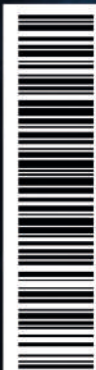


НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

Научно-технический журнал Vol. 1(152) 2022



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ЭКСПЕРТИЗЫ



www.vestnik.nauka.kz

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№1 (152)

Научно-технический журнал **«Новости науки Казахстана»** публикует статьи по следующим направлениям фундаментальных и прикладных исследований: технические и сельскохозяйственные науки, науки о Земле, пищевая и перерабатывающая промышленность, экономика, науковедение, стандартизация и пр.

Журнал основан в 1989 г. и выходит 4 раза в год.

Предназначен для профессорско-преподавательского состава вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

М.К. Бапиева (главный редактор)

М.Е. Сейткалиева (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Р.Г. Бияшев, д.т.н.; **К.А. Исаков**, д.т.н.; **К.Д. Досумов**, д.х.н., проф.;

С.Е. Соколов, д.т.н., акад. МАИН; **Б.Р. Ракишев**, д.т.н., акад. НАН РК;

Ж.С. Алимкулов, д.т.н.; **М.Т. Велямов**, д.б.н., проф., акад. НАН РК;

З.С. Абишева, д.т.н., проф., член-корр. НАН РК;

Ю.А. Юлдашбаев, д.с.-х.н. (Россия);

М.А. Рахматуллаев, д.т.н. (Узбекистан);

А. Сладковски, д.т.н., проф. (Польша);

Д. Пажес, гл. специалист (Франция)

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,

ул. Богенбай батыра, 221

Тел./факс: +7 727 355 55 01 внт 204

e-mail: bapiyeva@inti.kz, n.nauka@inti.kz

www.vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Спанкулова Л.С.

Институциональные инновации в медицинском страховании: условная оценка нерыночных ресурсов на примере лекарственного обеспечения..... 6

НАРОДНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ПЕДАГОГИКА

Туребаева Г.Б., Тенчурина А.Р., Дошакова Ж.Б.

Использование информационно-образовательных ресурсов в учебном процессе 11

ХИМИЯ

Мадиев М.Г., Кунашева З.Х., Шарипова Д.Г., Сагидуллина А.Н.

Особенности электрохимического поведения пористых углеродных электродов металл-воздушных элементов в водных растворах щелочей 15

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж., Juan Maria Gonzalez-Leal, Байракова О.С., Пономарева Е.А., Аллан И.К., Кыдырали С.Е.

Создание безотходной, высокоэнергетической технологии получения целевых материалов за счет тепла экзотермических реакций реагирующих веществ методом СВС..... 20

Артыкбаева А.Б., Жапекова А.О., Рахимова Б.У., Тулепов М.И., Кудьярова Ж.Б., Амир Ж.

Изучение диффузионных областей исследования горения брикета с воздушными каналами 28

МАЗМҰНЫ

ЭКОНОМИКА ЖӘНЕ ЭКОНОМИКА ҒЫЛЫМДАРЫ

Спанқұлова Л. С.

Медициналық сақтандырудағы институционалдық инновациялар: дәрі-дәрмекпен қамтамасыз ету мысалында нарықтық емес ресурстарды шартты бағалау 6

ХАЛЫҚТЫҚ БІЛІМ. ПЕДАГОГИКА

Туребаева Г.Б., Тенчурина А.Р. Дошакова Ж.Б.

Оқу процесінде ақпараттық-білім беру ресурстарын пайдалану 11

ХИМИЯ

Мадиев М.Г., Кунашева З.Х., Шарипова Д.Г., Сагидуллина А.Н.

Сілтілердің сулы ерітінділеріндегі металл-ауа элементтерінің кеуекті көміртекті электродтарының электрохимиялық күй-өзгерісінің ерекшеліктері 15

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж., Juan Maria Gonzalez-Leal, Байракова О.С., Пономарева Е.А., Аллан И.К., Қыдырали С.Е.

ӨЖС әдісімен реактивті заттардың экзотермиялық реакцияларының жылуы есебінен мақсатты материалдарды алудың қалдықсыз, жоғары энергетикалық технологиясын жасау 20

Артықбаева А.Б., Жапекова А.О., Рахимова Б.У., Тулепов М.И., Кудьярова Ж.Б., Амир Ж.

Ауа арналары бар брикеттің жануын зерттеудің диффузиялық аймақтарын зерттеу 28

CONTENT

ECONOMICS AND ECONOMIC SCIENCES

Spankulova L.S.

Institutional innovation in health insurance: a conditional assessment of non-market resources on the example of drug provision 6

PUBLIC EDUCATION. PEDAGOGY

Turebaeva G.B., Tenchurina A. R, Doroshakova Zh.B

The use of information and educational resources in the educational process 11

CHEMISTRY

Madyev M.G., Kunasheva Z.H., Sharipova D.G., Sagidullina A.N.

Features of electrochemical behavior of porous carbon electrodes of metal-air elements in aqueous solutions of alkalis 15

Aknazarov S.Kh., Mutushev A.Zh, JuanMariaGonzalez-Leal, Bayrakova O.S., Ponomareva E.A., Allan I.K., Kydyrali S.E.

Creation of a waste-free, high-energy technology for obtaining target materials due to the heat of exothermic reactions of reacting substances by the SHS method..... 20

Artykbayeva A.B., Zhapekova A.O., Rakhimova B.U., Tulupov M.I., Kudiyarova Zh.B., Amir Zh.

Study of diffusion areas of investigation of combustion of a briquette with air channels 28

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ИННОВАЦИИ В МЕДИЦИНСКОМ СТРАХОВАНИИ: УСЛОВНАЯ ОЦЕНКА НЕРЫНОЧНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Л.С. Спанкулова¹

¹Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы оценки степени готовности казахстанского населения платить за новые программы лекарственного обеспечения.

Важный результат заключается в том, что разработаны предложения по институциональным инновациям, который сформирован с учетом мнений жителей казахстанских регионов. Такого рода информация необходима органам государственного управления для решения социальных проблем и получения экономических и иных результатов по государственным программам. Изыскания могут быть продолжены и в отношении совместимости предлагаемых подходов с обязательным социальным медицинским страхованием. Касательно аналогов, то в Российской Федерации была попытка по введению аналогичного механизма и внесения предложения по законопроекту, предполагающему введение этого вида страхования в обязательную систему, которая планируется внедрить к 2025 году. Казахская модель финансирования программы лекарственного страхования может быть спроектирована с ориентацией на усредненные потребности населения на лекарственное обеспечение.

Ключевые слова: лекарственное страхование, метод условной оценки, нерыночные ресурсы

Введение. COVID-19 показала, что лекарственные средства играют важную роль в улучшении и продлении качества жизни, связанного со здоровьем. Они снижают уровень заболеваемости и количество летальных исходов, смягчают боль тяжелобольных пациентов и т.д. По классической программе добровольного медицинского страхования лекарства и медикаменты не покрываются программой, а только в рамках государственной программы обязательного медицинского страхования. В Казахстане занятое население выплачивает соответствующий процент со своего дохода на здравоохранение.

Последствия пандемии COVID-19 и инфляция сказались на расходах казахстанцев на лекарства, которые увеличились на 63%. За

2020 год в среднем каждое домашнее хозяйство потратило на лекарства, медицинские изделия и технику 47,1 тыс. тенге. Больше всех расходовали в городе Алматы (71,7 тыс. тенге), меньше всех в Кызылординской области (29,8 тыс. тенге) (Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. URL: <https://stat.gov.kz/> (дата обращения: 20.02.2021). В разных государствах наблюдаются отличия в приемлемости платить за «нерыночные ресурсы», обусловленные их специфическими особенностями, и проблема остается актуальной.

Цель настоящего исследования состоит в эмпирической оценке способности казахстанского населения платить взносы за лекарственное страхование.

Источник финансирования исследований: Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09259811). Тема проекта: «Разработка количественной методологии для определения групп населения, готовых поддержать внедрение лекарственного страхования и оценки финансовой устойчивости этого вида страхования в Казахстане»

В статье проверяется гипотеза: Люди старающиеся избежать рисков будут выше оценивать программу страхования, ибо она позволит индивиду снизить его денежные расходы при наступлении страхового случая. В методе условных оценок мы использовали вопросы с платежными карточками наряду с дихотомическими вопросами.

Методы исследования. С помощью анкеты было опрошено всего 1762 человек, где часть выборки составляли целевая аудитория телеграмм-канала KERIMBAYEV¹. Выборочная совокупность является репрезентативной, и стратифицировано по всем регионам Казахстана.

Анкета проводилась на двух языках: на государственном и на русском языке. На русском языке ответили 729 человек. На государственном языке ответили 1033 человек. Из них 12 анкет содержали ошибки.

При составлении вопроса номер 10 – Q10, была использована техника платежных карт. Количество возможных ставок пять. В ответах на вопрос номер 10 были добавлены ответы «не знаю/отказ от ответа» к имеющимся ответам – это одна из рекомендаций [Arrowetal., 1993] для учета мнения тех, кто не может определиться с решением. Самый популярный ответ «От 1 000 тенге до 2 000 тенге», вариант «более 10 000 тенге» выбрали 6,3% респондентов.

Мы предположили, во-первых, что характерными чертами респондентов выступают патерналистское отношение к государству, ожидание от власти благ, а также низкая инициатива. Большинство жителей сегодня ощущает слабую защищенность, а также наблюдается иррациональный расчет на первых лиц государства, которые почему то должны ему помочь.

Во-вторых, тот факт, что программы страхования в нашей стране очень низкая, о нем мало что известно. В целом, в сельской местности население об этом даже не слышали. Очень мало людей, которые могут ответить на этот вопрос. В социальных сетях или средствах массовой информации об этом мало

информации, поэтому люди часто выбирают вариант «не знаю/отказ от ответа».

В-третьих, возможно, в силу непонимания со стороны респондентов, из числа подростков, пенсионеров, безработных сути и механизмов реализации лекарственного страхования были выбраны в большинстве случаев в качестве ответа вариант «не знаю/отказ от ответа».

Обрабатывались данные только 1750 анкет. Из них 602 (83,8%) с высшим образованием, 70 (9,7%) с неполным высшим образованием, 28 (3,9%) с средне-специальным образованием, 17 (2,4%) со средним образованием. 11 (1,5%) человек в возрастном диапазоне 16-17 лет, 148 (20,6%) человек в возрастном диапазоне 25-34 лет, 155 (21,6%) человек в возрастном диапазоне от 35 до 44 лет, 113 (15,7%) человек в возрастном диапазоне от 45 до 54 лет, 107 человек (14,9%) человек в возрастном диапазоне от 55 до 64 лет и 30 человек в возрастном диапазоне от 21 до 30 лет. 4,7% возрастном диапазоне 65 лет и старше.

296 (41,2%) человек были заняты в сфере «Образование, наука, культура», 69 (9,6%) человек были заняты в сфере «Финансы и банки», 38 (5,3%) человек работают в сфере «Торговля, общественное питание и бытовое обслуживание», 44 (6,1%) человек были заняты в сфере «Другие услуги (например, туризм, реклама, IT-технологии)».

Стаж работы до 5 лет 209 (29,1%), от 5 до 10 лет 93 (13,0%), от 10 до 20 лет 156 (21,7%), от 20 до 25 лет 89 (29,1%), 25 лет и более 171 (23,8%).

601 (83,7%) человек проживало в городах, 53 (7,4%) респондентов в поселках городского типа, 64 (8,9%) человек проживает в сельской местности.

235 (32,7%) респондентов в зарегистрированном браке не состоит, 386 (53,8%) респондентов состояли в зарегистрированном браке, 58 (8,1%) респондентов разведены, 22 (3,1%) респондентов овдовели.

При проведении опроса респондентов просили оценить свою готовность платить за поддержание и накопление капитала здоровья в зависимости от конкретного гипотетического сценария.

¹Информационно-аналитический канал о страховом рынке Казахстана. Гиперссылка на канал: <https://t.me/KerimbayevOnline>

Статистические тесты t-критерий, корреляция Пирсона и множественный регрессионный анализ были использованы для определения тесноты взаимосвязи между независимой и зависимыми переменными. Взаимосвязь считалась значимой, если значение p было меньше или равно 0,05.

Результаты исследования

Базовая модель для WTP (WillingnesstoPay):

$$\begin{aligned} \text{WTP coins} = & \alpha + \beta_1 \text{health} + \beta_2 \text{chronicaldisease} + \beta_3 \text{disability} + \beta_4 \text{pillsprescribed} \\ & + \beta_5 \text{medicalexpenses} + \beta_6 \text{livingstandards} + \beta_7 \text{age} + \beta_8 \text{gender} \\ & + \beta_9 \text{education} + \beta_{10} \text{income} + \beta_{11} \text{industry} + \beta_{12} \text{city} + \beta_{13} \text{maritalstatus} \\ & + \beta_{14} \text{employment} + \beta_{15} \text{kids} + \\ & + \beta_{16} \text{region} + \beta_{17} \text{location} + \varepsilon, \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь в качестве зависимой переменной $\text{WTP}_{\text{coinsurance}}$ выбрана сумма, которую респонденты согласны потратить на взносы для лекарственного страхования в денежном выражении. Зависимая переменная готовности платить представлена тремя категориями. Все варианты ответа на вопрос о готовности платить были разделены на три категории и определена зависимая переменная $\text{WTP}_{\text{coinsurance}}$:

$$\begin{aligned} \text{WTP}_{\text{coinsurance}} &= 1 \text{ for } Q10 \in [1000; 2000] \\ \text{WTP}_{\text{coinsurance}} &= 2 \text{ for } Q10 \in [2000; 5000] \\ \text{WTP}_{\text{coinsurance}} &= 3 \text{ for } Q10 \in [\text{свыше } 5000). \end{aligned}$$

В первую категорию попало 44,2% ответов респондентов, таким образом, можно утверждать, что ответы от «1000 тенге» и до «2000» были самыми популярными среди всех возможных вариантов ответов. Во вторую категорию попало 15,2 % ответов респондентов, выбравшие варианты ответов от «2000 тенге» до «5000 тенге». В третью категорию попали 6,3% ответов респондентов, выбравшие вариант более «10000 тенге». Вариант «не знаю/отказ от ответа» выбрали 34,3% респондентов.

