2006 по 2012 привели к сокращению расходов на одного военнослужащего (-0,6 % СТГР). Увеличение расходов на одного военнослужащего в Чили явилось результатом уменьшением размера вооруженных сил с одновременным увеличением общих расходов на оборону (с \$ 4 млрд. в 2006 году до чуть менее \$ 6 млрд. в 2012 году).

Расходы на личный состав в странах большой пятерки в 2012 году составили от 49 % до 70 % от расходов на оборону, в то время как инвестиционные расходы составили от 4 % до 22 % (инвестиционные отчеты включают в себя информацию о приобретении и обслуживании военной техники и объектов, а также расходы на научные ис-

следования и разработки). Однако к 2012 году общий объем инвестиционных расходов в пяти странах увеличился почти на \$ 4,7 млрд. при 17,1% СТГР. В Мексике и Бразилии инвестиции были ключевыми факторами роста расходов на оборону, при СТГР в 42,8 % и 25,1% соответственно (табл. 1), что превышает темпы роста оборонных бюджетов. В Аргентине инвестиционные расходы выросли при СТГР в 7,6 %, несмотря на снижение оборонного бюджета. В Чили и Колумбии инвестиционные расходы росли более медленными темпами, чем расходы на оборону.

Бразилия является единственной латиноамериканской страной с амбициями и ресурсами для разработки разноплановой производственной базы для оборонных целей (Бразильская авиакосмическая компания Embraer была единственной латиноамериканской компанией, представленной в списке 100 лучших компаний по итогам 2011 г., заняв 74 место) [3], хотя Чили и Аргентина обеспечивают техническую поддержку, модернизацию и ремонтные платформы для некоторых своих высокотехнологичных оборонных баз. В своем документе Национальная Оборонная Стратегия Бразилии на 2008 год содержится призыв к развитию крепкой внутренней оборонной промышленности с «технологической возможностью ... постепенно исключать необходимость приобретения импортных услуг и продуктов» [4]. Строительство завода Еврокоптер (Eurocopter) и участие бразильских компаний в создании своего класса подводных лодок Scorpene, свидетельствуют об усилиях по реализации этой стратегии. Кроме того, настойчивость Бразилии в компенсации и передачи технологий в рамках предстоящей сделки по истребителям предполагает, что в дальнейшем оборонной промышленности страны предстоит еще дальнейшее развитие.

Таблица 1 – СТГР по категориям расходов на оборону в странах большой пятерки в 2006–2012 г.г.

	Аргентина	Бразилия	Чили	Колумбия	Мексика
Суммарные расходы на оборону	-0,8	9,5	6,7	12,6	5,9
Инвестиции	7,6	23,1	3,8	10,5	42,8
Личный состав	-0,9	8,3	8,0	12,8	4,8

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- хотя суммарные расходы на оборону стран большой пятерки в Латинской Америке росли в период с 2006 по 2011 годы, в 2011 и 2012 годах произошло с крупнейшее ежегодное снижение расходов в рассматриваемый период – на 9 %.
- пока еще слишком рано говорить, является ли это аномалией или признаком долгосрочного сокращения расходов на оборону в Латинской Америке.
- в Бразилии это может отражать временное определение очерёдности развития областей, не связанных с обороной и мер по снижению инфляции.

– в Колумбії і Мексиці – інших великих країнах регіону з високими витратами на оборону - бюджетні рішення будуть ґрунтуватися на необхідності зберігати великі регулярні армії для боротьби з наркотиками і проведення внутрішніх операцій по забезпеченню безпеки.

– тим не менше, ці країни використовують значительну частину своїх оборонних витрат для фінансування повсякденних операцій, проводимих суб'єктами забезпечення національної безпеки, підвищення зарплати для військових з метою зменшення корупції, а також для придбання легкого озброєння і боєприпасів, а не імпорту зарубіжних систем, а також розвитку своєї вітчизняної оборонної промислової бази [5].

Література

1. Atlas Comparativo de la Defensa en América Latina y Caribe–Edición 2012, Security and Defense Network of Latin America (RESDAL), <http://www.resdal.org/newsletter/newsletter-RESDAL-marzo-2014.pdf>.
2. European Defense Trends 2012, http://csis.org/files/publication/121212_Berteau_EuroDefenseTrends2012_Web.pdf, Asian Defense Spending 2000–2011, <http://csis.org/publication/new-analysis-defense-budgets-asia>.
3. Defense News Top 100 list for 2011. http://special.defensenews.com/top-100/charts/rank_2011.php.
4. Правительство Бразилии, Министерство обороны, Национальная Оборонная Стратегия, 18 декабря 2008 г., стр.18. http://www.defesa.gov.br/projetosweb/estrategia/arquivos/estrategia_defesa_nacional_ingles.pdf.
5. Ежегодник СИПРИ за 2012, Глобальные изменения в военных расходах, стр. 144–145.

