

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

East European Scientific Journal

(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland.

Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dziejic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner(Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick(Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com , <http://eesa-journal.com/>

SPIS TREŚCI

NAUKI INŻYNIERYJNE I TECHNICZNE | ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Белошицкий Н. В., Белошицкая Н. И. РЕЦИКЛИНГ – ПУТЬ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.....	5
OSADCZY W., ANISIMOW K., BONDARENKO A SPRECYZOWANIE MODELU ODDZIAŁYWAŃ SEJSMICZNYCH PRZY OBECNOŚCI AKCELEROGRAMÓW TRZĘSIENIA ZIEMI	10
Васильченко Г.М. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ НА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ОГРАЖДЕНИЙ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЯ ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМОЙ	14
Войтенко И. В. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНИЗОТРОПИИ ПРОЧНОСТИ В ЗАДАЧАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕН С НЕОДНОРОДНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ.....	21
Georgieva A. V. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR RECEIPT OF FUNCTIONAL PRODUCTS OF CEREAL-BASED ENRICHED WITH PUREE MIXTURE OF PUMPKIN AND BEET.....	26
Джафаров Н. Д. ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА МНОГОКРАТНОГО УПЛОТНЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ИЗ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА.....	32
Затучный Д. А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИОСВЯЗИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ.....	38
Зинченко З.А., Самихов Ш. Р. О КИНЕТИКЕ АЗОТНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ КОНЦЕНТРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАРОР.....	41
Иванова С. С. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ.....	45
Иовдальский В. А. НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ГИС СВЧ – ДИАПАЗОНА.....	48
Aidana Irmanova, Nazira Ospanova GIS AND KNOWLEDGE SHARING: DESIGNING GIS FOR CULTURAL HERITAGE IN PAVLODAR REGION, KAZAKHSTAN.....	54
Казимиренко Ю.А. ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАДИОАКТИВНЫХ ГРУЗОВ НА ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОПЕРЕНОСА И ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ.....	58
Kamildzhanov B.I. OPTIMIZATION OF FREIGHT TRAFFIC FLOW ON THE AUTOMOBILE TRANSPORT.....	63
Карабін Д.Д., Вербицький В. Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВОК АЛЮМІНІЮ ТА ЇХ НАПИЛЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ.....	65
Кравченко Л. В. Черноволов В. А. Протасов Д. Н. МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ МАШИНАМИ КРУГОВОГО ДВИЖЕНИЯ.....	69
Кучеренко Д. Е МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	74
Кучеренко Д. Е., Гранкина Н. А. МЕТОД АНАЛГЕЗИЙНОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОТЕРАПИИ КРС.....	78
A. Zhulynskyj , L. Ladieva SIMPLIFIED MATHEMATICAL MODEL OF THE CONTACT MEMBRANE DISTILLATION PROCESS.....	83
Meshcheryakov Y.V., Griguletsky V.G., Ivakin R.A. IMPROVEMENT OF DESIGNS OF DEEP SEA WELLS, TAKING INTO ACCOUNT RESULTS OF THE ACCIDENT ON MS-252 WELL IN THE GULF OF MEXICO.....	87

Larin A.N., Chernobay G.A., Nazarenko S.Y., Lipovoy V.A. DEFINITION OF ELASTIC PROPERTIES OF FIRE HOSES OF TYPE "T" WITH A DIAMETER OF 51 MM UNDER TORSION.	90
Мазакова Б.М., Нурбекова А.Х., Найзағараева А.А. РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АЛГОРИТМОВ ПО ОБРАБОТКЕ БИОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ.....	95
Невзорова Н. А. УПРАВЛЕНИЕ ФАЛЬСИФИКАЦИЕЙ ПРИ СБОРЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	97
Пизинцали Л. В. УКРАИНА – ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ МОРСКИХ СУДОВ.....	100
Прибыльский В., Олейник С., Науен Фионг Донг ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ РИСА.....	104
Радин Ю.А. Свицерский А.Г., Лыско В.В. СОЗДАНИЕ ЦЕНТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ (ЦТП) ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК С КОТЛАМИ – УТИЛИЗАТОРАМИ.....	108
Saltykov V.M. Saltykov A.V. DEFINITION OF THE FIELD OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ARC FURNACES AND ELECTRIC SUPPLY SYSTEM.....	112
Saltykov A.V. Saltykov V.M. CONDITIONS ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY BY THE MAGNETIC FIELD OF INDUSTRIAL FREQUENCY IN THE SURROUNDING AREA FROM CABLE SYSTEMS POWER SUPPLY.....	117
Сергеева О. В., Пивоваров А.А. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ИГРАЮЩИХ РОЛЬ ЖИДКОГО КАТОДА.....	121
Скрябин И. О, Аракелян С. М., Евстунин Г. А., Абрахин С. И., Новикова О. А. ЛАЗЕРНОЕ МНОГОЛУЧЕВОЕ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	127
Tarasenko V. N., Degtev I. A., Chernysh N. D. ACOUSTIC COMFORT OF A MULTIPURPOSE HALL PALACE OF CULTURE FOR UNIVERSITY STUDENTS OF BSTU NAMED AFTER V. G. SHUKHOV.....	132
Тульский Г.Г. Диаб Хассан Сенкевич И.В. Тульская А.Г. ОКСИДНО КОБАЛЬТОВЫЙ ТИТАНОВЫЙ ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ.....	135
Khakimov Z.T. DEVELOPMENT OF METHODS FOR THE ANALYSIS OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF OPTICAL FIBER COMMUNICATION SYSTEMS.....	140
Хом'як М.І., Карабін О.Й. РАНЖУВАННЯ ТЕКСТУ ЗА ТОНАЛЬНІСТЮ.....	141
Цеханович О.М., Макальский Л. М., Кухно А. В. ОЧИСТКА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД ПОДЗЕМНОЙ ОТКАЧКИ.....	144
Скрыпников А. В., Чернышова Е. В., Поротиков А. В. ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦЫ СВЯЗНОСТИ СЛОЕВ И ДИСКРЕТНОЙ МАКРО-МОДЕЛИ СЕТИ СОЦИАЛЬНЫХ ЗАКЛАДОВ.....	148
Шевцов О. В. МОДЕЛЬ АТАКИ ПІДРОБКИ ПІДПИСУ NTRUSIGN З ПОСИЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ.....	152
Элеманова Р.Ш., Мусульманова М. М. К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ЗЕРНОВОГО НАПИТКА.....	156

NAUKI INŻYNIERYJNE I TECHNICZNE | ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РЕЦИКЛИНГ – ПУТЬ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Белошицкий Николай Владимирович

кандидат технических наук, доцент

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Белошицкая Наталья Ивановна

кандидат технических наук, доцент

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

RECYCLING AS A WAY OF OBTAINING NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES IN POWDER METALLURGY

Biloshytskiy Mykola Volodymyrovych PhD in Engineering Sciences, Associate Professor Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

Biloshytska Natalia Ivanivna PhD in Engineering Sciences, Associate Professor Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

АННОТАЦИЯ

Представлены технологии получения порошков из отходов меди, никеля, алюминиевой стружки и металлоабразивного шлифовального шлама. Показаны результаты исследования физико-технологических свойств полученных порошков. Выявлено влияние отжига на уплотняемость. Определены наиболее эффективные технологии получения порошков с высокими технологическими свойствами. Порошки, полученные согласно предложенным технологиям, рекомендуется применять для изготовления конструкционных деталей с указанными ограничениями для каждого из порошков.

ABSTRACT

Technologies for obtaining powders from wastes of copper, nickel, aluminum shavings and metal abrasive swarf are presented. Results of the study of physico-technological properties of the obtained powders are shown. The influence of annealing on compressibility is found out. The most effective technologies for obtaining powders with high technological properties are defined. The powders obtained according to the proposed technologies are recommended for manufacture of structural parts with the given restrictions for each of the powders.

Ключевые слова: диспергирование, отжиг, восстановление, порошок, гранулометрический состав, форма и размер частиц.

Key words: dispersion, annealing, restitution, powder, granulometric composition, shape and size of particles.

1. Введение

В настоящее время промышленные предприятия порошковой металлургии остро нуждаются в металлическом сырье. С ростом предприятий порошковой металлургии в мире все больше внимания уделяют вопросам рационального природопользования. Данное направление имеет ряд острых проблем. Во-первых, необходимо внедрять новые технологии при добыче производственно сырья. Во-вторых, нужно реально оценивать уровень воздействия предприятий на биосферу. В-третьих, существует проблема по разработке и внедрению новых технологий в производство, которые смогут сократить негативное влияние на окружающую среду. В-четвертых, для развития этого направления возрастает потребность в немалых инвестициях.

Поэтому получение из металлических отходов вторичных материалов – реальная необходимость для дальнейшего развития экономики. Одним из таких направлений является рециклинг меди, алюминия и дорогостоящих легированных сталей.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Современные тенденции технологического и промышленного

производства в сфере машиностроения характеризуются поиском новых материалов и технологий их получения, которые направлены на уменьшение материалоемкости изделий конструкционного назначения за счет более рационального использования сырья. Однако, как показано в работе [1], коэффициент использования материалов в промышленности от исходного сырья до готового изделия невелик. Отсюда следует, что рециклинг меди, алюминия и дорогостоящих легированных сталей является важной проблемой в развитии общества. Существуют новые технологии и оборудование для реализации промышленных и бытовых отходов [2 – 4]. Эффективным методом утилизации отходов является использование технологий порошковой металлургии. Анализ состояния металлургического и металлообрабатывающего комплексов показал, что основную массу отходов составляют дисперсные продукты: пыль, окалина, стружка, шламы, обрезки проводников кабельной промышленности.

3. Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка современных технологий переработки отходов машиностроительной промышленности в порошок для производства продукции методами порошковой металлургии.

Порошки меди получают двумя способами: электролизом и распылением расплава. Стоимость таких порошков высока вследствие больших затрат электроэнергии, значительных потерь материала на всех этапах многооперационного технологического процесса. Поэтому актуальным является создание технологии получения медного порошка, исключающей операции плавки, электролиза с применением в качестве исходного сырья медного лома кабельного производства [5].

При производстве изделий из алюминия образуется большое количество алюминиевой стружки. При извлечении алюминия из отходов экономится до 90...95% электроэнергии, необходимой для получения того же количества первичного алюминия, а также отпадает необходимость в добыче и переработке исходного сырья [6].

Также большее внимание уделяется получению порошка из шлифовальных шламов. Шлифовальные шламы, образующиеся при изготовлении деталей из легированных сталей, содержат дорогие легирующие элементы такие, как хром, молибден, кремний, никель, вольфрам и поэтому они являются ценным сырьем для получения новых видов продукции. Разработана технология переработки шламов стали 40X10C2M, образовавшихся при шлифовании автомобильных клапанов, в порошок, исследованы его технологические свойства и показана возможность использования для изготовления деталей методами порошковой металлургии.

4. Экспериментальные данные и их обработка

Лом меди поступает на переработку в виде мотков, скруток, прядей, обрезков в эмалевой, пластмассовой, хлопчатобумажной изоляции или без нее. Часть лома окислена. На первом этапе лом сортируют (удаляют приделки и паяные участки).

Известно [7], что медь, содержащая кислород, подвержена водородной болезни. Водород легко проникает в медь при высокой температуре и взаимодействует с кислородом с образованием паров воды. Пар не способен диффундировать из меди и его возрастающее давление разрушает межзеренные связи. При содержании кислорода менее 0,005% явление водородной болезни практически не наблюдается.

Для насыщения меди кислородом в технологический процесс получения порошка введена операция оксидирования с целью уменьшения энергозатрат на диспергирование. При отработке технологии использовали проводники тока из сгоревших электродвигателей и обрезков бракованного кабеля. Диаметр проводников составлял 0,5...2 мм. Для выполнения оксидирующего отжига лом загружали в контейнер, нагревали до 800°C и продували воздухом 1 час. Затем контейнер герметизировали и пропускали генераторный газ, в состав которого входят: H₂

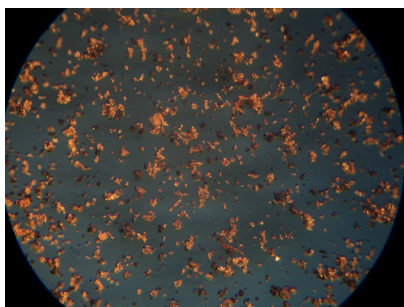
– 72%, CO – 15%, CO₂ – 11,5%, H₂O – 1,5%. Для получения водородосодержащей среды используется специально созданный генератор газа [8]. Температура наводораживающего отжига составила 750...800°C, выдержка 0,45 часа. Такая обработка переводит медь в хрупкое состояние, что позволяет осуществлять последующие операции.

При дроблении проводников тока на ножевой дробилке удаляются обгоревшие остатки изоляционных покрытий. Получение порошка из очищенных, поддробленных проводников тока осуществляются в молотковой мельнице. Ротор диаметром 250 мм с пластинчатыми молотками в количестве 24 шт. вращается с частотой 60 с⁻¹. Образовавшиеся в процессе измельчения частицы выносятся из рабочего пространства потоком воздуха в приёмный бункер, откуда периодически выгружаются в тару. В результате интенсивного измельчения и повышения температуры при диспергировании частицы порошка имеют развитую активную поверхность и быстро окисляются. Поэтому, для устранения последствий водородной болезни и снятия наклепа порошок отжигают 1 час в среде генераторного газа при температуре 500...550°C. С целью повышения коррозионной стойкости можно проводить стабилизацию порошка, как это делается при получении электролитического медного порошка.

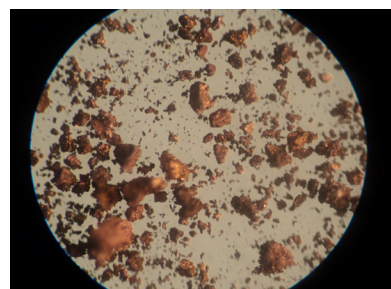
Отжиг приводит к снятию наклепа, о чем свидетельствуют результаты измерения микротвердости, выполненные на приборе ПМТ-3 при нагрузке 20 г. Измерения показали, что до отжига микротвердость составляет 750...950 МПа, а после отжига – 200...412 МПа.

Порошок из отходов в сравнении с электролитическим порошком марки ПМС-В имеет повышенное содержание железа (на 0,16%) и 0,1% Si. Примесь кремния после восстановительного отжига находится в связанном состоянии (растворимость 3,9% при 356°C), что способствует повышению антифрикционных свойств материала и улучшает обрабатываемость меди давлением в горячем и холодном состоянии.

Гранулометрический состав и форма частиц порошка регулируются временем диспергирования и давлением воздуха, нагнетаемого в молотковую мельницу и которым измельченные частицы выносятся из рабочего пространства в приёмный бункер. При давлении 5·10⁴ Па частицы размером более 0,160 мкм составили в общем объёме не более 9%. Регулируя давление воздуха, можно получить порошок различной крупности. Наиболее крупные частицы порошка размером 0,160 мкм составляли 28%, самые мелкие размером 0,045 мкм – 25%. Отжиг не оказал существенного влияния на гранулометрический состав порошка. Форма частиц осколочная, частицы > 0,063 мм имеют форму близкую к сферической (рис. 1). Насыпная плотность порошка 3,36 г/см³.



а



б

Рис. 1. Фото порошков по переходам: а – части осколочной формы $\times 80$; б – частицы близкой к сферической форме $\times 90$

Уплотняемость порошков меди определяли по ГОСТ 25280-90. Брикетты спекали в вакуумной печи по режиму: нагрев до $300\text{...}350^\circ\text{C}$ и выдержка 1 час, затем нагрев до 950° и выдержка 2,5 часа. Плотность образцов составила $6,2\text{ г/см}^3$. Особенностью исследуемого порошка является высокая уплотняемость, что связано с размерами и формой частиц. Известно, что чем меньше частицы и более развита их поверхность, тем хуже уплотняемость. Исследуемый порошок имеет форму частиц близкую к сферической, что и определяет его высокую уплотняемость. Плотность образцов при давлении прессования 700 МПа достигает $8,15\text{ г/см}^3$. Полученный из лома порошок использовали для изготовления деталей из меди и бронз методами порошковой металлургии и обработки давлением.

Разработана технология получения порошка из отходов электродов щелочного никель-кадмиевого аккумулятора. Аккумулятор представляет собой стальной сосуд с заключенными в него электродами – ламелями, на которых содержится порошок. Ламели находятся в обертке из капроновой сетки. Положительные электроды содержат в порошке $96\text{...}97\%$ никеля, поэтому представляют наибольший интерес. Отрицательные электроды содержат малое количество никеля, поэтому в эксперименте не использовали.

Порошок на основе никеля, который может быть использован в качестве легирующих элементов, получали из отработанных аккумуляторов, которые разбирали и вынимали положительно заряженные ламели. Для удаления остатков щелочного раствора их погружали в слабый раствор серной кислоты, а затем промывали в воде при комнатной температуре. Обработанные ламели нагревали до температуры 600°C в печи без защитной атмосферы, охлаждали в воде со скоростью 60°C/с и сушили на воз-

духе при комнатной температуре. Термообработка способствовала охрупчиванию ламелей. Просушенные ламели подвергали дроблению на ножевой дробилке, а затем размалывали в молотковой мельнице, отжигали в восстановительной среде и удаляли неметаллические включения магнитной сепарацией. Химический состав полученного порошка: $96\text{...}97\%$ Ni, $0,5\text{...}0,7\%$ Al, $0,7\text{...}0,8\%$ Si, $0,6\text{...}0,7\%$ Co, $0,4\text{...}0,8\%$ Fe, $0,04\text{...}0,08\%$ Mn. Частицы имеют неправильную округлую форму размером от $0,315\text{ мкм}$ (1%) до $0,045\text{ мкм}$ (11%). Насыпная плотность $2,9\text{ г/см}^3$. Микротвердость $1140\text{...}1150\text{ МПа}$.

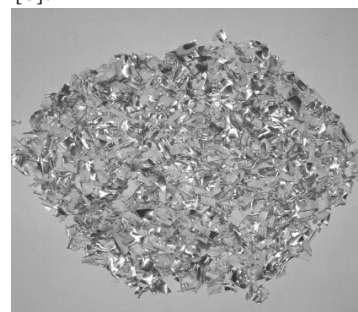
Порошок на основе никеля содержит упрочняющие фазы, образующиеся при его изготовлении с применением термической обработки, следствием чего является высокая микротвердость. Поэтому при высоких давлениях прессования уплотняемость порошка примерно в 1,6 раза меньше, чем медного. Уплотняемость медного порошка уменьшается при добавлении в него порошка на основе никеля и графита в 1,2 раза в сравнении с чистым медным порошком.

Порошок на основе никеля из отходов аккумуляторов совместно с медным порошком применен для изготовления деталей из медноникелевых бронз.

Одним из источников алюминиевой стружки является Conform-процесс, с помощью которого из прутка получают трубку. Алюминиевый пруток марки А7Е (ГОСТ 4784-97) прежде чем попасть в машину Conform, заготовка очищается от оксидной пленки путем срезания поверхностного слоя, для чего применяются вольфрамово-карбидные матрицы немного большего диаметра, чем заготовка. В результате образуется стружка, имеющая вьюнообразную форму (рис. 2, а). Толщина элементов стружки $0,2\text{...}1,5\text{ мм}$, ширина $5\text{...}15\text{ мм}$ [6].



а



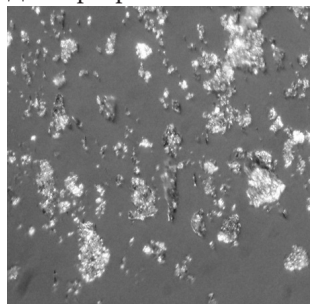
б

Рис. 2. Фото стружки по переходам: а – исходной стружки; б – после ножевой дробилки

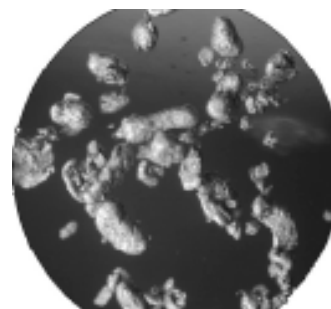
Технология получения порошка из стружки состояла из следующих операций: предварительное измельчение в ножевой дробилке; диспергирование в ножевой мельнице вихревого типа с добавлением конденсаторного масла; отжиг. Определение физико-технологических свойств порошка выполняли по следующим методикам: гранулометрический состав по ГОСТ 18318-94; форму частиц по ГОСТ 25849-83; насыпную плотность по ГОСТ 19440-94; плотность утряски по ГОСТ 25279-93, уплотняемость по ГОСТ 25280-90.

Предварительное измельчение в ножевой дробилке является подготовительной операцией для получения более мелких элементов с размером 2...5 мм (рис. 2, б).

Диспергирование в ножевой мельнице вихревого типа



а



б

Рис. 3. Форма частиц: а – размером < 0,2 мм; б – размером 0,2...0,315, ×80

Уплотняемость порошка, с ростом давления увеличивается. Для фракции порошка менее 0,2 мм уплотняемость низкая при всех давлениях прессования и при давлении 800 МПа плотность составляет 2,67 г/см³. Уплотняемость образцов при размере частиц 0,9...1,6 мм и 0,2...0,9 мм при высоких давлениях стремится к постоянной величине равной 2,68 г/см³. Отжиг приводит к снятию упрочнения и повышению уплотняемости порошка всех фракций. При давлении 800 МПа плотность образцов из порошков всех фракций составляет 2,68...2,69 г/см³.

Шлифовальный шлам стали 40Х10С2М содержит 70% металла, 10% неметаллических фракций (продуктов раз-

рушения абразивного инструмента при шлифовании) и 20% смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Более 10...15% шлама – конгломераты, которые представляют собой окисленные металлические и неметаллические частицы, сцементированные СОЖ. Металлографическими исследованиями установлено, что металлическая часть состоит из стружки различных форм: тонкой вьюнообразной, вытянутой, изогнутой (саблевидной) и в виде осколочных частиц (рис. 4). Средние размеры стружки следующие: вьюнообразной – толщина 0,015...0,110 мм, длина 0,5...2,5 мм; вытянутой – толщина 0,006...0,025 мм, длина 0,05...0,2 мм, осколочных частиц – 0,015...0,110 мм.

По разработанной технологии получено три фракции порошка: менее 0,2 мм; 0,2...0,9 мм; 0,9...1,6 мм.

Установлено, что с ростом размера частиц насыпная плотность и плотность утряски увеличивается: 1,24...1,33 г/см³ и 1,42...1,49 г/см³ соответственно.

Форма частиц порошка с размером менее 0,315 мм – близкая к сферической с наличием мелкой осколочной фракции (рис. 3).

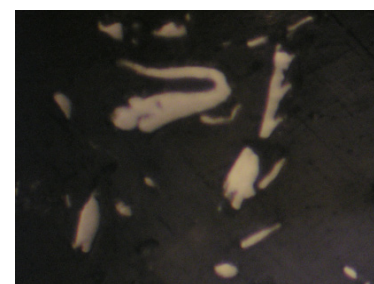
рушения абразивного инструмента при шлифовании) и 20% смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Более 10...15% шлама – конгломераты, которые представляют собой окисленные металлические и неметаллические частицы, сцементированные СОЖ. Металлографическими исследованиями установлено, что металлическая часть состоит из стружки различных форм: тонкой вьюнообразной, вытянутой, изогнутой (саблевидной) и в виде осколочных частиц (рис. 4). Средние размеры стружки следующие: вьюнообразной – толщина 0,015...0,110 мм, длина 0,5...2,5 мм; вытянутой – толщина 0,006...0,025 мм, длина 0,05...0,2 мм, осколочных частиц – 0,015...0,110 мм.



а



б



в

Рис. 4. Фото частиц металлической составляющей шлама: а – вьюнообразная; б – вытянутая; в – осколочная, ×90

Согласно разработанной технологии, на первом этапе шлам подвергается обработке в течение 0,5, 1,0 и 2,0 часа в шаровой мельнице с измельчающими телами в горячей воде (температура 60...80°C, количество воды 2...3 л на 1 кг шлама, масса шаров 4 кг на 1 кг шлама). В качестве измельчающей среды используются металлические шары из стали ШХ15 диаметром 25 мм. При такой обработке происходит разрушение конгломератов, частичное удале-

ние СОЖ и масляных загрязнений, измельчение стружки. Мелкие абразивные частицы, представляющие собой продукт разрушения шлифовальных кругов, оказывают положительное влияние на скорость и качество процесса. Высокая микротвердость измельчаемых частиц способствует охрупчиванию. После флотации полученный продукт обрабатывается по приведенному выше режиму. Масло, скапливающееся на поверхности воды, отправля-

ется на переработку, а вода повторно используется в технологическом процессе. Осадок (ржавчина) после сушки восстанавливается и добавляется в полученный порошок на конечной стадии. Химический состав полученного порошка: 0,85...0,87% C, 9,4...9,6% Cr, 2,1...2,17% Si, Ni, Mo, V – следы, нерастворимый осадок –3,5...4,0% [9].

Порошок подвергали контрольным анализам. Исследовали гранулометрический состав, насыпную плотность, форму частиц на металлографическом микроскопе МИМ 7. Текучесть измеряли по углу естественного откоса свободно насыпанного порошка, т.к. при определении текучести по ГОСТ 20899-75 порошок не вытекает через калиброванное отверстие диаметром 2,5 мм, что регламентировано стандартом. Плотность утряски определяли путем утряски навески массой 50 г до постоянного объема. Испытания производили в мензурке с делениями путем непосредственного отсчета объема, занятого порошком.

Утряску выполняли с помощью механического вибратора. Амплитуда колебаний составляла 3 мм, а частота - 30 кол/мин. Уплотняемость определяли по ГОСТ 25280-82, а формуемость оценивали на тех же образцах по наличию трещин, которые фиксировали с помощью оптического микроскопа с увеличением $\times 150$.

После обработки в шаровой мельнице в течение 2 часов получен мелкодисперсный порошок, частицы которого имеют в основном сферическую и овальную формы. При обработке в течение 1 часа порошок состоит из сферических, овальных и осколочных частиц с преобладанием осколочных и овальных.

Результаты определения гранулометрического состава представлены в табл. 1. Установлено, что с увеличением времени обработки возрастает количество мелкой фракции.

Таблица 1

Гранулометрический состав порошка

Время помола, час	Фракции, %, менее				
	0,05	0,063	0,01	0,16	0,2
1	21,5	30,8	30,7	12,3	4,6
2	35,5	56,6	5,5	1,6	0,6

Насыпная плотность значительно возрастает с увеличением времени измельчения до 1,0 часа, а при дальнейшем увеличении до 2,0 часов повышается незначительно, достигая 2,2 г/см³.

Уплотняемость порошка при давлении прессования 800 МПа низкая, плотность прессовок не превышает 5 г/см³.

Порошок имеет также низкую формуемость. При давлении прессования 200 МПа крошки прессовок из такого порошка при выталкивании из матрицы осыпаются, а при давлении 700 МПа на поверхности образцов появляются трещины.

Проведенные исследования показали, что порошок, полученный из шлифовального шлама стали 40X10C2M, имеет низкие технологические характеристики. Для их улучшения необходимо применение различных технологических добавок, которые влияют на реологические свойства порошков, что приводит к изменению формуемости и уплотняемости. В качестве добавок использовали стеарат цинка и поливиниловый спирт (ПВС) [10].

Образцы из порошка с добавлением 0,8% стеарата цинка не имели видимых дефектов при прессовании в диапазоне давлений от 200 до 800 МПа. Еще более высокую формуемость имеют образцы, полученные из смеси порошка с 10% водным раствором ПВС, который доводили до кипения, охлаждали и смешивали с порошком в смесителе в соотношении 1:8 по массе (1% ПВС в пересчете на сухое вещество).

Наибольшая плотность (5,6...5,8 г/см³), что соответствует пористости примерно 23%) при отсутствии расслоений и трещин получена при прессовании порошка после обработки в течение 1 ч при смешивании его с поливиниловым спиртом.

Введение технологических добавок также влияет на величину упругого последействия, которое при давлении

прессования 700 МПа составило: для порошка без добавок – 0,93%, при введении стеарата цинка – 0,52%, при введении ПВС – 0,39%.

5. Выводы

Представлена технология переработки отходов медных проводников тока в порошок, который имеет удовлетворительный гранулометрический состав и технологические свойства и может применяться в качестве исходного материала для деталей машиностроения. Исследование свойств порошка, полученного технологией переработки отходов щелочных аккумуляторов, показало, что порошок имеет высокую микротвердость, поэтому его можно использовать в качестве лигатуры при получении антифрикционных материалов на основе меди. Порошок алюминия из отходов Conform-процесса, полученный по представленной технологии, рекомендуется в качестве исходного сырья для изготовления антифрикционных малонагруженных деталей конструкционного назначения. Представлена технология переработки шлифовального шлама жаропрочной стали 40X10C2M в порошок. Полученный порошок при добавлении 1% поливинилового спирта обладает удовлетворительными свойствами и рекомендуется для изготовления деталей методами порошковой металлургии.

Литература

1. Кипарисов, С.С. Ресурсосберегающий и природоохраняющий потенциал порошковых материалов и технологий: реализация в сфере переработки вторичных ресурсов [Текст] / С.С. Кипарисов, О.В. Падалко, Ю.В. Левинский [и др.] // Порошковая металлургия. – 1993. – №6. – С.1-4.

2. Рябичева, Л.А. Отходы промышленности – источник исходных материалов для порошковой металлургии [Текст] / Л.А. Рябичева, Ю.Н. Никитин, Н.В. Белошицкий,

[и др.]// МТМ 07 Conference Wastes of industry proceedings. – Bularia, Sofia, 2007. – С. 434-438.

3. Пальгунов П.П. Утилизация промышленных отходов [Текст] / Пальгунов П.П., Сумароков М.В. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.

4. Резник С.В. Прогрессивные термические технологии переработки бытовых отходов и промышленных отходов стекла [Текст] / С.В. Резник, Д.Ю. Калинин, А.В. Шуляковский // Передовые термические технологии и материалы: Труды международного симпозиума. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – Ч.1. – С. 21-25.

5. Рябичева, Л.О. Спосіб одержання порошку міді: Патент на винахід 64966 А. Україна [Текст] / С.С. Раев, Л.О. Рябичева, А.Т. Циркін [та ін]. Опубл. 15.03.04. Бюл. №1. – 3 с.

6. Рябичева, Л.А. Технология получения порошка из алюминиевой стружки [Текст] / Л.А. Рябичева, Н.В. Белошицкий, А.И. Добрыднева [и др.] // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у

машинобудуванні: 36. наук. пр. – Луганськ: Вид-во СЧУ ім. В. Даля, 2013. – № 1. – С. 134 – 141.

7. Кипарисов С.С. Порошковая металлургия [Текст] / Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. – М: Металлургия, 1991. – 468 с.

8. Циркін, А.Т. Газогенератор. Патент на винахід 11201 А. Україна [Текст] / А.Т. Циркін, О.В. Ковалівський, М.В. Білошицький [та ін]. Опубл. 15.12.05. Бюл. №12. – 3 с.

9. Рябичева, Л.А. Экспериментальное исследование подготовки и прессования металлообразивного шлама стали 40Х10С2М [Текст] / Л.А. Рябичева, А.П. Скляр, Н.В. Белошицкий // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: 36. наук. пр. – Луганськ: Вид-во СЧУ ім. В. Даля, 2005. – С. 136-140.

10. Косторнов А.Г. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов [Текст] / Косторнов А.Г. – К.: Наукова думка, 2002. – Т1. – 569 с.

SPRECYZOWANIE MODELU ODDZIAŁYWAŃ SEJSMICZNYCH PRZY OBECNOŚCI AKCELEROGRAMÓW TRZĘSIENIA ZIEMI

*Doc. dr inż. Włodzimierz Osadczy, doc. mgr inż. Konstantyn Anisimow K.I.,
mgr inż. Anastasia Bondarenko*

Państwowa Akademia Budownictwa i Architektury, Odessa

Wykonanie budowli i konstrukcji odpornych na oddziaływania sejsmiczne jest jednym z podstawowych zadań inżynierskich przy projektowaniu i wznoszeniu obiektów w strefach zagrożonych trzęsieniami ziemi. Określenie podatności obiektów budowlanych na oddziaływania sejsmiczne możliwe jest tylko przy wykorzystaniu wiarygodnego modelu takiego oddziaływania. Znane metody, stosowane przy rozwiązaniu tego zadania, mają jednak szereg niedoskonałości które nie pozwalają na otrzymanie w pełni obiektywnego obrazu zachowania budowli przy naprężeniach sejsmicznych.

Z analizy publikacji z przeprowadzonych badań [2, 3, 4, 12, 13, 14] wynika, że kwestia wiarygodnego prognozowania wielkości i charakteru naprężeń sejsmicznych dla konkretnego obiektu budownictwa nadal jest aktualnym problemem w przypadku wznoszenia budowli w strefach sejsmicznych. Prognoza ta potrzebuje dalszych odpowiednich obliczeniowo-praktycznych badań oraz badań z natury we wskazanym zakresie.

W przedstawianym opracowaniu na podstawie analizy znanych metod oceny wielkości i charakteru naprężeń sejsmicznych oraz z uwzględnieniem zalet i wad tych metod dokonano próby zaproponowania sposobu wyboru i uformowania pakietu akceleroqramów jako jednej z metod, pozwalających na otrzymanie najbardziej wiarygodnej informacji o reakcji sejsmicznej budowli przy obliczeniach odporności sejsmicznej konstrukcji.

Przy ocenie i obliczeniowym uzasadnieniu odporności budowli i konstrukcji na trzęsienie ziemi jednym z głównych etapów jest przygotowanie modelu oddziaływania. Jeśli z obciążeniami statycznymi jest względna jasność, to prognozowanie wielkości i charakteru naprężeń sejsmicznych

pozostaje dość skomplikowanym zadaniem. Obliczenia na oddziaływania sejsmiczne w normach krajów, prowadzących budownictwo sejsmiczne [12, 13, 14], są rekomendowane do wykonania dwoma metodami: spektralną i bezpośrednią dynamiczną. Metoda spektralna jest daleka od doskonałości i ma szereg konwencji (sprzeczności). Głównym problemem jest obecność szeregu współczynników, część z których projektant przyjmuje wg swojego uznania, a współczynnik spektralny przyjmuje się wg wykresu, który z kolei nie odzwierciedla właściwości dynamicznych podłoża gruntowego placu budowy. Obecnie stosowana teoria spektralna jest wynikiem kilku etapów ewolucji, na każdym z których udoskonalała się forma wzorców oraz ich interpretacja. Przejście do nowej formy i nowej interpretacji było związane z wykryciem ewidentnych sprzeczności pomiędzy danymi z obliczeń a wynikami pomiarów z natury które do tej pory nie są rozwiązane [1]. Przy obliczeniach konstrukcji budowlanych najbardziej wiarygodną informację o reakcji sejsmicznej konstrukcji dzisiaj daje metoda bezpośredniego dynamicznego pomiaru z wykorzystaniem akceleroqramów sejsmicznych.

Tworząc model oddziaływania, projektanci często spotykają się z koniecznością wykonania obliczeń budowli i konstrukcji z wykorzystaniem tylko jednego akceleroqramu. Obliczenie na jeden akceleroqram nie tylko nie daje obiektywnego obrazu reakcji konstrukcji budowlanej, ale również dezinformuje projektanta o dynamicznym charakterze jego pracy przy obciążeniach sejsmicznych. Wyjście z tej sytuacji jest przewidziane normą w postaci rekomendacji o wykorzystaniu przy obliczeniach pakietu danych z 3-5 akceleroqramów. Przy kształtowaniu pakietu akceleroqramów bardzo ważnym jest:

- wykorzystanie syntezy akceleroqramów trzęsienia

ziemi,

- ocena identyczności lub podobieństwa wartości okresów drgań,
- wybór ograniczonej liczby akcelerogramów trzęsienia ziemi (3-5).