В состав объясняющих переменных в целях проверки гипотезы исследования включены переменные: *health* – самооценка здоровья, *chronicaldisease* – наличие хронических заболеваний, *disability* – наличие инвалидности, *pillsprescribed* – количество таблеток, принимаемых в день по назначению врача, *medicalexpenses* – затраты денег в месяц на лекарства для семьи, *livingstandards* – уровень жизни семьи, *age* – возраст, *gender* – пол, *education* – образование, *income* – средне-

сячный доход на одного члена семьи, *industry* – сфера занятости, *city* – тип населенного пункта, *maritalstatus* – семейное положение, *employment* – занятость, *kids* – количество детей, *region* – регион проживания, *location* – тип населенного пункта. Здесь ε_i – случайная ошибка модели. Модель (1) оценивалась по данным социологического опроса, 1750 респондентов.

Расчеты по модели логистической регрес-

сии с применением метода субъективной оценки нерыночных ресурсов, учитывающий социально-демографические характеристики групп людей показали, что на готовность внести денежный вклад за финансирование лекарственного страхования значимо влияют «самооценка здоровья», «количество таблеток, принимаемых в день по назначению врача», «затраты денег в месяц, на лекарства для семьи», «уровень жизни и дохода на одного члена семьи» и другие демографические показатели как, пол, сфера занятости, тип населенного пункта, занятость, возраст.

Обсуждение результатов

Результаты анкетирования были проанализированы с помощью мультиномиальной логистической регрессионной модели оценки согласия потратить на взносы для лекарственного страхования на условиях софинансирования.

Результаты расчетов, положенные в основу модели на основе данных социологического опроса по 1750 респондентам. Расчеты с опорой на гипотезы проведены для двух спецификаций, каждая спецификация включает независимые переменные. Оценки коэффициентов значимы на 1%, 5%, 10% уровне. Все расчеты выполнены с использованием эконометрического пакета STATA 13. Положительное воздействие на WTP в категории 2 оказывали «количество таблеток в день, принимаемых на постоянной основе».

Положительное воздействие на WTP в категории 2 также, оказывали пол, сфера занятости, занятость, уровень жизни семьи, среднемесячный доход на одного члена семьи, тип места проживания.

В категории 3 положительное влияние на WTP имели самооценка здоровья, затраты денег в месяц на лекарства для семьи, уровень жизни семьи, возраст, тип места проживания, среднемесячный доход на одного члена семьи. Объяснение здесь связано с тем, что самооценка здоровья в целом совпадает с объективной оценкой по медицинским документам.

Но здесь присутствует проблема: несопоставимость самооценки здоровья между группами по образованию, полу. Возраст имел отрицательное воздействие на WTP в категорий 3. В обеих категориях 2 и 3 положительное воздействие на WTP оказывали уровень жизни семьи, доход на одного члена семьи. Объяснение здесь связано с большими расходами населения на здравоохранение. В структуре расходов на здравоохранение за 2018 год, казахстанцы больше всего тратили на лекарственные средства (60,7%). На душу населения частные расходы на лекарства составили 19 356 тыс. тенге, государственные расходы 5 213 тыс. тенге. Общие расходы на лекарства составили 24 569 тыс. Тенге [1-2]. В странах ОЭСР расходы населения на лекарства в 2018 году составляли 38,1% в общих расходах на здравоохранение, а расходы на лекарства на душу населения составляли 376,7 USD [3-4]. Готовность индивида платить за поддержание и накопление капитала здоровья зависит от уровня доходов на душу в семье: чем выше доход, тем выше уровень готовности поддержать.

В обеих категориях 2 и 3 положительное воздействие на WTP оказывали также, тип места проживания (город или село). В то же время, проведенные расчеты не выявили статистически значимого влияния на WTP наличия хронических заболеваний, региона проживания, уровня образования, количества детей в категорий 2 и 3.

Биологическое преимущество женского организма составляет лишь 1,5 или 2 года. Это побуждает нас предположить, что, основные различия в уровне готовности поддержать формируются за счет самосохранительного и здоровье сберегающего поведения. На здоровье и продолжительность жизни влияют усилия самого человека. Здесь есть еще и психологическое различие в поведении мужчин и женщин.

В обеих категориях 2 и 3 положительное воздействие на WTP оказывали самооценка здоровья, количество таблеток, принимаемых в день по назначению врача, затраты денег в месяц на лекарства для семьи, уровень жизни семьи, возраст, пол, среднемесячный доход на одного члена семьи, сфера занятости, тип населенного пункта, занятость. Один из источников жизнеобеспечения: страхование связано с трудовой деятельностью. Положительное воздействие на WTP оказывали пол, вероятно, она более значима для женщин, чем для мужчин.

Анализ различий в поведении мужчин и женщин в отношении лекарственного страхования приведенный здесь, конечно, далеко не полный, не приведены различия в разных возрастных и социальных группах. Но тем не менее есть возможность предположить, что основная роль в существовании различий в уровне готовности поддержать принадлежит также поведенческому фактору.

Выводы. Таким образом, мы пришли, к выводу, что неприятие риска индивида как фактор, оказывающий влияние на готовность внести денежный вклад за финансирование лекарственного страхования зависит от показателей: «самооценка здоровья», «количество таблеток, принимаемых в день по назначению врача», «затраты денег в месяц, на лекарства для семьи», «уровень жизни и дохода на одного члена семьи» и других демографических показателей как, пол, сфера занятости, тип населенного пункта, занятость, возраст.

Неблагоприятный отбор участников может спровоцировать финансовый кризис в структурах организации лекарственного страхования, но и снижает его эффективность в решения важных социальных задач. Модель финансирования программы лекарственного страхования может быть спроектирована с ориентацией на усредненные потребности населения на лекарственное обеспечение.

Вместе с тем, не совсем понятно насколько индивид, потенциально участвующий в лекарственном страховании имеет выгоды. Если он социально обеспечен и имеет соответствующие финансовые возможности, что ему мешает приобрести дорогостоящие лекарства без участия в страховании.

Результаты исследования охватывают все занятое население, на наш взгляд, которые имеют достаточные финансовые ресурсы для участия в добровольном лекарственном страховании. Оправдана значительным социальным спросом на результаты, которые будут способствовать повышению качества жизни населения.

Важный результат заключается в применимости предложенного инструментария, возможно, использования в сфере здравоохранения.

Касательно аналогов, то в Российской Федерации была попытка по введению аналогичного механизма и внесения предложения по законопроекту, предполагающему введение этого вида страхования в обязательную систему, которая планируется внедрить к 2025 году.

Для проверки устойчивости полученных результатов, авторами будет проведено аналогичное исследование через один год на дополненной выборке с этим же опросником повторно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Загидуллина Г.Н., Омирбаева Б.С. Анализ частных расходов на здравоохранение в Казахстане и предложения по их снижению. /Аналитический обзор для формирования политики (Policy Brief). - Нур-Султан: Республиканский центр развития здравоохранения, 2019. - С.20.

2 Кошанов А.К., Чуланова З.К. Некоторые подходы к оценке состояния человеческого капитала (на примере Казахстана). // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. - 2021. - №4. С.49–72.

3 Kaplan, G. A., Turrell, G., Lynch, J. W., et al. Childhood socioeconomic position and cognitive function in adulthood //International Journal of Epidemiology. - 2001. - № 30. -P. 256–263.

4 Чубарова Т.В. Доступность медицинских услуг в России: методологические и финансовые проблемы // Аналитический вестник. – М., 2016. – № 54 (653). – С. 32-48.

5 Ягудина Р.И., Куликов А.Ю., Угрехелидзе Д.Т. Определение порога «готовности платить» при одобрении медицинских технологий в условиях российского здравоохранения, рассчитанного на основе паритета покупательной способности // Фармакоэкономика: теория и практика. - 2015. - № 3 (3). - С. 5–9.

МЕДИЦИНАЛЫҚ САҚТАНДЫРУДАҒЫ ИНСТИТУЦИОНАЛДЫҚ ИННОВАЦИЯ: ДӘРІ-ДӘРМЕКПЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ МЫСАЛЫНДА НАРЫҚТЫҚ ЕМЕС РЕСУРСТАРДЫ ШАРТТЫ БАҒАЛАУ

Түйіндеме. Мақалада Қазақстан халқының дәрі-дәрмекпен қамтамасыз етудің жаңа бағдарламалары үшін төлеуге дайындығының деңгейін бағалау мәселесі қарастырылады. Маңызды нәтиже – Қазақстан облыстары тұрғындарының пікірлерін ескере отырып қалыптастырылатын институционалдық инновациялар бойынша ұсыныстар әзірленді. Мұндай ақпарат мемлекеттік органдарға әлеуметтік мәселелерді шешу, мемлекеттік бағдарламалар бойынша экономикалық және басқа да нәтижелерді алу үшін қажет. Ұсынылған тәсілдердің міндетті әлеуметтік медициналық сақтандыруға сәйкестігіне қатысты зерттеулерді жалғастыруға болады. Аналогтарға келетін болсақ, Ресей Федерациясында осыған ұқсас механизмді енгізу және сақтандырудың осы түрін 2025 жылға дейін енгізу жоспарланған міндетті жүйеге енгізу туралы заң жобасына ұсыныс енгізу әрекеті болды. Дәрілік сақтандыру бағдарламасын қаржыландырудың қазақстандық үлгісі халықтың дәрі-дәрмекпен қамтамасыз етудегі орташа қажеттіліктеріне бағдарлана отырып, құрастырылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: дәрілік сақтандыру, шартты бағалау әдісі, нарықтық емес ресурстар.

INSTITUTIONAL INNOVATION IN HEALTH INSURANCE: A CONDITIONAL ASSESSMENT OF NON-MARKET RESOURCES ON THE EXAMPLE OF DRUG PROVISION

Abstract. The article discusses the issues of assessing the degree of willingness of the Kazakh population to pay for new drug supply programs. An important result is that proposals for institutional innovations have been developed, which are formed by taking into account the opinions of residents from regions of Kazakhstan. This kind of information is necessary for government bodies to solve social problems and obtain economic and other results under government programs. Research can be continued with regard to the compatibility of the proposed approaches with compulsory social health insurance. With regard to analogues, in the Russian Federation there was an attempt to introduce a similar mechanism and to submit a proposal for a draft law that would introduce this type of insurance into a compulsory system, which is planned to be introduced by 2025. The Kazakh model of financing the drug insurance program can be designed with an orientation towards the average needs of the population for drug provision.

Key words: drug insurance, conditional valuation method, non-market resources.

Сведения об авторах

Спанкулова Лазат Сейтказиевна, доктор экономических наук, доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, 050040, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71, главный научный сотрудник, +7 (747) 417 67 54, lyazzat.spankulova@kaznu.kz или spankulova@mail.ru ResearcherID: S-8098-2016, <https://orcid.org/0000-0002-1865-4681>.

THE USE OF INFORMATION AND EDUCATIONAL RESOURCES IN THE EDUCATIONAL PROCESS

G.B. Turebaeva¹, A. R. Tenchurina¹, Zh.B. Doroshakova¹

¹Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan.

ABSTRACT

Currently, the training of specialists in credit technology, according to which students are taught at the University, determines the relevance of developing new conceptual foundations in the organization of educational and methodological work and the introduction of modern, information and communication technologies in the educational process. The above suggests the widespread use of information technology and personal computers to simulate various physical processes, both in the learning process and current control. The use of computers activates the process of studying the discipline by students, facilitates and accelerates the assimilation of new material and control, which ultimately improves the quality of education and deepens students' knowledge. Therefore, the study of methods for modeling physical processes using modern application packages is currently the most relevant.

In the article, for a visual representation of physical processes using the MathCad program, modeling of complex systems described by ordinary differential equations of the second order is given. Using this Mathcad package, a graph of forced oscillations without resistance in the presence of an external periodic force is obtained using the odesolve function. The paper also talks about the use of physical models in the educational process.

Key words: Physical processes, Mathcad, modeling, physical models, Runge-Kutta method, complex systems, solutions of ordinary differential equations, learning process, examples of problem solving.