Bibliography (transliterated)

1. Atlas Comparativo de la Defensa en América Latina y Caribe–Edición 2012, Security and Defense Network of Latin America (RESDAL), <http://www.resdal.org/newsletter/newsletter-RESDAL-marzo-2014.pdf>.
2. European Defense Trends 2012, http://csis.org/files/publication/121212_Berteau_EuroDefenseTrends2012_Web.pdf, Asian Defense Spending 2000–2011, <http://csis.org/publication/new-analysis-defense-budgets-asia>.
3. Defense News Top 100 list for 2011. http://special.defensenews.com/top-100/charts/rank_2011.php.
4. Pravitelstvo Brazili, Ministerstvo oborony, Natsionalnaya Oboronnaya Strategiya, 18 dekabrya 2008 g., str.18. http://www.defesa.gov.br/projetosweb/estrategia/arquivos/estrategia_defesa_nacional_ingles.pdf.
5. Ezhegodnik SIPRI za 2012, Globalnyie izmeneniya v voennyih rashodah, str. 144–145.

УДК 621-05 (477.54-25)

Кіпріч К.К., Ковалів В.І., Малахов В.А.

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ВИТРАТ НА ОБОРОНУ У КРАЇНАХ ЛАТИНСЬКОЇ АМЕРИКИ У 2013 РОЦІ

У даній статті наводиться аналіз тенденцій бюджетних витрат на оборону в п'яти найбільших країнах Латинської Америки в контексті більш широкого розвитку політики в галузі оборони у 2013 році, з'ясовані зміни та витрати на оборону та на військовослужбовців у країнах Бразилії, Аргентині, Чилі, Колумбії та Мексиці. Збільшення загальних витрат на оборону країн великої п'ятірки супроводжувалось зростанням витрачань на одного військовослужбовця.

Kiprich K.K., Kovaliv V.I., Malakhov V.A.

TRENDS ANALYSIS IN DEFENSE SPENDING OF LATIN AMERICAN COUNTRIES IN 2013

This paper presents an analysis of budget trends in defense spending in the five largest countries in Latin America in the context of a broader development policy of defense in 2013, clarifies the changes and defense spending for military personnel in such countries as Brazil, Argentina, Chile, Colombia and Mexico. The increase in overall defense spending of the big five countries has been accompanied by the growth of per-soldier spending.

«ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Ежеквартальный научно-практический журнал

Редколлегией к опубликованию принимаются статьи по следующим научным направлениям:

- ✓ *энергетика и энергосбережение; энерготехнология энергоемких отраслей промышленности; нетрадиционная энергетика; ресурсосбережение; энергетика и окружающая среда;*
- ✓ *теплоиспользующие установки; моделирование процессов промышленного оборудования; процессы и аппараты различных отраслей промышленности (химической, пищевой, мед. оборудования и проч.);*
- ✓ *применение ЭВМ в технологических процессах; автоматизированные системы управления и обработки информации;*
- ✓ *тепло- и массообменные процессы и оборудование специальной техники; тепловые процессы и криогенное оборудование медицинского назначения;*
- ✓ *электроэнергетика; оборудование электростанций и передача электроэнергии;*
- ✓ *экономические аспекты энергетики и промышленной экологии; коммерческий инжиниринг, реинжиниринг и технологический менеджмент,*
а также другим направлениям, на стыке различных отраслей знаний.

Материалы к опубликованию в каждый последующий номер принимаются до 20 числа последнего месяца предыдущего квартала. Рукописи авторам не возвращаются.

Материал должен быть подготовлен на IBM-совместимом компьютере и распечатан в 2-х экземплярах. К материалам должен прилагаться CD-диск со статьей, набранной в редакторе текстов MS Word for Windows версий 97, XP, 2000 или 2003.

К статье необходимо приложить экспертное заключение о возможности опубликования материалов в открытой печати и рецензию доктора наук по профилю подаваемой статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ:

Размер бумаги А4 (210x297 мм); левое и правое поля – 25 мм, верхнее и нижнее – 30 мм; рекомендуемый шрифт Times New Roman Суг; размер шрифта – 12; межстрочный интервал – 1.

ПОРЯДОК РАЗМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА:

- непосредственно под верхней границей слева БОЛЬШИМИ БУКВАМИ печатается УДК статьи;
- пропустив одну строку, по центру печатаются инициалы и фамилии авторов;

- пропустив одну строку, по центру полужирным шрифтом **БОЛЬШИМИ БУКВАМИ** печатается название статьи;
- пропускается одна строка и с абзаца (1,25 см) печатается основной текст, отформатированный по ширине страницы;
- перед и после формул и уравнений должно быть расстояние в одну пустую строку до текста с интервалом 1;
- формулы и уравнения должны быть выровнены по центру;
- номера формул и уравнений выровнены по правому краю;
- размер шрифта формул и уравнений для основного текста – 12 пт.;
- рисунки, схемы и графики должны быть выполнены в черно-белом изображении;
- пропустив одну строку, следует список литературы, оформленный в соответствии с требованиями ДСТУ;
- в конце статьи на украинском (русском – для статьи на украинском языке), русском и английском языках должны быть напечатаны УДК, авторы, название и аннотация.

Статьи, рекомендуемые к опубликованию членами редколлегии, не проходят рецензирования. Остальные статьи рецензируются.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

Украина, 61002,
Харьков-2, ул. Фрунзе, 21,
НТУ «ХПИ», редколлегия журнала
«Интегрированные технологии и энергосбережение»,
секретарю редколлегии Горбунову К.А.

Тел. (057) 707-69-58.

Факс (057) 720-22-95.

Email: sita_gor@mail.ru

**СТАТЬИ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С ПРАВИЛАМИ,
РЕДКОЛЛЕГИЕЙ НЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ**

**НА ЖУРНАЛ ОТКРЫТА ПОДПИСКА
В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ УКРАИНЫ**

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 22786