Wiarygodnie ocenić pracę konstrukcji budowlanej przy oddziaływaniu obciążeń sejsmicznych można przy wykorzystaniu akcelerogramów trzęsienia ziemi czy akcelerografów modelujących możliwe obciążenia sejsmiczne dla rejonu budowy. Najbardziej kompletną informację dotyczącą wielkości i charakteru drgań gruntu na badanych obszarach mogą dostarczyć zapisy z mocnych trzęsień ziemi, zarejestrowanych w rejonie planowanej inwestycji. Jednak wielkie trzęsienia ziemi zdarzają się rzadko i uzyskać z nich dane do projektu za okres zarezerwowany dla badań geologicznych i geofizycznych z reguły się nie udaje. Przy czym podczas mocnych trzęsień ziemi w kształtowaniu akcelerogramów główną rolę odgrywają okresy swobodnych wahań powierzchni gruntu [2]. Oznacza to, że na danym placu budowy akcelerogramy, zarejestrowane z różnych trzęsień ziemi, winne mieć w przybliżeniu jednakowe okresy dominujące. Fale sejsmiczne rozpowszechniają się od centrum Ziemi do jej powierzchni generując drgania gruntu z dominującymi okresami, równymi okresom drgań własnych warstwy przy powierzchni które, z kolei, w naziemnej konstrukcji powodują drgania z okresami dominującymi które są równe okresom swobodnych drgań samej konstrukcji [3]. Dlatego, w celu uwzględnienia obliczeniowych drgań sejsmicznych gruntu można wykorzystywać tak zwane syntezywane akcelerogramy obliczeniowe [4].

Kolejna osobliwość polega na tym, że główną charakterystyką jakiegokolwiek złożonego procesu oscylacyjnego jest spektrum okresów jego części składowych. Wielkości okresów drgań gruntów odgrywają istotną rolę przy badaniach zachowania konstrukcji podczas trzęsienia ziemi. Naprężenia sejsmiczne odnoszą się do wpływów dynamicznych, przy których największy poziom efektu spowodowany jest zjawiskami rezonansowymi, czyli podobieństwem lub bliskością wartości okresów drgań ziemi i swobodnych drgań budowli naziemnych [3].

Nie zważając na złożoność i pracochłonność tego procesu, pierwsze dwa punkty z wymienionych wyżej warunków zostały już rozwiązane. Syntezywane akcelerogramy można otrzymać wykorzystując znane metody [5] albo podobne do nich oraz

także odpowiednie programy obliczeniowe. Jeżeli chodzi o dostępność bezpośrednio do akcelerogramów trzęsienia ziemi, to ta informacja jest zbierana dla wielu regionów i jest możliwa do uzyskania na stronach internetowych [6, 7]. Co do kwestii wyboru akcelerografów obliczeniowych, to w niniejszym artykule proponowany jest sposób rozwiązania tego zagadnienia.

W proponowanym sposobie wyboru akcelerografów obliczeniowych wykorzystano metodę analityczną. [8]. Metoda ta pozwala ujawnić główną zasadę przy wyborze akcelerogramów – wybieramy te które mają najbardziej negatywny wpływ na projektowany obiekt i przeprowadzamy ich systematyzację. Algorytm generowania modelu oddziaływania i jej zastosowanie przedstawiono etapami:

1. Na początku wyznaczają się dynamiczne charakterystyki projektowanego obiektu przez jakikolwiek ze znanych sposobów;

2. Na kolejnym etapie tworzy się dynamiczny schemat obliczeniowy przyszłego obiektu w postaci belki bez wspornikowej [9];

3. Następnie wykorzystywane są obliczenia na istniejących w bazie akcelerogramach dla wyznaczenia takich, przy których obserwowane są maksymalne przemieszczenia i (reakcje) wysiłki w belce wspornikowej;

4. Dla ułatwienia wyboru niezbędnej ilości akcelerogramów proponuje się wykonać wykresy (rys. 3 i 4), wg których wybiera się niezbędną ilość akcelerogramów wg wskaźników maksymalnych przemieszczeń i wysiłków wewnętrznych (z tabeli 1). Ponieważ materiał graficzny jest dość obszerny, w opracowaniu przedstawione zostały wykresy przemieszczeń tylko dla wybranego poniżej przykładu. Podobne wykresy generowane są także dla sił wewnętrznych od momentów zginających i sił poprzecznych.

5. Po ukształtowaniu pakietu akcelerogramów dokonuje się obliczeń budowli z wykorzystaniem funkcji współczesnych programów obliczeniowych – „Wzory zmienności” [10] lub analogicznych do nich.

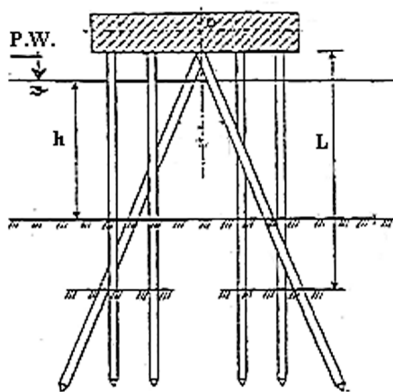
Podstawą tej metody kształtowania pakietu akcelerogramów jest spektrum reakcji pojedynczych oscylatorów w zakresie częstotliwości od 0,1 do 3 s.

Ilustrację zaproponowanej metody proponuje się przedstawić na przykładzie nabrzeża o konstrukcji pomostowej (rys. 1).

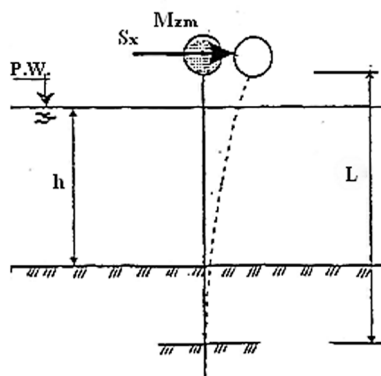
Tabela 1

Wskaźniki przemieszczeń i sił wewnętrznych

Wskaźnik okresu, s	Numer akcelerogramu							
	1		2		3		...	n
	przemieszczenie, mm	siła wzdłużna, kN	przemieszczenie, mm	siła wzdłużna, kN	przemieszczenie, mm	siła wzdłużna, kN		
0,3	-9,54	+493	-18,07	+934	+27,8	-1436	...	...
0,4	+11,78	-476	+21,63	-874	+37,04	-1500	...	...



Rys.1 Widok ogólny nabrzeża o konstrukcji pomostowej



Rys. 2 Schemat obliczeniowy konstrukcji pomostowej

Zgodnie z kształtem konstrukcji na palach, dynamiczny schemat obliczeniowy przedstawiony został w postaci wspornikowego systemu sprężystego z przyłożoną w górnej części sprowadzoną masą M_{zm} . Pozioma sztywność systemu wynika z konstrukcji budowli oraz warunkami relacji pali z gruntem podłoża i rusztu. Schemat obliczeniowy w postaci belki wspornikowej pokazano na rys. 2.

Okres wahań poziomych nadbudowy konstrukcji T , oblicza się według wzoru:

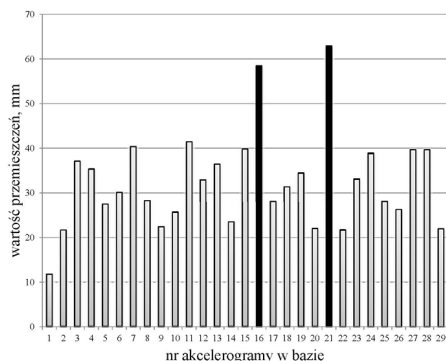
$$T = 2\delta \sqrt{\frac{I}{E}} = 0,335s \quad (1.1)$$

w M_{zm} – którym zmniejszona masa, K – sztywności belki wspornikowej.

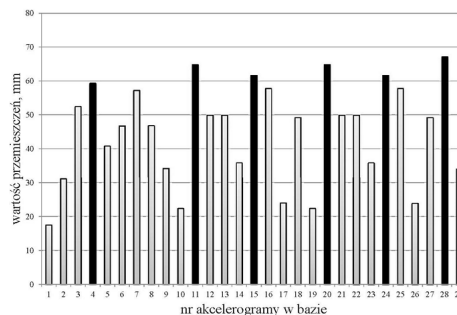
W ten sposób wg tabeli 1 wybieramy akcelerogramy dla wskaźników 0,3 i 0,4s. Na podstawie harmonogramów przytoczonych na rys. 3 i 4 dla okresów 0,3s i 0,4s odpowiednio, wybieramy 5 akcelerogramów dla kształtowania ich pakietu.

W taki sposób, dla wybranego obiektu wybieramy akcelerogramy pod numerami 11, 15, 20, 21, 28. Po tym dokonujemy obliczeń budowli z uwzględnieniem sprecyzowanego modelu wpływu.

Warto zaznaczyć, że w trakcie prowadzenia prac badawczych została podjęta próba systematyzowania akcelerogramów w zależności od amplitudy i częstotliwości drgań. Jednak trzeba przyznać, że usystematyzowanie tych parametrów nie zapewnia jednoznaczności w interpretacji otrzymanego obrazu.



Rys. 3 Wskaźniki przemieszczenia dla okresu 0,3 s



Rys. 4 Wskaźniki przemieszczenia dla okresu 0,4s

Wnioski

1. Przeprowadzono analizę znanych metod oceny

od obciążeń sejsmicznych dla projektowania obiektów budowlanych w strefach trzęsień ziemi.

2. Zaproponowano sposób kształtowania pakietu akcelerogramów na podstawie metody analitycznej, pozwalającej na sprecyzowanie modelu oddziaływania na budowlę trzęsień ziemi.

3. Opracowana metoda wyboru pakietu akcelerogramów przy obecnej bazie dla regionu budownictwa, znacznie ułatwia proces tworzenia i wyjaśnienia modelu oddziaływania, który z kolei jest jednym z głównych składników otrzymania wiarygodnych wyników o charakterze pracy budowli czy budynku.

4. W celu zmniejszenia czasochłonności i pracochłonności utworzenia modelu oddziaływania sił sejsmicznych dla danego regionu na bazie Excel może być sporządzony program, który pozwoli na podstawie wprowadzenia okresu drgań konstrukcji otrzymać określoną liczbę akcelerogramów, mających znaczący przy projektowaniu odpornej na działania sejsmiczne budowli.

OSADCZY W., ANISIMOW K., BONDARENKO A.: Sprecyzowanie modelu oddziaływań sejsmicznych przy obecności akcelerogramów trzęsienia ziemi

Dokonano analizy znanych metod oceny obciążeń sejsmicznych przy projektowaniu obiektów budowlanych w strefach zagrożonych trzęsieniem ziemi. Na podstawie metody analitycznej zaproponowano sposób formowania pakietu akcelerogramów, pozwalających na znaczne ułatwienie procesu kształtowania i sprecyzowania modelu wpływu oddziaływań sejsmicznych na budynki i budowle, jako jednego z głównych składników przy obliczeniu naprężeń sejsmicznych przy wzniesieniu budowli odpornej na trzęsienie ziemi.

Lista źródeł informacji:

1. Уздин А. М. Что скрывается за линейно-спектральной теорией сейсмостойкости / А. М. Уздин // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2009. – № 2. – С.18-22.

2. Отчет о научно-технической работе «Научно-технічний супровід проектування 7-мі секційного житлового будинку з вбудованими офісними приміщеннями та підземним паркінгом по вул. Маліноського, 62 в м. Одеса» / НДІБК. – 2010. – 88 с.

3. Хачиян Э. Е. Прикладная сейсмология / Э. Е. Ха-

чиян. – Ереван: "ГИТУТЮН" НАН РА, 2008. – 491 с.

4. Салганик М. П. Синтезированные акселерограммы для имитации сейсмических воздействий интенсивностью 7, 8 и 9 баллов / М. П. Салганик, М. Е. Прошев, В. В. Штейнберг // Сильные землетрясения и сейсмические воздействия. – 1987– №28. – С. 174-184.

5. Харламов В. Л. Моделирование акселерограмм землетрясений / В. Л. Харламов // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2005. – № 5. – С.75-76.

6. HYPERLINK [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <ftp://smftp.wr.usgs.gov/> \t "_blank" <ftp://smftp.wr.usgs.gov>

7. NATIONAL STRONG-MOTION PROJECT [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://nsmr.wr.usgs.gov>

8. Егупов К. В. Один из методов определения сейсмической нагрузки по заданной акселерограмме землетрясений / К. В. Егупов, Ю. П. Зюкин, А. С. Бондаренко // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельні конструкції». – 2010. – № 73. – С. 114-121.

9. Немчинов Ю. И. Сейсмостойкость зданий и сооружений / Ю. И. Немчинов. – Киев, 2008. – 480с.

10. Карпиловский В. С. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD / В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. А. Маляренко, А. В. Пере-льмутер, М. А. Перельмутер. – М.: СКАД СОФТ, 2007. – 609 с.

11. Пособие по определению несущей способности эксплуатируемых в сейсмических районах морских гидротехнических сооружений ВМФ. – М.: Министерство Обороны Российской Федерации, 2005. – 160 с.

12. Строительство в сейсмических районах: СНиП II-7-81* Минстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1996. - 52 с. - (Нормат. документ России).

13. EN 1998-1: 2004 Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings /cen /European Committee for Standardization. Brussels.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ НА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ОГРАЖДЕНИЙ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЯ ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМОЙ

Васильченко Галина Михайловна

кандидат технических наук, доцент

кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий,

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

FORECASTING THE STATE OF THE ENCLOSING STRUCTURES BASED ON INSTRUMENTAL EXPRESS ANALYSIS OF TEMPERATURE FIELDS ON THE INNER SURFACES OF ENCLOSURES DURING THERMAL MODERNIZATION OF A BUILDING WITH VENTILATED FACADE SYSTEM

Vasilchenko G. M. Candidate of Technical Science, assistant professor of architecture of industrial and civil buildings, State Educational institution of higher education «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты натурных исследований с помощью тепловизора и инфракрасного пирометра. Получены значения температур на внутренних поверхностях ограждений, что дает количественную и качественную картины распределения температур. Результаты расчетов подтвердили эффект термомодернизации здания с использованием вентилируемой фасадной системы «Марморок».

ABSTRACT

Given are the results of investigations on location with the help of thermal camera and infrared pyrometer. Got were the temperature values on the inner surfaces of enclosures that give us a quantitative and qualitative picture of temperature distribution. The results of the calculations confirmed the effect of thermal modernization of a building using ventilated facade system «Marmorok».

Ключевые слова: вентилируемая воздушная прослойка, температура, тепловизор, инфракрасный пирометр, термограмма, термомодернизация.

Key words: ventilated air layer, temperature, thermal camera, infrared pyrometer, thermogram, thermal modernization.

Постановка проблемы.

Фасадная теплоизоляция, в том числе с использованием вентилируемых воздушных прослоек, получила широкое распространение в мире, как при новом строительстве, так и термомодернизации жилого и общественного фонда застройки. Такая фасадная система на современном этапе может обеспечить высокие нормативные требования по тепловой изоляции зданий. Не до конца изученным на сегодняшний момент является эффект использования таких систем, который может быть определен в натурных условиях эксплуатации зданий. Любое дополнительное исследование может способствовать выявлению действительного уровня энергоэффективности и разработке предложений по его повышению. Результаты наблюдений позволят выработать единые подходы к термомодернизации зданий типовых серий. Одним из этапов энергоаудита зданий являются тепловизионные и инструментальные исследования. Первые дают, как правило, качественную картину, но могут быть выполнены в сжатые сроки. Вторые выявляют действительное состояние теплоизолирующей оболочки здания или ее элементов, однако требуют соответствующей инструментальной базы и длительных наблюдений. Выполнение предварительной оценки с использованием упомянутой тепловизионной съемки с обязательным инструментальным экспресс-анализом температурных полей на исследуемых поверхностях ограждений необходимо вести по специальной методике для таких исследований.

Анализ последних исследований и публикаций.

Методика натурных наблюдений базируется на рекомендациях ДСТУ Б В.2.6 -101 [1]. До издания этого документа тепловизионные наблюдения проводились по методике советской теплофизики, которая изложена в ГОСТ 26629-85 [2, с. 2-8]. В некоторых современных рекламных проспектах и даже в научных работах демонстрируются термограммы, сделанные с внешней стороны здания. Это справедливо для многих конструктивных решений, и совсем не годится для вентилируемых фасадных систем. Так в работе Е.К. Карапузова и В.Г. Сохи [3, с. 12] при констатации недостатков вентилируемой системы указывается, что «увлажненный утеплитель промерзает и может находиться в таком состоянии весь период сохранения минусовой температуры воздуха, в результате чего стены промерзают». Такие случаи действительно могут иметь место, но тепловизионными исследованиями (для подкрепления этого факта авторы приводят термограммы с внешней стороны наблюдения Рис. 1), эти недостатки обнаружить невозможно. На приведенных термограммах видно «холодную» внешнюю поверхность облицовки, что даже очень хорошо. Если бы она была «теплой», то это свидетельствовало бы о значительных теплопотерях. А сказать, увлажненный или сухой утеплитель за этой облицовкой, невозможно. Про эффективность утепления и приблизительное значение приведенного сопротивления теплопередачи стены с вентилируемой системой можно рассуждать только при тепловизионных наблюдениях с внутренней стороны ограждения.

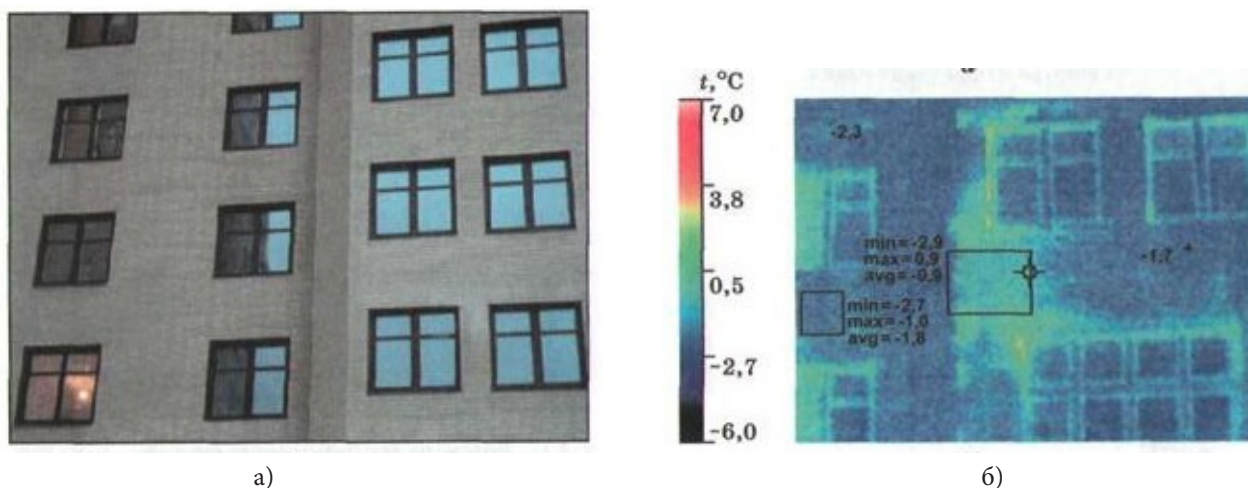


Рис. 1. Пример демонстрации результатов тепловизионного исследования [3, с. 12] вентилируемой фасадной системы, выполненных снаружи: а – общий вид; б – термограмма.

Вышедшее ДСТУ Б EN 13187:2012 [4] дает прямое указание о качественной картине получаемых результатов любых тепловизионных исследований.

Определение температуры на поверхности ограждения с помощью инфракрасного пирометра является современным способом экспресс-анализа. Это стало актуально в последнее время с появлением высокоточных приборов.

Получаемые указанными способами температурные поля следует приводить к расчетным внутренним и наружным условиям эксплуатации. Таковыми являются для жилого здания температура внутреннего воздуха $t_{в}=20$ оС и наружного для первой температурной зоны $t_{н} = -22$ оС [7, с. 24-25].

Температура внутренней поверхности ограждения при расчетных температурных условиях согласно [1] определяется по формуле, имеющей вид

$$\tau_{в} = t_{в} - (t_{в} - \tau_{в}') \cdot \frac{\alpha_{вэ}}{\alpha_{в}} \quad (1)$$

где $\tau_{в}'$ – температура внутренней поверхности при температурном напоре ($t_{в} - t_{н}$) без учета изменения коэффициента теплообмена внутренней поверхности, определяется по формуле

$$\tau_{в}' = t_{в} - (t_{вэ} - \tau_{вэ}') \frac{t_{в} - t_{н}}{t_{вэ} - t_{нэ}} \quad (2)$$

где $t_{вэ}$ и $t_{нэ}$ – экспериментальные значения температур внутреннего и наружного воздуха, оС;

$t_{вн}$ – экспериментальное значение температуры внутренней поверхности;

$\alpha_{в}'$ – коэффициент теплоотдаче внутренней поверхности в эксперименте, Вт/(м²·К). Он может быть принят ориентировочно равным нормативному значению 8,7 Вт/(м²·К) или определен как сумма коэффициентов конвективного ($\alpha_{кэ}$) и лучистого ($\alpha_{лэ}$) теплообменов в виде

$$\alpha_{вэ} = \alpha_{кэ} + \alpha_{лэ} \quad (3)$$

Коэффициент теплообмена при тв и определяется по формуле

$$\alpha_{в}' = \alpha_{к}' + \alpha_{л}' \quad (4)$$

где $\alpha_{к}'$ – коэффициент конвективного теплообмена определяется по специальному графику [1] соответственно при $\Delta t = t_{в} - \tau_{в}'$. Для потолка получаемое значение умножается 1,3, а для пола – на 0,7.

$\alpha_{л}'$ – коэффициент лучистого теплообмена также определяется по специальному графику [1] соответственно при значении средней температуры $t_{ср} = (t_{в} + \tau_{в}')/2$.

Целью данной работы является проведение испытаний, обработка и анализ получаемых результатов по методике предложенной в ДСТУ Б В.2.6 -101 [1].

Для выполнения исследований были выбраны объекты наблюдений - два пятиэтажные здания общежитий. Здания построены по серии 164-80-1 и расположены в городе Донецке. Общежитие № 5 представляет собой термомодернизированное (ТМ) здание. Здание общежития № 6 – нетермомодернизированное (НТМ). Общий вид исследуемых зданий приведен на Рис. 2. На Рис. 2а показан фасад ТМ здания, на котором выполнена термомодернизация, включающая дополнительное утепление стены с применением вентилируемой фасадной системы «Марморок», замену окон на современные из ПВХ - профилей и остекление лоджий. На Рис. 2б приведен фасад НТМ здания, на котором термомодернизация отсутствует.



а)



б)

Рис. 2. Главные фасады объектов наблюдения: а – ТМ здания; б – НТМ здания.

Приборное обеспечение и методика натурных наблюдений

В качестве измерительных приборов использовались тепловизор ThermoCAM E65 и инфракрасный пирометр IR608.

Методика исследований с использованием тепловизора в сокращенном виде состоит в следующем:

1. Намечались внутренние поверхности ограждения НТМ и ТМ зданий, устанавливались реперы и выполнялся покадровый запись термограмм.

2. При настройке тепलोмера учитывался коэффициент излучения поверхности.

3. Скорость ветра не превышала 4 м/с для НТМ здания и 2,0 м/с для ТМ здания, что связано с разными значениями сопротивления теплопередаче стен соответствующих зданий.

4. Относительная влажность воздуха была значительно

меньше 80 % при температуре внутреннего воздуха более 20 °С.

5. Атмосферное давление было в пределах: от 84 кПа до 106,7 кПа.

6. Показатели наружного воздуха измерялись на уровне 1,5 м на расстоянии не более 20 м (вручную, через каждые 3 часа), а внутреннего воздуха на высоте 1 м до 1,5 м от пола в центральной зоне помещения.

7. Поддерживались условия отключения влияния системы отопления и освещения.

8. Обработка результатов наблюдений.

Инфракрасный пирометр IR608 фирмы Meterman (Тайвань) отвечает общим требованиям к пирометрам согласно ДСТУ 3170-96 (ГОСТ 28243-96) [5]. Сравнение результатов замеров указанными приборами показало достаточную точность получаемых результатов, о чем свидетельствуют данные таблицы 1.

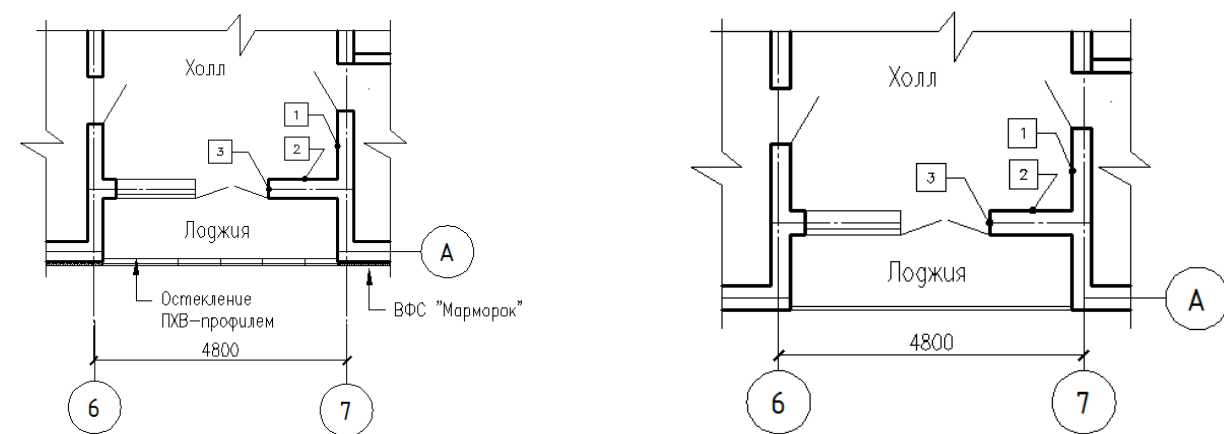
Таблица 1

Сравнение результатов замеров тепловизором и инфракрасным пирометром

Место замера	Показания, оС		Разница показаний, оС
	тепловизора	инфракрасного пирометра	
Холл, 1-й этаж	22,8	23,9	1,1
Холл, 5-й этаж	21,2	21,8	0,6

Замеры выполнялись в холлах на первом и пятом этажах обеих зданий. Было выбрано характерное место примыкания наружной стены к блоку лоджии. На стене (Рис. 4а, б, в) намечено три вертикальных сечения (на рисунках они обозначены цифрами 1, 2 и 3), в которых осреднялись

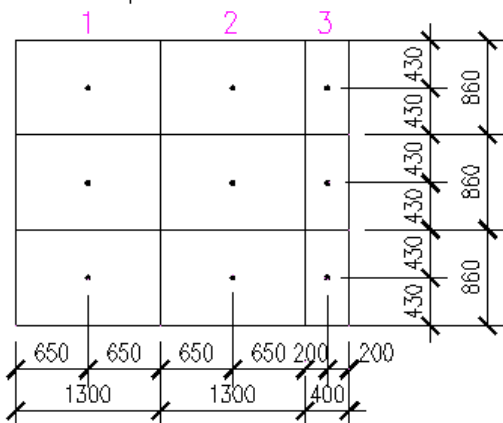
полученные значения температур внутренних поверхностей. По высоте исследовались угол на уровне пола (зона I), середина (зона II) и верх стены (зона III), а также место соединения остекления лоджии со стеной.



а)

б)

Развертка по стене



в)

Рис. 4. Местоположение исследуемых участков стены в зданиях: а – ТМ; б – НТМ; в – развертка по стене.

Результаты натурных исследований

Холл, первый этаж. Одним из примеров результатов тепловизионных наблюдений [6] демонстрирует Рис. 5. Цветовое поле термограмм показывает места наибольшей теплопотери, каковыми являются поверхности наружных стен и особенно нижний угол. Неутепленная стена НТМ здания имеет низкие температуры на своей поверхности и обуславливает выхолаживание угла и поверхности пола. На утепленной стене ТМ здания четко прослеживается равномерное температурное поле, которое показывает, что энергосберегающий эффект распространился по поверхности пола.

Угол первого этажа (Рис.5а) в НТМ здании, как и предполагалось, является наиболее холодным (температура поверхности наружной стены составляет 13,7 оС), несмотря на достаточно высокую температуру внутреннего воздуха (20,3 °С). В угловой точке температура составляет 16,1оС.

Осредненная температура по всей внутренней поверхности равна 16,2оС.

В ТМ здании зафиксированы (Рис. 5б) достаточно высокие температуры на внутренней поверхности, что обусловлено, в том числе, высокой температурой внутреннего воздуха (24,8 °С). В угловой точке температура равна 23,9 оС, а осредненная по поверхности составляет 23,6 оС. Разница температур в соответствующих точках составляет 7,4 оС. В средней части стены наблюдается та же картина, но температуры в обоих случаях несколько выше по сравнению с нижней частью угла. Так, в ТМ здании это превышение составляет (при осредненной температуре 24,4 оС) всего 0,5 оС, тогда как в НТМ здании (при осредненной температуре 17,7 оС), около 1,5 оС. На линии угла температура в ТМ здании повысилась на $24,6 - 23,4 = 1,2$ оС, а в НТМ здании соответственно на $17,4 - 16,3 = 1,1$ оС.

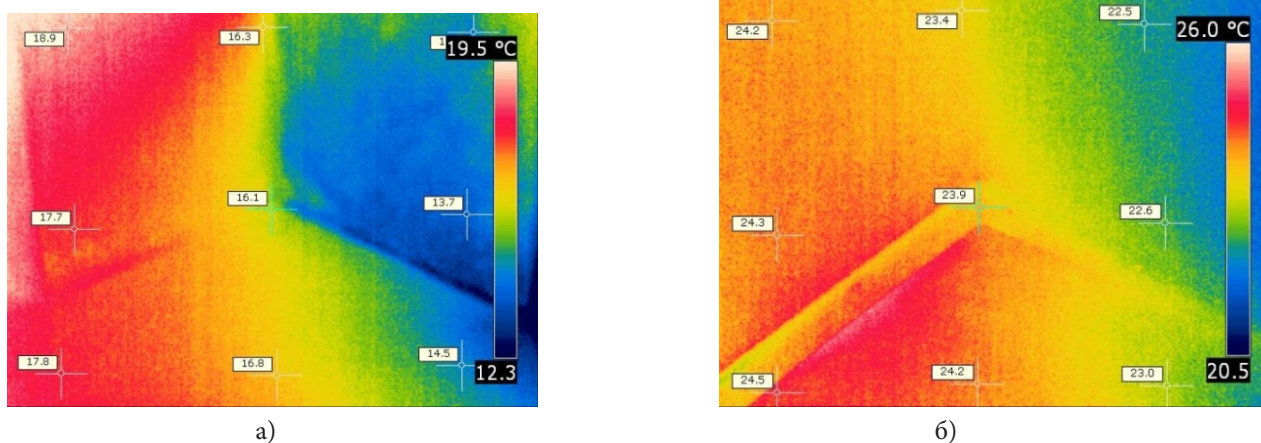


Рис. 5. Холл, первый этаж, левый угол, низ: а – НТМ здание; б – ТМ здание.

В верхней части угла (потолок), результаты которых здесь не приводятся, зафиксированы аналогичные предыдущим рисункам температурные поля. Превышение температур в обоих домах составляет около 1,5 оС. В средней части стены, расположенной в сечениях 1 и 2 зафиксировано практически равномерное температурное поле, причем в НТМ здании значения температур всего на 4,8 оС ниже. Наиболее ответственным является стык балконной двери, выходящей на лоджию, с наружной стеной. Снижение температуры по поверхности стены находится на уровне 22,6 - 20,2 = 2,4 оС. То же самое наблюдается в средней части, здесь разница составляет 23,2 - 22,8 = 0,4 оС. Самым холодным является стык стены с конструкцией остекления лоджии в НТМ здании. Здесь падение температур зафиксировано на уровне 15,6 - 3,9 = 11,7 оС. Такое положение свидетельствует о возможности возникновения конденсата на внутренней поверхности, особенно при расчетных температурах наружного воздуха.

Холл, пятый этаж. Исследования проводились по аналогичной схеме. Зафиксированы температуры внутреннего воздуха соответственно в ТМ здании на уровне 22,8 оС, а в НТМ здании 21,8 оС. В первом случае температура оказалась на 2 °С ниже температуры первого этажа, что требует дальнейшего объяснения. Во втором - зафиксирована температура на 1,5 °С выше температуры первого этажа,

это соответствует общей картине теплообмена в здании. В нижней части угла в ТМ здании оказалось холоднее на 23,9 - 21,8 = 2,1 оС по сравнению с первым этажом. В НТМ здании зафиксированы еще большее значения выхолаживания угла, разница составляет 16,1-12 = 4,1 оС.

Осредненная температура на поверхности в НТМ здании составляет 11,6 оС, а в ТМ здании - около 22,1 оС. Внутренняя поверхность наружной стены в первом случае стала холоднее на 13,7 - 8,3 = 5,4 оС, а во втором на 22,5 - 20,4 = 2,1 оС. В средней части угла также зафиксированы похожие температурные поля. В ТМ здании на поверхности стены температура понизилась на 23,2 - 20,9 = 2,3 оС, в НТМ здании снижение составило 15,6 - 9,2 = 6,4 оС. Снизились также значения осредненных температур на внутренних поверхностях, в ТМ здании на 23,6 - 21,8 = 1,8 оС, а в НТМ здании на 17,7 - 12,5 = 5,2 оС. Верхняя часть угла (Рис. 6) в сравнении с полом первого этажа имеет температуры в НТМ здании на 16,1 - 11,2 = 4,9 оС, а в ТМ здании на 23,9 - 19,2 = 4,7 оС ниже. При различных решениях утепления стен перепад оказался практически одинаковым. Если на полу в ТМ здании была зафиксирована температура на уровне 24,2 оС, то на потолке она составляла 20,9 оС. В НТМ здании соответствующие значения равнялись 16,8 оС и 11,5 оС.

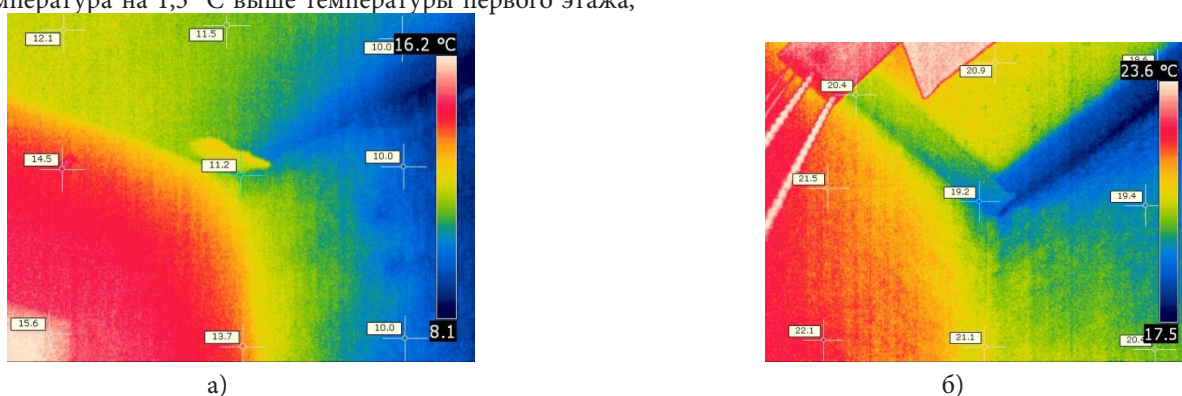


Рис. 6. Холл, пятый этаж, левый угол, верх: а – НТМ здание; б – ТМ здание.

На поверхностях стен в центральных частях температуры практически совпадают со значениями первого этажа. Низ угла стыка стены и лоджии в ТМ здании по сравнению с первым этажом имеет большее выхолаживание на

20,2 - 15,8 = 4,4 оС. Такая же картина наблюдается и в НТМ здании. Середина угла на уровне стыка стены с лоджией в ТМ здании значительно теплее аналогичного места в НТМ здании в среднем на 18,9 - 11,9 = 7 оС.

На основании тепловизионных исследований получены качественные картины распределения температур по внутренним поверхностям угловых стен, пола и потолка. В целом, проведенные исследования позволили довольно быстро и достаточно точно выявить места теплопотерь в НТМ здании.