Introduction. Currently, in the conditions of credit technology, pluriactivity, the availability of textbooks saturated with theory, the shortage of classroom time, new approaches to the design and implementation of physics training are needed to achieve high quality knowledge and skills. At the same time, both standard programs and those developed at departments are used when studying the most important topics of the theoretical course and the material of practical and laboratory classes.[1]

Training systems created with the use of computer technologies belong to a specific type of technical means of training and are designed to facilitate the work of the teacher and free him from laborious work.

The use of computers is associated with the solution of a number of problems of the development of physical education. Automated training systems can be used as a supplement and explanation of the lecture course, for the current control of knowledge in practical classes, as well as for the automation of laboratory work.

The purpose of the work. Laboratory classes (practicum) for a number of specialties are one of the leading forms of work. The main purpose of the workshop is to experimentally confirm the theoretical provisions of the studied science, to ensure that students understand the basic laws and forms of their manifestation, to form a professional approach to scientific research among future specialists, and finally, to instill skills of experimental activity.

The increase of creative potential and professional skills is carried out in full only with the practical application of knowledge. The laboratory workshop promotes students' knowledge of the organic unity of theory and practice, introduces them to the directions of development of experimental science, develops interest in research and independent creative work.

Computer training systems can be widely used at all stages of laboratory classes: experiment planning, data processing and analysis, registration of research results. If the computer

is not the object of study itself, then its role is reduced to providing work.[2]

One of the most unique features of electronic technology is computer modeling of physical processes. At the same time, a program simulating a physical experiment should be considered as part of a whole complex of closely interacting training programs.

The computer is equipped with means of visualizing the results, that is, it makes it possible to present the solution of the problem in a visual dynamic form (on a graphical display), to observe its dependence on the parameters. All this makes it possible to bring the numerical experiment closer to the natural experience. Working with such a model is interesting and teaches students to “feel” the nature of the most important equations of physics, develops intuition.

Research methods. Computer laboratory work began to be created in the nineties of the last century due to the advent of cheap microcomputers, the development of a dialog mode of working with a machine, machine graphics and animation. The scientific basis of such educational works is the methods of machine modeling, which have greatly changed physics and led to the emergence of a whole new branch of science - computational physics. “Virtual” laboratory work is an educational computer experiment that has the right to coexist with a natural physical experiment conducted in the same way in real conditions.

The objectives of the laboratory practicum are an in-depth study of theoretical material, familiarity with the methods of measuring various physical quantities, the formation of experimental work skills among students, etc. Laboratory experiments are actively and relatively independently performed work: after getting acquainted with the theory, the student himself, under the guidance of a teacher, takes measurements of the necessary physical quantities, processes measurement results, builds graphs and works with them and, finally, independently draws conclusions based on the results of his work. Thus, the laboratory practicum contributes to the formation of students’ research skills.[3]

There are a large number of examples of

physical phenomena and processes for which models of varying degrees of realism can be built, and from all branches of physics. It is important to emphasize that, using computer modeling, it is possible and necessary to use the huge potential of opportunities provided by modern technology and application programs when studying various sections of physics.

The use of specialized packages for mathematical calculations presented on the market of applied software is becoming increasingly widespread in laboratory workshops on the course “Numerical methods”. Of all the variety of such packages, we prefer the Mathcad package, as the most adapted from our point of view for the educational process. [4].

The Mathcad system has the ability to solve partial differential equations and their systems. Mathcad tools allow you to solve one-dimensional parabolic and hyperbolic equations (with one spatial and one temporal variable). Such a seemingly narrow range of solved problems actually covers the vast majority of problems arising in physics and engineering.

This paper shows methods for solving ordinary differential equations in the Mathcad package based on numerical methods for modeling oscillatory physical processes. As an example of solving higher-order differential equations using the odesolve function of the Mathcad package, a graph of forced oscillations without resistance in the presence of an external periodic force is obtained.

The solution of a higher-order differential equation is given using the odesolve (t,b), function, where t is a variable, a, b- the end point of the integration segment. A graph of the resulting solution is also plotted (parameter values are taken for certainty $q=a=\omega=1$, and the initial conditions are given in the form $y(0)=0, y'(0)=-1$).[5]

From mechanics we know that forced oscillations are described by the following equation:

$$m \frac{d^2 \psi}{dt^2} + b \frac{d\psi}{dt} + k\psi = F_0 \cdot \sin(\omega t) \quad \text{или}$$

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + 2\beta \frac{d\psi}{dt} + w^2 \psi = f \cdot \sin(wt),$$

где $\frac{b}{2m} = \beta$, $\frac{k}{m} = \omega^2$, $\frac{F_0}{m} = f$.

Given

```
a := 1    q := 0.1    w := 1
y''(t) + q·y'(t) + 1 y(t) = a·sin (w·t)
y(0) = 0    y'(0) = 1
t := 0, 0.2 .. 100
y := Odesolve (t, 50)
```

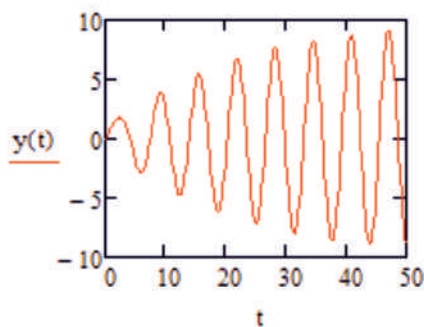


Figure 1 – Forced oscillations without resistance in the presence of an external periodic force

The main results. As a result of these modeling works, the user receives a ready-made model of the system and has the opportunity only to arbitrarily set the initial conditions and control all the parameters of the model during the numerical experiment. In this development, the tasks were set: to facilitate students' understanding of the basic physical laws, their logical and causal relationships; to help understand the relationship of various physical characteristics, to establish

a correspondence between the natural behavior of the object, analytical dependencies and their graphical representation. The user is provided with an environment with the possibilities of free manipulation of mathematical models of physical objects, processes and effects. Trainees can handle models of elementary objects as design material, creating models of complex systems, not only perform laboratory work using ready-made schemes, but also design new schemes from ready-made models, and even modify models. By establishing information links between elements, understanding the principles of their interaction, observing the reaction of the system to external influences, working out the methodology for managing complex systems, the user organically combines the study of physics with the study of computer science. Moreover, it is important that computer science acquires a truly applied character in the eyes of students. [6]

Conclusion (conclusions). Thus, the use of computer technology makes it possible to obtain the consequences contained in theoretical propositions, compare them with the results of experience and correct the original model. As a representation of a real system, and in order to master modeling skills, an algorithm has been developed and a program for solving the differential equation of elastic vibrations without resistance in the presence of an external force has been compiled. Also, the user is given the opportunity, based on the developed models for various fields of physics, to carry out not only demonstration, but also research and design work on the principles of mathematical modeling, which allows organizing the creation, testing and fine-tuning of new systems - mechanisms, devices and other technical devices.

REFERENCES

- 1 Kondratiev, A.S. (2015). Fizika. Zadachy na kompiutere [Physics. Tasks on a computer]. Publishing house MSTU [in Russian].
- 2 Levitskij, A.A. (2016). Matlab 3.05, MathCad 2.5. Krasnyarsk: publishing house Phismatlit [in Russian].
- 3 Bursian, E. V. Zadachy dly akompiutera [Tasks on physics for a computer] - M.: Inlightening, 2015. [in Russian].
- 4 Guld, K., & Tobochnik, Y. (2017). Kompiuternoemodulirovanie v fizike [A computer design is in physics]. M.: World [in Russian]. Chekalin A.N., Konyukhov V.M., Konyukhov I. V. Computer Simulation and Comparison of the Efficiency of Conventional, Polymer and Hydrogel Waterflooding of Inhomogeneous Oil Reservoirs //Eurasian Chemico-Technological Journal. — 2017. — Vol. 19, Is. 4. — P. 323–334.
- 5 Glushakov, S.V., & Zhakin, I.A., & Khachirov, T.S. Matematicheskoe modelirovanie Mathcad 2000, Matlab 5.3 [Mathematical design Mathcad 2000, Matlab 5.3]. -Khar'kov; Folio, M.: OOO «Publishing house AST », 2017. [in Russian].
- 6 Diyakonov, V. P. Spravochnik po MathCAD PLUS 7.0 PRO [Reference book on MathCAD PLUS 7.0 PRO]. - M.: SK Press [in Russian].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация. В настоящее время подготовка специалистов по кредитной технологии, по которой проводится обучение студентов в Вузе, обуславливает актуальность разработки новых концептуальных основ в организации учебно-методической работы и внедрения современных, информационно-коммуникативных технологий в учебный процесс. Сказанное предполагает широкое использование информационных технологий и персональных компьютеров, для моделирования различных физических процессов, как в процессе обучения, так и текущего контроля. Применение компьютеров активизирует процесс изучения дисциплины студентами, облегчает и ускоряет усвоение нового материала и контроль, что в итоге повышает качество обучения и углубляет знания студентов. Поэтому изучение методов моделирования физических процессов с помощью современных прикладных пакетов в настоящее время является наиболее актуальным.

В статье для наглядного представления физических процессов с помощью программы MathCad приведено моделирование сложных систем, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями второго порядка. Используя данный пакет Mathcad, получен график вынужденных колебаний без сопротивления при наличии внешней периодической силы с помощью функции odesolve. В работе также говорится об использовании физических моделей в учебном процессе.

Ключевые слова: Физические процессы, Mathcad, моделирование, физические модели, метод Рунге-Кутты, сложные системы, решения обыкновенных дифференциальных уравнений, процесс обучения, примеры решения задач.

ОҚУ ПРОЦЕСІНДЕ АҚПАРАТТЫҚ-БІЛІМ БЕРУ РЕСУРСТАРЫН ПАЙДАЛАНУ

Түйіндеме. Қазіргі уақытта ЖОО-да студенттерді оқыту барысында кредиттік технология бойынша мамандарды даярлау, оқу-әдістемелік жұмысты ұйымдастыруда және оқу процесіне заманауи, ақпараттық-коммуникативтік технологияларды енгізуде жаңа тұжырымдамалық негіздерді әзірлеудің өзектілігін негіздейді. Жоғарыда айтылғандар оқу процесінде де, ағымдағы бақылау кезінде де әртүрлі физикалық процестерді модельдеу үшін ақпараттық технологиялар мен дербес компьютерлерді кеңінен қолдануды қамтиды. Компьютерлерді қолдану студенттердің пәнді оқу процесін белсендіреді, жаңа материалды игеруді және бақылауды жеңілдетеді және жылдамдатады, нәтижесінде оқу сапасын арттырады және студенттердің білімін тереңдетеді. Сондықтан қазіргі заманғы қолданбалы пакеттерді қолдана отырып, физикалық процестерді модельдеу әдістерін зерттеу қазіргі уақытта ең өзекті мәселе болып табылады.

Mathcad бағдарламасын қолдана отырып, физикалық процестерді көрнекі түрде көрсетуге арналған мақалада қарапайым екінші ретті дифференциалдық теңдеулермен сипатталған күрделі жүйелерді модельдеу келтірілген. Осы Mathcad пакетін қолданып, odesolve функциясы арқылы сыртқы периодтық күш түсірілген кездегі кедергісіз мәжбүрлі тербелістердің графигі алынды. Сондай-ақ, жұмыста оқу процесінде физикалық модельдерді қолдану туралы айтылады.

Түйінді сөздер: физикалық процестер, Mathcad, моделдеу, физикалық модельдер, Рунге-Кутта әдісі, күрделі жүйелер, қарапайым дифференциалдық теңдеулерді шешу, оқу процесі, есептерді шешудің мысалдары.

Information about authors:

Turebaeva G. B., Master of Physics, senior lecturer, Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, gulnara_83.06.12@mail.ru,

Tenchurina A.R., Associate Professor, Candidate of Chemical Sciences, Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, altenchurina@mail.ru,

Doroshakova Zh. B., master's degree teacher, m29kt@mail.ru,

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ МЕТАЛЛ-ВОЗДУШНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ЩЕЛОЧЕЙ

М.Г. Мадиев¹, З.Х. Кунашева¹, Д.Г. Шарипова¹, А.Н. Сагидуллина¹
¹ЗКУ им. М. Утемисова, г. Уральск, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование по повышению энергоэффективности пористых углеродных электродов для металл-воздушных (в частности алюминий-воздушных) химических источников тока (ХИТ) в целях повысить их промышленную рентабельность. Был сделан экспериментальный анализ и заготовка прототипов ХИТ. Было обнаружено зависимости добавляемых в пористый углерод оксидов железа и меди на выход тока и время работоспособности ХИТ. Идентифицировано повышение водоотталкивающих свойств пористого углерода при добавлении органических связующих. Разработаны рабочие прототипы алюминий-воздушных ХИТ с применением исследованных пористых углеродных электродов. Результаты исследования являются актуальными для промышленной и бытовой энергетики, разработанные электроды и ХИТ соответствуют экологическим требованиям и показывают высокую энергоэффективность. Исследованные ХИТ и электроды не распространены в промышленности и их использование в данный момент ограничено экспериментальными образцами.

Ключевые слова: источник тока; металл-воздушный источник тока; щелочной электролит; пористый углеродный электрод; алюминий-воздушный источник тока

Введение. Пористые углеродные материалы широко используются в качестве электродных материалов металл-воздушных ХИТ, обеспечивая их исключительно высокие параметры благодаря своей исключительной электропроводности и разветвленной системе наноразмерных пор. Последние по классификации IUPAC делятся на три группы: микропоры (> 2 нм), мезопоры (2–50 нм) и макропоры (< 50 нм), являющиеся по сути переносными каналами, формирующимися на этапе заготовки электродов и обеспечивающими во время разряда металл-воздушного элемента подвод ионов электролита к порам меньших размеров [1–3].