В ТМ здании пониженная температура поверхностей на последнем этаже по сравнению с первым указывает на наличие избыточных теплопотерь через покрытие, и это обстоятельство необходимо уточнять при составлении энергетического паспорта здания и проверке энергоэффективности всего здания.

Результаты прямых наблюдений, приведенные в таблице 2, на первый взгляд отвечают прогнозируемой ситуации в исследованных помещениях зданий. Так все ограждающие конструкции в ТМ здании имеют достаточно высокие температуры на внутренних поверхностях и температурный перепад $\Delta t_{пр}$ в каждом случае оказался ниже нормативной величины.

В НТМ здании стена и потолок на первом этаже оказались с достаточно высокими температурами поверхностей и нормативное требование выполняется. Холодными зафиксированы поверхность пола на первом и все ограждения на пятом этаже этого здания.

Таблица 2

Соответствие экспериментальных результатов нормативным требованиям

Здание	Этаж	Ограждающая конструкция	Экспериментальные данные			$\Delta t_{пр}, ^\circ\text{C}$	Выполнение норматива		
			$t_{вэ}, ^\circ\text{C}$	$t_{нэ}, ^\circ\text{C}$	$t_{впрэ}, ^\circ\text{C}$		$\leq \Delta t_{сг}, ^\circ\text{C}$	Да/нет	
ТМ	1	пол	24,8	-4	22,96	1,84	2	Да	
		стена			23,43		4	Да	
		потолок			24,78		0,02	3	Да
	5	пол	22,8	-4	22,11	0,69	2	Да	
		стена			21,29		1,51	4	Да
		потолок			20,12		2,68	3	Да
НТМ	1	пол	20,3	-4	16,25	4,05	2	Нет	
		стена			19,55		0,75	4	Да
		потолок			17,47		2,83	3	Да
	5	пол	21,8	-4	13,1	8,7	2	Нет	
		стена			12,51		9,29	4	Нет
		потолок			11,75		10,05	3	Нет

Однако, представленные в таблице 2 данные, носят выборочный характер. То есть они фиксируют локальные значения температур, которые соответствуют выборке результатов, относящейся к полученным значениям температур внутреннего и наружного воздуха. Поскольку по данным метеонаблюдений города Донецка такой режим погоды был неизменным в течении пяти предшествующих

наблюдениям суток, а также подача тепла в здание не менялась, то следует полагать, что зафиксировано стационарное распределение тепловых потоков и температур.

Истинные значения температур на внутренних поверхностях, рассчитанные по формуле (1), демонстрирует таблица 3.

Таблица 3

Расчетные значения температур на внутренних поверхностях ограждений

Здание	Этаж	Ограждающ. констр.	Экспериментальные данные			Теоретическое значение								Выполнение норм $\leq \Delta t_{сг}$
			$t_{вэ}, ^\circ\text{C}$	$t_{нэ}, ^\circ\text{C}$	$t_{впрэ}, ^\circ\text{C}$	$\tau'_{в}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t = t_{в} - \tau'_{в}$	$\alpha'_{к}$	$t_{ср} = (t_{в} + \tau'_{в})/2$	$\alpha'_{л}$	$\alpha'_{в} = \alpha'_{к} + \alpha'_{л}$	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{пр}$	
ТМ	1	пол	24,8	-4	22,96	17,30	2,70	2,3	18,65	3,30	5,60	15,80	4,20	Нет
		стена			23,43	18,00	2,00	2,2	19,00	4,75	6,95	17,50	2,50	Да
		потолок			24,78	19,97	0,03	1,2	19,99	6,24	7,44	19,97	0,03	Да
	5	пол	22,8	-4	22,11	18,92	1,08	1,8	19,46	3,36	5,16	18,12	1,88	Да
		стена			21,29	17,60	2,40	2,1	18,80	4,75	6,85	17,33	2,67	Да
		потолок			20,12	15,80	4,20	2,7	17,90	6,11	8,81	15,85	4,15	Нет

НТМ	1	пол	20,3	-4	16,25	13,00	7,00	3,2	18,13	3,29	6,49	10,62	9,38	Нет
		стена			19,55	18,70	1,30	1,6	19,35	4,81	6,41	18,24	1,76	Да
		потолок			17,47	15,10	4,90	2,8	17,55	6,08	8,48	14,97	5,03	Нет
	5	пол	21,8	-4	13,1	5,80	14,20	4,0	12,90	3,08	7,08	2,55	17,45	Нет
		стена			12,51	4,90	15,10	4,1	12,45	4,35	8,45	4,45	15,55	Нет
		потолок			11,75	4,60	16,40	4,2	12,30	5,59	9,79	5,43	14,57	Нет

Выводы и предложения.

- Для выявления термически однородных участков вентилируемых фасадных систем тепловизионную съемку следует проводить только внутри помещения, исключая влияние ламп накаливания и при обязательном экранировании имеющихся в помещении отопительных приборов.
- Проведение экспресс-замеров температур на внутренних поверхностях ограждений с помощью инфракрасных пирометров дает количественную картину распределения температур и позволяет прогнозировать состояние конструкции в расчетных климатических условиях теплопередаче. Для получения точных результатов следует прибегать к стационарным способам наблюдений.
- Выявлено, что термомодернизация улучшила комфортные условия, но в помещениях была зафиксирована избыточная температура (на 4 °C выше нормы), что указывает на необходимость регулирования системы отопления.
- Результаты расчетов показывают, что в ТМ здании эффект термомодернизации распространяется на все конструкции за исключением пола первого и потолка пятого (последнего) этажей. Что собственно и является доказательством того факта, что недостаточно утепления отдельных конструктивных элементов (стен и окон, как в рассматриваемом случае), необходимо термомодернизировать перекрытия над цокольными этажами и покрытие здания.

Список литературы:

- Метод визначення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій: ДСТУ Б В.2.6-101:2010 – [Чинний від 2010-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008.– 83 с. – (Національний стандарт України).
- Метод телевизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. Государственный стандарт: ГОСТ 26629-85. [Введен 05.10.1985]. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 12с.
- Карапузов, Є.К. Утеплення фасадів: підручник. / Є.К. Карапузов, В.Г. Соха – К.: Вища освіта, 2007. – 319 с.
- Теплова ефективність будинків. Якісне виявлення теплових відмов в огороджувальних конструкціях. Інфрачервоний метод (EN 13187:1998, IDT): ДСТУ Б EN 13187:2012 - [Чинний від 2013-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013.– 27 с.
- Пирометри. Загальні технічні вимоги: ДСТУ 317096 (ГОСТ 28243-96) – К.: Мінрегіон України, 1996.– 11 с. – (Національний стандарт України).
- Васильченко Г.М. Натурные исследования в воздушной прослойке фасадной системы MARMAROK / Г.М. Васильченко. – К.: Научно-производственная конференция «Реконструкция жилья – 2010».
- ДБН В.2.6.-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К. Мінрегіонбуд України, 2006. - 69 с. Зі Зміною №1 від 01.07.2013.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНИЗОТРОПИИ ПРОЧНОСТИ В ЗАДАЧАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДПОРНЫХ СТЕН С НЕОДНОРОДНЫМИ ОСНОВАНИЯМИ

Войтенко Инга Владимировна
кандидат технических наук, доцент,
Одесская государственная академия
строительства и архитектуры

ESTIMATION OF INFLUENCE OF STRENGTH ANISOTROPY IN PROBLEMS OF INTERACTION OF THE RETAINING WALL WITH HETEROGENEOUS FOUNDATIONS

Voitenko I.V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Odessa State Academy of Building and Architecture

АННОТАЦИЯ

На основании предложенной автором методики проведено численное исследование бокового давления неоднородного грунта в условиях анизотропии характеристик прочности. Получены результаты, позволяющие оценить влияние прочностной анизотропии на параметры активного давления. Проведен комплексный анализ численного эксперимента и даны рекомендации по использованию разработанного метода расчета.

ABSTRACT

Numerical research of lateral pressure of heterogeneous soil in the condition of anisotropy of strength characteristics, based on the methodology proposed by the author, was made. The results, that allow to estimate the effect of anisotropy on strength parameters of active pressure, are obtained. The complex analysis of the numerical experiment was carried out and recommendations by the use of the developed method of calculation, was given.

Ключевые слова: прочностная анизотропия, годографы угла внутреннего трения и сцепления, боковое давление, подпорные стенки, неоднородный грунт.

Key words: strength anisotropy, hodographs of friction angle and cohesion, lateral pressure, retaining wall, heterogeneous soil.

Постановка проблемы.

Современное строительство городских объектов различного назначения достаточно часто связано с освоением подземных территорий, что обуславливает использование конструктивных решений в виде подпорных стен различной конфигурации. Проектирование таких конструкций связано с определением бокового давления грунта, взаимодействующего с боковыми гранями стенки. Развитие подземных инфраструктур предполагает строительство конструкций, контактирующих с грунтовыми основаниями значительной мощности неоднородного состава. Строительство гидротехнических сооружений в виде подпорных стен также характеризуется сложными геотехническими условиями. Актуальным в современных условиях является снижение себестоимости строительства. Опыт проектирования, строительства и реконструкции морских гидротехнических сооружений свидетельствует о том, что учет анизотропных свойств грунтовых оснований позволяет найти ресурсы при определении основных нагрузок снизить затраты на 15 и более процентов. Действующие нормативные документы не регламентируют проектирование подпорных конструкций с учетом анизотропных свойств контактирующей грунтовой среды. В связи с этим актуальной является задача по разработке методики расчета бокового давления неоднородного грунта на распорные сооружения.

Анализ последних исследований и публикаций.

Как свидетельствуют многочисленные экспериментальные и теоретические исследования, неоднородным основаниям свойственна анизотропия прочностных и деформативных свойств [1,2, 3]. В качестве показателей анизотропии различные исследователи, как правило, принимают соотношение параметров, определяемых по-

перек и вдоль слоистости (плоскости изотропии) [4, с.77, 5]. Теоретические исследования несущей способности оснований с использованием анизотропной модели показали, что учет анизотропных свойств грунта позволит увеличить нагрузки на фундамент на 30 %, не прибегая к мероприятиям по усилению, что особенно важно при реконструкции существующих зданий и сооружений [6]. Ранее была разработана методика по определению бокового давления и несущей способности анизотропного грунта в теории предельного напряженного состояния [7], однако громоздкость выводов осложняла ее практическое применение. В связи с этим, в [8] была предложена методика определения бокового давления неоднородного грунта при произвольном залегании слоев с учетом прочностной анизотропии на основании приближенного метода Ш. Кулона, т.е. в предположении плоских поверхностей скольжения. Отметим, что полученные выводы позволяли учитывать также сейсмическое воздействие.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы и цель авторского исследования.

С точки зрения практической реализации предложенной методики полезно оценить влияние анизотропии прочности на величину бокового давления грунта. Для оценки влияния анизотропии используют параметр, равный соотношению исследуемого показателя с учетом анизотропии к соответствующему изотропному показателю [9]. В современных публикациях отсутствует информация, позволяющая комплексно оценить учет влияния прочностной анизотропии при определении бокового давления неоднородного грунта. Этому вопросу посвящена настоящая работа.

Изложение основного материала.

В соответствии с разработанной методикой боковое

давление n-го грунтового слоя представляет собой сумму компонент, отражающих соответственно влияние собственного веса грунта в объеме предельной призмы, поверхностной нагрузки с учетом веса верхних слоев и сил связности, определяемых согласно теоремы Како:

$$E_n = \tilde{a}_n h_n^2 N_{\tilde{a}_n} (\gamma + N_{cor,n}) + q_{nc} h_n N_{q_n} + c_n (\hat{a}_{1,n}) h_n N_{c_n} \quad (1)$$

где γ_n – удельный вес n-го грунтового слоя;
 h_n – высота слоя при ее проекции на вертикаль;
 $c_n = c_n(\beta_{1,n})$ – базовое сцепление на поверхности n-го слоя при ее ориентации $\beta_{1,n}$;
 $q_{n,c}$ – равномерно распределенная нагрузка на поверхности n-го слоя, учитывающая вес верхних слоев, поверхностную нагрузку q и сейсмическое воздействие в рамках

статической теории;

$N_{cor,n}$ – корректирующий коэффициент;

$N_{\gamma,n}, N_{q,n}, N_{c,n}$ – коэффициенты, отражающие соответственно весовой фактор, поверхностную нагрузку и связность грунта в пределах грунтовой призмы.

Полученные решения позволили провести численное исследование влияния анизотропии прочности на величину бокового давления грунта.

В процессе эксперимента рассматривалась вертикальная идеально гладкая стенка, взаимодействующая с неоднородным основанием из двух грунтовых слоев. Анизотропия прочностных показателей грунтовых слоев задана годографами угла внутреннего трения и сцепления $\phi_i(\beta)$ и $c_i(\beta)$ (рис 1.).

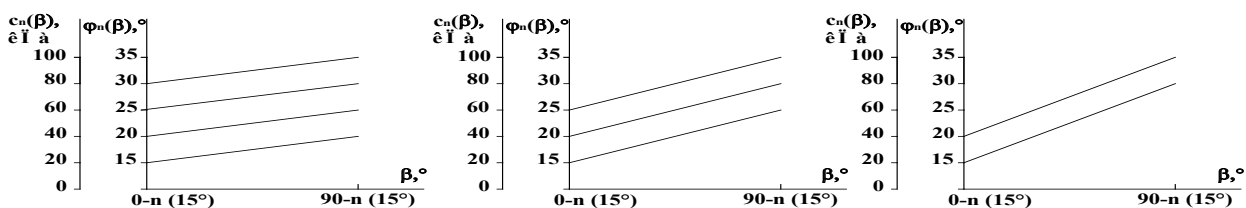


Рис. 1 Кусочно-линейные годографы угла внутреннего трения и сцепления грунта, принятые в численном исследовании; n – целочисленная переменная.

Годографы прочностных характеристик слоев приняты идентичными. В базовых расчетах ориентация слоев параллельна и горизонтальна, сейсмическое воздействие и поверхностная нагрузка отсутствуют. Расчеты проводились для связных грунтов, а также рассматривались случаи отсутствия внутренних сил связности.

Численное моделирование осуществлялось для определения активного давления грунта, так как именно в этом случае бокового давления методика Кулона позволяет получить более достоверные результаты.

Влияние анизотропии прочности на величину активного давления грунта исследовалось при вращении годографов нижнего слоя с ориентацией плоскости слоистости относительно горизонтали от 00 до 1800 с шагом 150.

В результате расчета определялись характеристики активного давления:

- коэффициенты $N_{\gamma,2}$ и $N_{c,2}$, характеризующие соответственно влияние собственного веса и связности грунтовой среды;

- составляющая активного давления нижнего слоя $E_{a,2}$;

- угол ориентации поверхности скольжения $\beta_{2,2}$, соответствующей экстремальному давлению.

Для оценки влияния анизотропии определялся коэффициент анизотропии нижнего слоя:

$$k_{a,2} = E_{a,2}(\text{аниз}) / E_{a,2}(\text{изотр}) \quad (2)$$

где $E_{a,2}(\text{аниз.})$ – активное давление грунта нижнего слоя, определяемое с учетом прочностной анизотропии;

$E_{a,2}(\text{из.})$ – активное давление грунта нижнего слоя, определяемое в условиях изотропной грунтовой среды при $\phi_2 = \phi_{2,\min} = \text{const}$, $c_2 = c_{2,\min} = \text{const}$.

Ниже приведены результаты численного эксперимента для связных грунтов (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1

Таблица коэффициентов анизотропии $k_{a,2}$ в зависимости от ориентации плоскости слоистости ω относительно горизонтали при заданных годографах угла внутреннего трения $\phi_2(\beta)$ и сцепления $c_2(\beta)$ нижнего слоя

ω	Коэффициент анизотропии $k_{a,2}$ при годографах угла внутреннего трения $\phi_2(\beta)$ и сцепления $c_2(\beta)$			
	$\phi = 15^\circ - 20^\circ, c = 20 - 40$ кПа	$\phi = 20^\circ - 25^\circ, c = 40 - 60$ кПа	$\phi = 250 - 300, c = 60 - 80$ кПа	$\phi = 30^\circ - 35^\circ, c = 80 - 100$ кПа
0	4,296106	1,761047	1,330706	1,163821
15	3,215837	1,525635	1,234512	1,120214
30	2,145229	1,289561	1,137137	1,075258
45	1,072729	1,051059	1,037884	1,029135
60	0,338126	0,875998	0,954241	0,983328
75	0,087917	0,825210	0,953136	0,994073
90	0,547903	0,768253	0,949031	1,005075
105	0,516574	1,000309	1,044276	1,048864
120	1,547765	1,226341	1,136907	1,091001
135	2,558024	1,447913	1,227309	1,131742

150	3,372323	1,639775	1,315395	1,171045
165	3,828687	1,700699	1,323715	1,171714
180	4,296106	1,761047	1,330706	1,163821

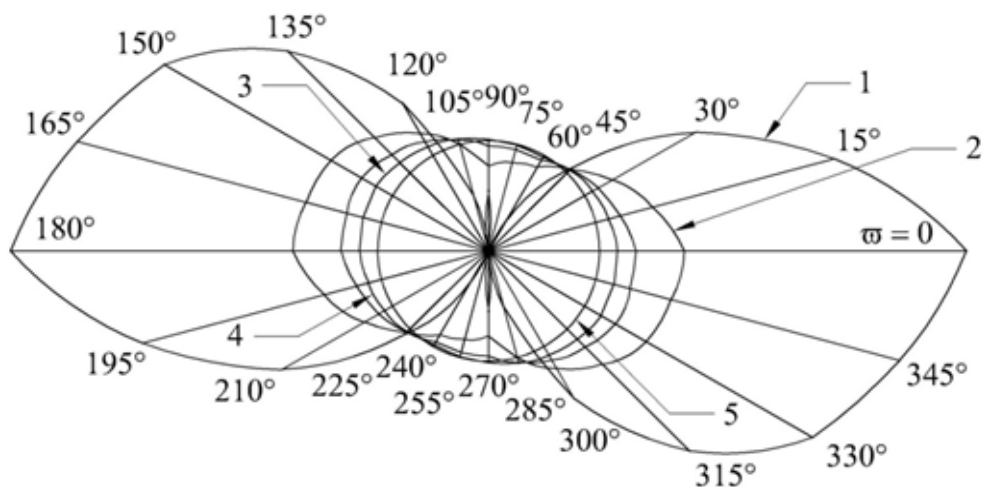


Рис. 2. Графики зависимостей коэффициента анизотропии $k_{a,2}$ от ориентации плоскости слоистости годографов нижнего слоя ω для заданных годографов угла внутреннего трения и сцепления нижнего слоя: 1 - $\varphi = 15^\circ - 20^\circ, c = 20 - 40$ кПа; 2 - $\varphi = 20^\circ - 25^\circ, c = 40 - 60$ кПа; 3 - $\varphi = 25^\circ - 30^\circ, c = 60 - 80$ кПа; 4 - $\varphi = 30^\circ - 35^\circ, c = 80 - 100$ кПа; 5 - $\varphi = \text{const}, c = \text{const}$.

Как отмечалось выше, боковое давление представляет собой многокомпонентный фактор, поэтому представляет определенный интерес проанализировать влияние параметров $N_{\gamma,2}$ и $N_{c,2}$ по результатам численного исследования.

Для этого введем коэффициенты влияния анизотропии

на соответствующие параметры:

$$k_{a,2}(N_{\gamma,2}) = N_{\gamma,2}(\text{аниз}) / N_{\gamma,2}(\text{изотр}) \quad (3)$$

$$k_{a,2}(N_{c,2}) = N_{c,2}(\text{аниз}) / N_{c,2}(\text{изотр}) \quad (4)$$

Результаты численных исследований приведены в таблицах 2 и 3, а также в виде графиков на рисунках 3 и 4.

Таблица 2

Таблица коэффициентов анизотропии $k_{a,2}(N_{\gamma,2})$ в зависимости от ориентации плоскости слоистости ω относительно горизонтали при заданных годографах угла внутреннего трения $\varphi_2(\beta)$ и сцепления $c_2(\beta)$ нижнего слоя

ω	Коэффициент анизотропии $k_{a,2}(N_{\gamma,2})$ при годографах угла внутреннего трения $\varphi_2(\beta)$ и сцепления $c_2(\beta)$			
	$\varphi = 15^\circ - 20^\circ, c = 20 - 40$ кПа	$\varphi = 20^\circ - 25^\circ, c = 40 - 60$ кПа	$\varphi = 25^\circ - 30^\circ, c = 60 - 80$ кПа	$\varphi = 30^\circ - 35^\circ, c = 80 - 100$ кПа
0	0,894887	0,889348	0,881004	0,869868
15	0,922683	0,917796	0,896075	0,901649
30	0,947985	0,949089	0,942551	0,933926
45	0,980652	0,979374	0,974045	0,966636
60	0,980652	0,990440	0,996230	1,000000
75	0,952534	0,961314	0,965699	0,969006
90	0,925198	0,931100	0,934919	0,937520
105	0,901175	0,903579	0,906030	0,906400
120	0,875091	0,876667	0,877694	0,876605
135	0,849650	0,850330	0,849108	0,847304
150	0,841396	0,832716	0,822595	0,818498
165	0,867808	0,861310	0,850912	0,839195
180	0,894887	0,890072	0,881004	0,869868

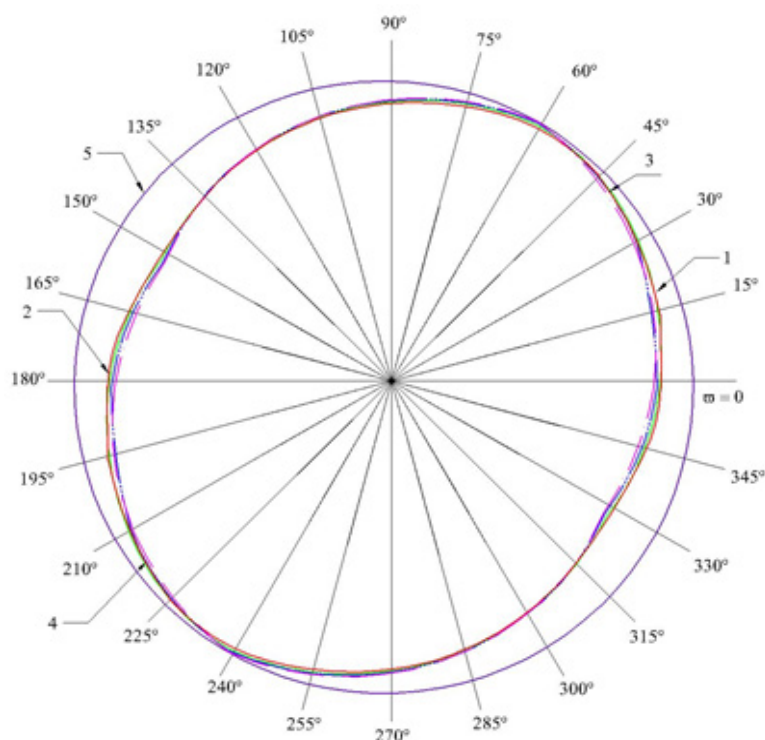


Рис. 3. Графики зависимостей коэффициента анизотропии $k_{a,2} (N_{y,2})$ от ориентации плоскости слоистости годографов нижнего слоя ω для заданных годографов угла внутреннего трения и сцепления нижнего слоя: 1 - $\varphi = 15^\circ - 20^\circ, c = 20 - 40$ кПа; 2 - $\varphi = 20^\circ - 25^\circ, c = 40 - 60$ кПа; 3 - $\varphi = 25^\circ - 30^\circ, c = 60 - 80$ кПа; 4 - $\varphi = 30^\circ - 35^\circ, c = 80 - 100$ кПа; 5 - $\varphi = \text{const}, c = \text{const}$.

Таблица 3

Таблица коэффициентов анизотропии $k_{a,2} (N_{c,2})$ в зависимости от ориентации плоскости слоистости ω относительно горизонтали при заданных годографах угла внутреннего трения $\varphi_2(\beta)$ и сцепления $c_2(\beta)$ нижнего слоя

ω	Коэффициент анизотропии $k_{a,2} (N_{c,2})$ при годографах угла внутреннего трения $\varphi_2(\beta)$ и сцепления $c_2(\beta)$			
	$\varphi = 15^\circ - 20^\circ, c = 20 - 40$ кПа	$\varphi = 20^\circ - 25^\circ, c = 40 - 60$ кПа	$\varphi = 25^\circ - 30^\circ, c = 60 - 80$ кПа	$\varphi = 30^\circ - 35^\circ, c = 80 - 100$ кПа
0	2,632671	1,566492	1,269842	1,136772
15	1,795134	1,283083	1,128040	1,056099
30	1,169770	1,040204	0,999721	0,980541
45	0,685131	0,828047	0,882209	0,909675
60	0,391420	0,676155	0,785393	0,844168
75	0,229602	0,603944	0,747263	0,820772
90	0,086274	0,536400	0,710341	0,799087
105	0,384366	0,690861	0,802617	0,857177
120	0,731268	0,861223	0,901493	0,918233
135	1,148339	1,051630	1,008105	0,982728
150	1,600891	1,251126	1,123829	1,051020
165	2,040521	1,396944	1,193424	1,095472
180	2,632671	1,566492	1,269842	1,136772

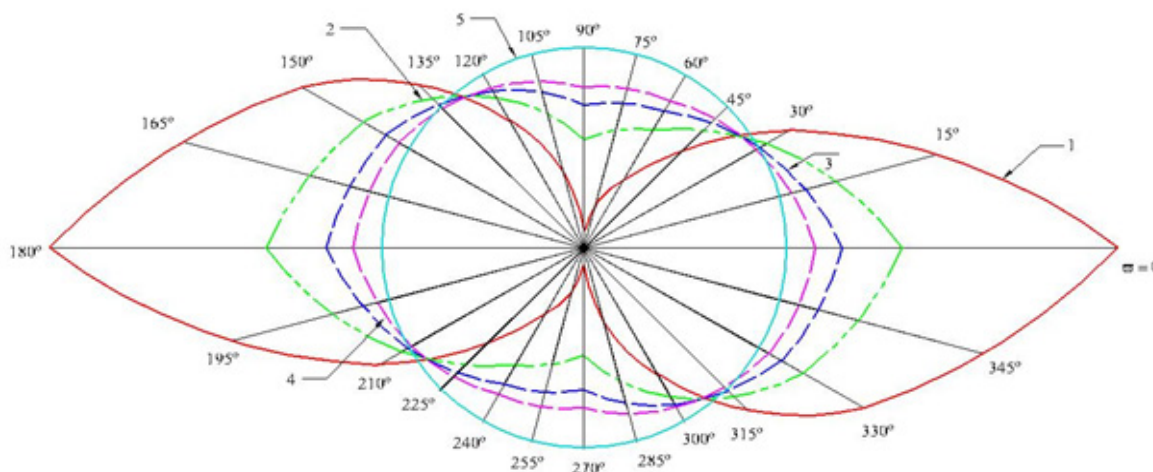


Рис. 4. Графики зависимостей коэффициента анизотропии $k_{a,2}$ ($N_{c,2}$) от ориентации плоскости слоистости годографов нижнего слоя ω для заданных годографов угла внутреннего трения и сцепления нижнего слоя: 1 - $\varphi = 15^\circ - 20^\circ$, $c = 20 - 40$ кПа; 2 - $\varphi = 20^\circ - 25^\circ$, $c = 40 - 60$ кПа; 3 - $\varphi = 25^\circ - 30^\circ$, $c = 60 - 80$ кПа; 4 - $\varphi = 30^\circ - 35^\circ$, $c = 80 - 100$ кПа; 5 - $\varphi = \text{const}$, $c = \text{const}$.

Выводы и предложения.

Анализ полученных результатов позволяет сформулировать следующие выводы:

- активное давление неоднородного основания существенным образом зависит от ориентации плоскости слоистости годографа, а, следовательно, и от показателей прочности по направлениям, в некоторых случаях в несколько раз отличаясь от изотропной среды;

- при определенных ориентациях годографов прочностной анизотропии боковое давление может превышать соответствующий показатель для изотропного грунта;

- возрастание прочностных показателей нивелирует влияние прочностной анизотропии на величину бокового давления грунта;

- проектирование ответственных подпорных конструкций без учета анизотропных свойств грунтовых оснований может привести к недооценке силового влияния. С другой стороны, учет прочностной анизотропии в ряде случаев позволит отыскать резервы несущей способности и существенно снизить экономические затраты;

- при ориентации плоскости слоистости, близкой к направлению поверхности обрушения грунтовой призмы (ω в пределах от 500 до 800) анизотропное давление всегда меньше изотропного. Таким образом, искусственное формирование годографов прочностной анизотропии с образованием грунтовых оснований послойной засыпкой или намывом позволит существенно снизить боковое давление на распорные сооружения.

Сравнительная оценка полученных результатов подтверждает влияние анизотропии как на параметр $N_{\gamma,2}$ собственного веса, так и на параметр $N_{c,2}$ связности грунтовой призмы нижнего слоя.

Очевидно, что влияние анизотропии на параметр связности значительно превышает влияние на собственный вес грунта, что отражено в достаточно ровном изменении коэффициентов $N_{\gamma,2}$ в зависимости от плоскости слоистости ω . Заметим, что максимальные коэффициенты

$k_{a,2}$ ($N_{\gamma,2}$) соответствуют ориентации ω , близкой к ориентации поверхности скольжения, что отражает физический смысл.

Таким образом, влияние связности грунта на боковое давление неоднородного анизотропного основания является преобладающим.

Приведенные результаты свидетельствуют о существенном влиянии прочностной анизотропии грунтовых оснований на боковое давление грунта. В связи с этим, необходимо учитывать присущую грунтовым основаниям анизотропию при проектировании ответственных сооружений, что рекомендуется отразить в соответствующих нормативных документах.

Список литературы:

1. Ratananikom, W. An investigation of anisotropic elastic parameters of Bangkok Clay from vertical and horizontal cut specimens [Text] / W. Ratananikom, S. Likitlersuang, S. Yimsiri // Geomechanics and Geoengineering: An International Journal. – 2013. Vol. 8. – P. 15-27.
2. The influence of stiffness anisotropy on the behaviour of a stiff natural clay [Text] / [Grammatikopoulou A., Schroeder F. C., Kovacevic N., Germano V., Gasparre A. // Proc. of the 15th European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering “Geotechnics of Hard Soils – Weak Rocks”. – Athens, 2011. – P. 545 – 550.
3. Gao, Z. Efficient Approach to Characterize Strength Anisotropy in Soil [Text] / Z. Gao, J. Zhao // Journal of Engineering Mechanics. – 2012, – Vol. 138, Issue 12. – P. 1447–1456.
4. Бугров А.К. Анизотропные грунты и основания сооружений [Текст] / А.К. Бугров, А.И. Голубев. – Санкт – Петербург: Недра, 1993. – 245 с.
5. Зоценко М.Л. Аналіз пресіометричних досліджень стисливості основ, закріплених ґрунтоцементом за бурозмішувальною технологією [Текст] / М.Л. Зоценко, В.Г. Іванченко. // Восточно-Европейский журнал передо-

вых технологий. – 2015. 5/5 (77). С. 24-28.

6. Баданин А.Н. Анизотропные фундаменты мелкого заложения [Текст] / А.Н. Баданин, Ю.К. Демченко // Строительство уникальных зданий и сооружений. -2014. 3 (18). С 117-134.

7. Школа А.В. Несущая способность оснований и боковое давление грунтов, анизотропных по сопротивлению сдвигу: учебное пособие [Текст] / А.В. Школа. – М.: Мортехинформреклама, 1991. – 52 с.

8. Школа А.В. Учет анизотропии многослойного грунта при определении активного давления на подпорные стены с учетом сейсмических воздействий [Текст] / А.В. Школа, И.В. Войтенко // Вестник Одесской государственной

академии строительства и архитектуры. - Выпуск №4. - Одеса, 2001. - С. 394-407.

9. Бирюкова, О.А. Метод решения проблемы учета деформационной анизотропии грунтов в расчетах грунтовых оснований [Текст] / О.А. Бирюкова, О.А. Коробова, И. Любич // Сборник научных работ XXXII Международной научно-практической конференции «Модели и методы разрешения формально научных и прикладных проблем в физико-математических, технических и химических исследованиях». – Лондон, GISAP, – 2012. – С. 54-57.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR RECEIPT OF FUNCTIONAL PRODUCTS OF CEREAL-BASED ENRICHED WITH PUREE MIXTURE OF PUMPKIN AND BEET

Georgieva A. V.

Doctor / professor / lecturer, Chair “Food Technology”

Thracian University Stara Zagora

Faculty “Engineering and Technology” Yambol - Bulgaria

ABSTRACT

The possibilities for creating of wheat flour mixtures, enriched with puree of pumpkin and beetroot have been studied.

Defined are some of the basic physical and chemical parameters.

Tested is the strength of enriched dough. Established are the regimes of the main technological processes for obtaining bread.

The recipes and technology for the preparation of high quality bread, based on wheat flour type 500 with the use of different amounts of the mixture - puree of pumpkin and beetroot (20%, 25% and 30%) as a proportion of mass the flour are been developed. Based on this have been performed test baking of bread.

Finished products are classified upon their organoleptic properties and physical quality parameters. It was proved by the results obtained. Quality of the resulting bread is very good.

The titratable acidity and humidity of the crumb of enriched bread showed that the additive can be used for to preserve the freshness of the bread for a longer period of time.

Key words: wheat flour, dough, mixture puree of pumpkin and beetroot, quality indicators, enriched bread, organoleptic assessment.

The main problem of the bakery industry remains to expand the assortment of bakery products with improved quality and increased nutritional value. It is therefore necessary to create products of mass consumption with high nutritional and biological value with simultaneous provision of the technological indicators of quality of bread.

In this situation obsolete creation of new technologies and assortments functional food products, which constitute an effective means for securing the human organism with needed quantities ingredients and micronutrients that do not require changes in the food ration and the lifestyle.

The Functional foods in its composition contain essential amino acids, essential fatty acids, vitamins, macro- and micronutrients, fiber in quantities, capable of meeting the daily needs of the body.

To determine the nutritional value of products, especially of bread, it is necessary to determine not only the protein content of the bread, but also the content of the incorporated biologically active substances contained in it, which enrich the bakery products with vitamins, macro- and microelements.

Effective tool to improve the quality of bread and prophylaxis on the given disease is the use of bio-additives.

Among the perspective types of additional unconventional materials, practical interest for the bakery industry are plant

ingredients with high nutritional value.

Bakery products have relatively low nutritional value. Increasing the nutritional value at the expense of cheap and easily available raw material is feasible.

Most bakery products contain insufficient amounts physiologically important nutrients. To increase the nutritional value may be used various kinds of vegetables rich in mono and disaccharides, including fructose, vitamins and minerals.

Pumpkin is very valuable and useful food. The Chemical composition of the gourd is unique. It is medicine, vitamin complex and indispensable food. Pumpkin is rich in vitamins. It include the vitamins B1, B2, C, K, PP. Especially high is the content of vitamin C. The composition of the gourd includes organic acids: benzoic, citric, malic, quinic and others.

In optimal doses these organic acids provide the acidity of the bread. The combination of ascorbic acid with ferment glucose oxidase helps to strengthen of the gluten skeleton in the dough, improves the relative volume, porosity and shape stability of the floor bread.

In the technology of bread can be used processed pumpkin. The pumpkin contains up to 11% easily-digestible carbohydrates such as cellulose, organic acids and oils. In 100 g. pumpkin is contains up to 25% dry substance, 2% starch, 0.15% fat, 0.95% cellulose and salts of phosphoric acid, calcium,

magnesium, a considerable amount potassium . On content of iron , the pumpkin is the first among vegetables. It is rich in vitamins - β -carotene, nicotinic acid, ascorbic acid, B1, B2, PP, carotenoids.

Its dietary and nutritional value is associated with high levels of β -carotene - 5-20 mg%, vitamin C 10-50 mg%, 0.5-0.7% pectin, fiber and minerals.

Bakery products with pumpkin puree contained 1.5 times more fiber, 1.6 to 2.3 times more potassium, magnesium, calcium, 1.2 to 1.6 times more carotenoids, vitamins C, group of vitamins B and vitamin PP in compared with bread no containing pumpkin puree. Therefore this bread can be recommended for the prevention of diseases of atherosclerosis, diabetes and diseases of the gastrointestinal tract [1, p.21].

A method is known for obtaining zwieback with mashed pumpkin. Best quality baked rusks been obtained from dose 30% puree by mass of the flour in the dough. The increase in specific volume of the baked rusks with puree relative to the control constitutes 20%, the compressibility of the crumb - 7%. They are distinguished with increased nutritional value and finely porous structure of the crumb, more pronounced sweetness and flavor. The ratio of calcium to magnesium is close to the optimum ratio of 1: 0.6 [2, p.30].

The pumpkin improves bowel function, increases the

excretion of chlorides from the body, increases urine output, no irritate the renal tissue. Appointed at liver disease, kidney and gout.

The beet contain to 0.6% cellulose, sugars from 5% to 12%, proteins from 0.5% to 3.6%, mineral matter from 1% to 2%, pectic substances from 0.8% to 2%, vitamin C of 8% to 10%, vitamin B1, B2, PP, β -carotene and organic acids such as malic and oxalic.

Attend and many other bioactive substances, vital for the body.

Known is way of getting rusk with puree pumpkin. Best quality rusk is obtained by using of 30% puree of pumpkin toward the mass of the flour.

Given the above, the purpose of the experimental work is to demonstrate the possibility of using pumpkin and beetroot as a dietary supplement and natural non-traditional raw material in the bakery industry, which allows not only to expand assortment of bread products but also to enhance their quality and nutritional value.

Table 1 shows the chemical composition of pumpkin and beetroot used in the research, in the form of puree mixture.

In the composition of the puree of pumpkin and beetroot, which used as a component in the recipe in trial production of bread is contained vitamins, fiber and minerals.

Table 1.

Chemical composition of pumpkin and beetroot

contents	pumpkin	beetroot
Pectin, %	0,7	1,9
Proteins, %	1,1	2,6
Fats, %	0,12	0,10
Carbohydrates, %	5,8	14,8
Mineral substances, mg%	6,2	76
- sodium	225	312
- potassium	30	42
- calcium	22	34
- magnesium	28	52
- phosphorus	0,8	1,8
- iron		
Vitamins, mg%	18,4	10
-vitamin C	0,9	0,4
-vitamin PP	0,45	0,12
-vitamin B1	0,26	0,24
-vitamin B2	10,5	0,31
- β - carotin		

To achieve the given objectives were set following tasks:

- determine the optimal way to prepare the puree mixture of pumpkin and beetroot and incorporation as an additive in the dough;

- determine the optimal rate of the additive at the preparation of the dough;

- study the impact of puree from pumpkin and beetroot on the quality of the bread;

- study the physical and chemical properties of dough and the quality indicators of bread.

Studies have conducted in a scientific laboratory.

The surveys are conducted in order to establish the optimal

ratio of the components used as a basis to develop recipes for new products with the addition of mixture puree of pumpkin and beetroot.

To study the influence of mixture puree from pumpkin and beetroot upon physicochemical properties of dough are used standard methods for determining gasing capability and gas retention ability, his acidity and humidity.

To study the influence of mixture puree from pumpkin and beetroot of the organoleptic and physico-chemical properties of the finished products are measured porosity of bread, its volume and shape stability.

In preparing the flour mixture for bread necessarily

determine its baking quality. The most accurate results are obtained in laboratory test of bread baking.

While conducting research in quality of raw material are used flour type 500 of company "Sofia Mel», dry yeast, salt, water and puree mass of pumpkin and beetroot. All the raw materials meet the requirements of the relevant standards.

In the created flour mixtures are using combinations of wheat flour type 500 and products of the canning industry - puree from pumpkin and beetroot. Developed are different recipes - compositions of flour with mixes puree.

Upon inclusion in the recipes of puree pumpkin and beet , it enriches them with carotene, vitamins, trace elements and pectin substances. It is therefore recommended to be used in the diet of children and adult persons with diseases of the gastrointestinal tract.

The aim of the study is to determine the optimal ratio between pumpkin and beetroot, optimal dosage of puree mixture of pumpkin and beetroot toward the flour, to determine the impact of the additive on the quality of the bread samples, developing on recipes and assessing consumer properties of bakery products of wheat flour type 500, enriched with puree mixture pumpkin and beetroot. With this goal were conducted number of laboratory test of bread baking by a methodology [Vangelov].

The aim of the research was to establish the effect of imported additives on the quality of products,

Determined is the optimal dosage, which guarantee the the effectiveness of the additive for maintaining and improving quality of the final product.

Since the objective is maximum enrichment of bakery products with nutrients of pumpkin and beetroot, the starting doses amount is 20% by weight of flour. Were studied higher doses - 25% and 30%..The amounts of the remaining components are determined depending on previously conducted studies on rheology of the doughs and their water absorption. As a control for comparison of results obtained after baking is used bread made from the same components, in the absence of puree mixture.

Experiments are carried out with the addition of different amounts of the puree - 20%; 25% and 30% by weight of the flour of the type 500.

The water absorption ability of flour is one of the important indicators that influence the quality of the bread. The tested flours is prepared from high quality wheat (from 54.4 to 63.9%).

The introduction of a mixture puree of pumpkin and beetroot leads to a significant increase in water absorption of the flour. Most great is the influence with use of 30% supplement. Among the main components of flour involved in the absorption of the water are starch, protein and pentosans. In the process of preparing a the dough, the starch and the proteins are able to absorb up to 200% water from their mass, pentosans up to 1500%.

The test samples enriched with mashed pumpkin and beetroot, contain a greater amount of minerals and vitamins as compared by controls bread.

The mineral substances strengthen the activity of enzymes participate in the emulsions and activate the yeast in the dough.

It has been found that with the inclusion of additive of 20 to 30% by weight of flour, gasing and gas retentive ability of dough

is not deteriorate.

With good physical and chemical indicators are all test bakery products.

The acidity of all samples gradually increases with the additive. Finished products have an acceptable taste and smell.

The content of biologically active substances determined not only the nutritional value of bakery product, but also the technological properties. Many quality indicators are directly dependent on them.

The strength of the flour is determined by the quantity and quality of the proteins and gluten. The strong flour requires a large amount of proteins and gluten for obtaining a dough with a normal texture and good elasticity, after baking of which give a porous bread with stable form.

The dough is significant multicomponent system, in comparison with the washer gluten. In gluten major component is the gluten protein, while in the dough basic in quantity component is the starch. Among them there are other polysaccharides and significant amount of water-soluble substances of different nature.

Upon washout of the glutes in all samples, is observed a decrease of its contents, which may be explained by the impact of the imported organic acids, resulting in hydrolyzation of gluten proteins.

The positive influence of the additive may be determined by grant of small ball dough.

Incurred contradiction between influence of the additive upon the rheological properties of gluten and dough is determined from the action of the complex from substances and processes.

Among the substances determining the resulting effect of the impact upon rheological properties of isolated gluten and the dough, priority meaning have water soluble pentosans, content of which in the additive is more than in wheat flour.

It can be assumed that strengthening the dough can happen due to redistribution of the moisture between its the components by lowering of the hydration of gluten at the expense of competing absorption of water from the pentosans.

The carried experiments based on a comparison of the quality of finished products with the control (without additive). Studies have been conducted in use of different percentage additive by mass of the flour in the recipe.

The main task is to establish the dosage, which provides high structural and mechanical properties of the doughs and balancing of bread products by nutritional value and high organoleptic parameters.

In the production of experimental models bread main stage of the process is the preparation of the dough.

Along with the physical and biochemical processes in dough during maturation and baking , a big role have the yeasts that help for loosening of the dough.

A necessary condition for intensification of fermentation process and loosening the dough is the sugar in the flour which helps the yeast in the process of formation of the dough and is needed for obtain bread with high quality.

In close connection with sugar forming ability is gas forming capability - an important condition for obtaining fluffy bread with good porosity of bread crumb .

It should be noted increase of gas forming capability on the

dough with the addition which is explained by the additional amount introduced biologically active substances.

Among the factors underlying the intensification of the gas forming process, as priority is determined the increase in the proportion of the sugars and activation activity of the yeast, at the expense for increasing the proportion of the nutrients necessary for normal vital activity of yeast, at introducing of additive of pumpkin and beetroot.

This assumption is confirmed by determination of the lifting force of bread dough.

For samples with 20, 25 and 30% additive, the intensity of

the fermentation for 45 minutes remains enough stable, which probably is due to a sufficiently high amount of sugar accessible to the yeast and significantly differ from the control sample.

As a result, a series of laboratory firing was found negligible decrease in weight on average about (1,12-1,73%); increase in volume on average about (3,76-12,77%) and porosity of the test samples of bread on average about (5,75-14,23%) compared to the control sample.

The physicochemical indicators on the quality of bread have been brought in fig. 1, 2 and 3.

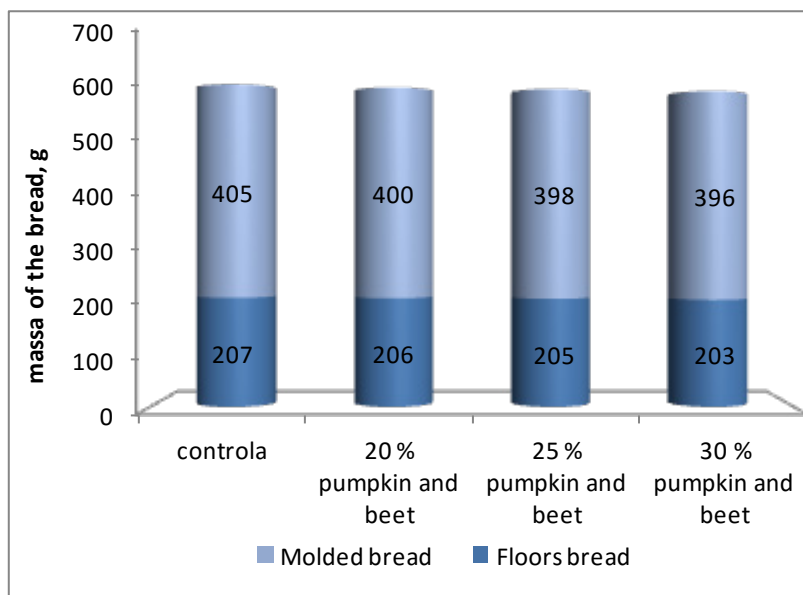


Fig.1. The mass of roasted in baking dish and in form bread, derived from wheat flour type 500 with mixture puree of pumpkin and beet

Bread crumb slightly darkens.

The samples of bread have better organoleptic characteristics compared with control bread.

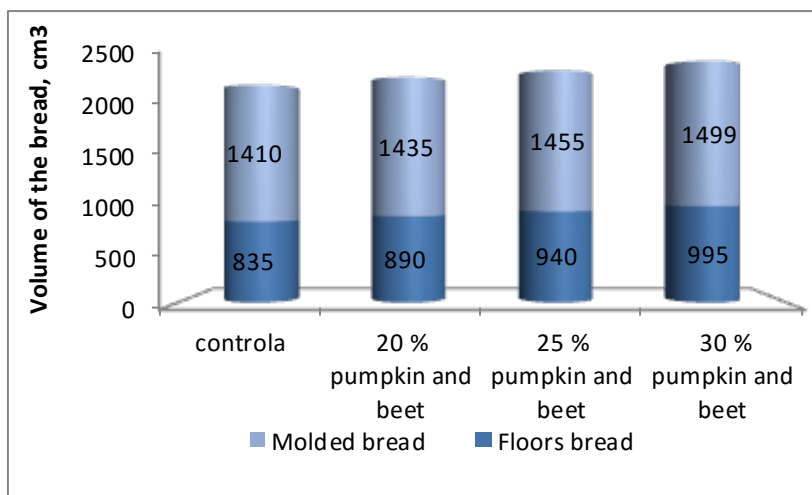


Fig.2. Volume of roasted in baking dish and in form bread, derived from wheat flour type 500 with mixture puree of pumpkin and beet

By introduction of the additive is obtained bread with a greater specific volume, higher porosity and better elastic crumb. Floor bread has a good stability of the shape.

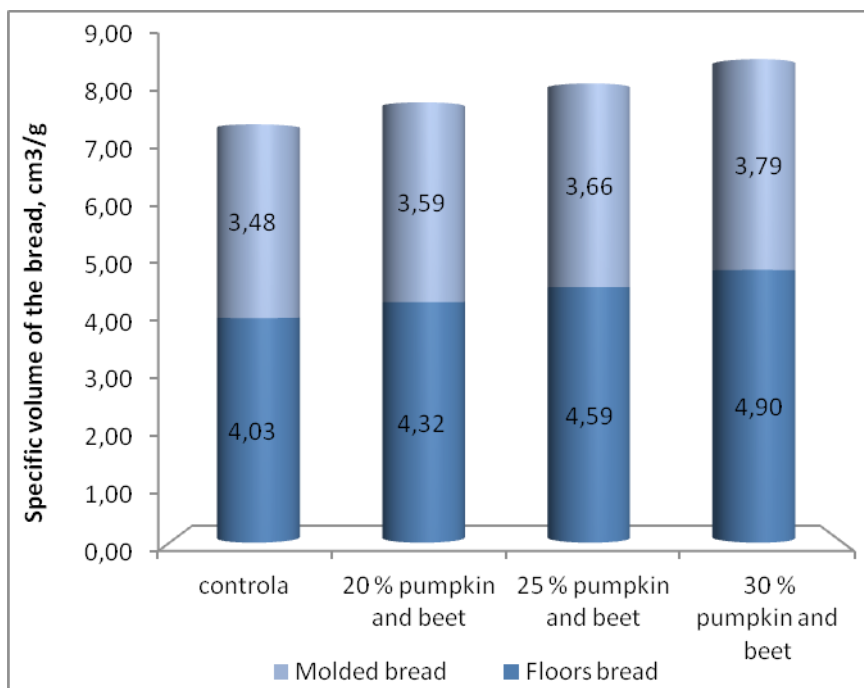


Fig.3. Specific volume of roasted in baking dish and in form bread, derived from wheat flour type 500 with mixture puree of pumpkin and beet

In assessment of the nutritional and biological value of the new kind of bread with the use of the additive has been found that therein the content of vitamins and trace elements is higher compared to the control sample.

The dependence of the quality indicators of bread from the quantity of the puree mixture - pumpkin and beetroot, allows to infer that the optimal dose of securing greater enrichment of bakery products with biologically active substances with good indicators of quality of bread is 30%.

According to the survey indicators - all bakery samples are

produced from strong flours.

With organoleptic assessment it has found that the introduced additive gives on the bread a pleasant taste and aroma.

The tasting assessments confirm the acceptability and effectiveness of the introduction the additive in recipes of bakery products.

The organoleptic indicators on the quality of bread have been brought in fig. 4 and fig.5.

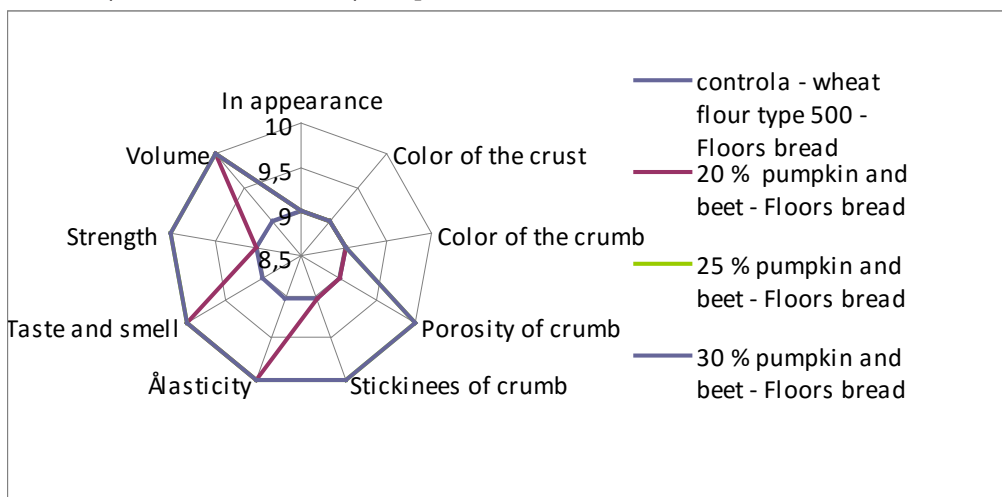


Fig.4. Sensorial evaluation of roasted in baking dish bread, derived from wheat flour type 500 with mixture puree of pumpkin and beet

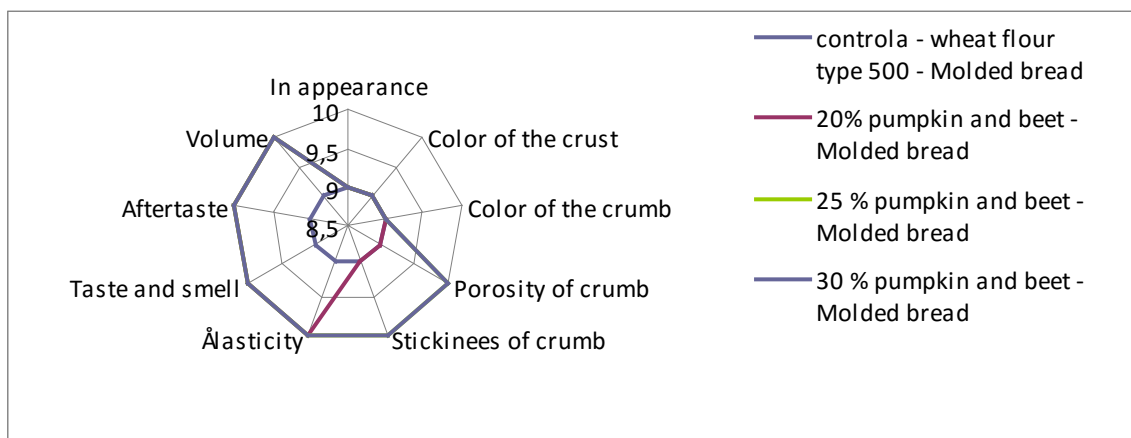


Fig.5. Sensorial evaluation of roasted in form bread, derived from wheat flour type 500 with mixture puree of pumpkin and beet

In the variant with 20, 25 and 30% additive are increases the specific volume of the bread and the stability of the shape when compared to the control sample.

The conducted organoleptic evaluations confirms the acceptability and effectiveness of introducing additive into formulations of bakery products.

Obtained are products with better quality without a significant change in the flavor.

Specimens of bread with additives have better organoleptic properties.

The water absorption from bread crumb is a of the most important properties, which keep it fresh and determined the quality of the finished product.

Adding of puree mixture of pumpkin and beetroot leads to a significant increase in water absorption capacity from the bread crumb. Most major is influence when adding a 30% additive - puree mixture of pumpkin and beetroot.

In fig. 6 have been brought data for the moisture-uptake of bread crumb.

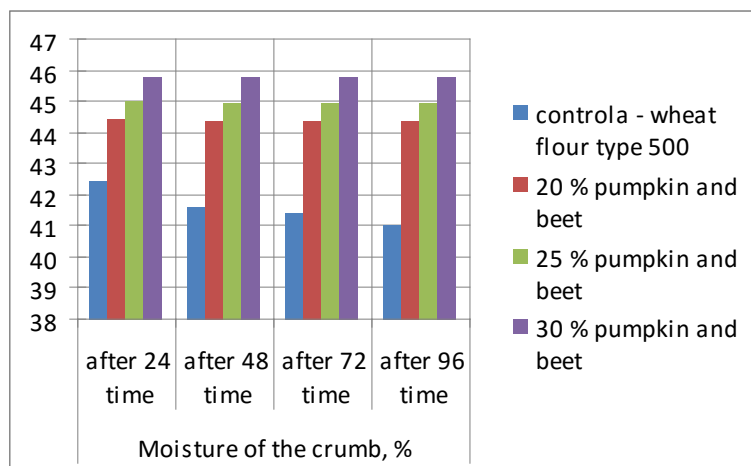


Fig.6. Moisture of the crumb of the enriched bread with puree of pumpkin and beet

Decreases is the risk of disease on the bread from potato disease because of the high acidity.

The appearance of potato disease at the control sample was found after 48 hours thermostating after baking.

In test sample, the disease of bread is reported after 96 hours thermostating after baking. It manifests itself with a slight specific smell and sticky crumbs.

From the results of the study can draw the following conclusions:

1. It has been found optimum ratio between pumpkin and beetroot.
2. Determined is the optimal dosage of the additive from pumpkin and beetroot in bakery products. Puree mixture of pumpkin and beet is added in an amount of 20% to 30% by replacing the corresponding amount of flour.

3. Developed a recipe for getting bread enriched with vitamins and micronutrients at the expense of submitted puree from pumpkin and beetroot.

4. It is advisable to introduce 30% additive, which is rational from a technological standpoint and from a position of maximum enrichment of the bread.

5. The resulting bakery products meet the necessary quality requirements by physico-chemical and organoleptic parameters.

6. The additive of puree mixture of pumpkin and beet in bakery products improves not only the organoleptic indicators of the finished product, but also allows to improve its chemical composition and nutritional value.

7. Decreases is the risk of disease on the bread from potato disease because of the high acidity.

List literature:

1. Atayev A.A. Dietary bakery products for a healthy diet [Text] /A.A. Atayev, R.D. Polaidova, TG Bogatyrev. - Bakery Russia. - 2000, - №1. - P.21.
2. Isabaev I.B. Puree pumpkin in the production of rusks

[Text] /I.B. Isabaev, KH Mazhidov etc. - Baking Russia. - 2000, - №4. - P.30.

ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА МНОГОКРАТНОГО УПЛОТНЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ИЗ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА

Джафаров Низами Думан оглы
Кандидат технических наук, доцент

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

AUTOBIOGRAPHY IN THE ACTIVITY OF ROBERT GRAVES.

Jafarov Nizami Duman PhD Technical Science, assistant professor Azerbaijan State University of Oil and Industry

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается задача о сжатии пористого покрытия. Построена математическая модель в рамках нелинейной вязко-упругой теории пористости. Приведены рекуррентные соотношения для определения значений параметра пористости и осадка при многократном повторении процесса сжатия. Для упрощенных основных соотношений модели приведен график зависимости параметра пористости от числа повторений.

ABSTRACT

The paper considers the problem of compressed porous cover. The mathematical model of compression is defined in the frame of the theory of non-linear viscoelastic porosity. Recurrent relations are given to determine the values of porosity parameters and upsetting under multiple iteration of compression. The diagram of dependence of porosity parameters on number of iteration is given for simplified basic relations of the model.

Ключевые слова: покрытия, поры, повреждаемость, пористый материал, уплотнения слоя, бесконечный слой, внешней поверхности

Keywords: cover, porosity, damageability, porous material, sealing layer, an infinite layer, the outer surface

Введение. В силу технологических особенностей изготовления изделий, из условий эксплуатации некоторых конструкций, на некоторые элементы конструкций наносятся покрытия. Эти покрытия могут быть антикоррозионными, упрочняющими для данного элемента конструкции, восстанавливающими параметры конструкций и т. д. Несмотря на многоцелевое использование покрытий, они имеют ряд общих свойств. Среди этих свойств выделим некоторые. Материал покрытий является композиционным. Это связано с требованиями к свойствам материала покрытия, с его адгезионными свойствами. В силу особенностей композитов они являются пористыми. При этом объем пор меняется со временем в связи с изменением температуры окружающей среды, ее влажности и т.д. Наличие пор влияет на поведение покрытия при его совместной работе с элементом конструкции. Поэтому возникает необходимость уплотнения покрытия, что приводит к уменьшению объема пор, а следовательно, к улучшению показателей покрытия. Необходимо отметить, что уплотнение проводится до достижения определенных значений показателей покрытия, т.е. до определенного значения объема пор. Отсюда следует, что процесс уплотнения является многократным. Это связано со следующим: для определения качества покрытия необходимо провести замеры рассматриваемого показателя. Так как для применяемых технологий уплотнения, не всегда, с первого раза, удается достичь требуемого значения показателя, то возникает необходимость повторного уплотнения. Эта процедура повторяется до достижения требуемого значения параметра.

При рассмотрении многократных (повторяющихся) процессов одной из трудностей является учет предыдущего результата для численного расчета соответствующей математической модели. Поэтому построение эффективной математической модели, ее численная реализация при многократном повторении процесса уплотнения покрытия из пористого материала представляет научный и практический интерес.

Постановка задачи. Рассмотрим бесконечный слой, лежащий на жестком горизонтальном основании. Поперечную координату слоя обозначим через x . Тогда координата основания определяется как $x=0$, внешней поверхности как $x=H_0$, где H_0 - толщина слоя. Предположим, что на внешней поверхности слоя действует вертикальная сжимающая сила, перемещающаяся вдоль оси Y со скоростью V , где y - продольная координата слоя. Значение этой силы не зависит от координаты другой продольной оси z , т.е. предполагается, что задача является плоской.

Пусть материал слоя является пористым. Распределение пор в материале можно описать некоторой величиной ω , аналогичной параметру повреждаемости [1].

В этом случае ω определяется как $\omega = V_\omega \cdot V^{-1}$, где V - некоторый объем, выделенный в рассматриваемом слое, V_ω - объем пор, находящийся в этом V . Такого типа слои встречаются при рассмотрении покрытий, применяемых в машиностроении, в строительстве и т.п. Обычно, при рассмотрении дорожных покрытий, покрытий взлетно-посадочных полос, антикоррозионных покрытий и т.п. поведение покрытий моделируется поведением бесконечного

слоя [2]. Если эти покрытия являются композиционными, например, асфальтобетонными, то величина ω характеризует объем пор, имеющих в слое. Отметим, что даже после уплотнения покрытия значение величины ω может достигать 0,2. Для дорожных покрытий рассматриваемая выше сила может моделировать действие «тяжелого» движущегося транспорта или действие уплотняющего катка.

Известно, что объем пор в теле может изменяться во времени t , в зависимости от величины приложенной силы и т.п. Это изменение можно описать уравнением следующего вида, по аналогии с кинетическим уравнением порождаемости [3]

$$\omega(t) = \omega_0 - \int_0^t \Pi(t, \tau) \varphi(\omega, \sigma) d\tau \quad (1)$$

где ω_0 - начальное значение ω , $\Pi(t, \tau)$ - ядро пористости, φ - нелинейная функция пористости, зависимость ω от времени указывает на учет вязких свойств материала. В этом случае физическое соотношение для материала слоя в одномерном случае можно записать по аналогии в следующем виде [3]:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \int_0^t K(t, \tau) f(\omega, \sigma) d\tau \quad (2)$$

где ε - деформация, σ - действующее в теле напряжение, E - мгновенный модуль упругости, K - ядро ползуче-

сти, f - нелинейная функция напряжения. Отметим, что ядра Π и K могут быть разностными.

Как следует из соотношений (1) и (2), параметр пористости ω зависит от времени, приложенной нагрузки и других параметров задачи. Известно, что качество покрытия определяется величиной ω или величиной, зависящей от ω . Поэтому требования, предъявляемые к качеству покрытия, сводятся к требованиям на величину ω . Если, для взятых параметров задачи, величина ω не удовлетворяет необходимым требованиям, то процесс уплотнения покрытия целесообразно повторить. Этот процесс повторяется до тех пор, пока величина ω не достигнет нужного значения. Для ускорения процесса достижения ω требуемого значения, его эффективности, долгосрочного прогнозирования полученного состояния целесообразно построение математической модели процесса уплотнения покрытия из пористого материала, разработка алгоритма расчета по этой модели и определение условий, в рамках этой модели, завершения процесса уплотнения.

Построение математической модели процесса уплотнения. Предположим, что внешняя поверхность слоя $x=H_0$, подвержена сжимающей нагрузке, вызванной движением и весом тела цилиндрической формы радиуса R . В виду плоскости задачи, длина тела не учитывается. Примером такого тела может быть «длинный» каток рис.(1). Рассмотрим горизонтальное перемещение тела с постоянной скоростью v

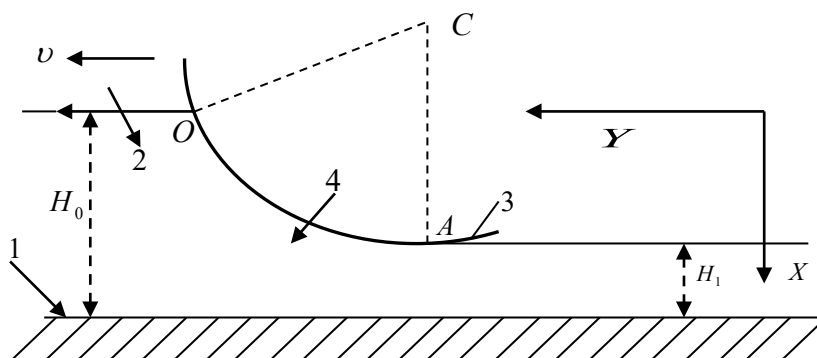


Рис.1. Схематическое представление действия нагрузки. 1- основание; 2 - слой до уплотнения; 3 - цилиндрическое тело (каток); 4 - слой после уплотнения; C - центр вращения катка.

Так как положение катка меняется во времени, то нагрузка от него не действует одновременно на все точки слоя, а лишь на те точки, которые контактируют с телом в данный момент времени. Рассмотрим положение тела в произвольный момент времени $t=t_0$. В этот момент времени слой контактирует с катком по дуге OA , где точка O - точка контакта катка с поверхностью $x=H_0$ (точка начала контакта), точка A - точка, в которой контакт завершается (точка отрыва катка от уплотненной поверхности $x=H_1$). Обозначим координаты точки O через $x=H_0$; $y=y_0=vt_0$. В последующие моменты времени рассматриваемая точка слоя перемещается в результате деформации слоя под действием приложенной силы. Перемещением U_y вдоль оси Y можно пренебречь по сравнению с перемещением U_x вдоль оси X в виду малости U_y . Со временем величина U_x возрастает по модулю, т.к. величина сжимающей силы на эту точку, вызванной перемещением катка,

возрастает. Наибольшее значение силы действующей на рассматриваемую точку, достигается в момент времени

$t = t_0 + \Delta t$ когда эта точка займет низшее положение, где Δt - время перемещения точки внешней поверхности

$x=H_0$ до поверхности $x=H_1$. При $t > t_0 + \Delta t$ в рассматриваемой точке происходит разгрузка, т.е. точка не подвержена сжимающей нагрузке. Отсюда следует, что за промежуток времени Δt - происходит уплотнение слоя в точке $x=H_0$; $y=y_0$.

Отметим, что в процессе уплотнения (деформации) слоя точка O перемещается вдоль дуги OA . Исходя их геометрии катка имеем, что длина дуги OA величина L определяется равенством $L = R \cdot \varphi$, где φ - угол между радиусами OC и AC . За время Δt точка обода катка в горизонтальном направлении переместилась на величину

$L = v \cdot \Delta t$, в вертикальном направлении - на величину S , где $S = R(1 - \cos \varphi)$ и учитывалось, что точка А после деформации находится на одной вертикали с точкой С.

Величина S имеет физический смысл, т.к. $S = H_0 - H_1$, то S - осадка слоя при сжатии. Она характеризует уплотнение слоя [4]. Отметим, что уплотнение слоя происходит не одновременно во всех точках, а по мере передвижения тела и в тех точках, в которых происходит контакт тела с покрытием. Величина S есть наибольшее значение перемещения точек внешней поверхности за время Δt т.е. она характеризует наибольшую степень уплотнения.

Рассматриваемые перемещения вызваны действием распределенной по дуге ОА силой \vec{q} . Эта сила определяется весом P и силой тяги катка (вес материала слоя не учитывается). Силой трения и прилипания пренебрегаем в виду их малости по сравнению с рассматриваемыми силами и в виду гладкости поверхности катка. Из условия гладкости следует так же, что нет затягивания частиц слоя: перенос с высокой части слоя на нижнюю. На отрезке времени $t_0 \leq t \leq t_0 + \Delta t$ величина \vec{q} меняется от нуля в точке О до $q_x = p$ в точке А.

В виду малости скорости движения катка предположим, что задача расчета уплотнения слоя является квазистатической. Для упрощения расчета распределенную силу \vec{q} заменим равнодействующей силой \vec{Q} , приложенной в точке О и проходящей через точку С. Эту замену можно осуществить в виду малости длины дуги. Проекция уравнения равновесия сил на ось X приводит к следующему уравнению:

$$P = Q_x = \frac{Q}{\cos \varphi} \approx Q \quad (3)$$

где предполагалась малость величины φ . Это предположение следует из малости величины $\frac{H_0}{R}$, которая характеризует угол φ . В рамках этого предположения следует:

$$S = R(1 - \cos \varphi) \approx R \frac{1}{2} \varphi^2; \quad L = R\varphi \approx \sqrt{2R}; \quad \Delta t = \frac{L}{v} = \frac{L}{v} \sqrt{2R} \quad (4)$$

Определим напряжение, действующее в слое. Всеми компонентами тензора напряжения можно пренебречь по сравнению с компонентой $\sigma_x = \sigma$. Напряжение в теле из пористого материала и может быть определено двояко: или σ - отношение силы к F - площади площадки, на которую действует эта сила или σ_v - отношение этой же силы к F_v - площади площадки с учетом пор, где $F_\omega = F(1 - \omega)$

Применительно к рассматриваемой задаче, основываясь на (3) и (4), имеем:

$$\sigma = \frac{Q_x}{L} = \frac{P}{\sqrt{2R}}; \quad \sigma_v = \frac{Q_x}{L_\omega} = \frac{P}{L(1 - \omega)} = \frac{P}{1 - \omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \quad (5)$$

Отметим, что эти напряжения относятся к площадке контакта, определяемого дугой L . Из условия равновесия следует, что напряжение в слое не зависит от X . Этот результат основывается на предположениях, что величина

\vec{q} заменяется на равнодействующую, не зависящую от X и что распределение ω не зависит от X в виду тонкости слоя.

Для определения величины ω рассмотрим соотношение (1). В этом соотношении действующим напряжением является σ_v . Эта величина отлична от нуля для $y_0 + L \leq y < y_0$ при $t_0 < t < t_0 + \Delta t$. Отметим, что до начала уплотнения в точках с координатами $(H_0; y_0)$ при $t_0 < t$ величина ω определяется начальным значением т.е. $\omega = \omega_0$. Тогда соотношение (1) примет следующий вид:

$$\omega(t) = \omega_0 - \int_{t_0}^t \Pi(t, \tau) \varphi \left[\omega; \frac{P}{1 - \omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] d\tau, \quad t_0 < t < t_0 + \Delta t$$

$$\omega(t) = \omega_0 - \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} \Pi(t, \tau) \varphi \left[\omega; \frac{P}{1 - \omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] d\tau, \quad t > t_0 + \Delta t$$

(6) Отсюда следует, что величина ω зависит от S . Отметим, что Величина S не входит в систему определяющих уравнений. Однако из соотношения (2) следует, что ε не зависит от X . Тогда, основываясь на граничное условие ($U_x = 0$ при $x=0$) следует, что $U_x = \varepsilon \cdot x$. Учитывая определение $S = H_0 - H_1$ и что при $x = H_0$ перемещение

$U_x = H_0 - H_1 = S$, получаем, что $\varepsilon = \frac{S}{H_0}$. Тогда, из соотношения (2), основываясь на предыдущие замечания, следует

$$\frac{S(t)}{H_0} = \int_{t_0}^t K(t, \tau) f \left[\omega; \frac{P}{1 - \omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] d\tau \quad t_0 < t < t_0 + \Delta t$$

$$\frac{S(t)}{H_0} = \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} K(t, \tau) f \left[\omega; \frac{P}{1 - \omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] d\tau \quad t > t_0 + \Delta t \quad (7)$$

где упругой деформацией можно пренебречь в виду ее малости. Это предположение позволяет считать, что после уплотнения слоя получаемая деформация необратима [5].

Уравнения (6) и (7) позволяют определить величины $\omega(t)$ и $S(t)$, т.е. объем пор в слое при уплотнении и осадок слоя т.е. характерные величины уплотненного слоя из пористого материала. Эти уравнения описывают математическую модель процесса уплотнения.