Известно, что удельная площадь поверхности активированных углей достигает нескольких тысяч квадратных метров на грамм вещества. Наноразмерный углеродный материал состоит из частиц (от 0,1 до 100 нм) или имеет слои или волокна подобного масштаба. В настоящее время синтезировано и изучено большое количество различных модификаций углеродных структур (однослойные и многослойные нанотрубки, фуллерены, и т.д.).

Новые углеродные материалы находят

свое применение в химических источниках тока (ХИТ) в виде катализаторов. Наиболее активными и стабильными являются катализаторы на базе благородных металлов, однако их высокая себестоимость заставляет искать альтернативную замену. Углеродные электрохимические материалы, такие как окисленный и терморасширенный углерод и активированный уголь удовлетворяют таким требованиям как электропроводность, достаточная химическая и электрохимическая стабильность, высокоразвитая поверхность и дешевизна [4, 5]. Оптимально сочетание свойств пористой структуры и химического состава поверхности позволяют создать энергонасыщенные адсорбционные системы. Особое место уделяется системе аккумуляции кислорода, широко используемого в самых разных областях жизнедеятельности человека. Методом циклической вольтамперометрии в щелочном растворе было проведено исследование различными авторами для определения электрокаталитической активности и электрохимических свойств различных углеродных материалов, модифицированных солями меди и железа. В этих экспериментах использовали режимы поляри-

зации рабочего электрода устанавливали с использованием потенциостата с интерфейсным блоком. Регистрацию вольт-амперных кривых производили с предварительной обработкой сигнала на интерфейсном устройстве. Абсолютная погрешность в определении значений редокспотенциалов в проводившихся ранних опытах не превышает 0,03 мВ.

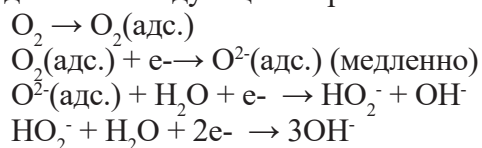
С целью определения механизма протекания процесса электровосстановления атмосферного кислорода (2-х или 4-х электронный), с использованием уравнения Рэндлса – Шевича выполнен расчет количества электронов. Для оценивания электрокаталитического эффекта может быть использована плотность тока максимума и потенциал полуволны восстановления молекулярного кислорода. На катодной части кривой во время введения кислорода в электролит наблюдается значительное увеличение тока в областях потенциалов от -0,2 до -0,6 В и от -0,7 до -0,9 В, что обусловлено протеканием процесса электровосстановления молекулярного кислорода воздуха. На основе электрохимических свойств идентифицированы количественные характеристики адсорбции молекулярного кислорода, такие как предельная величина адсорбции и ленгмюровский коэффициент адсорбции, характеризующий энергию взаимодействия адсорбата с адсорбентом. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований катодов с воздушной (кислородной) деполяризацией.

Как известно, при увеличении концентрации щелочи до 6М, с одной стороны, увеличивается концентрация в электролите OH^- -ионов, а значит, увеличивается проводимость электролита, с другой стороны – снижается растворимость кислорода и коэффициент диффузии. В целом это может приводить к изменению скорости реакции восстановления молекулярного кислорода в концентрированных растворах щелочи, которое может по-разному проявляться в кинетической и диффузионной области электровосстановления кислорода [6].

Кроме того, необходимо определить, как влияет изменение рН на значение потенциалов пористого углеродного катода, которые в зависимости от природы катализатора можно разделить на несколько групп. К первой группе относятся катализаторы на базе сложных органических комплексов, ведущих себя в раз-

личных областях рН подобно саже. В кислых и нейтральных растворах $\partial E/\partial \text{pH} = 0$. В щелочных же растворах будет наблюдаться сдвиг $\partial E/\partial \text{pH}$ на 30-60 мВ. Которой группе можно отнести активированный уголь, терморасширенный графит, а также, как показан в литературе [10], и в некоторой степени катализаторы с металлами платиновой группы. В данном случае будет наблюдаться сдвиг $\partial E/\partial \text{pH}$ на 45-50 мВ. На катодных катализаторах в присутствии кислорода воздуха в щелочном электролите в области $E_{\text{ст}}$ устанавливается равновесие $\text{HO}_2^- \leftrightarrow \text{O}_2$, которое в основном определяет значение стационарного потенциала в растворе. Если в щелочном электролите области прямой и обратной реакции (в координатах $i \square E$) перекрываются, то в кислых электролитах этого обычно не происходит [9]. В кислом электролите реакция на углеродных электродах протекает до H_2O_2 . При увеличении рН электролита вклад реакции восстановления ионов пероксида начинает играть некоторую роль. При этом в щелочной среде устойчивые пероксид-ионы могут диспропорционировать или окисляться до молекулярного кислорода [10]. Даже на платиновом электроде в щелочной среде реакция электровосстановления кислорода лишь на 2/3 будет идти по прямому пути, а на 1/3 – до образования HO_2^- -ионов [11]. Используя термодинамические методы, Blizanac [12] объяснил происхождение рН-эффекта, показав, что перенапряжение, требуемое для протекания 4-электронной реакции при высоких рН, ниже, чем для низких рН. При этом при высоких рН не требуется специфического химического взаимодействия между катализатором и O_2 или O_2^- как при низких рН, где прочное химическое взаимодействие будет необходимо. Кроме того, в кислой среде, в отличие от щелочной, большое влияние частиц, способных адсорбироваться на поверхности электрода и блокировать активные места, тем самым снижая скорость взаимодействий [12]. Как известно из [10], замедленной стадией данного процесса является перенос электрона на молекулу кислорода. При небольших значениях поляризаций увеличение концентрации щелочи приводит к повышению скорости обратной реакции – $\text{H}_2\text{O}_2(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow \text{O}_2$, и система O_2/HO_2^- приближается к обратимому состоянию, что приводит к сдвигу потенциала в катодную часть и снижению величины $\partial E/\partial \lg i$ до значений ≈ 30 -50 мВ.

При высоких показателях поляризации $\partial E/\partial \lg i = 120$ мВ и скорость реакции не будет зависеть от pH [7]. Общий механизм реакции восстановления кислорода в щелочной среде можно представить следующим образом:



Методы исследования. Благодаря данным полученными от ранние выполненных исследований, было проведено экспериментальная работа практического характера. Для повышения энергоэффективности пористых углеродных электродов были использованы методы

применявшаяся ранние при разработке щелочных водород-кислородных топливных элементов. Образцы получены по методике, описанной в [8]. Была взята исходная база активного слоя из пористого углерода с размерами пор 50-нм (на основе древесного угля) в порошкообразном виде. В качестве активизирующей добавки к нему использовались оксиды меди и железа, а в качестве органического связующего акриловая смола и полипропилен. Внешний слой электрода готовился из гидрофобизированной сажи, содержащей 35 % (от массы) тефлона, на который наносили активный слой. Анодом служила алюминиевая пластина марки А99 ($S=16\text{см}^2$). Электролитом служил 6М раствор КОН.

Результаты исследования.

Таблица 1 - Состав активного слоя электрода, %

Наименование добавок	Содержание в газодиффузионном электроде, %					
	1	2	3	4	5	6
№ образца						
Пористый углерод	85	85	75	75	65	65
Оксид меди, CuO	-	10	-	20	-	30
Оксид железа, Fe ₂ O ₃	10	-	20	-	30	-
Акриловая смола	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Полипропилен	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Итого	100	100	100	100	100	100

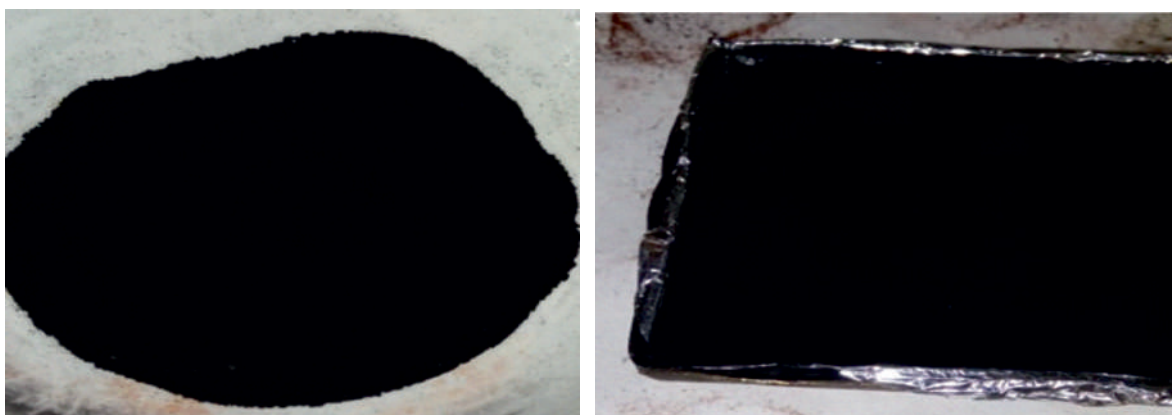


Рисунок 1 – Порошкообразная смесь для активного слоя и готовый пористый катод

Таблица 2 - Показатели вольт-амперных характеристик, V, mA

№ образца	1	2	3	4	5	6
Напряжение, V	1.022	1.301	1.112	1.402	1.198	1.444
Ток, mA	46.8	108.5	54.2	160.6	91.3	161.5



Рисунок 2 – Показания вольт-амперметра

Обнаружена взаимосвязь между добавлением в активный слой оксидов железа и меди с изменением вольт-амперных характеристик образцов. Прототипы ХИТ имеющие активный слой с использованием оксида меди показывают высокие результаты по сравнению с другими образцами. Добавка в виде связующих полипропилена и акриловой кислоты показала приемлемые значения механической прочности и стойкости к воздействию электролита.

Обсуждение результатов. Повышение энергетического выхода прототипов ХИТ с добавлением в пористый катод оксидов железа и меди предположительно связано с процессами восстановления в электролитном слое и окислением в воздушном. Таким образом оксиды металлов электрохимически восстанавливаются до исходных металлов и окисляются от воздействия кислорода воздуха. Прототип ХИТ использующий оксид меди массовой долей 30% показывает наилучшие характеристики по току и напряжению, и мо-

жет конкурировать с широко распространёнными цинк-марганцевыми гальваническими элементами.

Выводы. В результате данного исследования обнаружена положительное влияние добавления оксидов железа и меди в пористый угольный электрод, благодаря которому предложены энергетически эффективные и экологически безопасные составы электродов. Также можно отметить что в процессе не были использованы катализаторы из драгоценных металлов. Это уменьшает себестоимость электродов которые сделаны по данному принципу. Были изготовлены прототипы ХИТ близкие к промышленным и бытовым образцам. Идентифицирован предположительный механизм воздействия на вольт-амперные характеристики металл-воздушных электродов содержание оксидов железа и меди в пористом катоде. Полученные данные являются ценными при разработке экологичных и высокоэффективных ХИТ для промышленности и бытовых нужд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Maletin Y., Strelko V., Stryzhakova N., Zelinsky S. et al. Energy Environ Res. – 2013. – Vol. 3. -P. 156–165.
- 2 Everett D.H. Pure Appl Chem. – 1972. – Vol. 31. -P. 579–638.
- 3 Maletin Y., Novak P., Shembel E., Izotov Y. et al. Appl Phys A. -2006. – Vol. 82. -P. 653–657.
- 4 Дядин Ю.А. Углерод и его соединения включения. // Соросовский образоват. журнал. - 2000. -Т. 6, № 10. -С. 43-49.
- 5 Попова О.В., Попова С.С., Ольшанская Л.Н. Перспективы использования искусственного углерода из лигнина в электродах химических источников тока. // Журн. прикл. химии. - 2008. -Т. 81, № 5. -С. 751–756.
- 6 Кинетика сложных электрохимических реакций. /Под ред. В.Е. Казаринова. -М.: Наука, 1981.
- 7 Тарасевич М.Р., Радюшкина К.А., Богдановская В.А. Электрохимия порфиринов. -М.: Наука, 1991.
- 8 Юдина Т.Ф., Братков И.В., Ершова Т.В., Смирнов Н.Н., Бейлина Н.Ю., Маянов Е.П. Оптимизация режима окисления природного графита. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. - 2014. -Т. 57, Вып. 5. -С. 11-13.
- 9 Kinoshita K. Carbon. Electrochemical and Physicochemical Properties. // J.Wiley and Sons. - New York. -Vol. 1.
- 10 Bidault F., Brett D.J.L., Middleton P.H., Brandon N.P. Review of gas diffusion cathodes for alkaline fuel cells // J. Power Sources. -2009. -Vol. 187. - P. 39.
- 11 Obradovic M.D., Grgur B.N., Vracar L.M. Apparent Enthalpies of Activation for Oxygen Reduction at Pt3Co Electrode in Alkaline Solution // Mater. Sci. Forum. - 2004. - Vol. 453. - P. 109.
- 12 Blizanac B.B., Ross P.N., Markovic N.M. Oxygen electroreduction on Ag (III): The pH effect // Electrochim. Acta. - 2007. -Vol. 52. -P. 2264.

СІЛТІЛЕРДІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ МЕТАЛЛ-АУА ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ КЕУЕКТІ КӨМІРТЕКТІ ЭЛЕКТРОДТАРЫНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КҮЙ-ӨЗГЕРІСІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Түйіндеме: Металл-ауа (атап айтқанда алюминий-ауа) химиялық тоқ көздері (ХТК) үшін кеуек көміртекті электродтардың энергия тиімділігін арттыру, олардың өнеркәсіптік қолданыс тиімділігін арттыру мақсатында зерттеулер жүргізілді. Тәжірибелік талдау және прототиптік ХТК дайындау жасалды. Кеуекті көміртекке қосылатын темір мен мыс оксидтерінің тоқ шығымы мен ХТК жұмыс істеу уақытына тәуелділігі анықталды. Органикалық байланыстырғыштар қосылған кезде кеуекті көміртектің су өткізгіш қасиеттерінің жоғарылауы анықталды. Зерттелген кеуекті көміртекті электродтарды қолдана отырып, алюминий-ауа соққыларының жұмыс прототиптері жасалды. Зерттеу нәтижелері өнеркәсіптік және тұрмыстық энергетика үшін өзекті болып табылады. Әзірленген электродтар мен ХТК экологиялық талаптарға сәйкес келеді және жоғары энергия тиімділігін көрсетеді. Зерттелген ХТК мен электродтар өнеркәсіпте кең таралмаған және оларды қолдану қазіргі уақытта тәжірибелік үлгілермен шектелген.

Түйінді сөздер: тоқ көзі; металл-ауа тоқ көзі; сілтілі электролит; кеуекті көміртекті электрод; алюминий-ауа тоқ көзі.

FEATURES OF ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF POROUS CARBON ELECTRODES OF METAL-AIR ELEMENTS IN AQUEOUS SOLUTIONS OF ALKALIS

Abstract: Studies have been conducted to improve the energy efficiency of porous carbon electrodes for metal-air (in particular aluminum-air) chemical current sources (CCS) in order to increase their industrial profitability. Experimental analysis and preparation of CCS prototypes were made. The dependences of iron and copper oxides added to porous carbon on the current output and the operating time of the CCS were found. An increase in the water-repellent properties of porous carbon has been identified with the addition of organic binders. Working prototypes of aluminum-air CCS have been developed using the studied porous carbon electrodes. The results of the study are relevant for industrial and household power engineering; the developed electrodes and CCS meet environmental requirements and show high-energy efficiency. The studied CCS and electrodes are not common in industry and their use is currently limited to experimental samples.

Key words: current source; metal-air current source; alkaline electrolyte; porous carbon electrode; aluminum-air current source

Сведения об авторах

Мадиев Мурат Галимжанович, магистрант, e-mail: murat.madiev.99@mail.ru

Кунашева Зарипа Хайроллиевна, кандидат химических наук, e-mail: kunasheva@mail.ru,

Сагидуллина Айжан Нуржановна, магистрант, e-mail: sagidullina.aizhan98@mail.ru

Шарипова Динара Галимовна, магистрант, e-mail: galimovna.di@mail.ru

СОЗДАНИЕ БЕЗОТХОДНОЙ, ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ТЕПЛА ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ РЕАГИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ СВС

С.Х. Акназаров¹, А.Ж. Мутушев¹, Juan Maria Gonzalez-Leal², О.С. Байракова¹, Е.А. Пономарева¹, И.К. Аллан¹, С.Е. Кыдыралу¹

¹ТОО «НПТЦ Жалын» г. Алматы, Казахстан.

²Кафедра физики конденсированных сред, факультет естественных наук, Университет Кадиса, г. Кадис, Испания

АННОТАЦИЯ

Для определения скорости горения шихты для получения диборида алюминия использовалась стальная труба с заваренным дном в виде стакана. На боковой поверхности по вертикали были просверлены отверстия на расстоянии 5 см для термопар. Поджиг проводился сверху электроимпульсом, подаваемым на нихромовую спираль через ЛАТР. Для фиксации скорости горения использовались хромель-алюмелевые термопары. Сигнал от термопары записывался на двухканальном USB осциллографе Acute TS2212F.

Перед проведением экспериментов по определению влияния гранулометрического состава все исходные порошки просушивались. Затем проводился рассев порошков на фракции. После подготовки порошки дозировали в соответствии с рассчитанным составом и тщательно смешивали для равномерного распределения компонентов между собой.

Несмотря на то, что полученный сплав не образует единый плотный слиток и представлен в виде корольков в шлаковой фазе можно утверждать, что избыток алюминия в 10-20 % способствует максимальному развитию скорости проплавления шихты.

Ключевые слова: СВС, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, адиабатическая температура.

Введение. Определение условий проведения экспериментальных работ по синтезу целевых материалов методом СВС.

Развитие новой техники и технологии во многом связано с созданием новых материалов способных работать в условиях высоких скоростей, температур. Чтобы удовлетворять этим требованиям материалы должны обладать комплексом физико-химических и механических свойств.

Рассматривая СВС как разновидность гетерогенного горения можно выделить три стадии процесса:

1) Смешение компонентов при комнатной или слегка повышенной температуре, когда химическая реакция еще не идет;

2) Инициирование экзотермической химической реакции (воспламенение, зажигание);

3) Самоподдерживающееся протекание химической реакции, которое происходит без участия внешних источников тепла и приводит к образованию продуктов сгорания (в случае СВС ценных с практической точки зрения химических соединений, порошков, материалов или даже готовых изделий).

В последнее время многие исследования направлены на создание бескислородных тугоплавких соединений на основе боридов алюминия, отличающиеся высокой тугоплавкостью, высокими энергетическими характеристиками. Бориды алюминия перспективное энергетическое соединение для высокоэнергетических систем различного назначения [1,2].

В настоящее время отсутствует эффективная технология его получения. Наибольшее

Источник финансирования исследований. Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан. Работа выполнена в рамках проекта AP 08857190.

распространение получили печные технологии методом металлотермии [2]. Ведущиеся разработки способов получения боридов металлов в мире ведутся в разных направлениях различными способами. В России разработаны способы получения боридов алюминия электролизом расплавов, состоящей из смеси щелочных и щелочноземельных металлов, их оксидами с использованием флюсов, этот метод считается довольно простым технологически, но связан с трудностью получения продуктов определенного состава [3]. Одним из способов получения диборидов алюминия является прямой синтез из элементов при высоких температурах [4]. Разработан способ получения диборидов алюминия из криолитных расплавов (Турция) [5]. Разработан метод получения диборидов в режиме теплового взрыва [6,7] (Израиль). Промышленным методом получения диборидов основных производителей сплавов бора (Турция, США, Россия) является печной металлотермический метод.

Дибориды алюминия вводят в стали и в некоторые сплавы цветных металлов (алюминия, меди, никеля и др.), что придает им мелкозернистость и заметно улучшает их механические свойства. Добавки бора в быстрорежущую сталь значительно улучшают ее режущие свойства. Это объясняется тем, что образующиеся при высокой температуре бориды металлов обладают большой твердостью и износостойкостью.

Композиционный материал алюминий-бор характеризуется сочетанием высокой прочности, предела выносливости, модуля упругости с высокой работой разрушения. В связи с чем, бориды алюминия используются в машиностроении для производства износостойких деталей подверженных высоким нагрузкам и действию агрессивных сред.

В связи с малой плотностью, химической стойкостью, прочностью и другими ценными свойствами бориды алюминия находят применение в промышленности, включая ядерную энергетику.

Используемый метод СВЧ достаточно новый, но получил широкое распространение в

области получения тугоплавковых материалов и различных композиционных материалов. Метод прост в осуществлении, экологичен, не требует высоких материальных затрат и сложного технологического оснащения. Получаемый этим методом продукт отличается высокой чистотой. Используемая технология позволяет получить материалы с заданным составом. Побочные продукты не требуют специальной утилизации, так как не содержат вредных примесей, и могут быть использованы в производстве новых товарных материалов (абразивы, цементы, строительные наполнители). Ранее проведенные исследования в данной области отличаются: режимом работы СВЧ, технологическим регламентом, перерабатываемым сырьем и конечным продуктом [8].

Методы исследования

Синтез диборида алюминия из борного ангидрида проводился алюминотермическим способом в режиме СВЧ. Исходными компонентами являлись триоксид бора и алюминий в виде порошков.

Известно, что процесс восстановления при металлотермических реакциях ускоряется с измельчением компонентов шихты, то есть по мере увеличения поверхности восстановителя [6].

Степень измельчения шихтовых материалов является одним из важнейших факторов, определяющих показатели выпечки плавки. Использование восстановителя различной крупности может изменять не только скорость проплавления шихты, но и выход целевого продукта. Как показывает практика производства металлов и сплавов выпечным алюминотермическим способом, что для трудно восстанавливаемых элементов, таких как Ti, Si, Cr, Zr, B, V и др., размер частиц оксидов не должен превышать 0,5 мм. Размер же алюминиевого порошка выбирается в зависимости от крупности оксидов и условий проведения процесса [7, 8].

Для максимального развития восстановительных реакций размер восстановителя должен выбираться таким образом, чтобы

после смешивания шихтовых материалов в каждой элементарной части шихты, вступающей в реакцию, компоненты находились в стехиометрическом соотношении (с учетом коэффициента восстановимости оксидов). Соотношение между крупностью оксидов и восстановителя определяется как условиями, обеспечивающими наиболее равномерное смешивание шихты (что выполнимо при использовании частиц одинаковой крупности), так и соотношение их грамм-эквивалентных объемов. Для большинства оксидов, имеющих значение для алюминотермических процессов, грамм-эквивалентный объем превышает грамм-эквивалент алюминия в 1,5-2 раза. В таблице 1 приведены соотношения грамм-эквивалентных объемов некоторых трудно восстанавливаемых оксидов [8].

Если принять, что зерна компонентов шихты имеют сферическую форму, диаметр частиц алюминия при стехиометрическом соотношении компонентов должен находиться в пределах 0,8-0,9 диаметра зерна восстанавливаемого оксида [9].

Следовательно, наиболее полного протекания алюминотермического восстановления можно ожидать при использовании оксидов и восстановителя близкой крупности.

Таблица 1 – Соотношение грамм-эквивалентных объемов восстанавливаемых оксидов $V_{ок}$ и алюминия V_{Al}

Восстанавливаемый оксид	$V_{ок}$	$V_{ок}/V_{Al}$	$d_{ок}/d_{Al}$	Восстанавливаемый оксид	$V_{ок}$	$V_{ок}/V_{Al}$	$d_{ок}/d_{Al}$
B_2O_3	6,3	1,9	0,8	TiO_2	5,2	1,6	0,9
Cr_2O_3	4,8	1,5	0,9	V_2O_5	5,4	1,6	0,9
Mn_2O_3	5,9	1,8	0,8	ZrO_2	5,6	1,7	0,8
SiO_2	6,5	2,0	0,8	Nb_2O_5	5,7	1,7	0,8

Исходя из принятой крупности оксидной части шихты, размер восстановителя должен подбираться равным размеру оксидов только в том случае, когда это обеспечивает необходимые условия для нормальной скорости проплавления шихты. На рисунке 1 приведена зависимость скорости горения шихты от крупности восстановителя.

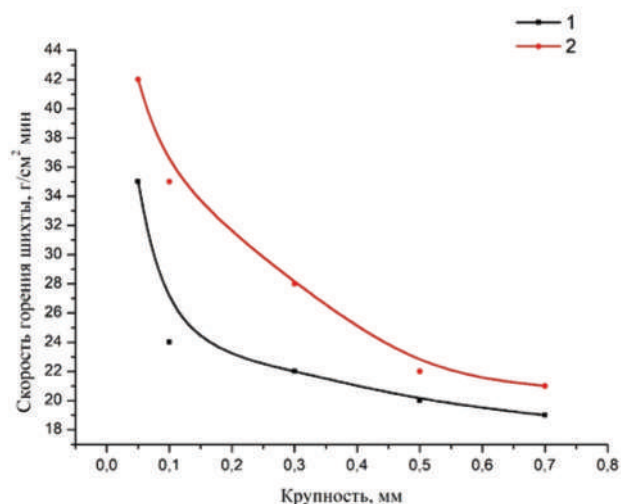


Рисунок 1 – Зависимость скорости проплавления шихты от крупности алюминия при стехиометрическом соотношении компонентов

1 – выплавка металлического хрома; 2 – выплавка металлического ванадия

Результаты исследования. Увеличение крупности восстановителя приводит к снижению скорости процесса горения. Однако чрезмерное измельчение шихтовых материалов может отрицательно сказываться на показателях процесса, так как крупность восстановителя влияет не только на скорость процесса, но и на выход сплава [7]. Переизмельчение восстановителя приводит к снижению выхо-

да целевого компонента в результате того, что образующиеся мелкие корольки расплава «запутываются» в шлаке [8].

На практике оптимальная крупность восстановителя, как правило, определяется экспериментальным путем.