Решение системы определяющих уравнений. Очевидно, что время уплотнения участка $y_0 < y < y_0 + L$ намного меньше времени уплотнения слоя по всей длине т.е.

$\Delta t < t_0$. Поэтому практический интерес представляют

величины $\omega(t)$ и $S(t)$ при $t > t_0$. Из вторых уравнений соотношений (6) и (7) следует:

$$\omega(t) = \omega_0 - \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} \Pi(t, \tau) \varphi \left[\omega; \frac{P}{1-\omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] d\tau \approx \omega_0 - \Pi(t; t_0) \varphi \left[\dot{\omega}_1; \frac{P}{1-\dot{\omega}_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{2S_1 R}} \right] \times \frac{1}{v} \sqrt{2S_1 R} \quad \text{if } t \geq t_0$$

$$S(t) = H_0 \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} K(t, \tau) f \left[\omega; \frac{P}{1-\omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] d\tau \approx H_0 K(t; t_0) f \left[\omega_1; \frac{P}{1-\omega_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{2S_1 R}} \right] \times \frac{1}{v} \sqrt{2S_1 R} \quad \text{if } t \geq t_0$$

(9) где $\omega_1 = \omega(t_0)$; $S_1 = S(t_0)$ Они определяются из следующей системы уравнений

$$\omega_1 = \omega_0 - \Pi(t_0; t_0) \varphi \left[\dot{\omega}_1; \frac{P}{1-\dot{\omega}_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] \cdot \frac{1}{v} \sqrt{2S_1 R} \quad (10)$$

$$S_1 = K(t_0; t_0) f \left[\omega_1; \frac{P}{1-\omega_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{2R}} \right] \cdot \frac{1}{v} \sqrt{2S_1 R} \cdot H_0 \quad (11)$$

Отметим, что при вычислении интегралов (8) и (9) использовалась формула приближенного интегрирования и малость Δt [6]. Величины $\Pi(t, t_0)$ и $K(t, t_0)$ характеризуют изменения соответствующих величин в момент времени t по сравнению со значениями этих же величин после уплотнения в момент времени $t=t_0$. Известно, что функции $\Pi(t, t_0)$ и $K(t, t_0)$ могут обладать «затухающей памятью» [5] т.е.:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Pi(t, \tau) = \lim_{t \rightarrow \infty} K(t, \tau) = 0$$

Поэтому, как следует из (8) и (9),

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = \omega_0; \quad \lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = 0$$

Отсюда следует, что наибольшие значения величин $\omega(t)$ и $S(t)$ достигается при $t = t_0$, т.е. сразу после разгрузки слоя. Поэтому решение системы (10) имеет смысл, когда $\omega_1 > 0$. В противном случае $\omega_1 = 0$ происходит «схлопывание» (закрытие) пор [7]. В этом случае рассматриваемая модель теряет физический смысл: пористый материал становится «сплошным». Таким образом, система уравнений (8) - (10) позволяет определить распределение параметра пористости во времени, а также изменение осадка уплотненного слоя из пористого материала. Кроме того, найдено условие ($\omega_1 = 0$), позволяющее опреде-

лить области изменения параметров задачи, для которых процесс уплотнения имеет физический смысл.

Для анализа решения системы определяющих уравнений упростим ее, предположив, что

$\Pi(t, \tau) = B, K(t, \tau) = A, \varphi(\omega, \sigma_u) = \sigma_u; f(\omega, \sigma_u) = \sigma_u$, где A и B – постоянные размерные величины. Тогда из системы (8) - (10) следует:

$$\omega(t) = \omega_0 - B \frac{P}{1-\omega_1} \frac{1}{v}; \quad S(t) = A \frac{P}{1-\omega_1} \frac{H_0}{v} \quad (11)$$

где

$$\omega_1 = \frac{1}{2} \left[1 + \omega_0 - \sqrt{(1-\omega_0)^2 + 4 \frac{B}{v}} \right]$$

$$S_1 = 2 \frac{A}{v} \left[1 - \omega_0 + \sqrt{(1-\omega_0)^2 + 4 \frac{B}{v}} \right]^{-1} \cdot H_0$$

где знак перед квадратным корнем выбран основываясь на условие: $\omega_1 = \omega_0$ при $P = 0$. Полученные соотношения (11) имеют смысл при $\omega_1 \neq 0$. В противном случае происходит «схлопывание» пор в процессе уплотнения.

Условие $\omega_1 = 0$ определяет область изменения параметров $\omega_0; P; v; B$ для которых процесс уплотнения существует. Эта область определяется из следующего неравенства:

$$\omega_1 \geq 0; \quad \omega_0 \geq \frac{B}{v}$$

Если $P < v\omega_0 1/B$, то после уплотнения в слое имеются поры, если $P = v\omega_0 1/B$, то после уплотнения поры в слое «закрылись», т.е. слой стал «сплошным», если $P > v\omega_0 1/B$, то расчет сжатия слоя по приведенной модели проводить нельзя. Отметим, что при $P = v\omega_0/B$, величина осадка достигает наибольшего значения:

$$S_1 < \max S_1; \quad \max S_1 = A H_0 / B \omega_0 < A H_0 / B$$

Итак, из решения системы (11) можно определить не только значения характерных величин ω и S , но и их ограничивающие значения

$$\omega \geq 0; \quad P \leq v\omega_0 1/B; \quad S \leq A H_0 / B \omega_0$$

На рис.2 приведена зависимость параметра пористости ω от веса P для начальных значений параметра ω_0 .

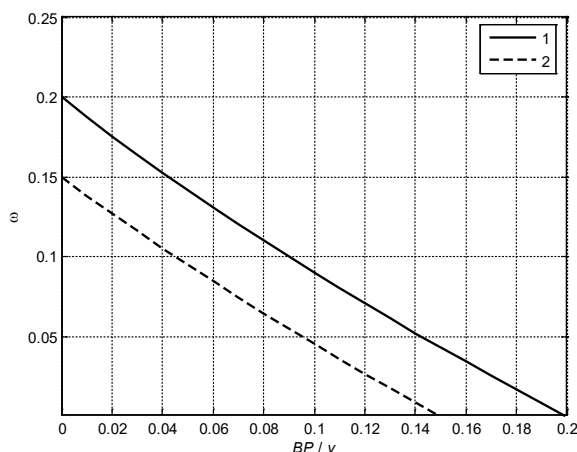


Рис.2 Зависимость ω от PB/v 1- ω₀=0.2 2-ω₀=0.15

Из графика следует, что с возрастанием веса катка объем пор в уплотненном слое уменьшается. Аналогичный результат получается и при уменьшении скорости движения катка. Кроме того, чем уплотненнее материал слоя до начала процесса уплотнения (чем меньше ω₀), тем меньше вес катка (тем больше скорость движения катка), при котором «закрываются» поры.

Алгоритм расчета многократного уплотнения слоя. Из решения системы определяющих уравнений предложенной модели расчета уплотнения слоя как было показано выше можно определить значения параметров задачи, при которых происходит «закрытие» пор. Известно, что качество покрытия определяется величиной ω после уплотнения: чем меньше ω, тем качественнее покрытие. Гипотетически можно принять, что для качественного покрытия ω=0. Поэтому, если после процесса уплотнения получено, что ω ≠ 0, то возникает необходимость повторного процесса уплотнения. Отметим, что повторение осуществляется до тех пор пока ω=0. Опишем процесс повторного многократного уплотнения, основываясь на выше введенных предложениях и систему уравнений (8) - (10).

Многократный процесс уплотнения заключается в многократном нагружении ранее рассмотренной точки на внешней поверхности слоя при y=y₀. Время, при котором происходит нагружение (прохождение катка) в данной точке, обозначим через t_i, где i - номер повторения нагружения, (t₁=t₀). За время t_{i+1} - t_i каток движения рассматриваемой точки до конца слоя (вдоль длины слоя) и вновь возвращается в рассматриваемую точку. При этом сюда включается время подготовки катка к повторному уплотнению. После i - го повтора уплотнения толщину слоя обозначим через H_i, значение параметра пористости - через ω_i, значение осадка - через S_i = H_{i-1} - H_i. Отметим, что для i - го повтора величина ω_{i+1} принимается за начальное значение ω. Кроме того, деформация слоя после i - го повтора

$$\varepsilon_i = \frac{H_{i-1} - H_i}{H_{i-1}} = \frac{S_i}{H_{i-1}}$$

С учетом введенных обозначений, основываясь на (8) и

(9) многократный процесс уплотнения после i - го повтора до i+1 - го повтора описывается следующей системой рекуррентных уравнений:

$$\omega(t) = \omega_{i-1} - \Pi(t, t_i) \varphi \left[\omega_i; \frac{P}{1 - \omega_i} \frac{1}{\sqrt{2R_i}} \right] \frac{1}{v} \sqrt{2R_i};$$

$$\frac{S_i}{H_{i-1}} = K(t, t_i) f \left[\omega_i; \frac{P}{1 - \omega_i} \frac{1}{\sqrt{2R_i}} \right] \frac{1}{v} \sqrt{2R_i}; \quad t_i < t < t_{i+1} \quad i = 1 \div N$$

(13)

где N - число повторов (циклов). Величины ω_i и S_i определяются из следующей системы уравнений:

$$\omega_i = \omega_{i-1} - \Pi(t_i, t_i) \varphi \left[\omega_i; \frac{P}{1 - \omega_i} \frac{1}{\sqrt{2R_i}} \right] \frac{1}{v} \sqrt{2R_i};$$

$$\frac{S_i}{H_{i-1}} = K(t_i, t_i) f \left[\omega_i; \frac{P}{1 - \omega_i} \frac{1}{\sqrt{2R_i}} \right] \frac{1}{v} \sqrt{2R_i}; \quad (14)$$

Полученная система уравнений имеет смысл при

ω_i > 0. Если при i = N получим ω_N = 0, то тогда N есть число повторов уплотнения, после которых происходит «закрытие» пор, т.е. расчет сжатия покрытия завершен. Итак, система уравнений (13) и (14) описывает многократный процесс уплотнения рассматриваемого слоя, а так же позволяет определить число повторов.

Алгоритм решения приведенных уравнений состоит

из следующих этапов. В начале выбирается точка y = y₀, в которой рассматривается уплотнение, т.е. определяется

величина t₀ = y₀v⁻¹. Для i=1 решается система

уравнений (14), задав величины t₁ = t₀; ω₀; H₀ (величины R, R и функции Π, K известны и не зависят от номера повтора). Отсюда определяются величины ω₁ и S₁. Подставив их в систему (13), определяем ω(t) и S(t) при

t > t₁. Если ω_i > 0, то процесс уплотнения повторяем, приняв i=2. В начале определяем величину t₂. Отметим,

что t₂ = t₁ + T₀, где T₀ - время, за которое каток завершит движение вдоль слоя. Для i=2 решается система (14), зная

t_2 ; $\omega(t_2)$; $H_1 = H_0 + S(t_2)$ Отсюда определяются величины $\omega_2(t_2)$ и $S_2(t_2)$. Подставив их в систему (13) определяем $\omega(t_2)$ и $S(t_2)$ при $t_1 < t < t_2$. Если $\omega_2 = 0$, то процесс уплотнения останавливается, приняв $N=2$, т.е. после двукратного повторения процесса уплотнения поры в покрытии «закрываются» (покрытие становится качественным).

Для линейных функций пористости и напряжения, а так же для постоянных ядер, основываясь на (13) и (14), используя обозначения, принятые при написании (11), имеем:

$$\omega(t) = \omega_{i-1} - B \frac{P}{1 - \omega_i} \cdot \frac{1}{v} = \omega_i$$

$$t_i < t < t_{i+1} \quad i = 1 \div N$$

$$\frac{S(t)}{H_{i-1}} = A \frac{P}{1 - \omega_i} \cdot \frac{1}{v} = \frac{S_i}{H_{i-1}} \quad (15)$$

Отсюда следует, что

$$\omega_i = \frac{1}{2} \left[1 + \omega_{i-1} - \sqrt{(1 - \omega_{i-1})^2 + 4 \frac{B}{v}} \right] \quad t_i < t < t_{i+1} \quad (16)$$

Полученное рекуррентное соотношение позволяет определить распределение параметра пористости во времени, т.е. в зависимости от числа повторов уплотнения. Кроме того, соотношение(16) позволяет определить число повторов, после которого происходит «закрытие» пор в слое.

Не трудно показать, что $\omega_i < \omega_{i-1}$, т.е. с возрастанием числа повторов уплотнения значение параметра пористости уменьшается. На рис.3 представлена зависимость изменения параметра пористости в зависимости от числа повторов уплотнения при $\omega_0=0.2$

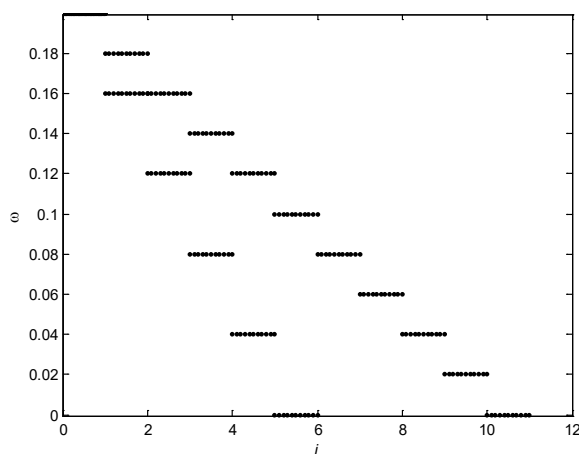


Рис3.Зависимость ω_i от i при $\omega_0=0.2$ 1. $BP/v=0.04$ 2. $BB/v=0.02$

При $BP/v=0.04$ число повторов, при которых поры «закрываются» равно $N=5$, при $BB/v=0.02$ имеем, что $N=10$. Точки разрыва соответствуют изменению ω вдоль дуги ОА, которое здесь не учитывается.

Выводы. В работе рассмотрена задача о сжатии пористого покрытия. Построена математическая модель в рамках нелинейной вязко-упругой теории пористости. Приведены рекуррентные соотношения для определения значений параметра пористости и осадка при многократном повторении процесса сжатия. Полученные рекуррентные соотношения позволяют определить распределение параметра пористости во времени, т.е. в зависимости от числа повторов уплотнения. Кроме того, эти соотношения позволяют определить число повторов, после которого происходит «закрытие» пор в слое. Для упрощенных основных соотношений модели приведен график зависимости параметра пористости от числа повторений.

Литература.

1. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М., Наука, 1979, 744 с.

2. Амиров Ю.Д. и др. Технологичность конструкций изделий. М., Машиностроение, 1990, 768 с.
 3. Шестериков С.А. и др. Закономерности ползучести и длительной прочности. М., Машиностроение, 1983, 101 с.
 4. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. М., Наука, 1977, 383 с.
 5. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений (том 2). М.: ГИФМЛ, 1962. - 464 с..
 6. Иванченко С.Н. Эффективность использования дорожных катков для уплотнения асфальтобетонных смесей. //Строительные и дорожные машины: Сб. научн. тр./ Под ред. А.В.Лещинского. Хабаровск: Изд-во ХГТУ, 1998. Вып. 1. – С. 39-45.
 7. Джафаров Н.Д. Мониторинг твердости асфальтовых покрытий дорог. Вестник Казахской Академии Транспорта и Коммуникаций им. М.Тынышпаева. Алматы, 2011 №1-ст. 4-8.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИОСВЯЗИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Затучный Дмитрий Александрович,

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры

«Технической эксплуатации

радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта»

ENSURING CIVIL AVIATION RADIO SHORTWAVE

Zatuchnyy D. A., candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of department of «Technical exploitation of radio electronic equipment of air transport»

АННОТАЦИЯ

В данной статье приведён подход к решению задачи обеспечения надёжной связи в гражданской авиации в коротковолновом диапазоне радиоволн. Приведены достоинства использования коротковолновых линий связи. Разработаны рекомендации по использованию подобных линий связи для разных географических районов.

ABSTRACT

To this article, going near the decision of task of providing of reliable connection is driven in a civil aviation in the short-wave range of radio waves. Dignities over of the use of short-wave flow lines are brought. Worked out to recommendation on the use of similar lines of connection for different geographic areas.

Ключевые слова: коротковолновой диапазон, оперативное переключение частот, адаптивная система связи, разнородный приём.

Key words: short-wave range, operative switching of frequencies, adaptive system of communication, set about reception.

Введение

Требования по обеспечению безопасности полётов являются основными в гражданской авиации. При этом бесперебойная радиосвязь воздушного судна с землёй является необходимым условием для выполнения задач, стоящих перед гражданской авиацией, при повышенной интенсивности воздушного движения.

Обеспечение радиосвязи может решаться только путем комплексного решения проблемы. Для этого необходимо применять различные методы и средства, сочетая их и выбирая в зависимости от конкретных условий данного географического района.

Проблемы, связанные с изменением энергетических характеристик систем связи в зависимости от конкретного региона, были подробно рассмотрены в [1].

Виды сигналов, используемые в радиосвязи гражданской авиации, эффективность их использования в зависимости от региона и типа помех были рассмотрены в [2].

1. Специфика работы коротковолновых систем связи

В настоящее время радиосвязь на коротких волнах применяется для решения ряда задач [3]:

- обеспечение дальней связи с самолетами в полете;
- управление воздушным движением на трассах где нет ультракоротковолновой (УКВ) радиосвязи;
- взаимодействие и обмен сообщениями между наземными диспетчерскими пунктами службы движения по вопросам управления воздушным движением (УВД), безопасностью и регулярности полетов.

Хотя тактико-технические данные (диапазон частот, стабильность частоты, излучаемая мощность, и др.) ряда радиостанций соответствуют современным требованиям, их применение не позволяет обеспечить требуемую надежность связи. Это объясняется частыми случайными изменениями физических свойств каналов.

Относительно невысокая стоимость коротковолновых систем связи, их большая дальность действия является

такими достоинствами, которые стимулируют дальнейшее исследование методов повышения надежности связи в КВ диапазоне. Эта задача отчасти может решаться путем увеличения мощности передатчика, совершенствования антенн, применением эффективных методов обработки сигналов. Однако, при наличии быстрых изменений, условий распространения, надежность коротковолновой связи прежде всего определяется радикальным выбором наилучших рабочих частот связи.

Используемые с этой целью, составленные на основе долгосрочного прогнозирования месячные прогнозы максимальных применяемых частот (МПЧ) и наименьших применимых частот (НПЧ) дают лишь приближенные их значения и недостаточно характеризуют реальное состояние канала связи [4]. При наличии быстрых изменений условий распространения лучшие результаты можно получить на основе использования методов краткосрочного прогнозирования. Один из наиболее эффективных методов связан с применением наклонного зондирования. В таких системах осуществляется оперативное переключение рабочих частот на основе текущей информации, полученной в результате наклонного зондирования ионосферы. Они могут быть названы адаптивными по частоте.

Экспериментальные исследования подтверждают повышение надежности связи при использовании систем с оперативным переключением частот. По предварительным расчетам для отечественных систем однополосной телеграфной коротковолновой системы с пропускной способностью 1200 бит/с применение аппаратуры с оперативным переключением рабочих частот позволяет уменьшить вероятность ошибки с 10^{-3} до 10^{-5} то есть на два порядка.

Адаптивные системы связи с оперативным переключением рабочих частот являются перспективными для обеспечения радиосвязи в полярных районах, в том числе для радиосвязи с самолетами. В целях упрощения эксплуатации, повышения надежности связи, уменьшения времени

на переходы и увеличение пропускной способности радиопередачи, операции выбора частоты и перестройки аппаратуры на новую частоту целесообразно автоматизировать и возложить на ЭВМ. Для обеспечения совместимости этих систем с существующим парком связанных радиостанций конструктивно их целесообразно выполнять в виде приставки к радиостанциям.

На основании сказанного системы связи с оперативным переключением рабочих частот следует рекомендовать для перспективных радиостанций. Реализация этой рекомендации потребует значительного времени. Наиболее простой и быстрый способ повышения надежности связи состоит в создании средневолновой радиостанции.

2. Методика обеспечения радиосвязи на коротких волнах для передачи непрерывных сообщений

Если для передачи телефонного сообщения $a(t)$ используется в качестве несущего сигнала гармоническое колебание вида

$$f(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где A_0 – амплитуда, ω_0 – частота, φ_0 – начальная фаза гармонического колебания, то возможно, соответственно, три вида модуляции: амплитудная (АМ), частотная (ЧМ) и фазовая (ФМ). Кроме того, возможны комбинированные виды модуляции, например, амплитудно-частотная или амплитудно-фазовая. Существует так же АМ с подавлением несущей (ПН), называемая модуляцией с двойной боковой полосой с подавлением несущей (ДБП-ПН) и модуляцией с одной боковой полосой с ПН (ОБП-ПН) и ОБП с неподавленной несущей (ОБП-НП).

Так как рассматривается случай передачи радиотелефонных сообщений в КВ радиоканале, то применение угловых видов модуляции, таких как ЧМ и ФМ, является неприемлемым из-за широкой полосы частот, занимаемой сигналами ЧМ и ФМ. Поэтому, для применения самолетной радиосвязи могут быть использованы сигналы с АМ, ДБП-ПН, ОБП-ПН и ОБП-НН. Исходя из эффективности применения указанных видов модуляции, следует заключить, что в КВ радиоканале должны применяться такие виды модуляции, как ОБП-ПН и ОБП-НП. При этом применение ОБП-НП подразумевает использование как части мощности несущего колебания (излучения АЗА), так и всего несущего колебания (излучения АЗН) [5]. Однако, нормы летной годности самолетов (НЛГС-2) допускают применение не только режимов АЗА, АЗН, но и АЗ, АМ. В то же время, согласно рекомендациям Международной организации гражданской авиации (ИКАО) для самолетной радиосвязи в КВ радиоканале, должно использоваться излучение АЗУ (ОБП-ПН) и допускается использование АЗН. Учитывая эти рекомендации, АМ не должна уже в настоящее время применяться в КВ диапазоне для самолетной радиосвязи. Поэтому необходимо ориентироваться на применение в самые ближайшие годы только излучения АЗН и АЗУ в КВ радиоканале с постепенным переходом к системам радиосвязи, работающим в режиме АЗУ.

3. Методика обеспечения радиосвязи на коротких волнах для передачи дискретных сообщений

Для передачи дискретных сообщений в связанных радиостанциях коротковолнового диапазона применяется код

Морзе и слуховой прием, при этом используется амплитудная манипуляция колебаний несущей частоты посылаемыми различной длительности.

В настоящее время помимо слухового приема все более актуальной становится также необходимость обеспечения автоматического обмена данными. Эффективность систем передачи данными в значительной степени зависит от используемого метода манипуляции. Для коротковолнового диапазона этот вопрос следует решать с учетом замираний сигналов, возникающих из-за многолучевого распространения радиоволн.

Одним из наиболее распространенных методов борьбы с замираниями является разнесенный прием, при котором сигнал на приемной стороне воспроизводится по нескольким сигналам, каждый из которых изменяется в значительной степени независимо от другого. В силу независимости изменения уровней различных сигналов вероятность их одновременного замирания будет значительно меньше замирания одного сигнала, благодаря чему вредное действие общих и селективных замираний уменьшается.

Независимость изменения различных сигналов достигается за счет применения того или иного метода разнесения: временного, частотного, пространственного, поляризованного. Для радиосвязи в гражданской авиации основное значение имеют методы частотного и пространственного разнесения.

При частотном разнесении n приемников одновременно принимают сигналы n передатчиков, работающих на различных частотах. Если разнос частот достаточно большой, замирания будут независимы. Эксперименты, проведенные на трассах различной протяженности (800, 1500, 400 км) и на различных частотах (7-20 МГц) показывают, что при разнесении двух частот на 300-3000 Гц и вдвоем приеме глубина замираний сигнала получается значительно меньше, чем при одинарном приеме, а устойчивость связи существенно выше.

Недостаток частотного разнесения заключается в том, что оно связано с необходимостью увеличения числа частот. Но частотное разнесение несложно осуществить на ограниченной площади, в частности на борту самолета, поэтому применение этого метода разнесения может оказаться целесообразным для связи в направлении Земля – самолет.

При ограниченной площади наземного приемного пункта метод частотного разнесения можно применять и на земле для обеспечения двусторонней связи Земля – Земля. Применение частотного разнесения для связи самолет – Земля целесообразно из-за трудности одновременного излучения сигналов на двух частотах бортовым радиопередатчиком.

Широкое применение находит метод пространственного разнесения, при котором производится прием на несколько антенн, установленных на некотором расстоянии друг от друга. Опытным путем установлено, что в системах связи с пространственным разнесением при расстояниях между антеннами порядка $30 \div 50$ длин волн коэффициент корреляции сигналов $R \approx 0,3$, а при расстояниях $10 \div 15$ длин волн обычно $R \leq 0,6$. На практике обычно применяется двукратное разнесение антенн.

Пространственное разнесение нельзя применять на подвижном объекте, но его можно применять на наземном пункте, осуществляющем связь с самолетом, т.е. для связи самолет – Земля. Этот вид разнесения в сочетании с частотным может обеспечить двустороннюю связь между землей и самолетом.

При любом методе разнесения суммарный сигнал $x(t)$ представляет линейную комбинацию отдельных сигналов $x_i(t)$, каждой из которых есть сумма полезного сигнала и шума:

$$x_i(t) = s_i(t) + n_i(t)$$

и входит в общую сумму с некоторым коэффициентом:

$$x(t) = C_1 x_1(t) + C_2 x_2(t) + \dots + C_n x_n(t) = \sum_{i=1}^n C_i x_i(t)$$

где n – кратность разнесения.

Значения коэффициента C_i могут быть различными в зависимости от способа сложения, т.е. от способа образования суммарного сигнала из отдельных сигналов.

Известны три основных способа сложения: селективное сложение (автовывбор наибольшего сигнала), линейное сложение (с равными коэффициентами) и оптимальное сложение (с коэффициентами, пропорциональными отношению сигнал/шум в данном канале).

Помехоустойчивость разнесенного приема характеризуется увеличением отношения сигнал/шум на выходе системы по сравнению с одинарным приемом. Выигрыш в помехоустойчивости возрастает при увеличении числа каналов. Зависимость величины отношения сигнал/шум по мощности от кратности разнесения на селективное, линейное и оптимальное сложение соответственно определяется следующими формулами:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{\text{неч.}} &= \sum_{i=1}^n 1/i \\ \alpha_{\text{н.лин.}} &= 0,215 + 0,785n \\ \alpha_{\text{н.опт.}} &= n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

При этом отношение сигнал/шум в каждом канале считаем равным единице.

На основании изложенного можно сделать вывод о целесообразности применения для связи с самолетами двухкратного частотного разнесения в направлении Земля – самолет и двухкратного пространственного разнесения в направлении самолет – Земля. Для образования суммарного сигнала следует использовать наиболее простые виды сложения – селективное или линейное.

Реализация двухкратного частотного разнесения может быть выполнена различными способами. Один из способов состоит в передаче каждого бита при частотной манипуляции сдвинутыми на половину длительности посылки T колебаниями не одной, а двух частот.

Значение девиации:

$$f_D = (f_3 - f_1)/2 = (f_4 - f_2)/2 \quad (2)$$

выбирается как в обычной ЧМ. Расстояния между частотами из первой и второй половинах посылки выбираются из соображений получения независимости изменения сигналов на частотах f_2 и f_1 , а также на частотах f_4 и f_3 . Разность между указанными частотами должна быть больше интервала корреляции по частоте:

$$f_2 - f_1 = f_4 - f_3 > \Delta f_x \quad (3)$$

В такой системе связи информационные посылки 1 или 0 передаются колебаниями на двух частотах f_1 и f_2 или f_3 и f_4 , изменяющихся в значительной степени независимо

друг от друга.

Описанный вид кодирования может быть назван частотной манипуляцией с разнесением (ЧМР). Иногда его называют частотно-временной манипуляцией. Однако это название не совсем удачно, так как информация только в изменениях в соответствии с кодом сообщения частот (f_1 и f_2 или f_3 и f_4), а сдвиг по времени на $T/2$ информации не несет.

Отметим, что независимость двух сигналов на входе приемника в данном случае обеспечивается за счет разнесения по частоте, так как сдвиг по времени на $T/2$ даже при малой скорости передачи (например, при скорости $v=50$ бит/с, половине длительности посылки $T/2=10$ мс) много меньше периода изменения состояния ионосферы (секунды).

Частотную манипуляцию с разнесением можно осуществить как на высокой частоте, так и на низких поднесущих частотах. При использовании в телефонном режиме амплитудной модуляции в целях обеспечения совместности в режиме передачи данных следует использовать сигналы ЧМР на поднесущих с амплитудной модуляцией колебаний несущей частоты (ЧМР-ЛМ):

$$s_1(t) = A[1 + m \cos(2\pi F_1 t + \psi_1)] \cos \omega_0 t + \varphi_1, \quad (4)$$

$$s_2(t) = A[1 + m \cos(2\pi F_2 t + \psi_2)] \cos \omega_0 t + \varphi_2, \quad (5)$$

$$s_3(t) = A[1 + m \cos(2\pi F_3 t + \psi_3)] \cos \omega_0 t + \varphi_3, \quad (6)$$

$$s_4(t) = A[1 + m \cos(2\pi F_4 t + \psi_4)] \cos \omega_0 t + \varphi_4, \quad (7)$$

где ψ_i, φ_i ($i=1,2,3,4$) – случайные фазы; F_i – поднесущие частоты, которые должны лежать в диапазоне звуковых частот, принятых в данной радиостанции. Колебания этих частот выделяются на выходе амплитудного детектора и затем разделяются соответствующими фильтрами. Значения частот F_i определяются значением необходимой девиации частоты и требованиями обеспечения частотного разнесения, например: $F_1=500$ Гц, $F_2=1500$ Гц, $F_3=1000$ Гц, $F_4=2000$ Гц.

Применение двухкратного частотного разнесения по сравнению с одинарным приемом в зависимости от способа сложения, как это видно из формул (1), позволяет увеличить отношение сигнал/шум по мощности от 1,5 (при селективном сложении) до 2 (при оптимальном сложении) раз.

Помимо сигналов ЧМР для бортовых коротковолновых радиостанций представляют интерес и сигналы с фазо-разностной манипуляцией (ФРМ), хотя опыт эксплуатации систем связи с такими сигналами пока мал.

Системы связи с сигналами ЧМ, а также системы с различными видами разнесения относительно просты, надежно работают, обладают высокой устойчивостью работы в условиях замираний. Эксплуатируемые бортовые радиостанции несложно модернизировать для приема сигналов ЧМР – АМ. В этом смысле сигналы ЧМР более предпочтительны.

На основании сказанного можно сделать вывод: сигналы ЧМР следует рекомендовать для коротковолновых бортовых радиостанций при передаче дискретных сообщений.

Литература.

1. Ж.В. Сладь. К оценке энергетических потерь при ра-

боте системы связи. - Научный вестник МГТУ ГА, №222, стр. 107-113.

2. Сарычев В.А. Сложные сигналы произвольной поляризованной и временной структуры и их применение в электросвязи. – Электросвязь, 2003, №7.

3. Затучный Д.А. Оценка вероятности безотказной работы при передаче информации. – Научный вестник МГТУ ГА, 2013, №198, стр. 88-90.

4. Затучный Д.А. Уменьшение погрешностей при пере-

даче данных с борта воздушного судна в горных районах для ОВЧ-диапазона путём совершенствования выбора места передачи. – Научный вестник МГТУ ГА, 2012, №176, стр. 150-152.

5. Затучный Д.А. Многофакторный анализ существующих методов передачи информации при автоматическом зависимом наблюдении. – Austrian journal of Technical and Natural Sciences, 2015, №3-4, стр. 43-45.

О КИНЕТИКЕ АЗОТНОКИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ КОНЦЕНТРАТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТАРОР

Самихов Шонавруз Рахимович

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Института химии им. В.И. Никитина Академии наук Республики Таджикистан

Зинченко Зинаида Алексеевна

доктор технических наук, заведующая лабораторией обогащения руд, Института химии им. В.И. Никитина Академии наук Республики Таджикистан

KINETICS OF THE NITRIC ACID LEACHING OF TAROR, S DEPOSIT CONCENTRATE

Samikhov SH.R. the candidate of the technical sciences, the Leading scientist of the name of V.I. Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan

Zinchenko Z.A. Doctor of Technical Sciences, The Head of Mineral Processing Laboratory the name of V.I. Nikitin Institute of Chemistry of Academy of Sciences of the Republic Tajikistan

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований по кинетике азотнокислотного выщелачивания концентратов месторождения Тарор. Вычисленное значение энергии активации (37,21 кДж/моль) свидетельствует о протекании процесса в диффузионно-кинетической области.

ABSTRACT

The results of the kinetics nitric acid leaching of Tarors deposit concentrates researches are presented. Computable calculated energy of activation (37,1 кДж/моль) indicatives about flow of process in diffusion -kinetic area.

Ключевые слова: кинетика, температура, энергия активация, азотнокислотного выщелачивания, концентрат, извлечение, месторождение.

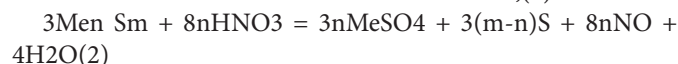
Key words: kinetic, temperature, energy of activation, nitric acid leaching, concentrate, extraction, deposit.

Вскрытие золотосодержащих сульфидных концентратов, содержащих мышьяк, за рубежом осуществляется, в основном, окислительным обжигом [1,2]. Однако это может быть связано с выделением в окружающую среду значительных количеств сернистого газа и мышьяксодержащих пылей, что недопустимо с экологической точки зрения.

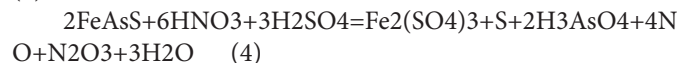
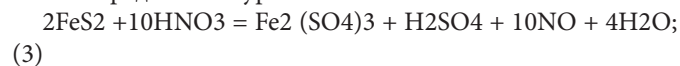
В связи с вышеизложенным разработка гидрометаллургической технологии переработки таких концентратов представляет определенный интерес. Одним из перспективных методов вскрытия упорных золото - сульфидных концентратов является гидросульфатизация в растворе азотной кислоты [3,4].

В промышленных масштабах азотнокислотный способ разложения сульфидов применяется на одном из заводов для разложения молибденитовых концентратов [5]. Азотнокислотный способ позволяет переводить мышьяк, серу и железо в раствор в виде мышьяковистой и серной кислот, а железо в виде нитрата и сульфата железа.

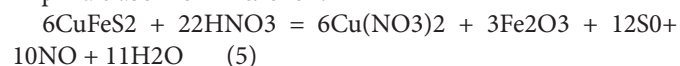
Согласно современным представлениям сульфиды окисляются азотной кислотой до сульфатов по реакциям:



Окисление пирита и арсенопирита азотной кислотой можно представить уравнениями:



Согласно уравнению реакции взаимодействия халькопирита с азотной кислотой:



возможно торможение выщелачивания оболочкой нерастворимых продуктов S_0 и Fe_2O_3 , покрывающих поверхность исходных сульфидов и образующихся при дефиците кислоты.

Нами было изучено влияние различных факторов в широких интервалах изменения параметров на вскрываемость концентрата. Химический состав флотационного золото-, медно-, мышьякового концентрата месторожде-

ния Тарор следующий, % (мас.): 40,2 г/т Au; 86,7 г/т Ag; 12,4 Cu; 1,2 As.

Влияние температуры на степень извлечения элементов, входящих в состав концентрата, исследовали в пределах 25-95 0С при длительности процесса 2 часа, соотношении Т:Ж= 1:5 и концентрации азотной кислоты 400 г/дм³ (рис. 1). В опытах использовалась 60%-ная азотная

кислота.

Максимальное выщелачивание меди наблюдается при температуре 80 0С, в раствор переходит 96,6 % меди, а мышьяка 88,7 %. При повышении температуры до 90 0С степень извлечения меди и мышьяка практически не меняется.

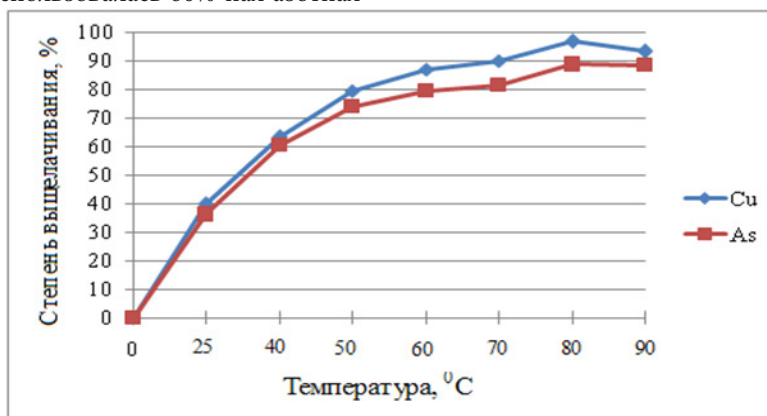


Рис.1. Зависимость степени выщелачивания меди и мышьяка от температуры раствора.

Зависимость степени извлечения меди от продолжительности процесса исследовали при 80 0С, соотношении Т:Ж=1:5 и концентрации азотной кислоты 400 г/дм³. Через 30 минут после начала опыта степень извлечения меди из концентрата составила 59,1 % (рис. 2.). С увеличением

продолжительности процесса до 120 минут степень извлечения меди и мышьяка в раствор достигла 95,0 и 89,4 % соответственно при концентрации азотной кислоты 400 г/дм³.

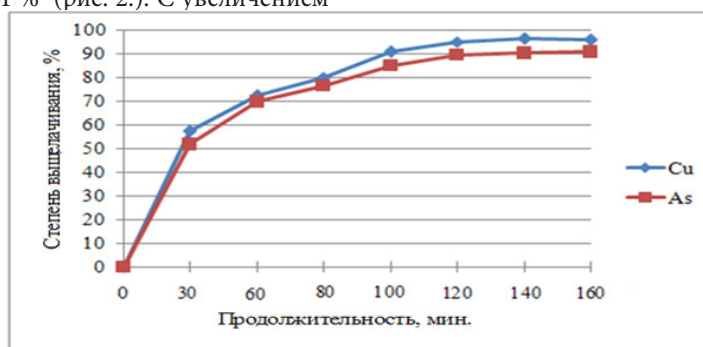


Рис.2. Зависимость степени выщелачивания меди и мышьяка в раствор от продолжительности процесса.

При дальнейшем увеличении продолжительности процесса степень извлечения меди и мышьяка практически не изменяется.

Степень выщелачивания меди и мышьяка от концентрации азотной кислоты (60 %-ной) исследовали при продолжительности процесса 120 минут, температуре 80 0С, и соотношении Т:Ж 1:5 (рис. 3.). При концентрации HNO₃ 100 г/дм³ степень извлечения меди и мышьяка составляет 35,6 и 33,7 %, а при повышении концентрации кислоты

в два раза степень извлечения меди и мышьяка достигает до 63,3 и 58,8 % соответственно. Лучшей средой для азотнокислотного выщелачивания меди и мышьяка является раствор с концентрацией кислоты 400 г/дм³, при этом степень извлечения, %: 95,4 Cu; 89,8 As.

Дальнейшее увеличение концентрации азотной кислоты не повышает степень выщелачивания меди и мышьяка из концентрата. При 450 г/дм³ в раствор переходит 96,2 Cu; 88,7 As.

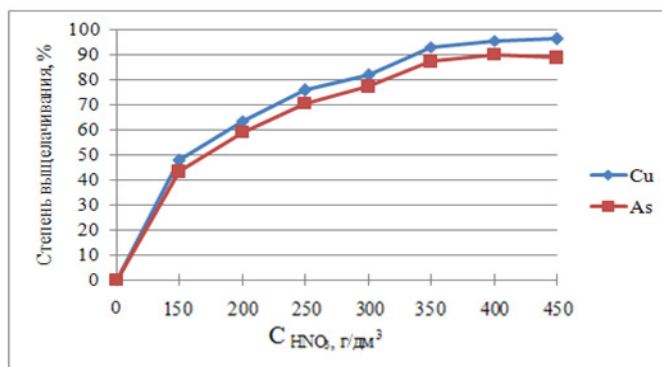


Рис.3. Зависимость степени выщелачивания меди и мышьяка от концентрации азотной кислоты.

Влияние соотношения твердого к жидкому на процесс выщелачивания (рис. 4.) исследовали при температуре 800С, концентрации азотной кислоты 400 г/дм3, продолжительности процесса 120 минут. При поддержании соотношения Т:Ж 1:3 степень выщелачивания меди составила

всего 48.3 % Cu, 44,1 % As. Оптимальным Т:Ж является 1:5, при нем достигнуто извлечение, %: 95,2 Cu; 95,2 As. При дальнейшем увеличении разжижения пульпы соотношения Т:Ж=1:6,1:7 степень извлечения меди и мышьяка практически не меняется.

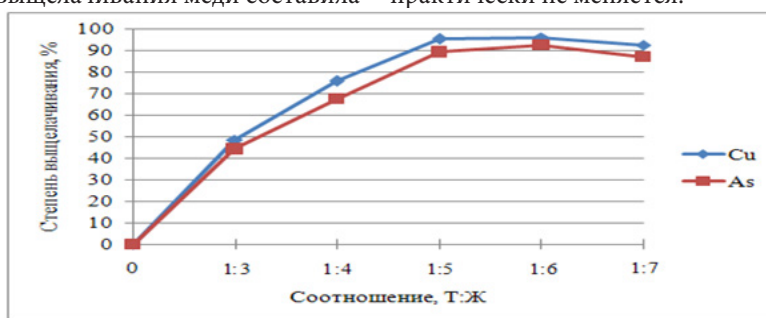


Рис.4. Зависимость степени выщелачивания меди и мышьяка от соотношения Т:Ж.

Экспериментальные данные зависимости разложения концентрата от температуры, продолжительности процесса представлены на рис.5.

Как видно из рисунка, с увеличением температуры значительно ускоряется процесс разложения. В изученном интервале температур степень извлечения Cu увеличивается от 41,8 до 97,5 %.

Как видно из рисунка, с увеличением температуры зна-

Таблица 1

Результаты влияния физико-химических параметров на разложение концентратов

№	t, С0	СHNO3, г/дм3	τ, мин.	Т:Ж	Степень выщелачивания Cu, %
1	25	300	120	1:5	41,8
2	40	300	120	1:5	64,8
3	60	300	120	1:5	85,8
4	80	300	120	1:5	94,6
5	95	300	120	1:5	97,5
6	80	300	20	1:5	41,5
7	80	300	40	1:5	60,7
8	80	300	60	1:5	86,4
9	80	300	100	1:5	92,3
10	80	300	120	1:5	94,6
11	80	200	120	1:5	63,3
12	80	300	120	1:5	83,1
13	80	400	120	1:5	95,4
14	80	300	120	1:4	76,9
15	80	300	120	1:5	95,2
16	80	300	120	1:6	94,1

Кинетические кривые процесса разложения при температурах от 25 до 40 0С имеют прямолинейный характер, а при температуре выше 60 0С вначале имеют аналогичный

характер, а затем параболический. Эти кинетические кривые удовлетворительно описываются уравнением первого порядка Ерофеева - Колмогорова:

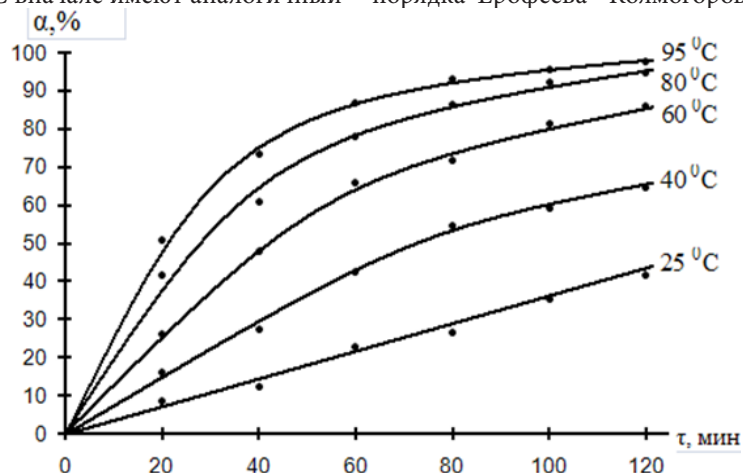


Рис. 5. Кинетические кривые разложения концентрата при различных температурах.

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = K(1 - \alpha) \quad (6)$$

где α - степень извлечения.
τ - время, мин.
K - константа скорости.

После математических преобразований можно представить это уравнение в виде:

$$\text{Lg}(1-\alpha) = \frac{K\tau}{2.303} \quad (7)$$

Из графика зависимости $\text{lg}\left(\frac{1}{1-\alpha}\right)$ от времени (τ) (рис. 6) были найдены значения констант скоростей. Зависимость константы скорости реакции от температуры может быть описана уравнением Аррениуса, в виде:

$$K = K_0 \cdot e^{-\frac{E}{R}} \quad (8)$$

или:

$$\text{lg } k = \text{lg } k_0 - \frac{E}{2.303R} \quad (9)$$

где R – универсальная газовая постоянная, кДж/моль;
T – абсолютная температура, К.

Как видно из графика зависимости константы скорости

от температуры в координатах $\text{lg } K - \frac{1}{T}$ (рис.6), почти все экспериментальные точки хорошо укладываются на прямую линию.

Величины энергии активации определены по тангенсу угла наклона прямой и по формуле:

$$E = \frac{2.3R}{T_2 - T_1} \text{lg} \frac{K_2}{K_1} \quad (10)$$

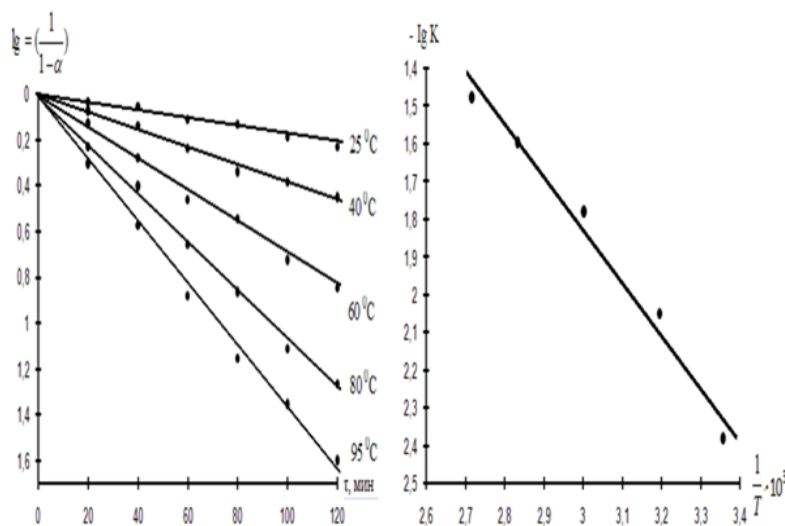


Рис. 6. Зависимость а) $\text{Lg } 1/1-\alpha$ от времени ; б) $\text{Lg } K$ от обратной абсолютной температуры.

По наклону прямой была вычислена кажущаяся энергия активации (E), которая составила 37,21 кДж/моль. Численное значение энергии активации и зависимость скорости разложения от температуры свидетельствуют о

ее протекании в диффузионно-кинетической области.

Проведенные исследования раскрывают механизм процесса разложения минералов и являются основой для разработки технологии получения золота, серебра и меди из

упорного концентрата руды месторождения Тарор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Праздников П.А. – Труды Института металлургии УФАН СССР / П.А. Праздников // Свердловск. – 1959. – №6. – с. 120.
2. Самихов Ш.Р. Кинетика разложения и физико-химическое изучение сульфидно-мышьяковых концентратов месторождения Чоре / Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко // Вестник ТНУ. Душанбе, №1/3(85), 2012, с. 224-227.
3. Ахмедов Х.А., Гидросульфатизация золотосодержа-

щих сульфидно-мышьяковых концентратов / Х.А. Ахмедов, А.К. Кунбазаров // В сб. «Материалы совещания по вопросам изучения эндогенных месторождений Средней Азии». –Ташкент: Изд. САИГИМСа, 1975, с. 78-80.

4. Самихов Ш.Р. Кинетика процесса выщелачивания сульфидно-мышьяковых концентратов в растворе азотной кислоты / Ш.Р. Самихов, З.А. Зинченко // Душанбе, 2004. 210 с. – Деп. В НИИ Центре Республики Таджикистан 16.12.2004, № 59 (1680).

5. Зеликман А.Н. Молибден. – М / А.Н. Зеликман // Металлургия, 1970. с. 119-122.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

Иванова Светлана Сергеевна,

*Бендерский политехнический филиал ГОУ «Приднестровский государственный университет им.Т.Г. Шевченко»,
заместитель директора по учебно-методической работе ВПО,*

старший преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», аспирант Московского государственного строительного университета

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF QUALITY OF UNDERGROUND GAS NETWORKS

Svetlana Ivanova, Bendery Polytechnic branch GOU "Pridnestrovian State University im.T.G. Shevchenko " Deputy director for educational and methodical work of the VPO, older teacher of "Heat and ventilation", a graduate student of the Moscow State University of Civil Engineering

АННОТАЦИЯ

Проанализированы принципы определения с помощью обобщенной функции желательности комплексная оценка качества подземных газовых сетей для подземных газопроводов и сооружений на них филиала ООО «Тираспольтрансгаз-Приднестровье» в городе Бендеры.

ABSTRACT

Analyzed guidelines for determining via a distribution desirability of a comprehensive evaluation of the quality of underground gas pipelines for underground pipelines and structures on them a branch of ООО "Tiraspoltransgaz-Transnistria" in the city of Bendery.

Ключевые слова: комплексная оценка качества, обобщенная функция желательности Харрингтона, шкала желательности.

Key words: comprehensive evaluation of the quality, desirability function generalized Harrington desirability scale.

Любой произведенный продукт, товар любого назначения и области применения характеризуется, как правило, несколькими параметрами. Очень часто эти параметры (отклики) находятся в сложной взаимосвязи друг с другом, а зачастую предъявляют к объекту (произведенному продукту) прямо противоположные требования. Между тем практически во всех случаях требуется найти единственный универсальный показатель качества произведенной продукции, по которому можно было бы сравнивать образцы.

Данное предположение может находить свое применение не только относительно произведенного продукта, но и выполненных работ на промышленных комплексах, при выполнении строительных процессов и в других областях народного хозяйства. Очень важно определить какая именно характеристика влияет на производство конечного продукта высокого качества. Мы и рассмотрим применение данной версии для исследования качества выполненных работ на подземных газопроводах участка подземных сетей и сооружений филиала ООО «Тираспольтрансгаз-Приднестровье» в городе Бендеры, как произведенного продукта.

Из многих откликов, определяющих объект, как прави-

ло, очень трудно выбрать один, самый важный. Наиболее перспективным является путь обобщения всего множества откликов в единый количественный признак.

Каждый отклик имеет свой физический смысл и свою размерность. Чтобы объединить различные отклики, прежде всего, приходится ввести для каждого из них некоторую безразмерную шкалу. Шкала должна быть однотипной для всех объединяемых откликов – это делает их сравнимаемыми. Выбор шкалы – не простая задача, зависящая от сведений об откликах, а также от той точности, с которой мы хотим определить обобщенный признак.

После того как для каждого отклика построена безразмерная шкала, возникает следующая трудность – выбор правила комбинирования исходных частных откликов в обобщенный показатель. Единого правила не существует.

Одним из наиболее удобных способов построения обобщенного отклика является обобщенная функция желательности Харрингтона [4, 258-267]. В основе построения этой обобщенной функции лежит идея преобразования натуральных значений частных откликов в безразмерную шкалу желательности или предпочтительности. Шкала желательности относится к психофизическим шкалам. Ее назначение – установление соответствия

между физическими и психологическими параметрами. Здесь под физическими параметрами понимают возможные отклики, характеризующие функционирование исследуемого объекта. Среди них могут быть эстетические и даже статистические параметры, а под психологическими параметрами понимаются чисто субъективные оценки экспериментатора желательности (предпочтительности) того или иного значения отклика. Чтобы получить шкалу желательности, удобно пользоваться готовыми разработанными таблицами соответствий между отношениями предпочтения в эмпирической и числовой (психологической) системах (табл. 1).

Значение частного отклика, переведенное в безразмер-

ную шкалу желательности, обозначается черед d_i ($i= 1, 2, \dots, n$) и называется частной желательностью (от desirable фр. – желательный). Шкала желательности имеет интервал от нуля до единицы. Значение $d_i=0$ соответствует абсолютно неприемлемому уровню данного свойства, а значение $d_i=1$ – самому лучшему значению свойства. Выбор отметок на шкале желательности 0,63 и 0,37 объясняется удобством вычислений: $0,63 \approx 1 - (1/e)$, $0,37 \approx 1/e$. Значение $d_i=0,37$ обычно соответствует границе допустимых значений.

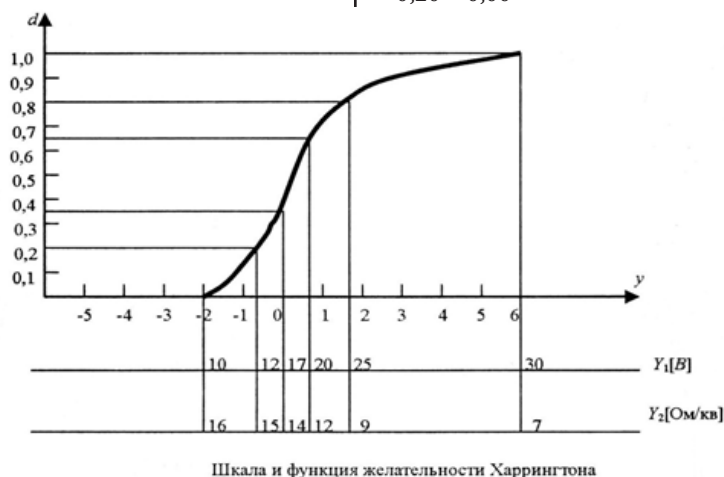
В таблице представлены числа, соответствующие некоторым точкам кривой, которая задается уравнением

$$d = \exp[-\exp(-\gamma)] \quad (1)$$

Табл. 1.

Связь между количественными значениями безразмерной шкалы и психологическим восприятием человека.

Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00 – 0,80
Хорошо	0,80 – 0,63
Удовлетворительно	0,63 – 0,37
Плохо	0,37 – 0,20
Очень плохо	0,20 – 0,00



Шкала и функция желательности Харрингтона

Рис. 1. Шкала и функции желательности Харрингтона

На оси ординат нанесены значения желательности, изменяющиеся от 0 до 1. По оси абсцисс указаны значения отклика, записанные в условном масштабе. За начало отсчета 0 по этой оси выбрано значение, соответствующее желательности 0,37. Выбор именно этой точки связан с тем, что она является точкой перегиба кривой, что в свою очередь создает определенные удобства при вычислениях. То же самое верно для значения желательности, соответствующего 0,63. Выбор этой кривой не является единственной возможностью. Однако она возникла в результате наблюдений за реальными решениями экспериментаторов и обладает такими полезными свойствами как непрерывность, монотонность, гладкость.

Симметрично относительно нуля на оси Y (Y – кодированная шкала) расположены кодированные значения отклика. Значение на кодированной шкале принято выбирать от 3 до 6. Выбор числа интервалов определяет крутизну кривой в средней зоне. Такая кривая теоретически полностью выполняет функцию перевода откликов в без-

размерный параметр, однако при практическом ее использовании возникает ряд трудностей.

Предложенная Харрингтоном в качестве единого комплексного показателя качества продукции обобщенная функция желательности

$$D = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i} \quad (2)$$

(где m – число единичных откликов – сравниваемых показателей качества продукции) обладает тем недостатком, что в ней все отклики признаются равновесными, хотя на практике это далеко не так.

Выход из положения предложил Ю.М. Менчер, который разработал чисто аналитическую методику расчета обобщенной функции желательности (показателя качества) с учетом всех перечисленных выше недостатков. Расчет ведется в два этапа.

На первой этапе определяются единичные значения функции d_i ($i=1, 2, \dots, m$) для любого количества откликов,

каждый из которых должен представлять непрерывную монотонную функцию.

После определения величины d_i частных показателей качества всех $i = 1, 2, \dots, m$ откликов можно переходить ко второму этапу расчетов - определению обобщенной функции качества (полезности, желательности) D .

Особенностью этого расчета является предварительное нахождение (определение, назначение) для каждого частного показателя d_i его веса α_i . Как правило, веса находятся одним из экспертных методов (если нет нормативно заданных приоритетов). При этом следует помнить, что наиболее важному отклику (или нескольким откликам) присваивается вес, равный единице, и далее с убыванием. Практика показывает, что хотя теоретически веса могут быть любыми в диапазоне $0 < \alpha_i \leq 1$, но эффективнее всего метод срабатывает при назначении весов в диапазоне $0,4 \leq \alpha_i \leq 1,0$, при этом градация их должна быть не чаще 0,1, то есть в порядке убывания 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; и 0,4.

Тогда обобщенная функция желательности (она же комплексная оценка качества продукции) может быть найдена по формуле

$$D = \sum_{i=1}^m \alpha_i \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i^{\alpha_i}} \quad (3)$$

где m – число частных оценок качество (число сравниваемых откликов).

В заключение следует напомнить, что среди частных откликов, оцениваемых по формуле (3), не должно быть коррелированных между собой (в крайнем случае, допускается с оговорками пренебрежимо слабая корреляция).

Исходя из вышеизложенного, для предприятия газовой отрасли Приднестровского региона филиала ООО «Тираспольтрансгаз-Приднестровье» в городе Бендеры определили комплексную оценку качества эксплуатации газовых сетей и сооружений.

Для этого, учитывалась деятельность предприятия газовой отрасли, рассмотрена его структура и основные показатели, характеризующие надежность систем газоснабжения на примере одной из служб- участка подземных сетей и сооружений (УПСиС).

Проанализированы основные направления деятельности УПСиС по количеству и перечню аварийных заявок получили следующие сводные данные, указанные в таблице №2.

Табл. 2.

Количество заявок, поступивших в 2010-2012 годах в УПСиС города Бендеры

Наименование работ	Года			Всего заявок	Среднее значение отклика X_i
	2010	2011	2012		
утечка на вводе в дом	807	613	814	2234	750
утечка на фланце	176	125	114	415	138
утечка на арматуре	546	367	416	1329	476
сработало ШРП, ГРП	1	2	1	4	1,33

После произведенных расчетов для каждого направления деятельности УПСиС получаем распределение соответствующих кривых:

- утечка на вводе в дом- тип 4,
- утечка на фланце- тип 5,
- утечка на арматуре- тип 5,

- сработало ШРП, ГРП- тип 5.

Дифференцируя обобщенную функцию желательности, определяем комплексную оценку качества подземных газовых сетей:

$$D = d_1^{\alpha_1} \cdot d_2^{\alpha_2} \cdot d_3^{\alpha_3} \cdot d_4^{\alpha_4} \quad (4)$$

Сводим расчеты в таблицу №3 оценки качества.

Табл. 3.

Оценка качества подземных газовых сетей и сооружений УПСиС города Бендеры.

Год, j	2010 год		2011 год		2012 год		Dij
	d_1	α_1	d_2	α_3	d_4	α_5	
X1	0,38	1	0,755	1	0,365	1	0,471
X2	0,183	1	0,633	1	0,739	1	0,471
X3	0,301	1	0,814	1	0,685	1	0,552
X4	0,693	1	0,22	1	0,693	1	0,473
Dij	0,347	0,541	0,598				

Таким образом, за 2010-2012 гг. надежность эксплуатации подземных газовых сетей и сооружений возрастает. Однако, сравнив полученное значение комплексной оценки качества $D_{ij}=0,598$ с характеристиками желательности,

указанными в таблице №1, а именно данный показатель попадает в градацию на отметке шкалы желательности в пределах 0,63-0,37, что соответствует удовлетворительной желательности.

Следует отметить, что единичное исследование еще ни о чем серьезном не говорит. Следует проделать аналогичные расчеты в течении нескольких месяцев подряд или лет, а затем сравнить динамику изменения обобщенного показателя D_{ij} и даже экстраполировать его на ближайший месяц или два- только в этом случае можно делать не только одномоментные выводы, но и прогноз (перспективу) развития (или деградации) предприятия газовой отрасли Приднестровского региона филиала ООО «Тираспольтрансгаз-Приднестровье» в городе Бендеры.

Ссылки:

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условиях. – 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Наука, 1976. -279 с.
2. Барабашук В.И., Креденберг Б.И., Мирошниченко В.И. Планирование эксперимента в технике / Под ред. Б.И.

Креденберг. // Киев: Техніка, 1984.- 200 с.

3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Статистика, 1980. –262 с.

4. Долгов Ю.А., Шестакова Т.В. Методы обработки результатов пассивного эксперимента: Учеб.пособие. // Кишинёв: Изд-во КПИ им. С.Лазо, 1989.- 32 с.

5. Иванов А.З., Круг Г.К., Филаретов Г.Ф. Специальные вопросы планирования эксперимента. //М.: МЭИ, 1980. – 90 с.

6. Плескунин В.И. Теоретические основы планирования эксперимента в научных и инженерных исследованиях: Учеб. Пособие. //Л.: Изд-во ЛЭТИ, 1974.- 47 с.

НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ГИС СВЧ – ДИАПАЗОНА

Иовдальский Виктор Анатольевич

доктор технических наук, доцент МТУ (МИРЭА)

A NEW PARADIGM OF THE DEVELOPMENT OF GIS TECHNOLOGY OF MICROWAVE – RANGE

Iovdalskiy Victor Doctor of Technical Sciences, associate professor of Moscow State Technical University (MIREA)

АННОТАЦИЯ

Сообщается о разработке структуры концептуальной парадигмы конструкторско-технологического развития техники ГИС СВЧ диапазона. Она разработана на основе, разработанной ранее, системы конструкторско – технологических направлений развития техники ГИС СВЧ – диапазона путём формирования концепций отдельных направлений и их анализа. Проведена разбивка сформированных концепций по уровням, соответствующих уровням развития в системе конструкторско – технологических направлений. Дальнейший анализ совокупности концепций каждого из уровней привел к пониманию, что каждая из сформированных совокупностей концепций образует парадигму, соответствующую и отражающую уровень развития науки и технологии на соответствующий период времени. Установлено что, изменение (смена) парадигмы развития техники ГИС СВЧ – диапазона при переходе от уровня к уровню носит эволюционно – циклический характер.

ABSTRACT

The information about the conceptual paradigm structure of design – technological development of microwave HIC engineering is presented. It was developed on the basis of earlier worked out system of design-technological directions of microwave HIC engineering development by way of forming separate conceptual directions and their analysis. The division of the formed conceptions by levels corresponding to development levels in the system of design – technological directions was made. The subsequent analysis of a complex of conceptions for each of the levels has led to understanding that each of the formed conception complexes is forming a paradigm corresponding to and showing the development level of science and technology at a certain period of time. It is established that the change of a paradigm of microwave HIC engineering development has evolutionary – cyclical character at transition from level to level.

Ключевые слова: системы конструкторско – технологических направлений развития техники ГИС СВЧ – диапазона, иерархии отдельных направлений и уровней развития; улучшение электрических, массогабаритных, тепловых и т.д. характеристик ГИС; концепция, структура концептуальной парадигмы конструкторско-технологического развития техники ГИС СВЧ диапазона, технологическая концепция.

Key words: systems of design – technological directions of developing microwave HICs, hierarchies of separate directions and levels of development; improvement of electrical, weight – dimensional, thermal, etc. HIC characteristics; conception, structure of conceptual paradigm of design – technological development of microwave HIC engineering, technological conception.

1. Введение.

Появление системы конструкторско – технологических направлений развития техники ГИС СВЧ – диапазона[1] внесло определённую ясность в последовательность и закономерность появления отдельных направлений развития, формирования из них уровней развития, определяемых успехами в развитии: технологии, конструирования, материаловедения, машиностроения; а также иерархии

отдельных направлений и уровней.

2. Формирование концепций отдельных направлений и уровней развития.

Создание отдельных новых направлений в развитии техники ГИС СВЧ – диапазона обычно вызвано появлением новых возможностей улучшения электрических, массогабаритных, тепловых и т.д. характеристик ГИС за счёт совершенствования их конструкции, технологии, а

также применения новых материалов. Каждое отдельное направление основывается на определённых принципах, совокупность которых позволяет создать определённую систему взглядов, определяющих это конструкторско – технологическое направление, то есть концепцию [2]. При этом концепция по названию будет повторять название направления или, во всяком случае, будет с ним созвучно. Это оказалось удобным, так как, устанавливает их соответствие.

Концепция нулевого уровня является отправной точкой начала работы. Она представляет собой систему взглядов, при которой считалось, что надёжная работа и защита активных компонентов ГИС может быть обеспечена только применением корпусированных полупроводниковых приборов, серийно выпускаемых специализированными предприятиями. Корпусированные полупроводниковые приборы размещались на поверхности платы или в специально изготовленных отверстиях в ней и присоединялись к проводникам топологического рисунка платы при помощи пайки выводов. Вполне оправданным в этих условиях было применение в ГИС керамических конденсаторов типа К - 10 – 17 и других аналогичных электро-радиоэлементов, например проволочных резисторов и катушек индуктивности. При этом температура сборки обычно не превышала 2000С и осуществлялась при помощи микропаяльников. Это было очень удобно, так как не предъявляло к структуре проводников повышенных требований связанных с явлениями взаимной диффузии слоёв. Поэтому, структура металлизации проводников имела адгезионный слой (подслой хрома), проводящий слой напыленной и гальванически осаждённой меди и антикоррозионный слой гальванически осаждённого золота. В состав топологического рисунка металлизации плат входили плёночные резисторы, выполненные напылением тантала с последующей фотолитографией. Кроме того, применение корпусированных полупроводниковых приборов снижало требования к герметизации ГИС или их совокупности при размещении в общем корпусе. Таким образом, данному уровню развития конструкции ГИС соответствовал, вполне, определённый уровень развития применяемой элементной базы и технологии изготовления топологического рисунка металлизации плат, а также сборки ГИС, не исключая применение флюса для обеспечения качественной пайки.

Концепция построения ГИС СВЧ - диапазона на базе корпусированных полупроводниковых приборов может быть сформулирована следующим образом:

Применение корпусированных полупроводниковых приборов позволяет проводить сборку ГИС с применением низкотемпературных методов (до 2500С) пайки, не предъявляет высоких требования по термостойкости структуры металлизации проводников и плёночных резисторов плат и к герметичности общего корпуса схемы (концепции 0.1 и 0.2 нулевого уровня развития).

Такая конструктивная и, соответствующая ей, техноло-

гическая концепции делали ГИС СВЧ – диапазона, мало отличающейся от аналогичных концепций печатных плат, а РЭА (МЭА), собранная с их использованием, соответствовала первой графической модели компоновочных структур, представленной в работе [3].

Однако, резкое увеличение потребности в изделиях на базе ГИС СВЧ – диапазона, повышение требований к электрическим и массогабаритным характеристикам, а также их надёжности потребовали изменения данной концепции.

Основным недостатком таких ГИС было наличие в конструкции корпусов полупроводниковых приборов. Они обладали большими паразитными ёмкостями, что резко снижало электрические характеристики схемы. Кроме того, наличие корпусов в конструкции ГИС существенно увеличивало их массу и габариты.

Таким образом, появление следующей концепции явилось закономерным и обоснованным. Она может быть сформулирована следующим образом:

Построение ГИС на базе бескорпусных полупроводниковых приборов и малогабаритных конденсаторов в виде кристаллов позволяет существенно улучшить электрические и массогабаритные характеристики, повышает надёжность схемы, но ужесточает требования к герметичности общего корпуса, увеличивает температуру сборки (до 4200С) и вследствие этого повышает требования к термостабильности структуры металлизации проводников и плёночных резисторов плат (концепция 1.3 первого уровня развития).

Переход к новой (следующей) концепции – использования бескорпусных полупроводниковых приборов и малогабаритных конденсаторов, давал явные преимущества в улучшении электрических, массогабаритных, тепловых и надёжностных характеристиках ГИС. Однако он не был простым и потребовал существенных изменений в технологии сборки, что в свою очередь потребовало доработки конструкции составных частей схемы.

Переход на использование бескорпусных кристаллов потребовал их монтажа и подключения к элементам схемы с применением тех же процессов, что и при посадке их в индивидуальные корпуса, а это означало резкое увеличение температуры сборки (вплоть до 4200С). Изменились требования к корпусированию схемы.

Так появились направления 1.1 и 1.2, а также соответствующие им концепции.

Концепция конструирования и технологии МПП:

Правильный выбор конструкции, материалов слоёв и нанесения слоистой структуры металлизации микроплат ГИС СВЧ – диапазона, а также их согласование с материалами и температурными режимами, применяемыми при сборке, позволяют создавать надёжные ГИС, обеспечивающие высокие электрические характеристики, а групповая технология, обеспечивающая их серийное изготовление, существенно снижает трудоёмкость и сокращает расход материалов (концепция 1.1) [4].

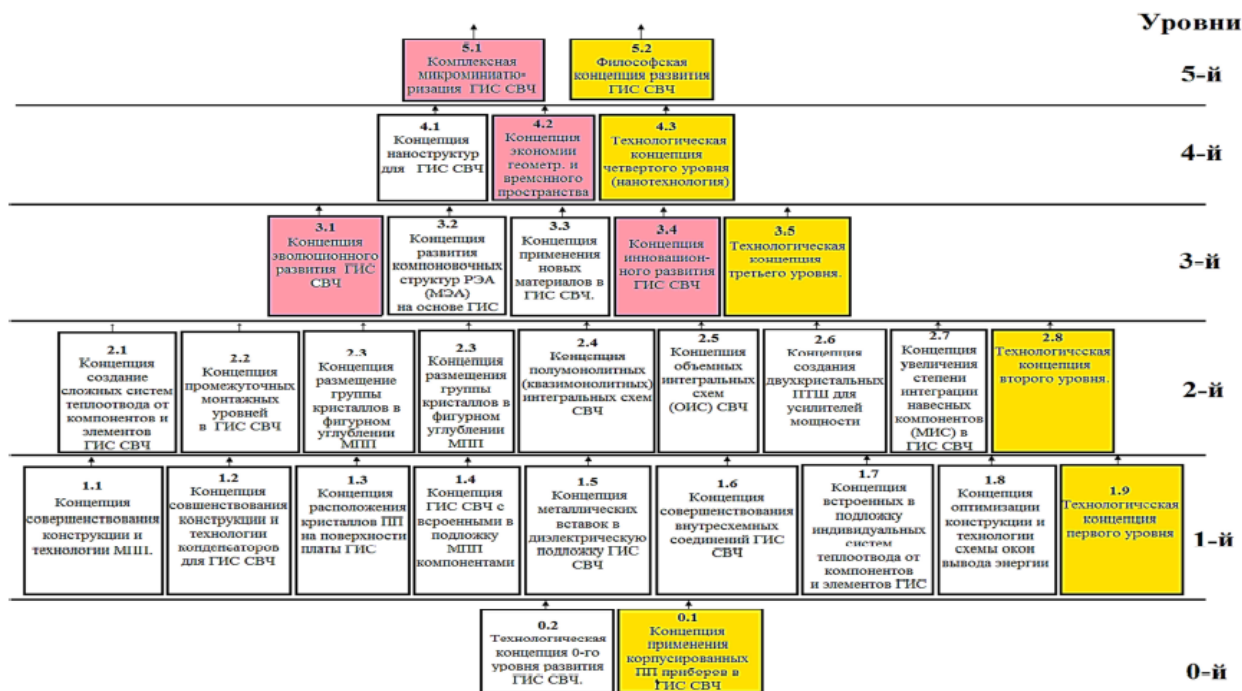


Рис.1. Структура концептуальной парадигмы конструкторско-технологического развития техники ГИС СВЧ.