Для определения скорости горения шихты для получения диборида алюминия исполь-

зовалась стальная труба с заваренным дном в виде стакана. На боковой поверхности по вертикали были просверлены отверстия на расстоянии 5 см для термопар. Поджиг проводился сверху электроимпульсом, подаваемым на нихромовую спираль через ЛАТР. Для фиксации скорости горения использовались хромель-алюмелевые термопары. Сигнал от термопары записывался на двухканальном USB осциллографе Acute TS2212F. Линейная скорость горения рассчитывалась по формуле (2).

Перед проведением экспериментов по определению влияния гранулометрического состава все исходные порошки просушивались. Затем проводился рассев порошков на фракции. После подготовки порошки дозировали в соответствии с рассчитанным составом и тщательно смешивали для равномерного распределения компонентов между собой.

На рисунке 2 приведена схема установки для определения скорости горения.

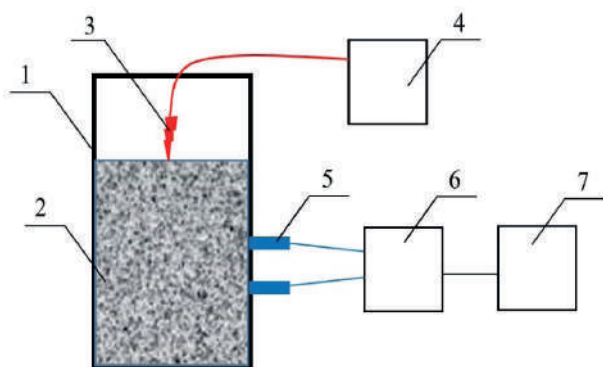


Рисунок 2 – Схема установки для определения скорости горения шихты

1 – тигель; 2 – шихта; 3 – нихромовая спираль, 4 – ЛАТР; 5 – термопары; 6 – двухканальный USB осциллограф; 7 – персональный компьютер

Подготовленную шихту загружают в тигель и уплотняют. Для сопоставимости результатов вес шихты во всех экспериментах был постоянен, так же, как и ее плотность. Для этого тщательно перемешанную шихту помещали в реактор порционно и прессовали по мере загрузки. Сверху размещали запал.

В экспериментах для получения боридов алюминия использована шихта, состоящая из следующих компонентов: борный ангидрид, алюминий, селитра и плавиковый шпат. Выбор компонентов и их процентное содержание обоснованы и рассчитаны в предыдущем этапе работы [8]. Состав шихты, %:

B_2O_3 – 32,63
 KNO_3 – 16,31
 Al – 44,4
 CaF_2 – 6,66.

При проведении экспериментов по кинетике процесса синтеза AlB_2 в режиме СВС и по влиянию на нее крупности компонентов был использован алюминий марки АП. В таблице 2 приведена зависимость скорости горения шихты от дисперсности алюминия.

Таблица 2 – Зависимость скорости горения от крупности алюминия

Крупность алюминия, мм	Время протекания процесса, с	Скорость горения, г/см ³ ·мин
0,056	23	2,04
0,125	35	1,35
0,500	28-30	1,30
0,630	38	1,23
Не рассеянный	35-36	1,34

При крупности алюминия 0,63 мм наблюдалась самая низкая скорость горения, рассредоточение корольков сплава по всему объему шлака – плохое фазоразделение. При крупности алюминиевого порошка 0,056 мм и менее происходило бурное горение смеси с разбросом продуктов реакции по стенкам реактора, слиток сплава образовался, но с большими потерями. Оптимальная крупность алюминия для данного состава шихты – 0,125-0,50 мм, которая обеспечила скорость горения достаточную для полноты протекания процесса и хорошего фазоразделения его продуктов. Скорость горения не рассеянного алюминия обусловлена тем, что порошок используемой марки на 72,2 % состоит из фракции 0,056 мм.

Важное влияние на скорость процесса при любом способе плавки оказывает степень уплотнения шихты [8]. Для определения влияния плотности шихты выбранного состава на скорость проведен ряд экспериментов. Проведены плавки с плотностью шихты, г/см³: 0,80; 1,08; 1,18; 1,74. Способ ведения плавки – поджиг сверху. На рисунке 3 приведена зависимость скорости горения от плотности.

В проведенных экспериментах оптимальная плотность шихты составила 1,08-1,18 г/см³. При этих плотностях развивается доста-

точно высокая скорость горения и обеспечивается высокое содержание бора в корольке сплава.

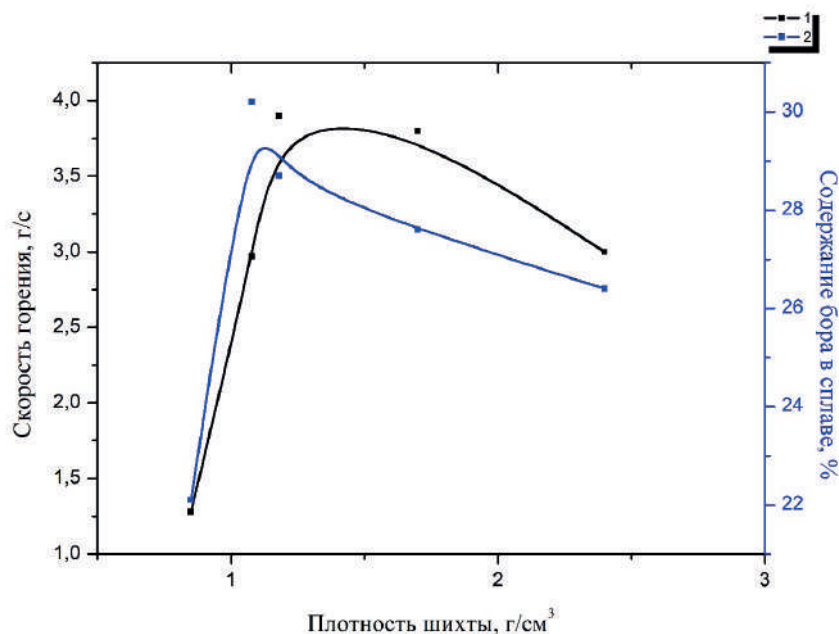


Рисунок 3 – Влияние плотности шихты на скорость горения и содержание бора в сплаве
1 – скорость горения; 2 – содержание бора

Обсуждение результатов. Влияние количества восстановителя на скорость проплавления шихты при получении диборида алюминия

Скорость процесса восстановления оксида, процент извлечение восстанавливаемого металла и содержание в сплаве алюминия могут резко меняться даже при небольших колебаниях количества восстановителя в шихте. Алюминий, добавленный сверх расчетного, расходуется на повышение полноты протекания

реакции. Превышение количества восстановителя выше определенных пределов приводит к его переходу в сплав.

Для таких оксидов, как V_2O_5 , SiO_2 , TiO_2 и др. избыток алюминия выше стехиометрии способствует увеличению скорости горения и полноте восстановления. Для легко восстанавливаемых оксидов – MoO_3 , WO_3 и др. часто применяется недостаток алюминия или используются балластирующие добавки для предотвращения бурного течения реакции и снижения скорости процесса [1,2].

На скорость процесса синтеза диборида алюминия в режиме СВЧ кроме дисперсности исходных компонентов, плотности шихты влияет количество алюми-

ния. Для выбора оптимального количества алюминия проведена серия экспериментов. Рассчитано стехиометрическое количество алюминия по реакциям восстановления борного ангидрида и калийной селитры:



В таблице 3 приведены варианты состава шихты и скорость ее горения в зависимости от количества алюминия. Во всех экспериментах крупность алюминия составляла 0,10-0,25 мм.

Таблица 3 – Зависимость скорости горения системы от количества алюминия в шихте

№	Компоненты, г			Избыток Al, %	Вес шихты, г	Скорость горения, г/с	Примечание
	B_2O_3	KNO_3	Al				
1	50,00	25,00	68,04	–	143,04	1,43	Нет фазоразделения, спек
2	50,00	25,00	74,84	10	149,84	1,56	Нет фазоразделения, мелкие корольки
3	50,00	25,00	78,25	15	153,25	1,82	Нет фазоразделения, мелкие корольки
4	50,00	25,00	81,65	20	156,65	1,96	Нет фазоразделения, крупные корольки
5	50,00	25,00	85,05	25	160,05	1,86	Нет фазоразделения, крупные корольки
6	50,00	25,00	88,45	30	163,45	1,70	Нет фазоразделения, крупные корольки

Исходя из приведенных данных можно сделать вывод, что скорость горения исследуемой системы увеличивается при избытке содержания алюминия до 20 %. Дальнейшее увеличение алюминия приводит к снижению скорости горения.

Аналогичные эксперименты проведены с алюминием крупностью 0,4-0,5 мм. На рисунке 4 графически представлено изменение скорости горения исследуемой системы в зависимости от количества алюминия.

На кривые изменения скорости горения можно выделить две области: кинетическую (восходящая часть кривой), обусловленную реакциями взаимодействия на поверхности конденсированных фаз с участием газовой фазы, и диффузионную (нисходящая часть кривой), протекающую только в жидкой фазе благодаря избытку алюминия и расплавлению оксидов.

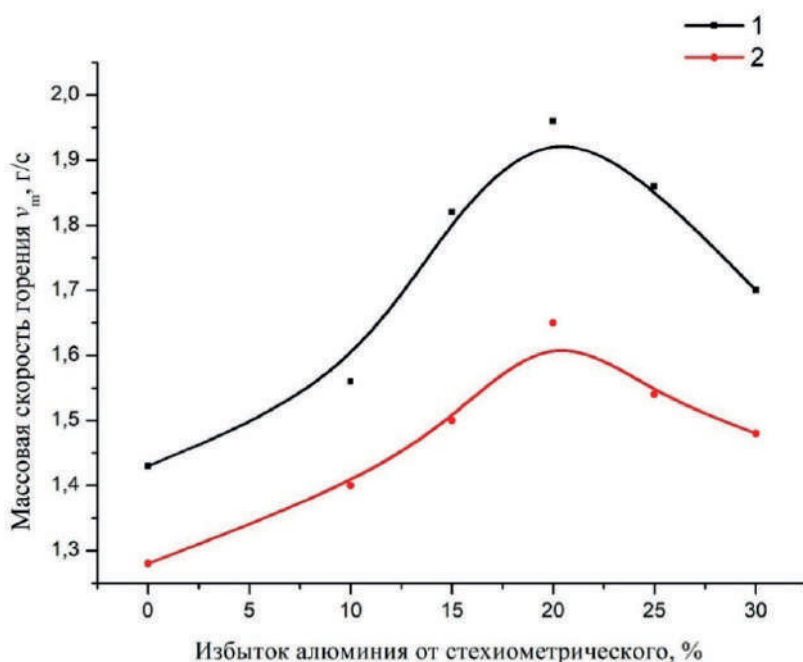


Рисунок 4 – Зависимость скорости горения шихты от дисперсности и избытка алюминия

1 – крупность алюминия 0,10-0,25 мм; 2 – крупность алюминия 0,40-0,50 мм

Выводы. Установлено, что выбранные шихтовые материалы соответствуют предъявляемым требованиям по физико-химиче-

ским свойствам к материалам, применяемым в СВС-металлургии.

При увеличении плотности шихты выше 1,18 г/см³ происходит снижение скорости и увеличение содержания бора. Вероятно, причиной снижения скорости уплотненной шихты является ухудшение условий просачивания жидкого расплава в глубь шихты.

Другим наиболее важным технологическим фактором, влияющим на скорость алюминотермического восстановления оксидов, является количество восстановителя.

Анализ результатов экспериментов позволяет сделать вывод об одинаковом характере изменения скорости горения системы при избытке восстановителя в шихте. Увеличение скорости при избытке до 20 %, вероятно объясняется тем, что увеличивается реакционная площадь компонентов шихты. Кроме того,

увеличение скорости может объясняться уменьшением тепловых потерь вследствие сокращения времени плавки. При увеличении избытка алюминия свыше 20 % от стехиометрии наблюдаемое уменьшение скорости горения объясняется уменьшением удельной теплоты процесса из-за плавления избытка алюминия, играющего роль балласта.

Несмотря на то, что полученный сплав не образует единый плотный слиток и представлен в виде корольков в шлаковой фазе можно утверждать, что избыток алюминия в 10-20 % способствует максимальному развитию скорости проплавления шихты.

Плавление шихты без флюсующих добавок, снижающих вязкость шлаковой составляющей расплава и способствующих полному фазоразделению, не отражает всю кинетику (скорость течения реакций, скорость опускания капли восстановленного металла, формирование слитка) процесса восстановления оксидов алюминием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Podergin V.A. / Metallotermicheskie sistemy` . – M.: Metallurgiya. – 1972. – 189 s
- 2 Zhuxoviczkij A.A., Shvarczman L.A. / Fizicheskaya ximiya, – M.: Metallurgiya. – 1960. – 520 s
- 3 Vladimirov A.N. / Termodinamicheskie raschety` ravnovesiya metallurgicheskix reakcij. – M.: Metallurgiya. – 1970. – 528 s
- 4 Krestovnikov A.N. i dr. / Spravochnik po raschetam metallurgicheskix reakcij. – M.: Metallurgiya. – 1963. – 416 s
- 5 Morachevskij A.G., Sladkov I.B. / Termodinamicheskie raschety` v metallurgii. Spravochnik. – M.: Metallurgiya. – 1993. – 304 s
- 6 Merzhanov A.G. History and recent developments in SHS // Ceramics internationa. –. – V. 21. – P. 371-379
- 7 Alexin O.S., Korolek D.V, Suvorov A.K., Suvorov K.A. Raschet adiabaticheskoy temperatury` goreniya e`ntal`pijny`m metodom / SPbGTI (TU): Metodicheskie ukazaniya. – 2001. – 19 s
- 8 Aknazarov S.K., Seisenova A.B., Golovchenko O.Y., Golovchenko N.Y., Gonzalez-Leal J.M. Determination of thermodynamic characteristics of phase-stabilized ammonium nitrate based high-energy solid combustible materials. DOI:10.1080/00102202.2020.1786076. Combustion Science and Technology.