Концепция совершенствования конструкции и технологии конденсаторов:

Эволюционное развитие конструкции и технологии изготовления конденсаторов для ГИС СВЧ - диапазона приводит к появлению, а затем постепенной замене чип – конденсаторов конденсаторами в составе микрополосковой платы, а затем в состав кристаллов навесных активных компонентов, что ведёт к улучшению электрических и массогабаритных характеристик ГИС за счёт сокращения длины их соединений в схеме, и повышению надежности схемы за счёт исключения или, по крайней мере, существенного сокращения числа сварных и паяных соединений (концепция 1.2).

Появление следующей концепции, концепции ГИС СВЧ с встроенными в подложку МПП компонентами, имело важное значение и в настоящее время всё чаще используется в разработках зарубежных и отечественных фирм. Она может быть отображена в следующей формулировке:

Использование объёма подложки микрополосковой платы ГИС СВЧ – диапазона для расположения кристаллов навесных компонентов с планаризацией их лицевых поверхностей с поверхностью платы позволяет одновременно улучшать электрические, тепловые, массогабаритные характеристики (концепция 1.4).

Дальнейшее развитие конструкции и технологии позволило сформулировать концепцию металлических вставок в подложку ГИС:

Использование металлических вставок в диэлектрическую подложку платы СВЧ ГИС позволяет: 1) создавать эффективный теплоотвод от тепловыделяющих элементов и компонентов схемы; 2) осуществлять заземление элементов топологии металлизации расположенных на лицевой стороне МПП; 3) создавать монтажные площадки для размещения компонентов на поверхности или внутри

подложки МПП; 4) служить нижними обкладками конденсаторов; 5) создавать экраны для проходящих сигналов (концепция 1.5).

Стремление к улучшению электрических характеристик привело к появлению концепции внутрисхемных соединений:

Применение плоских ленточных или балочных внутрисхемных соединений в ГИС СВЧ – диапазона, взамен круглых проволочных, и оптимизация их геометрии позволяет существенно улучшить электрические характеристики и повысить надёжность ГИС (концепция 1.6).

Необходимость улучшения теплоотвода от тепловыделяющих компонентов и элементов ГИС привело к концепции индивидуальных встроенных теплоотводов:

Формирование в объёме подложки МПП индивидуальных систем теплоотвода от тепловыделяющих элементов и компонентов позволяет улучшить тепловые и электрические характеристики ГИС СВЧ – диапазона (концепция 1.7).

Совершенствование устройств ввода и вывода сигнала привело к появлению концепции оптимизации конструкции и технологии схем окон ввода и вывода энергии:

Оптимизация геометрических размеров отверстия в пленочном металлизационном покрытии и величины диэлектрической проницаемости и толщины диэлектрической подложки ГИС окна вывода энергии, а также его закрепления позволяет снизить потери мощности проходящего сигнала и расширить полосу рабочих частот и создать оригинальную технологию их серийного изготовления, внедрение которой позволило снизить трудоёмкость изготовления (концепция 1.8).

Появление этих новых для того времени концепций основано, прежде всего, на успехах в технологии. Технология присутствует в каждой из этих концепций и является ос-

новой для их формирования. Поэтому правомочным является выделение новых взглядов на возможности технологии в отдельную технологическую концепцию 1-го уровня развития, которая и обеспечила его формирование:

Разработка новых методов формообразования подложек МПП, внутрисхемных соединений, нанесения слоёв металлизации МПП и их группового изготовления, монтажа металлических вставок, посадки кристаллов в углубления и др. обеспечивает реализацию новых перспективных концепций в разрабатываемых изделиях (концепция 1.9).

Однако, процесс развития науки и техники непрерывен, а дальнейшие достижения в области конструирования, технологии и материаловедения позволяют продолжать развитие техники ГИС СВЧ – диапазона. Началось формирование следующих концепций более высокого (2 – го) уровня на базе предыдущих теоретических и практических достижений нижних (0-го и 1- го) уровней.

Так появилась концепция сложных комплексных систем теплоотвода:

Формирование в объёме подложки МПП сложных комплексных систем теплоотвода позволяет улучшать тепловые и электрические характеристики ГИС СВЧ – диапазона за счёт стабилизации теплового режима (концепция 2.1).

Следующая концепция предполагает создание в конструкции ГИС дополнительных монтажных уровней для размещения составных частей конструкции:

Появление сложных конструкций ГИС СВЧ – диапазона, таких как:

двухъярусное расположение кристаллов, использование металлических вставок в подложку МПП, применение многослойных подложек и разновысотных выступов металлического основания привели к появлению конструкций ГИС с несколькими монтажными уровнями (плоскостями), которые могут быть использованы для размещения компонентов схемы и элементов конструкции внутри подложки МПП, что дополнительно позволяет: сократить длину внутрисхемных связей и сократить габариты и массу, а значит, улучшить электрические и массогабаритные характеристики схемы (концепция 2.2).

Реализация следующей концепции, расположения группы кристаллов в фигурном углублении в МПП, также направлена на повышение плотности расположения компонентов ГИС:

Создание конструкции ГИС СВЧ – диапазона с расположением группы кристаллов компонентов в фигурных углублениях в подложке МПП и компактного, в том числе двухъярусного, их расположения, позволяет значительно улучшить массогабаритные и электрические характеристики ГИС СВЧ – диапазона (концепция 2.3).

Накопление количества изменений конструкции ГИС, и соответствующих концепций, приводит к появлению нового качества, то есть новых представлений. Так в результате постепенного сближения конструкции ГИС с конструкцией полупроводниковых интегральных схем (МИС) появился промежуточный вариант, полумонолитные (гибридно-монолитные или квазимонолитные) интегральные схемы и соответствующая новая концепция:

Достижения в развитии конструкции и технологии ГИС

СВЧ – диапазона направлений первого уровня развития привели к закономерному появлению нового класса – полумонолитных интегральных схем (ПМИС) (квазимонолитных), которые, в связи с особенностями конструкции и технологии, по совокупности параметров имеют превосходство над ГИС, но уступают монолитным интегральным схемам (МИС) СВЧ - диапазона (концепция 2.4).

Идея реализации трёхмерной или объёмной обработки сигнала ещё в 80-е годы привела к появлению концепции объёмных интегральных схем (ОИС):

Создание объёмных многослойных конструкций ГИС (ОИС) СВЧ – диапазона позволяет существенно улучшить их электрические и массогабаритные характеристики, за счёт сокращения длины гальванических связей, применения электромагнитных и ёмкостных связей между элементами отдельных слоёв, а также возможности расположения компонентов схемы во внутренних слоях многослойной подложки (концепция 2.5).

Разновидностью трёхмерной или объёмной обработки сигнала явилась концепция создания двухкристалльных ПТШ для сложения мощности в усилителях мощности:

Расположение кристаллов полупроводниковых приборов (ПП) с балочными выводами лицевыми сторонами друг к другу, плотное прижатие и соединение их однофункциональных выводов и подключение к проводникам МПП, расположение и закрепление кристалла одного ПП в выемке выступа металлического основания заподлицо с его поверхностью, организация теплоотвода и заземления второго кристалла ПП расположением и закреплением его в выемке в теплоотводящей пластине (дополнительном теплоотводе) и закреплении её на выступе металлического основания, позволяет эффективно складывать их мощность и, тем самым реализовать новый принцип сложения мощности полупроводниковых приборов (ПП) (концепция 2.6).

Достижения в разработке полупроводниковых интегральных схем (МИС) привели к появлению новой концепции, увеличения степени интеграции компонентов ГИС:

Увеличение степени интеграции компонентов (МИС) ГИС СВЧ – диапазона приводит к постепенному переносу элементов схемы в компоненты, существенно повышает их функциональные возможности, плотность компоновки устройств и их надёжность, улучшает электрические и массогабаритные характеристики ГИС и РЭА на их основе (концепция 2.7).

Завершает 2-й уровень развития техники ГИС СВЧ – диапазона соответствующая технологическая концепция, так как без неё невозможна реализация соответствующих концепций его составляющих:

Использование и развитие технологических методов предыдущих уровней развития, таких как формообразования подложек МПП и многослойной компоновки слоев плат; разработка новых методов, таких как технология многослойных плат на основе низкотемпературной керамики (ЛТСС), размещения кристаллов компонентов во внутренних слоях многослойной платы, технологии полупроводниковых приборов, МИС и др., обеспечивает реализацию новых перспективных концепций 2-го уровня в

разрабатываемых изделиях (концепция 2.8).

Выход на более высокий 3-й уровень развития предполагает разработку обобщающего подхода к данной проблеме. Поэтому концепции образующие 3-й уровень приобретают всё более общий философский характер.

Так появилась концепция эволюционного развития ГИС СВЧ – диапазона, которая методом индукции от частного рассмотрения, развития конструкции фрагмента конструкции ГИС малошумящего усилителя [5], а также ГИС генератора управляемого напряжением [6], позволяет перейти к общему рассмотрению процесса эволюционного постепенного развития конструкции и технологии ГИС СВЧ – диапазона. Формулировка данной концепции может быть выражена следующим образом:

Рассмотрение возможности постепенной модернизации конструкции и технологии изготовления ГИС СВЧ - диапазона, с целью улучшения характеристик отдельных устройств, позволяет сделать вывод о их всеобщем постепенном эволюционном характере развития под действием накопления новых знаний (концепция 3.1).

Таким образом, в данном случае можно наблюдать: во-первых, применение метода индукции и говорить о переходе от частного к общему; а, во-вторых, наблюдать переход количества накопленных знаний в новое качество-концепцию эволюционного развития.

Поскольку современная РЭА (МЭА) базируется на ГИС СВЧ – диапазона, то их развитие приводит к совершенствованию компоновочных структур МЭА, предложенных ранее [7]. Поэтому закономерным является появление концепции развития компоновочных структур РЭА (МЭА), которая может быть сформулирована следующим образом:

Анализ новых конструктивно-технологических вариантов исполнения ГИС СВЧ - диапазона позволяет путем выявления их основных признаков синтезировать новые модели компоновочных структур РЭА (МЭА) и дать рекомендации для их применения в аппаратуре, а также проследить динамику развития РЭА на базе ГИС (концепция 3.2).

Появление следующей новой концепции связано с накоплением знаний в области материаловедения [8] и успешным их применением в ГИС СВЧ – диапазона. Соответственно, она получила название концепции применения новых материалов в ГИС СВЧ – диапазона. Её можно сформулировать как:

Использование уникальных свойств новых материалов в конструкции и технологии ГИС СВЧ – диапазона позволяет улучшать их характеристики (концепция 3.3).

Появление новой концепции инновационного развития соответствует современной тенденции модернизации промышленности. Формулировка этой концепции может иметь следующее определение:

Совокупность синтеза новых конструкторско - технологических решений, накопления объёма информации о мировом уровне развития исследуемого направления и смежных направлений, повышения информированности специалистов и повышения их компетентности, разумное и быстрое внедрение новейших достижений науки и техники в разработку ГИС СВЧ – диапазона позволяет улуч-

шить их характеристики и обеспечивает прогресс в данном направлении (концепция 3.4).

Завершение 3-го уровня связано с разработкой соответствующей технологической концепции, которая базируется на достижениях настоящего времени и обеспечивает реализацию современных образцов ГИС СВЧ - диапазона и РЭА на их основе.

Технологическая концепция 3-го уровня может иметь следующую формулировку:

Усложнение конструкции, появление новых конструктивно - технологических решений ГИС СВЧ – диапазона и их составных частей, применение новых материалов повлекло за собой усложнение технологии, разработку новых сложных технологических маршрутов изготовления отдельных составных частей и сборки всей ГИС, соответствующих 3 - му уровню развития техники ГИС СВЧ – диапазона. (3.5-я концепция). Четвёртый уровень состоит из направлений, которым соответствуют концепции, находящаяся в стадии формирования и носящие характер прогнозирования. Они ещё не сложились полностью, тем не менее, первая редакция их уже может быть предложена:

Появление принципиальной возможности получения основных элементов МИС или компонентов ГИС - транзисторов с наномикронными размерами позволяет прогнозировать: резкое повышение степени интеграции компонентов ГИС и существенное увеличение их функциональной сложности, что в свою очередь, приведёт к резкому улучшению электрических, энергетических и массогабаритных характеристик (концепция 4.1).

Технологическое обеспечение концепции 4.1 составляет концепция 4.3, развитию которой в настоящее время уделяется большое внимание. Примерной формулировкой технологической концепции 4-го уровня развития может быть:

Развитие технологии получения наноструктур различных материалов, в том числе не применявшихся ранее, позволяет создавать электронные приборы (транзисторы) с моноатомными размерами элементов и достигать уникальных электрических, массогабаритных и энергетических характеристик (концепция 4.3).

Заключительной концепцией этого уровня является концепция экономии геометрического и временного пространства: Совершенствование конструкции и технологии неминуемо приводит к снижению материал - и энергоёмкости, экономии геометрического и временного пространства, занимаемого ГИС СВЧ – диапазона, а значит и РЭА на их основе (концепция 4.2).

Концепции 4-го уровня, как никакие другие, соответствуют генеральному направлению комплексной микроминиатюризации изделий, поскольку переход на структуры с наномикронными размерами практически исключает паразитные индуктивности и ёмкости из схемы, а достигается это за счёт уменьшения размеров.

Пятый уровень включает две концепции 5.1 и 5.2. Первая из них представляет собой концепцию генерального направления развития электроники - комплексную микроминиатюризацию (КММ) [9] и, в применении к ГИС СВЧ – диапазона и РЭА на их основе, может иметь следующую формулировку: КММ, являясь генеральным направлением

ем развития радиоэлектроники, определяет направление на постоянное увеличение отношения функционального содержания, сложности, степени интеграции устройства (ГИС СВЧ – диапазона и РЭА на их основе), к его материальному содержанию (массе, объёму, стоимости) и предполагает улучшение характеристик устройства за счёт уменьшения габаритов (концепция 5.1) [4,9].

Философская концепция развития техники ГИС СВЧ – диапазона(5.2), может быть отражена в следующих положениях:

1) Успех развития общего направления – развития техники ГИС СВЧ зависит от темпов развития отдельных составляющих направлений развития конструкции, технологии, материаловедения и т.д., как базовых элементов.

2) Определен сложный характер совокупности эволюционного и циклического развития отдельных составляющих направлений и их взаимного влияния друг на друга.

3) Определено условие успешного воплощения комплекса новых базовых элементов конструкции, технологии и т.д. в реальное изделие, для улучшения его характеристик, - как решение кванта взаимодействия.

4) Глобальные причины сложного эволюционно - циклического развития промышленности и общества в целом оказывают существенное влияние на развитие узконаправленных специфичных отраслей, например, развития техники ГИС СВЧ и изделий на их основе.

5) Изучение закономерностей и динамики развития отдельных направлений, их влияния друг на друга, и подверженности общей тенденции развития общества, помогает правильно оценить и спрогнозировать дальнейший путь развития конкретных областей знаний (концепция 5.2) [10].

3. Изменение парадигмы развития техники ГИС СВЧ – диапазона.

Формирование концепций отдельных направлений и уровней их развития позволяют перейти к анализу их возникновения, развития и взаимодействия.

Анализ концепций, составляющих нулевой уровень развития, показывает наличие, вполне сложившейся, теоретической основы системы понятий и представлений о конструировании и серийном изготовлении ГИС СВЧ – диапазона и РЭА на их основе.

Несмотря на столь скромное название, нулевой уровень имеет в своей основе достаточно прочную теоретическую базу, основанную на достижениях начала 80-х годов. Эту теоретическую базу, следуя современной терминологии, следует рассматривать, как определённую парадигму, основанную на концепциях 0.1 и 0.2, соответствующих тому уровню развития науки и технологии.

Однако, резкое увеличение потребности в ГИС СВЧ – диапазона и РЭА на их основе и ужесточение требований к электрическим и массогабаритным характеристикам и надёжности, а также стоимости изделий, потребовали коренного изменения совокупности системы отдельных концепций.

Разработка ряда новых концепций развития техники ГИС СВЧ диапазона, присущих определённому времени, техническому уровню развития науки и техники, соответствующих ему, сложности создаваемых конструкций

и решаемых технических задач, привели к формированию определённого уровня развития техники (1-му уровню), а в теоретическом плане к совокупности новых концепций или следующей концептуальной парадигме, отличающейся от представлений предыдущего (0-го) уровня.

При формировании концепций 2- го уровня развития появились концепции: 2.4, соответствующая появлению гибридно – монолитных, полумонолитных (или квази-монолитных) интегральных схем, и 2.5, соответствующая появлению объёмных интегральных схем, - которые могли рассматриваться на определённом этапе развития, как новые парадигмы, поскольку количество накопленных в них конструктивно - технологических изменений было значительно и вполне соответствовало совокупности изменения определённых концепций. Однако в настоящее время их значимость на фоне следующих достижений соответствует отдельным, хотя и очень важным, концепциям.

Совокупность концепций 2-го уровня развития техники ГИС СВЧ – диапазона характеризуется значительными достижениями в формировании важных концепций и может рассматриваться, как новая парадигма. Эта парадигма отражает состояние развития ГИС на данном этапе развития. Она пока носит концептуальный характер и не представляет собой сложившейся теории. Однако, эта парадигма основана на реальных достижениях техники ГИС, отражает и представляет уровень знаний сегодняшнего дня.

Концепции 3-го уровня, как отмечалось выше, носят обобщающий и, в определённой мере, философский характер и в совокупности с концепциями второго уровня также образуют соответствующую парадигму развития ГИС СВЧ – диапазона.

Хотя концепции 4 – го уровня носят характер прогнозирования, уже сейчас понятно, что их реализация будет обозначать очередную смену парадигмы, то есть, появление новой прогнозируемой парадигмы развития техники ГИС СВЧ – диапазона. Реализация 4- го уровня развития и соответствующей парадигмы вплотную подводит к формированию завершающего 5- го уровня развития и соответствующих концепций 5.1 и 5.2., а возможно и новой парадигмы.

4. Анализ полученных результатов.

Анализ динамики развития структуры концептуальной парадигмы конструкторско-технологического развития техники ГИС СВЧ диапазона, представленной на Рис.1, показывает, что обновление парадигмы происходит примерно каждые 5 – 8 лет. Структура не претендует на полный перечень концепций развития, составляющих отдельные уровни. Уровни могут быть дополнены не учтёнными концепциями, а также вновь появляющимися. Однако структура позволяет проследить закономерность смены парадигмы и цикличность данного процесса. Вместе с этим, нельзя не заметить эволюционный постепенный поступательный характер развития всего общего направления в соответствии с генеральным направлением комплексной микроминиатюризации ГИС и РЭА на их основе. Кроме того, система наглядно иллюстрирует закономерность перехода количества накопленных знаний (концепций) в новое качество - новую парадигму. Философский подход

к изучению процесса развития ГИС СВЧ – диапазона позволяет выявить его сложный эволюционно – циклический характер, а также многофакторность этого процесса.

4. Заключение.

Полученные результаты следует рассматривать, как создание теоретической основы структуры концептуальной парадигмы конструкторско-технологического развития техники ГИС СВЧ диапазона. Структура концептуальной парадигмы конструкторско-технологического развития техники ГИС СВЧ диапазона не является законченной, строго обоснованной теорией. Она находится в стадии развития, изучения и дополнения. Развиваются уже сформированные концепции, а также появляются новые, сформированные в последнее время. Кроме того, структура не охватывает некоторые концепции, например концепции МЭМС, ДИС и другие. Тем не менее, систематизация знаний о развитии ГИС СВЧ – диапазона позволяет: проследить иерархическую взаимосвязь отдельных концепций и, более осознано, использовать их при проектировании современной РЭА с уникальными характеристиками на основе ГИС СВЧ– диапазона.

Литература:

1. Иовдальский В.А. Система конструкторско – технологических направлений развития техники ГИС СВЧ – диапазона./ Электронная техника. Серия 1. СВЧ – техника, Вып.4(511), 2011г., с. 41-49.
2. Ф.А. Кузин. "Кандидатская диссертация", Изд. "Ось-89" издание 8-е, стр.131-133.ISBN5-86894-708-8. Методика написания, правила оформления и порядок защиты: Практическое пособие для аспирантов и соискателей ученой степени.2003г.
3. Г.Я. Гуськов, Г.А. Блинов, А.А. Газаров. Монтаж микро

– электронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 1986, с.45.

4. Климачёв И.И., Иовдальский В.А. СВЧ ГИС. Основы технологии и конструирования. Изд. М.: Техносфера, 2006г.-352с. ISBN 5-94836-074-1.

5. Иовдальский В.А. Эволюция конструкции типовых фрагментов ГИС СВЧ./Электронная техника. Сер.1, СВЧ – техника, Вып.1(489), 2007г. с.38-45.ISBN 1990-9012.

6. Иовдальский В.А., Балыко А.К. Совершенствование конструкции широкодиапазонных генераторов на полевых транзисторах с варакторной перестройкой./ Электронная техника. Сер.1.СВЧ – техника. Вып.1(461), 1994г., с.11-15 7. Иовдальский В.А. Концепция конструктивно-технологического синтеза новых компоновочных моделей микроэлектронной аппаратуры на основе ГИС СВЧ./ Электронная техника. Сер.1, СВЧ – техника, Вып.1(487), 2006г., с.77 – 86.

8. Васильев А.Г., Колковский Ю.В., Концевой Ю.А. СВЧ – приборы и устройства на широкозонных полупроводниках, Изд.М.:Техносфера,2011г.,-416с, ISBN 978-5-94836-271-7.

9. Конструирование и расчёт БГИС, микросборок и аппаратуры на их основе/Под ред. Высоцкого Б.Ф.-М.: Радио и связь, 1981, с. 5-7.

10. Иовдальский В.А. Философские аспекты и цикличность развития техники ГИС СВЧ./ «Циклы». Материалы 7-ой Международной конференции. Том 2. Северо-Кавказский государственный технический университет, г. Ставрополь, 2005г., с.67-70.

GIS AND KNOWLEDGE SHARING: DESIGNING GIS FOR CULTURAL HERITAGE IN PAVLODAR REGION, KAZAKHSTAN

Aidana Irmanova,

Pavlodar State University, master student of Information systems, Faculty of Physics, Mathematics and Information Systems

Nazira Ospanova,

State University, candidate of pedagogical sciences, Faculty of Physics, Mathematics and Information Systems

ABSTRACT

This paper aims to present a way supported in which geographic information systems (GIS) and knowledge management (KM) elements are integrated, particularly in the area of designing WEB-based GIS system for cultural heritage management of Pavlodar region, Kazakhstan. The integration of given technologies was identified as the most suitable option to construct a GIS for not expert users. Thus it is supposed to enhance the quality of knowledge sharing for prospective tourism promotion in the given area.

Key words: Geographic Information System, Knowledge Management System, Cultural Heritage Management

1 Introduction

Pavlodar region has a lot of archaeological and paleontological monuments and historical places. Nowadays, there are 11 museums and 2 theaters, 802 monuments of history, archeology, architecture and the art, 316 of them are under the protection of government. According to the specialists, cultural heritage of Pavlodar region can help develop the local tourism

[6].

At the present time there is no information system to promote the cultural heritage of the Pavlodar. Due to this reason people are unaware about the importance of historical, cultural and natural assets of Pavlodar. There is also shortage of maintenance and management of the historical and natural assets at local level.



Figure 1. Natural Heritage of Bayanaul, Pavlodar region, Kazakhstan [7]

Heritage information plays an essential role in promotion of local and international tourism and implementation of conservation strategies. That is why the existence of Knowledge sharing (KS) tool is vital to create awareness of the local Cultural Heritage (CH) to the prospective visitors. This tool is supposed to manipulate with significant amount of spatial data and this is where the application of Geographic Information Systems is required. As the system should be publicly available it implies to be a Web-based GIS tool.

This paper provides information of how GIS and KM tools could be used to develop Knowledge server with exemplified application to the sharing knowledge about cultural heritage of Pavlodar region, Kazakhstan. Focus field of the study is to present an overview of the research that includes a discussion of benefits that GIS and KM could bring to promote domestic and international tourism in the given area.

Content of the paper is structured by the following outline:

- Section one indicates the significance and relevance of

this research.

- Section two introduces terms and concepts that regard the content of the paper.
- Section three defines the model for knowledge sharing and exemplifies its application.
- Section four summarizes the paper.

2 Definition of terms and concepts

2.1 Data, information and knowledge

Data, information and knowledge are the three closely related but different concepts. Data is the objective description of fact, such as figure, letter, symbol, image, sound and taste, which may be transacted and exchanged by hand or automation device. Information is the explanation of data, which is structured data. Data transaction is to explain data, and data becomes information only after explanation. Knowledge is the useful information, which may change people and things, and come from the collection, organization, processing, communication and utilization of information [1].

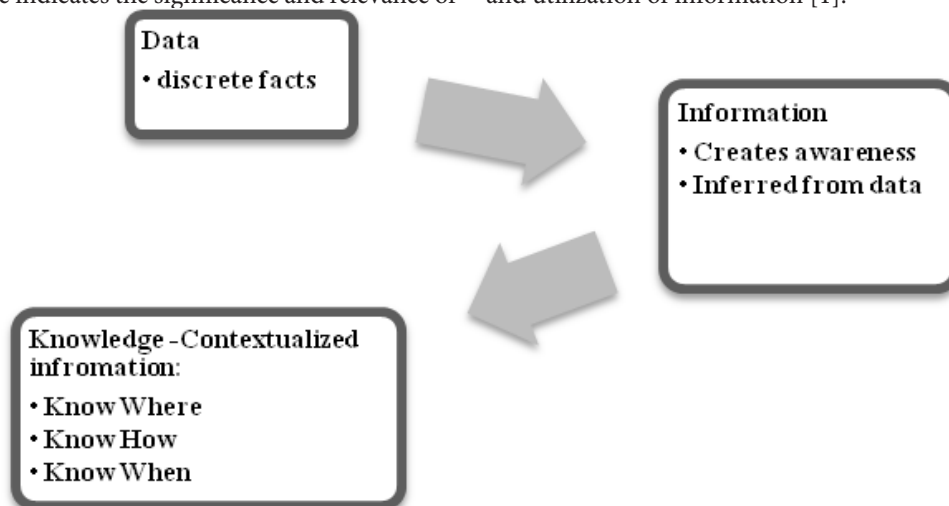


Figure 2. Transforming from data to knowledge

2.2 Knowledge Sharing Tools

Typically, any device could be defined as knowledge sharing tool as long as it supports Knowledge sharing process. In knowledge management process these tools comprise of groupware and collaborative tools. Those are enablers of knowledge flow and knowledge-sharing activities.

As regards, knowledge sharing in the targeted GIS system, KS tools are to provide following operations:

- Submitting reviews;

- Communication: Forums, Chats;
- SystemsWikis;
- Video materials;

2.3 Geographic information systems and knowledge retrieving

There are a lot of definitions given to GIS. One of them is "GIS is a decision support system. GIS enable enterprises to transform and combine attribute data and spatial data (raw data), to analyze them, and to visualize the results of analysis

through maps with the help of cartography”[3].

Overall, GIS is a computer based set of tools for collecting, mapping, analyzing, storing, retrieving, and displaying spatial and non spatial data for a particular set of purposes that varies from one field to another. It is a computer software that links geographic information (where things are) with descriptive information (what things are). GIS can present information from many layers of overlapping maps. (www.esri.com). GIS is both a database system for spatially referenced data as well as a set of operations for data analysis. It is also a set of computerized tools used to collect, archive, manage, retrieve, analyze and output geographic and other related kinds of data

As mentioned above, spatial data available in GIS are associated with each other through spatial references. This process is called geocoding. Through using GIS-functions, new knowledge can be derived from these spatial data which are geographically coded. Furthermore, it is possible to make new queries, analyses and evaluations by incorporating them again as information into the GIS. Therefore, GIS have the ability to reuse the “intermediate knowledge” which it developed by itself as an information, thus it also has the ability to create new information and knowledge [5].

2.4 GIS and heritage tourism

Cultural heritage is the legacy of physical artifacts and intangible attributes of a group or society that are inherited from past generations, maintained in the present and bestowed for the benefit of future generations. Cultural heritage includes tangible culture (such as buildings, monuments, landscapes, books, works of art, and artifacts), intangible culture (such as folklore, traditions, language, and knowledge), and natural

heritage (including culturally significant landscapes, and biodiversity) [8].

Effective promotion of local heritage can develop tourism and attract people to visit the region, especially focusing on a country’s history and culture. Tourism is recognized as a useful tool to gain income and job opportunities for the visited countries and regions.

The use of GIS in tourism studies has being minimal though GIS technology has been in tourism related literature over the years. Some scholars are of the view that its application has been limited to recreational facility inventory; visitor impact assessment; tourism-based land management, recreation-wildlife conflicts, mapping wilderness perceptions. GIS has been applied in designing and development of tourism destinations in Zlatibor (Cajetina) and Zlatar (Novavaros) areas of Serbia; while Avdimiotis and Christous used GIS to establish or measure the carrying capacities of the Municipality of Chalkidiki, Greece [2].

3 Exemplified application of Web Based GIS model for knowledge sharing

Searching for maps, lists of destinations and addresses in order to make decisions and plan a trip sometimes could be rather challenging as to put all these sources of information together and make sense out of them is difficult for a person who is unfamiliar with destination place. Geographic information systems however, have the capability to handle several kinds of information that can be related to the location. In the table below basic GIS questions are answered within the context of CH knowledge items.

Table 1.

Basic GIS Questions

Functional capabilities of a GIS	Basic Questions	Knowledge Items
1. Data entry, storage and manipulation	1. What is at?	1. Cultural Heritage(CH) object
2. Map production	2. Where is it?	2. Location of CH object
3. Database integration and management	3. What has changed?	3. Measure tourism impacts
4. Data queries and searches	4. Which is the best route?	4. Route options. Visitor flows.
5. Spatial analysis	5. What is the pattern?	5. Pattern. Most visited places
6. Spatial modeling	6. What if...?	6. Modeling individual itinerary
7. Decision support	7. Why is that?	7. Knowledge of CH object

GIS is dynamic and it enables the user to ‘enter’ the map and explore, enquire and analyse geographic locations and the information linked to these locations [4].

The objective of the paper is to develop appropriate model for GIS web application with the best technology. Following this purpose, for developing a very friendly GIS web application the adding KMS elements (knowledge sharing tools) into GIS was proposed (Figure 2).

For this application the Internet is the ideal technology platform to carry out integration of technologies. As Web GIS

is an effective tool that can serve and support KS functions.

Basic requirements for the system for better leverage of spatial data were defined as:

- The amount of knowledge exists in GIS should be adequate and meaningful for most users.
- The knowledge on the platform has to be validated before being released online.
- Stakeholders (users) should be given the authority to manage and organize the knowledge content to enable them to be made suitable for the GIS platform.

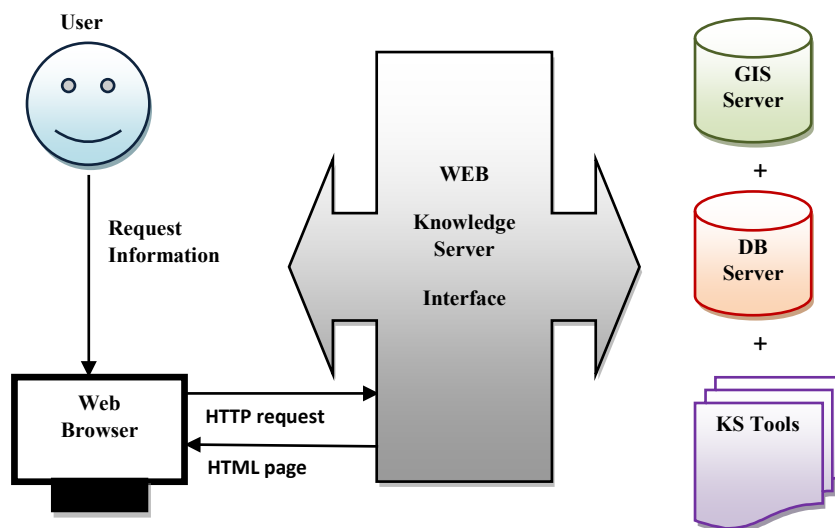


Figure 3. Proposed WEB Based GIS for knowledge sharing

Using the model of Web based KS tool for CH of Pavlodar (Figure 3, Figure 4) stakeholders will receive following functionalities:

- Valuable information on CH locations;
- Interactive maps that respond to user queries;
- Visualization of historical sites through digital images or videos;

- Selective information's like route planning, cultural events, special attractions etc.
- Advantages to development authorities;
- Users' intercommunication ;
- Database management;
- Data updating.

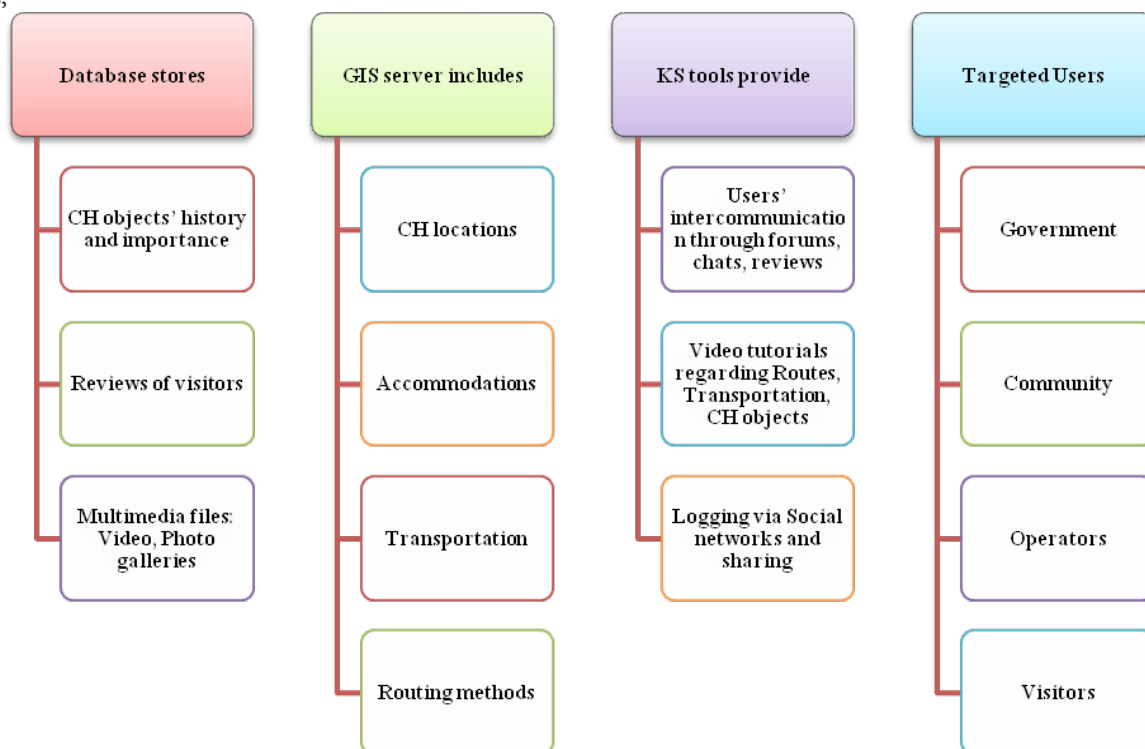


Figure 4. Proposed WEB-Based GIS system's elements.

4 Conclusions

To sum up, the paper justifies the significance of the research with necessity of designing IT solution to promote the cultural heritage of the Pavlodar region. The paper claims to be relevant articulating it by providing the model for Web based GIS, assisted with KM elements. Using the latest sources of literature in the given field, it also provided thorough explanations for pillar terms and concepts that regard using GIS as knowledge

sharing tool.

It is clear that GIS is the effective way to collect, process, manage, transmit and make use of geodata in this information explosion age. But enriching the geographical information technology with KM elements will improve the deepness of spatial data and take it to the level of knowledge management. Applying the combination of these technologies expands the extent of information distribution and knowledge sharing,

resulting in promotion and future progress.

References

1. Minghai Luo, "Research on the Knowledge Management Based on GIS", Proceedings of the WSEAS Int. Conference on Energy Planning, Energy Saving, Environmental Education, Arcachon, France, October 14-16, 2007
2. Akukwe, Thecla I., Odum, Chigozie, Enugu "Designing and Developing a Gis Database For Tourism In Nigeria: The Case Of Anambra State", IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS) Volume 19, Issue 10, Ver. VIII (Oct. 2014), PP 109-120 e-ISSN: 2279-0837, p-ISSN: 2279-0845. www.iosrjournals.org
3. Dr. Filiz Gürder, Assoc. Prof. Dr. Yücel Yılmaz "Using Geographic Information Systems in Knowledge Management Processes", International Journal of Business and Social

Research (IJBSR), Volume -3, No.-1, January 2013. P 78.