**ӨЖС ӘДІСІМЕН РЕАКТИВТІ ЗАТТАРДЫҢ ЭКЗОТЕРМИЯЛЫҚ РЕАКЦИЯЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУЫ ЕСЕБІ-
НЕН МАҚСАТТЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУДЫҢ ҚАЛДЫҚСЫЗ, ЖОҒАРЫ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТЕХНО-
ЛОГИЯСЫН ЖАСАУ**

Түйіндеме. Алюминий диборидін өндіруге арналған шихтаның жану жылдамдығын анықтау үшін шыны түріндегі дәнекерленген түбі бар болат құбыр пайдаланылды. Бүйір бетінде тігінен термопараларға арналған 5 см қашықтықта тесіктер бұрғыланды. Тұтану жоғарыдан LATR арқылы нихромдық катушкаға берілетін электр импульсі арқылы жүзеге асырылды. Жану жылдамдығын бекіту үшін хромель-алюмельді термोजұптар пайдаланылды. Термोजұптың сигналы Acute TS2212F екі арналы USB осциллографына жазылды.

Бөлшек өлшемдерінің таралуының әсерін анықтау үшін эксперименттер жүргізер алдында барлық бастапқы ұнтақтар кептірілді. Содан кейін ұнтақтар фракцияларға електен өтті. Дайын болғаннан кейін ұнтақтар есептелген құрамға сәйкес мөлшерленді және компоненттерді біркелкі бөлу үшін мұқият араластырылды.

Алынған қорытпаның біртұтас тығыз құйма түзбейтініне және шлак фазасында моншақ түрінде ұсынылғанына қарамастан, алюминийдің 10-20% артық болуы шихтаның ену жылдамдығының максималды дамуына ықпал етеді деп айтуға болады.

Түйін сөздер: өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез, энтальпия, энтропия, Гиббс энергиясы, адиабаталық температура.

**CREATION OF A WASTE-FREE, HIGH-ENERGY TECHNOLOGY FOR OBTAINING TARGET MATERIALS
DUE TO THE HEAT OF EXOTHERMIC REACTIONS OF REACTING SUBSTANCES BY THE SHS METHOD**

Abstract. To determine the burning rate of the charge for the production of aluminum diboride, a steel pipe with a welded bottom in the form of a glass was used. Holes were drilled vertically on the side surface at a distance of 5 cm for thermocouples. The ignition was carried out from above by an electric pulse fed to the nichrome spiral through the adjustable laboratory autotransformer. To fix the burning rate, chromel-alumel thermocouples were used. The signal from the thermocouple was recorded on a two-channel USB oscilloscope Acute TS2212F.

Before conducting experiments to determine the effect of the granulometric composition, all the initial powders were dried. Then the powders were sieved into fractions. After preparation, the powders were dosed in accordance with the calculated composition and thoroughly mixed to evenly distribute the components among themselves.

Despite the fact that the resulting alloy does not form a single dense ingot and is presented in the form of sweat balls in the slag phase, it can be argued that an excess of aluminum of 10-20% contributes to the maximum development of the charge penetration rate.

Key words: SHS, enthalpy, entropy, Gibbs energy, adiabatic temperature.

Сведения об авторах

Акназаров Сестазер Хусаинович, Академик Казахстанской Национальной Академии Естественных Наук, доктор химических наук, Генеральный директор ТОО «Научный производственно-технический центр «Жалын», профессор кафедры химической физики и материаловедения факультета химии и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби. e-mail: sestager@mail.ru

Мутушев Алибек Жумабекович, PhD докторант кафедры химической физики и материаловедения КазНУ. e-mail: alibek_090@mail.ru

JuanMariaGonzalez-Leal, профессор кафедры физики конденсированных сред Университета Кадис (Испания). e-mail: juanmaria.gonzalez@uca.es

Байракова Ольга Степановна, ответственный исполнитель программы, высшее образование, высококвалифицированный химик-технолог в области синтеза антикоррозионных покрытий из композиционных материалов. Имеет опыт работы в проведении экспериментальных исследований физико-химических, механических свойств металлов и сплавов при самовоспламеняющимся высокотемпературным синтезе различных износостойких материалов и композиций. e-mail: alibek_090@mail.ru

Аллан Ислам Құдайбердіұлы, магистрант кафедры химической физики и материаловедения КазНУ, имеет опыт работы в проведении экспериментальных исследований. e-mail: islam.102.ima@gmail.com

Пономарева Елена Александровна, высшее образование, химик-технолог. Область научных интересов: разработка технологических процессов, исследование металлургических процессов плавки и напыления материалов на различные поверхности. e-mail: ponomareva2003@mail.ru

Қыдырәлі Саят Еркеқұлы, PhD докторант кафедры химической физики и материаловедения КазНУ. e-mail: skydyrali@bk.ru

ИЗУЧЕНИЕ ДИФфуЗИОННЫХ ОБЛАСТЕЙ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕНИЯ БРИКЕТА С ВОЗДУШНЫМИ КАНАЛАМИ

А.Б. Артыкбаева¹, А.О. Жапекова¹, Б.У. Рахимова¹, М.И. Тулепов¹, Ж.Б. Кудьярова¹, Ж. Амир¹
¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Главная цель производства угольных брикетов с воздушными каналами основана на изменении диффузионных потоков окислителя и повышении числа летучих. Выход летучих веществ, в свою очередь, зависит от количества воды, которая по мере испарения может значительно увеличивать количество летучих веществ. Исследовались угольные брикеты из некондиционного угля со связующими. Визуальные наблюдения после добавления крахмала показали уровень покрытия брикета. В частности, увеличение количества крахмала до 50% в составе угольного брикета позволило связующему двигаться глубже в пористую поверхность и занимать новые поровые пространства в угольной массе. Таким образом, из приведенных результатов следует, что термообработанные брикеты с новым связующим материалом по показателям механической прочности и атмосферо-водоустойчивости значительно превышают требования потребительских стандартов на бытовое брикетное топливо, предъявляемые на отечественном и зарубежном рынках.

Ключевые слова: Брикеты, диффузионные области, связующие вещество, крахмал, гудрон.

Введение. Многочисленные работы по созданию альтернативных источников тепловой энергии за счет производства топливных брикетов из вторичного использования горючих материалов обусловлены рядом причин. Это, прежде всего, потребность в утилизации промышленных и бытовых отходов, дефицит природного топлива в некоторых регионах, наконец, осознание необходимости экономного использования природных ресурсов.

Для брикетирования требуется добавление связующего материала, который удерживает брикет вместе для транспортировки, формирования брикета и хранения. Кроме того, прочность, термостойкость, эффективность сгорания и стоимость брикета также зависят от качества связующего для брикетов [1]. В работе Zhong и др., с добавлением 15 мас.% смешанных связующих (меласса = 13:2) сопротивление падению и прочность на сжатие высушенных брикетов увеличились до 56,6 раза/2 м и 13,06 МПа соответственно. Но добавление большого количества

связующих и поверхностно-активных веществ делало весь процесс неэкономичным и сложным. А добавление каменноугольного пека может привести к загрязнению окружающей среды в процессе горения [2]. Подбор качественного связующего значительно улучшает физико-химические и горючие свойства материала [5]. Кроме того, улучшается транспортировка. Многочисленные исследования [3-4] были проведены по производству и характеристике брикетов. Все исследованные связующие как эпоксидная смола, гудрон, крахмал и рисовая шелуха могут быть использованы при брикетировании композиционной шихты, однако каждое из них требует определенной последовательности в термообработке и определенных кинетических параметров.

Massaro и др. обнаружали, что с добавлением 10 % твердых бытовых отходов (полиэтилена низкой плотности) измеренная более высокая теплотворная способность угля увеличилась с 21,9 до 24,3 МДж/кг, а

брикет обладал хорошей водостойкостью. Однако предел текучести этих брикетов все еще был ниже 100 Н даже при добавлении 15 % полиэтилена низкой плотности. Брикеты, вероятно, должны иметь предел текучести в несколько раз больше 150 Н, чтобы быть пригодными в качестве замены угля [6]. Для приготовления брикета необходимо найти высокоэффективное связующее.

Методы исследования. В качестве объекта исследования для получения брикетов из угля и полимеров и исследования структуры и состава углей были выбраны угли месторождения Шубарколь, Каражира, региона Казахстана. Для проведения экспериментов смеси твердых полимерных остатков предварительно подвергали термообработке и затем совместно с углем проводили механообработку до размера частиц > 200 мкм. Для получения брикетов с воздушными каналами в лаборатории осуществлялось брикетирование с применением вставных каналов для создания концентрических отверстий и использованием пресса при давлении от 100 до 200 МПа со связующими в виде крахмала и без связующих добавок.

На рисунке 1 представлен пример брикета с воздушным каналом. Он имеет овальный размер с диаметром концентрических отверстий 0,01 м.

Результаты исследования. Визуальные наблюдения после добавления крахмала показали уровень покрытия брикета. Поверхность была более гладкой, покрытые поры больше не различимы, но наличие отверстий под покрытиями все еще может действовать как проход воздуха и помощь в процессе сгорания.

Немаловажную роль играет количество связующих в виде биомассы крахмала в увеличении количества летучих, обычно биомасса содержит высокое содержание летучих веществ от 70 до 86% и низкое содержание полукокса. Это делает биомассу высоко реактивным топливом, дающим более высокую скорость горения во время фазы инициализации, чем другие виды топлива. Бумажный картон, содержащий до 70 % летучих веществ приводит к легкому воспламенению брикета и пропорциональному увеличению длины пламени.

Были установлены оптимальные технологические режимы производства брикетов из некондиционных углей месторождение Каражира: прессование при – 150 МПа, влажность угля – 8- 10,5 %, дисперсность угля – 0-5 мм, температура предварительной обработки 230 °С и предварительная механоактивация с прогревом гудрона, древесного угля и полимерных материалов (таблица 1).



Рисунок 1 – Брикет с воздушными каналами

Температуру горения измеряли оптическим пирометром марки Raytek Zi 1M (2006 г.) предназначен для измерения температуры от 600 до 30000С. Изменения поверхности и структуры выявляли с помощью сканирующего электронного микроскопа NtegraThema.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики синтезированных образцов брикетов

Состав брикетов	Прессование Р, МПа	Влажность угля, %	Дисперсность угля, мм	Прочность температурной до активации, Разрушение при МПа	Прочность после механоактивации с предварительной обработкой при 230°C Разрушение при МПа
80 мас. % С+20 мас. % гудрона;	150	10,5	0-5	0,5	0,7
75 мас. % С+15 мас. % гудрона+10 мас. % древесного угля;	150	9,5	0-5	0,4	0,6
75 мас. % угля+15 мас. % гудрона+0 мас. % ПЭТФ	100	8,5	0-5	1	1,2

Были приготовлены составы со следующим соотношением: 1) 80 мас. % угля + 20 мас. % гудрона; 2) 75 мас. % угля + 15 мас. % гудрона + 10 мас. % древесного угля; 3) 75 мас. % угля + 15 мас. % гудрона + 10 мас. % полимера были определены следующие основные характеристики: прочность при сжатии, зольность, выход летучих веществ, теплоты сгорания (таблица 1).

Результаты исследования показали, что введение в состав брикетов наполнителей гудрона и полимера приводит к значительному улучшению технических характеристик разработанных брикетов. Наибольшую прочность имеют брикеты при совместном использовании полимеров и гудрона с предварительной пробоподготовкой, в частности значение прочности при сжатии выше при связующих в 0,5 раза, а при механоактивации добавок – в 1,2 раза в зависимости от природы наполнителя.

Сжигание полученного брикетов показало, что возгорание брикетов происходит в течение двух минут, причем незначительное выделение копоти при загорании и горении наблюдается для брикетных образцов, содержащих как немодифицированный, так и модифицированный брикет (рисунок 2).



Рисунок 2 - Горение брикета состава 75 мас. % угля + 15 мас. % гудрона + 10 мас. % ПЭТФ

Обсуждение результатов. Исследовались параметры горения, которые включают температуру воспламенения, пиковую температуру, максимальную скорость горения и время выгорания, полученные из термопрофилей горения брикетов. Параметры сгорания (рисунок 3) четко отображают характеристики сгорания образцов брикетов, в частности уголь с гудроном характеризуется температурой воспламенения 470°C, что является наиболее легко воспламеняемым углем, в то время как уголь с жидким стеклом имеет самую высокую температуру воспламенения (580°C), но

при этом устанавливается стабильная пиковая температура горения (1000°C) и достигается самое длительное время выгорания (200-300 мин), что указывает на то, что уголь с жидким стеклом будет воспламеняться при высоких температурах и продолжит горение в течение длительного времени.

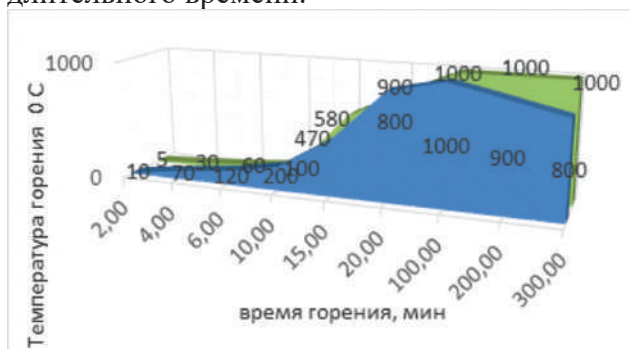


Рисунок 3 - Параметры горения угольных брикетов (синий уголь с гудроном, зеленый уголь с жидким стеклом)

Фиксированный углерод брикета, представляющий собой процент углерода (твердого топлива), доступного для сжигания полукочка после отгонки летучего вещества, был определен как 40,7% в синтезированном брикете при случае добавки в виде связующего гудрона (рисунок 4). Фиксированный углерод дает приблизительную оценку теплотворной способности топлива и выступает в качестве основного генератора тепла при горении.

Установлено, что количество фиксированного углерода увеличивает теплотворную способность по мере увеличения количества ароматической составляющей, последняя увеличивается в случае применения связующего в виде гудрона. Высокое содержание фиксированного углерода в брикете означает, что в процессе горения количество летучих с большим содержанием углерода может опередить количество летучих, образуемых от влажных составляющих и вследствие этого снизить количество избыточной влаги, отрицательно влияющей на суммарную теплотворную способность брикета.

В образцах брикетов со связующим от биомассы, когда отношение крахмала с избытком влажности увеличивается, содержание углерода в брикете также увеличивается. Это могло бы способствовать большему количеству атомов углерода в брикете.

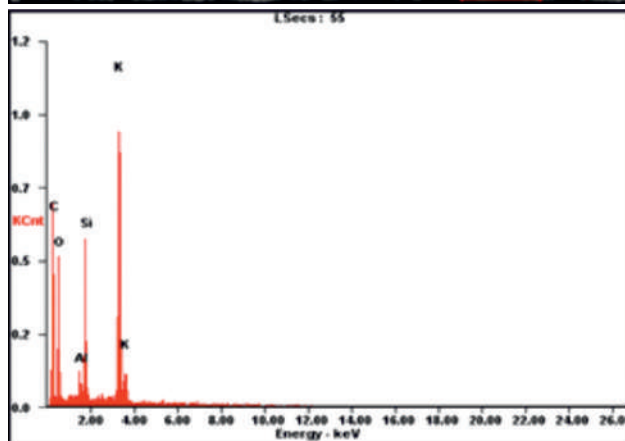
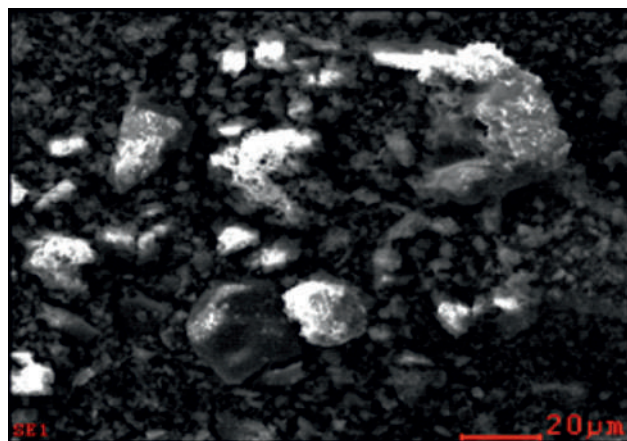


Рисунок 4 – СЭМ снимок фиксированного углерода с налетом золы

В образцах брикетов со связующим от биомассы, когда отношение крахмала с избытком влажности увеличивается, содержание углерода в брикете также увеличивается. Это могло бы способствовать большему количеству атомов углерода в брикете.

Визуальные наблюдения показывают, что при горении с безвоздушными каналами огранки брикетов окружены облаком продуктов сгорания, которые тормозят подвод кислорода к поверхности, вследствие этого интенсификация горения при безвоздушном горении объясняется исключительно увеличением суммарной реагирующей поверхности частиц.

Были подготовлены 4 образца с различным соотношением связующего и угля и обозначены соответствующими буквенными значениями А-В-С-Д. В таблице 2 приводятся измеренные физико-химические показатели брикетов.

Таблица 2 – Влияние соотношения уголь / связующее на объемную плотность, прочность на сжатие, скорость горения и время воспламенения

Уголь/ крахмал	Объемная плотность, г/см ³	Прочность на сжатие, МПа	Скорость горения, г/с	Время воспламенения, сек	Масса на разрушение, кг/ см ²
А -70/30	0,84	1-2 МПа	0,07	185	3,4
В -60/40	0,83	2-3 МПа	0,08	148	7,1
С -50/50	0,89	2-3 МПа	0,09	140	9,0
Д -30/70	0,80	3-5 МПа	0,09	186	4,1

Данные таблицы 2 показали, что результаты теста прочности на сжатие показывают, что отношение угля к связующему 30:70 (Д) имеет самую высокую прочность на сжатие, за которой следует 50:50 (С, В), а самое низкое - 70:30 (А). Из-за гигроскопических свойств крахмала влага может задерживаться внутри брикета. Высокая пластичность образца С была обусловлена большим количеством крахмала, смешанной с углем. Увеличение количества крахмала, добавленной в уголь, вызывало больший склеивающий эффект, но увеличивало количество влаги. Увеличение отношения связующее / уголь (Д) может сделать брикет менее устойчивым к растрескиванию, но сделало брикет податливым. По техническим показателям в период транспортировки и обработки брикет С более устойчив к разрушению, чем В, но менее устойчив к растрескиванию. Образец А показал слабую устойчивость как к разрушению, так и к растрескиванию.

Объемная плотность и прочность на сжатие показали обратную зависимость друг от друга. Результаты показывают, что брикет с самой низкой насыпной плотностью, которая составляет для образца Д (30:70) 0,80 г/см³, имеет самую высокую прочность на сжатие 3-5 МПа.

Следующим рассматриваемым техническим показателем брикетов было определение трещин и разрушении при подаче нагрузки. Как показали исследования первое появление и образование трещин на образце А появилось при нагрузке 3,93 кг, за которым следовал образец В, который начинал растрескиваться при воздействии 7,4 кг. Брикет С

показал максимальную прочность на сжатие, поскольку растрескивание происходило при значительно более высокой нагрузке - 9 кг. Крахмал улучшает адгезию частиц и образует прочные межчастичные связи между частицами, тем самым повышая стабильность материала, но в его избытке образец Д, происходит разрушение брикета.

Так, при температуре в окрестности частицы 1200°С и наличии достаточного количества свободного кислорода в топочном пространстве совокупность протекающих химических реакций может быть описана следующим итоговим уравнением:



А при температуре выше 1500 °С



Таким образом, при повышении температуры в окрестности частицы доля СО у ее поверхности возрастает. При подаче в топочное пространство количества воздуха достаточного для обеспечения нормального горения догорание СО происходит в потоке продуктов сгорания.

Выводы: 1. Брикеты угля с безвоздушными каналами в не зависимости от содержания связующего имеют сходную тенденцию пиролиза, которая происходит при температуре около 500°С, и этот процесс непрерывно продолжается вместе с их сжиганием, имеют сопоставимые характеристики горения: температура воспламенения 480-540°С, пиковая температура 600-1000°С и время выгорания 75-80 мин.

2. Введение в состав брикетов наполнителей гудрона и полимера приводит к значительному улучшению технических характери-

стик разработанных брикетов. Наибольшую прочность имеют брикеты при совместном использовании полимеров и гудрона с предварительной пробо подготовкой, в частности

значение прочности при сжатии выше при связующих в 0,5 раза, а при механоактивации добавок – в 1,2 раза в зависимости от природы наполнителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Altun NE, Hicilymaz C, Kök MV. Effect of different binders on the combustion properties of lignite part I. Effect on thermal properties. // *J Therm Anal Calorim.* -2001. -V. 65. -P. 787-795.
- 2 Zhong Q, Yang YB, Li Q, Xu B, Jiang T. Coal tar pitch and molasses blended binder for production of formed coal briquettes from high volatile coal. // *Fuel Process Technol.* -2017. -V. 157.- P. 12-19.
- 3 Ермагамбет Б.Т., Касенов Б.К., Бектурганов Н.С., Байбеков С.Н., Набиев М.А., Касенова Ш.Б. Чистые угольные технологии: теория и практика. -Караганда: Tengritd, 2013. - 276 с.
- 4 Ширшиков В. И. Химия и технология производства древесно-угольных брикетов. – СПб.:Химиздат, 2012. – 196 с.
- 5 Guojie Zhang, Yinghui Sun, Ying Xu. Review of briquette binders and briquetting mechanism. // *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* -2018. -V. 82. -P.477–487.
- 6 Massaro MM, Son SF, Groven LJ. Mechanical, pyrolysis, and combustion characterization of briquetted coal fines with municipal solid waste plastic (MSW) binders. // *Fuel.* -2014. -V. 115. -P. 62-69.
- 7 Сухомлинов Д.В. Технологии изготовления топливных брикетов с низкой температурой воспламенения из отходов угольной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. - № 5. - С.14-17.

АУА АРНАЛАРЫ БАР БРИКЕТТІҢ ЖАНУЫН ЗЕРТТЕУДІҢ ДИФФУЗИЯЛЫҚ АЙМАҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ

Түйіндеме. Ауа арналары бар көмір брикеттерін өндірудің негізгі мақсаты тотықтырғыштың диффузиялық ағындарын өзгертуге және ұшқыш заттардың санын көбейтуге негізделген. Ұшқыш заттардың бөлінуі, өз кезегінде, булану кезінде ұшқыш заттардың мөлшерін айтарлықтай арттыруы мүмкін судың мөлшеріне байланысты. Байланыстырғыштары бар сапасыз көмірден көмір брикеттері алынып, зерттелді. Крахмал қосылғаннан кейін визуалды бақылау брикеттің жабылу деңгейін көрсетті. Атап айтқанда, көмір брикетінің құрамындағы крахмал мөлшерінің 50%-ға дейін артуы байланыстырғыштың кеуекті бетке тереңірек жылжуына және көмір массасындағы жаңа кеуекті кеңістіктердің алынуына мүмкіндік берді. Осылайша, жоғарыда келтірілген нәтижелерден, механикалық беріктігі және ауа-райына төзімділігі бойынша жаңа байланыстырғыш материалы бар термиялық өндеуден өткен брикеттердің ішкі және сыртқы нарықта ұсынылған тұрмыстық брикеттік отынға тұтынушы стандарттарының талаптарынан айтарлықтай асып түсетіні белгілі болды.

Түйінді сөздер: Брикеттер, диффузиялық аймақтар, байланыстырғыш заттар, крахмал, гудрон.

STUDY OF DIFFUSION AREAS OF INVESTIGATION OF COMBUSTION OF A BRIQUETTE WITH AIR CHANNELS

Abstract. The main reasons for production of coal briquettes with air channels are based on changing the diffusion flows of the oxidizer and increasing the number of volatile. The yield of volatile substances, in turn, depends on the amount of water, which, as it evaporates, can significantly increase the amount of volatile substances. Coal briquettes made of substandard coal with binders have been studied. Visual observations after the addition of starch showed the level of coating of the briquette. In particular, an increase in the amount of starch up to 50% in the composition of the coal briquette allowed the binder to go deeper into the porous surface and fill new pore spaces in the coal mass. Thus, it follows from the above results that heat-treated briquettes with a new binder significantly exceed the requirements of consumer standards for household briquette fuel on the domestic and foreign markets in terms of mechanical strength and weather resistance.

Key words: Briquettes, diffusion areas, binders, starch, tar.

Сведения об авторах

Артыкбаева Аида, магистрант КазНУ им. аль-Фараби, e-mail: aidartykbaeva@gmail.com

Жапекова Анар, PhD докторант КазНУ им. аль-Фараби, e-mail: anarazhapekova83@gmail.com

Рахимова Бибигул, PhD докторант КазНУ им. аль-Фараби, e-mail: bibaarai1976@gmail.com

Тулпов Марат, кандидат химических наук, ассоциированный профессор КазНУ им. аль-Фараби, e-mail: Marat.Tulepov@kaznu.kz

Кудьярова Жанар, кандидат химических наук, e-mail: zhanar.kudyarova@gmail.com

Амир Жанибек, PhD докторант КазНУ им. аль-Фараби.

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Регистрационное свидетельство № 7528-Ж
от 01.08.2006 г.
выдано Министерством культуры и информации
Республики Казахстан

Отв. редактор *М.Е. Сейткалиева*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Редактор текста на английском языке *Е. Бердыкулов*
Компьютерная верстка и дизайн *Н.Т. Раймкулова*
Обложка *Е.С. Кадырова*

Подписано в печать 12.03.2022.
Формат 60x84/8. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л 8,5. Тираж 350 экз. Заказ 160.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 221