4. Avantika Kushwaha, Debanjana Chatterjee, Prerna Mandal "Potentials of Gis In Heritage & Tourism", Geospatial World forum, January 2011, Paper Reference No.: PN-71;
5. Dr. Filiz Gürder, Assoc. Prof. Dr. Yücel Yılmaz "Using Geographic Information Systems in Knowledge Management Processes", International Journal of Business and Social Research (IJBSR), Volume -3, No.-1, January 2013. P 80.
6. Cultural heritage of Pavlodar, available: http://www.pavlodar.gov.kz/page.php?page_id=136&lang=3
7. Picture of Bayanaul. available <http://discoveric.ru/mesta/kazakhstan/pavlodarskaya-oblast/bayanaul>
8. Cultural heritage. Definition. available https://en.wikipedia.org/wiki/Cultural_heritage

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАДИОАКТИВНЫХ ГРУЗОВ НА ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОПЕРЕНОСА И ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ

Казимиренко Юлия Алексеевна

*Кандидат технических наук, доцент кафедры
материаловедения и технологии металлов
Национальный университет
кораблестроения имени адм. Макарова,*

THE INFLUENCE OF ENERGY PARAMETERS OF RADIOACTIVE CARGO ON THE HEAT TRANSFER PROCESSES AND STRENGTH OF COMPOSITE STRUCTURES OF FLOATING FACILITIES

Kazymyrenko Y.O. Associate Professor Department of Materials Science and Technology of Metals Dept Admiral Makarov National University of Shipbuilding

АННОТАЦИЯ

С помощью решения частных задач проанализированы процессы теплообмена в грузовой зоне плавучего сооружения, предназначенного для перевозки и хранения радиоактивных грузов с остаточным тепловыделением; определено влияние термических нагрузок на распределение напряжений в многослойной конструкции биологической защиты с композиционным покрытием.

ABSTRACT

Using the solutions of particular problems, the heat transfer processes in the cargo area of floating construction, which is intended for transportation and storage of radioactive cargo with residual heat, have been analyzed; the influence of thermal loads on the stress distribution in the multilayer construction of biological protection with the composite coating have been determined.

Ключевые слова: тепловое состояние, плавучие композитные сооружения, радиоактивные вещества, конструкции биологической защиты, напряженное состояние

Key words: thermal state, floating composite facilities, radioactive substances, constructions of biological protection, stress state.

Постановка проблемы. Транспортировка и хранение радиоактивных веществ (РАВ) связаны с решением проблем тепловой безопасности и прочности конструкций. Снижение интенсивности тепловых потоков и ионизирующих излучений обеспечивается многослойной конструкцией биологической защиты (БЗ), в основу проектирования которой положены принципы многократного ослабления диффузионного потока РАВ слоями из материалов с разной поглощающей способностью [1]. В зависимости от химического и радионуклидного состава, уровня активности и агрегатного состояния вследствие экзотермических реакций в грузовой зоне формируются поля температур и скоростей воздуха, приводящие к пожароопасным ситуациям; напряжения, возникающие вследствие термических

нагрузок, могут вызвать разупрочнение слоев конструкций БЗ.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблема тепловой безопасности специализированных судов и плавучих сооружений в большинстве научных работ рассматривается с позиций проектирования и эксплуатации систем кондиционирования и пожаротушения [2, 3]. Получение информации о распределении температурных полей в грузовой зоне с помощью прямых измерений в условиях судна затруднено [4], дистанционное определение температуры в силу масштабных факторов дает большую погрешность. В связи с этим целесообразно применение аналитических методов, основанных на решении сопряженных задач теплообмена [5]. В работе [6] автором апро-

бирован научно-практический подход к решению проблем отвода тепла путем выбора конструктивно-компоновочных решений с применением новых комплексно-защитных материалов [7]. С помощью численного моделирования установлено, что наиболее разогретым участком является крышка бака для РАВ, на внутренней поверхности которой температура в зависимости от мощности тепловыделения грузов (2...20 кВт) составляет около 200 °С.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Данная статья является продолжением начатых в работе [6] исследований, требующих определения тепловых потоков с наиболее разогретых участков и роли лучистой оставляющей в процессе переноса теплоты. Кроме того, не исследованным остается вопрос прочности многослойных конструкций в условиях кратковременных термических нагрузок.

Цель работы – проанализировать процессы переноса теплоты при транспортировке и хранении радиоактивных грузов с остаточным тепловыделением; определить влияние термических нагрузок на распределение напряжений в слоях конструкции биологической защиты.

Изложение основного материала. Для размещения грузов служат герметично закрытые крышками баки или цистерны, изготовленные, как правило, из нержавеющей стали. Бетонная заливка и внешний корпус из лакированной стали представляет собой стационарную конструкцию биологической защиты, снижающую радиационный фон и предохраняющую цистерны от механических повреждений, возникающих в процессе качки, судовых вибраций, погрузочно-разгрузочных, ремонтных и прочих работ.

В качестве грузов могут выступать твердые РАВ, помещенные в капсулы или упакованные в бумажные пакеты, фрагменты неупакованного оборудования, подлежащие временному хранению с целью извлечения драгметаллов и дальнейшей переплавки на металлолом. Для облегчения погрузочно-разгрузочных работ или дезактивации грузы могут быть помещены во вкладные или эластичные контейнеры, изготовленные из радиационно-стойкой пластмассы. В баках также могут перевозиться подлежащие временному хранению жидкие радиоактивные отходы с удельной активностью до 1000 Ки/л, фрагментированные и заключенные в матрицу сыпучие и отвержденные отходы. Процессы радиоактивного распада, содержащихся в РАВ продуктов реакций деления и актинидов, сопровождаются повышением температуры. При возникновении пожароопасных ситуаций конструкции транспортных и технических средств могут испытывать температурные нагрузки до 250...570 °С в зависимости от активности грузов [8]. Создание радиационной защиты, обеспечивающей отвод тепла из максимально разогретых участков следует рассматривать как междисциплинарную задачу, важная роль в решении которой отводится выбору и разработке материалов с комплексно-защитными свойствами [9-11]. Отличительной особенностью рассматриваемых в работе конструкций БЗ является нанесение на внутреннюю поверхность баков или цистерн для РАВ металлоглазанных защитных покрытий с высокими рентгенозащитными свойствами и способностью ослаблять действие γ -излучений [1, 7, 11]. Это электродуговые покрытия на основе

Св-08Г2С и Св-АМг5, наполненные полыми стеклянными микросферами (ПСМ), или порошками, полученными измельчением хрустального и свинцовосодержащего стекла. Защитные покрытия также могут быть изготовлены методом горячего прессования смеси алюминиевых порошков с ПСМ (или порошками SiC, Al₂O₃). Коэффициент теплопроводности покрытий на основе Св-08Г2С составляет $\lambda = 18...22$ Вт/(м·К), покрытий на основе Св-АМг5 и алюмоматричных горячепрессованных материалов – $\lambda = 82...90$ Вт/(м·К).

Сложность процессов, происходящих в грузовой зоне с многослойной конструкцией биологической защиты, не позволяет представить их описание в виде одной задачи, решаемой с помощью критериальных уравнений; их целесообразно рассматривать в виде частных случаев, учитывающих:

- радиационный теплообмен: внутренняя энергия РАВ с определенной температурой $T_{гр}$ превращается в лучистую энергию, переносится в виде волн и поглощается ограждающей поверхностью;
- конвективный теплообмен от горячего воздуха, циркулирующего во внутреннем пространстве бака, к поверхности покрытия;
- процесс теплопроводности в каждом из слоев стенки конструкции БЗ и крышки бака;
- процессы теплоотдачи: от поверхности лакированной стали к воздуху в пространство двойного борта и далее к поверхности наружной обшивки плавучего сооружения; от наружной обшивки к забортной воде и воздуху;
- процессы теплоотдачи с наружной поверхности крышки.

Влияние лучистой составляющей на процессы теплообмена можно описать уравнением [12]

$$Q_k = \sigma_0 \varepsilon_{пр} (T_{гр}^4 - T_{нар.БЗ}^4) F(1),$$

где $\sigma_0 = 5,672 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана-Больцмана; $\varepsilon_{пр}$ – приведенная степень черноты многослойной конструкции; $T_{гр}$ – температура груза с мощностью тепловыделения Q , К; $T_{нар.БЗ}$ – температура на наружной поверхности биологической защиты, в данном случае бетонного слоя, К; F – площадь поверхности тела, принимающего участие в теплообмене излучением, м².

Приведенная степень черноты зависит от оптико-геометрических свойств излучающей системы тел и учитывает фактор многократного отражения тепловых потоков волнового характера. Вследствие отражательной способности алюминия $\varepsilon_{пр}$ для композиции Св-АМг5–стекло в два раза ниже приведенной степени черноты композиционного покрытия композиции Св-08Г2С–стекло. Следовательно, вычисленный по формуле (1) тепловой поток, передаваемый от РАВ с мощностью тепловыделения 2...8 кВт через многослойную стенку с покрытием из композиции Св-АМг5–стекло составляет 0,0612...1,266 кВт, с покрытием из композиции Св-08Г2С–стекло – 0,122...2,532 кВт. Выполненная оценка удельных тепловых потоков (рис. 1) показала, что величина плотности потока лучеиспускания (линии 2, 3) значительно меньше теплового потока, переданного теплопроводностью через многослойную стенку (линия 1), где приведенная степень черноты учитывает экранирующую способность металлоглазненного защит-

НОГО СЛОЯ.

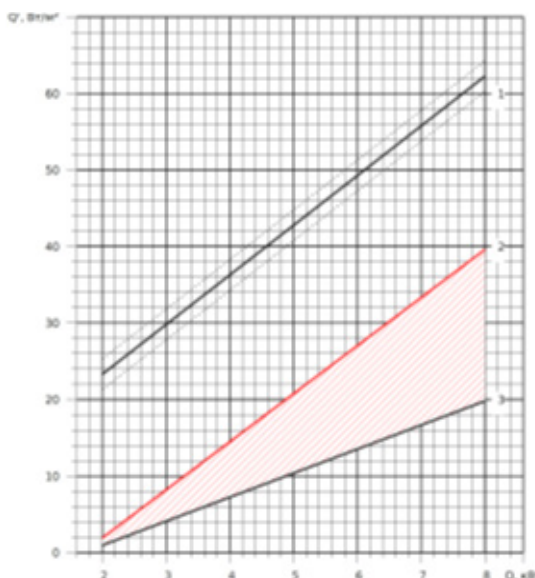


Рис. 1. Плотность теплового потока при разных механизмах переноса теплоты: 1 – теплопроводностью через многослойную плоскую стенку с алюмоматричным композиционным слоем; 2, 3 – лучистым теплообменом через многослойную стенку с защитным покрытием композиции Св-08Г2С–стекло (2) и Св-AMг5–стекло (3)

Следовательно, лучистая энергия, поглощенная электродуговым металlostеклянным слоем, несоизмеримо мала по сравнению с плотностью теплового потока, передаваемого через многослойную стенку, а значит, при постановке стационарной задачи о тепловом состоянии грузовой зоны радиационный теплообмен можно не учитывать. Однако решение задачи о нахождении лучистой составляющей необходимо для общих представлений о хранении РАВ на плавучих объектах, ее результаты далее

используются для моделирования повреждаемости защитного слоя в условиях тепловых эффектов.

Исследование конвективных процессов переноса тепла (рис. 2а) с помощью численного моделирования [13] подтвердили результаты решения сопряженной задачи о тепловом состоянии грузовой зоны [6] и показали, что наиболее разогретым участком является крышка бака (рис. 2б), на внутренней поверхности которой температура может достигать 200 °С.

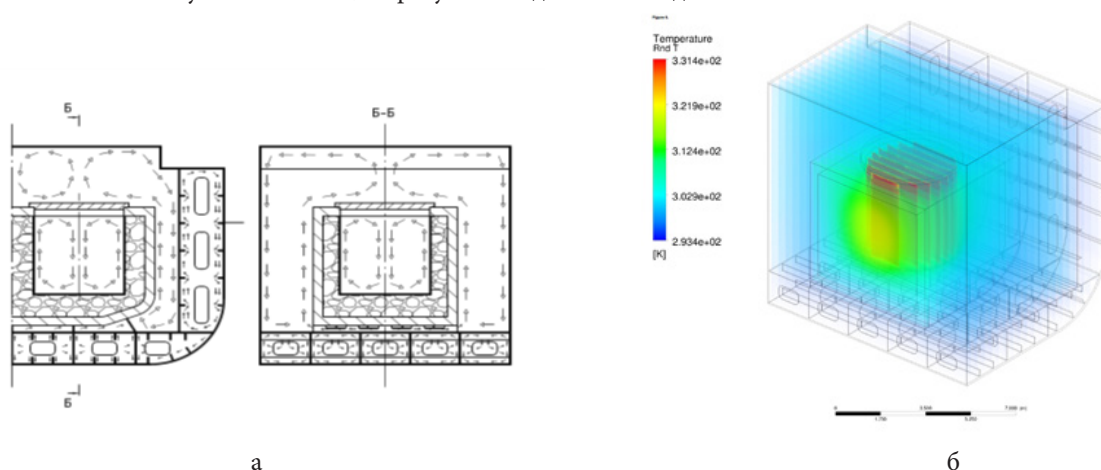


Рис. 2. Моделирование процесса конвективного теплообмена: а – потоки скоростей воздуха в грузовой зоне плавучего сооружения; б – распределение температур по объему грузовой зоны для РАВ с мощностью тепловыделения 2 Вт

Рассматривая крышку бака для РАВ как двухслойную горизонтальную пластину толщиной 300 мм, выполненную из углеродистой стали с нанесенным с внутренней стороны защитным слоем из алюмоматричного материала толщиной 50 мм, решена стационарная задача о снижении теплоточков, в результате которой определено распределение температур в каждом из слоев [12]

$$t_{i\delta} = t_{\hat{a}} - \frac{\hat{Q}}{F} \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (2),$$

где $t_{нар}$ – температура на наружной стенке крышки, °С; $t_{вн}$ – температура на внутренней стенке крышки, °С; δ – количество тепла, проходящее через крышку, Вт; F – площадь крышки, м²; δ, λ – соответственно толщина и коэффициенты теплопроводности каждого из слоев крышки.

Задаваясь в расчетах температурой воздуха на удалении 38 °С и рассматривая в результате расчетов критериев Грасгофа (Gr) и Прандтля (Pr) процесс теплоотдачи для турбулентного режима, определены температуры и коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности двухслой-

ной крышки в зависимости от мощности тепловыделения грузов (рис. 3).

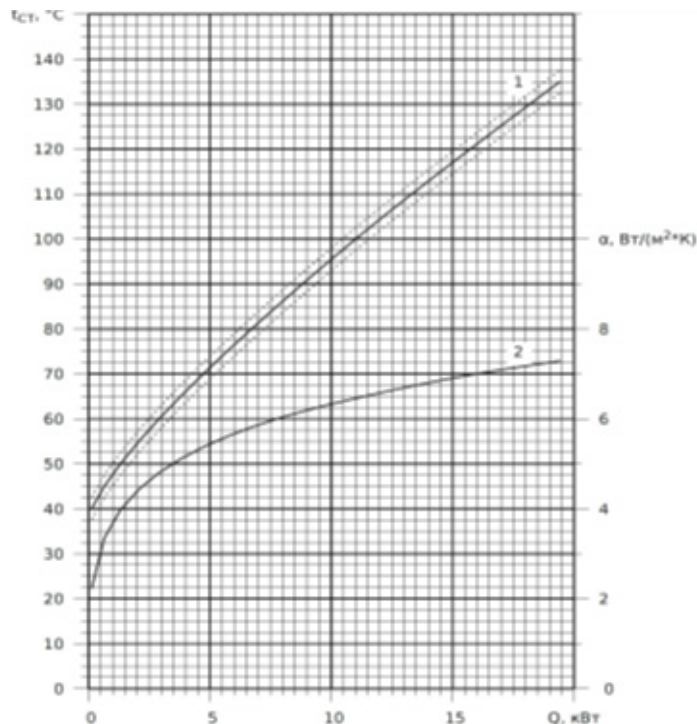


Рис. 3. Расчетные значения температуры (1) и коэффициента теплоотдачи (2) с поверхности крышки бака в зависимости от мощности тепловыделения РАВ

Таким образом, установлено, что соответствие температур наружной поверхности (85 °С) Правилам МАГАТЭ возможно при транспортировке (хранении) РАВ с мощностью тепловыделения до 8 кВт; дальнейшее повышение энергетических параметров перевозимых радиоактивных грузов может привести к возникновению пожароопасных ситуаций на плавучих объектах. При длительном хранении и транспортировке грузов с низкой удельной активностью 0,0004...0,4 МБк/кг конструкции специализированной тары или контейнеров могут испытывать кратковременные температурные нагрузки до 250...300 °С, а грузов с удельной активностью до 40 ГБк/кг – до 570 °С

[8]. Существующие методы анализа напряженно-деформированного состояния слоистых конструкций включают применение компьютерного моделирования, решение задач термоупругости, экспериментальные исследования на термостойкость.

Постановка численного эксперимента осуществлялась на модели типа плоской пластины с размерами малого грузового контейнера (1,5 x 1,5 м), из углеродистой стали (например Ст3), на верхнюю поверхность которой нанесен слой металлокерамического электродугового покрытия (рис. 4).

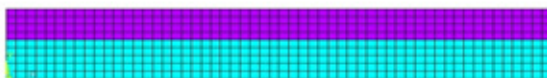


Рис. 4. Конечно-элементная модель образца с покрытием

В качестве нагружения рассмотрен кратковременный нагрев (10 мин), со стороны покрытий: для композиций на основе Св-АМг5 – до температуры 300 °С; для композиций на основе Св-08Г2С – до 570 °С. В процессе моделирования введены следующие допущения:

- пластина из Ст3 со слоем металлокерамического покрытия прогревается равномерно;
- механические свойства выбранных материалов не зависят от температуры;
- незначительное влияние выбранных стеклянных наполнителей на механические характеристики: в связи с этим далее вводятся понятия Св-08Г2С – стекло; Св-АМг5 – стекло;
- после кратковременного термического воздей-

ствия самопроизвольное охлаждение происходит с бесконечно малой скоростью, что позволяет пренебречь возникающими напряжениями.

Задача решена методом конечных элементов, полученные результаты представлены в виде распределения полей напряжений по поверхности и объему пластины с толщиной металла – основы 4 мм, покрытия – 2 мм. В расчетах использованы значения эффективных механических характеристик металлокерамических электродуговых покрытий, полученные автором в работе [14] и механические свойства облученных пластин с покрытиями [7]. Максимальные напряжения в двухслойной пластине сведены в табл. 1.

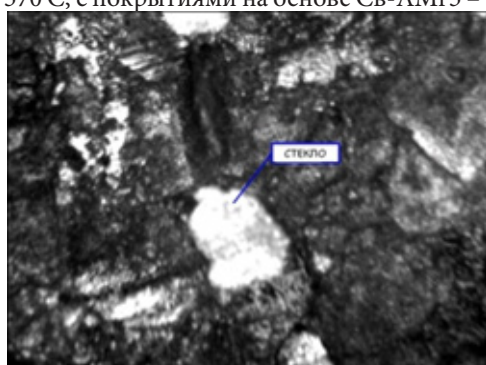
Таблица 1.

Максимальные напряжения в двухслойной пластине

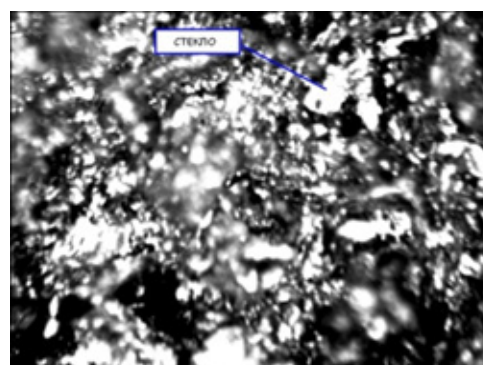
Напряжения, МПа	Ст3 – (Св08Г2С-стекло) нагрев до 570оС		Ст3 – (СвАМг5-стекло)нагрев до 300оС	
	min	max	min	max
Радиальные	-558	531	-136	87
Осевые	-196	308	-13,7	86,1
Окружные	6,63·10 ⁻¹⁰		1,92·10 ⁻¹⁰	
Касательные	-180	54,3	-41,7	15,1
Эквивалентные	10,8	650	2,29	136

При кратковременном термическом нагружении в двухслойной пластине, состоящей из материалов с разными температурными коэффициентами линейного расширения, образуется сложное напряженное состояние: наиболее опасной зоной является поверхность раздела сталь – металлостеклянное покрытие, что подтверждается экспериментальными результатами испытаний термостойкости. Предварительно облученные в условиях, описанных в работе [7] образцы размером 140 x 100 x 3,5 мм с металлостеклянными электродуговыми покрытиями (нанесенными с одной стороны пластины) на основе Св-08Г2С выдержали без разрушений 15 полных циклов теплосмен 10/570°С, с покрытиями на основе Св-АМг5 – 18 теплосмен

10/300°С; время режимов нагрева – охлаждения составило 10 мин. Во всех случаях кратковременное воздействие температур сопровождалось окислением стальной подложки и образованием окалины; масса образцов после проведения термоциклических испытаний оставалась постоянной. Проведенные микроструктурные исследования и рентгеноструктурный анализ показали, что в процессе термоциклических испытаний существенных изменений в структуре металлостеклянных электродуговых покрытий из подложки Ст3 не происходит. На рис. 5 представлены микрофотографии, полученные с помощью оптического микроскопа БИОЛАМ-И.



а



б

Рис. 5. Микроструктуры облученных металлостеклянных электродуговых покрытий после термоциклических испытаний: а – Св-08Г2С, наполненные полыми стеклянными микросферами (x 360); б – Св-АМг5, наполненные хрустальным стеклом (x 230)

Условия постановки эксперимента задают интенсивность теплового воздействия, но не учитывают размеров и формы образцов, технологических режимов, толщины слоя металлостеклянного покрытия, прочности сцепления с подложкой, химического состава и объемного содержания стеклянных наполнителей. Проведенные экспериментальные исследования дают представление о максимальном ресурсе и структурной стабильности металлостеклянных электродуговых покрытий в условиях кратковременных теплосмен, хотя в реальных условиях эксплуатации при возникновении аварийных ситуаций конструкции биологической защиты не подвергаются многократному температурному нагружению.

Выводы и предложения.

1. Установлено влияние энергетических параметров радиоактивных грузов на механизмы переноса теплоты в грузовой зоне плавучих сооружений: в результате решения частных задач теплообмена определена роль лучистой

составляющей, температура и коэффициенты теплоотдачи с поверхности крышки бака как наиболее разогретого участка.

2. В условиях кратковременного термического нагружения методом компьютерного моделирования исследовано напряженное состояние в двухслойной пластине из Ст3 с размерами малого грузового контейнера, на поверхность которого нанесены новые металлостеклянные электродуговые покрытия на основе Св-08Г2С и Св-АМг5; результаты численного эксперимента подтверждены исследованиями термостойкости.

Полученные результаты позволяют решать задачи отвода тепла и прогнозирования прочности термически нагруженных композитных конструкций и могут быть использованы при проектировании специализированных судов и плавучих сооружений, предназначенных для перевозки и хранения радиоактивных грузов.

Список литературы:

1. Казимиренко, Ю. А. Формирование конструкций плавучих композитных сооружений для перевозки и хранения радиоактивных грузов / Ю. А. Казимиренко // Технологический аудит и резервы производства, 2014, № 6/5 (20): спецвыпуск за материалами заочної наукової конф. «Наукові підсумки 2014» – С. 7 – 9.
2. Александров, Н. И. Разработка установки кондиционирования ЖРО, образующихся на нефтедобывающих морских платформах и терминалах / Н. И. Александров, П. Л. Ляшин, В. В. Петухов, С. П. Малышев // Судостроение, 2013, № 2. – С. 61 – 64.
3. Егоров, Г. В. Практические мероприятия по управлению риском при морских перевозках облученного ядерного топлива / Г. В. Егоров // 36. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв : УДМТУ, 2002. – № 3 (381). – С. 15 - 24.
4. Безюков, О. К. Средства для контроля теплового состояния деталей остова судовых дизелей / О. К. Безюков, А. А. Кардаков // Журнал университета водных коммуникаций. – 2009. – Вып. 2. – С. 83 – 90.
5. Шеремет, М. Сопряженные задачи естественной конвекции / М. Шеремет. – LAPLAMBERT Academic Publischsng. – 2011. – 176 с.
6. Казимиренко, Ю. А. Тепловое состояние грузовой зоны плавучих композитных сооружений, предназначенных для хранения радиоактивных веществ / Ю. А. Казимиренко // Підводна техніка і технології: V всеукраїнська науково-технічної конф. з міжнародною участю 18-20 листопада 2015 р.: тези доп. – Миколаїв: НУК, 2015. – С. 31–35.
7. Kazimirenko, Y. A. Radiation resistange of metal-glass coatings for floating composite structures / Y. A. Kazimirenko, V. V. Schlapatskaya // Shipbulding & marine infracture. 2015 № 1(3). – P. 111 – 121.
8. Алехина, С. В. Тепловое состояние вентилируемого контейнера хранения отработанного ядерного топлива в условиях натекания внешнего воздушного потока / С. В. Алехина, В. Н. Голощанов, А. О. Костиков, Ю. М. Мацевитый // Ядерна фізика та енергетика, 2009, т. 10, № 2. – С. 171 – 177.
9. Гульбин, В. Н. Разработка композиционных материалов, модифицированных нанопорошками для радиационной защиты в атомной энергетике / В. Н. Гульбин // Ядерная физика и инжиниринг. – 2011. – № 3. – С. 272 – 286.
10. Экспериментальные исследования нейтронно-защитных свойств гидридов с повышенным содержанием водорода / Н. И. Власенко, М. И. Коротенко, С. Л. Литвиненко [и др.] // Ядерна та радіаційна безпека – 2010. – № 3 (47). – С. 16-17
11. Kazymyrenko, Y. Patterns and mechanisms of interaction of radioactive cargo radiation wite metal-glass layer of watercrats structure // The advanced science journal, 2014, № 12. P. 45 – 48.
12. Кутуладзе, С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление / С. С. Кутуладзе. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
13. Zhang, X., Chen, J., Kang, W., Wu, J. and Yuan, T. (2011). Heat transfer coefficient calculation for analysis of ITER shield block using CFX and ANSYS. Fusion Engineering and Design, 86(4-5), pp.312-317.
14. Kazymyrenko, Y. The Effective Mechanical Properties of Metal-Glass Materials / Y. Kazymyrenko // The advanced science journal. – CHINA. – 2016, № 1. P. 90 – 94.

OPTIMIZATION OF FREIGHT TRAFFIC FLOW ON THE AUTOMOBILE TRANSPORT

B.I. Kamildzhanov,

PhD Tashkent Automobile and Road Construction Institute

ABSTRACT

The modelling approaches, their setting and the search algorithm of the optimal solutions for the tasks of linear programming of the transport problem are presented in the article by formulating the baseline and checking its optimality.

Keywords: modelling approaches, automobile transport, freight traffic.

Production and service processes of all branches of economy of Uzbekistan are implemented by material, capital, information and service activities. Therefore, the financial flow, i.e. released product flows, raw material flows, fuel resource flows, construction material flows, agricultural product flows, production waste flows and other flows should be transported through the shortest distance and the most cost effective way.

The production branches are multisectoral, correspondingly the nomenclature of manufactured products is various. Thus optimization of the freight traffic flow between manufactures and organizations is extremely important from the practical and scientific point of view.

The solutions for the optimization of transportation processes of road construction materials and automobile exploitation wastes have been researched.

In general, transportation of road construction raw materials

to processing plants consists of two stages:

- transportation of road construction raw materials from borrow cuts to processing plants or stock houses;
- transportation of half-finished raw materials from processing plants or stock houses to manufactures or consumers;

Optimization of transportation of raw materials or half-finished products enables to set up the plan minimizing transportation costs.

The problem for optimization of freight traffic flow is formally given in the model of linear programming of transport and presented as follows:

Total number of borrow cuts transporting crude materials is given as $I = \{1, 2, \dots, I, \dots, m\}$ and total number of pick-up sections for processing is given as $J = \{1, 2, \dots, j, \dots, n\}$. The matrix $\|l_{ij}\|$ of distance l_{ij} between all borrow cuts or stock

houses i and production units j is acquainted. Let's develop the mathematical model of optimization of raw materials flow.

It is necessary to calculate the positive value of construction raw material flow X_{ij} between i and j , i.e.

$$X_{ij} \geq 0, \quad i \in I, \quad j \in J \quad (1)$$

Where the flow of raw materials $\sum_j X_{ij}$ transported from each one borrow cut or each one stock house i to all plants $j \in J$ must not exceed its transportation capability a_i .

$$\sum_{j \in J} X_{ij} \leq a_i, \quad i \in I \quad (2)$$

the flow of raw materials $\sum_i X_{ij}$ transported to each one production enterprise j must not exceed its processing capability, i.e.

$$\sum_i X_{ij} \leq \beta_j, \quad j \in J \quad (3)$$

the volume of transport work $\sum_i \sum_j X_{ij} l_{ij}$ performed during dispatching and receiving interurban freight traffic flow should be minimum.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{ij} l_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad (4)$$

Транспорт масаласининг юкорида келтирилган моделида чекловчи шартлар тенгсиз ёки тенглик кўринишида бўлиб, $\sum_i \alpha_i = \sum_j \beta_j$ тенглик мавжуд бўлса, бундай моделлар ёпик моделлар дейилади.

In the presented model of transportation problem the limiting conditions can be equal or unequal. The models are called closed, if there is equality.

For defining the standard solutions for the tasks such as given before, they should be converted to open models, i.e. models which limiting conditions consist of equations only [1].

Let's consider the expanded model of the transport problem and its matrix form. Suppose that the total number of borrow cuts or stock houses dispatching raw materials is $I = \{1, 2, \dots, l, \dots, m\}$

Let's take the total number of production units as $J = \{1, 2, \dots, j, \dots, n\}$. Then the volume of dispatching raw materials of each borrow cut is a_i , the dispatching volume of all borrow cuts $i \in I$ is $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l, \dots, \alpha_m$, raw materials consuming volume of all production units is given as $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j, \dots, \beta_n$. The volume of transported raw materials of each dispatching unit i and each receiving unit j mustn't dominate over its dispatching and receiving capacity. Let's prove it mathematically.

Suppose, the possible variants of slinging of construction raw materials flow to a receiver should be made up: flow of dispatched stock to a receiver is $j=1$ - flow of dispatched stock from a freighter is $i=1$ measured in tons X_{11} , $i=2$ - from a freighter - X_{21} and so on, $i=m$ - consists of tons X_{m1} from a freighter. The sum of the flows is $X_{11}+X_{21}+\dots + X_{m1}$, i.e. each $i=1, 2, \dots, m$ - from freighters $j=1$ -or n - the sum of dispatched raw materials flow to a receiver should be equal to the stock consuming volume of a receiver, i.e.

$$\begin{aligned} X_{11}+X_{21}+\dots + X_{m1} &= b_1; \\ X_{12}+X_{22}+\dots + X_{m2} &= b_2; \\ &\dots \dots \dots \\ X_{1m}+X_{2m}+\dots + X_{mm} &= b_n \end{aligned} \quad (8)$$

Let's develop the requirements applicable to the volume of raw materials dispatched from each dispatching point. Generally, the sum of freight traffic flow from a certain i indicated stock dispatcher to all consumers indicated as $J = \{1, 2, \dots, j, \dots, n\}$ is $X_{i1}+X_{i2}+\dots + X_{in}$. It should be equal to the stock dispatching opportunities of a dispatcher, i.e.

$$X_{i1}+X_{i2}+\dots + X_{in} = a_i;$$

$$\begin{aligned} X_{12}+X_{22}+\dots + X_{m2} &= a_2; \\ &\dots \dots \dots \\ X_{m1}+X_{m2}+\dots + X_{mn} &= a_n \end{aligned} \quad (9)$$

Then transport work at realization of the given freight traffic flow X_{ij} should be equal to the minimum value of l_{ij}

$$\left. \begin{aligned} &X_{11} l_{11} + X_{21} l_{21} + \dots + X_{m1} l_{m1} + X_{12} l_{12} + X_{22} l_{22} + \dots + X_{m2} l_{m2} + \\ &+ X_{1m} l_{1m} + X_{2m} l_{2m} + \dots + X_{mm} l_{mm} + X_{11} l_{11} + X_{12} l_{12} + \dots + X_{m1} l_{m1} + \\ &X_{21} l_{21} + X_{22} l_{22} + \dots + X_{m2} l_{m2} + X_{m1} l_{m1} + X_{m2} l_{m2} + \dots + X_{nn} l_{nn} \end{aligned} \right\} \rightarrow \text{MIN}$$

The extended model of the transport problem requires a variable quantity to be positive as there is no freight traffic flow with a negative value from the scientific point of view and it doesn't have any sense. Current condition is applicable for all $i \in I = \{1, 2, \dots, l, \dots, m\}$ and $j \in J = \{1, 2, \dots, j, \dots, n\}$ if its all switching variables are positive, i.e.

$$X_{ij} \geq 0, \quad i \in I, \quad j \in J \quad (11)$$

Therefore the open model of the transport problem is formulated as follows. It is needed to define such value of freight traffic flow from a dispatcher to a consumer, where the value of total expenses of a transport unit $\tilde{N}(\delta_i)$ to the value of measured of its work cost $S(ij)$ or to total transport work $P(\delta_i)$ measured in a ton per a kilometer should be minimum and the following requirements should be fulfilled:

$$P_{y\mu} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \cdot l_{ij} \rightarrow \text{MIN} \quad \text{ёки}$$

$$C_{y\mu} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \cdot S_{ij} \rightarrow \text{MIN}$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = \beta_j, \quad j \in \{1, 2, \dots, m\};$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = \alpha_i, \quad i \in \{1, 2, \dots, n\};$$

$$X_{ij} \geq 0, \quad i \in \{1-n\}, \quad j \in \{1-m\}$$

In order to define the numeric solution of the linear programming of the transport problem $\sum_i \alpha_i = \sum_j \beta_j$. The requirement might not be fulfilled with primary data of the problem, i.e. it can be 1) $\sum_i \alpha_i > \sum_j \beta_j$ or vice versa 2) $\sum_i \alpha_i < \sum_j \beta_j$. In this case primary data can be transformed to $\sum_i \alpha_i = \sum_j \beta_j$ artificially.

The presented requirement takes value of $\sum_i \alpha_i = \sum_j \beta_j^1$ for the first condition and $\sum_i \alpha_i^1 = \sum_j \beta_j$ for the second condition and the question is solved for $\sum_i \alpha_i^1$ and $\sum_j \beta_j^1$ ёки $\sum_i \alpha_i^1$ ва $\sum_j \beta_j$.

The peculiarity of the linear programming of the transport problem is that the primary data system of the model can be presented in matrix (Table 1)[2].

It is clear from the matrix presented in the first table that the sum of $X(ij)$ in each line is equal to α_i , i.e. $\sum_j X_{ij} = \alpha_i$ and the sum of X_{ij} in each column is equal to β_j , i.e. $\sum_i X_{ij} = \beta_j$. For dispatchers the sum of a_i is $\sum_i \alpha_i$ and for receivers the sum of \hat{a}_j is $\sum_j \beta_j$:

$$\sum_i \alpha_i = \sum_j \beta_j \quad (17)$$

Fulfillment of the 8th or the 14th requirements of the presented model shows that all consignees must meet consumer requirements of a production enterprise and volume of transportation from freight forwarders must be performed according to the 9th or the 15th requirements. The next stage is transport organization for optimization of raw material freight traffic flow. It is presented in Table 2. There are various ways of the transport problem solution: from simplex method (simple selection method) to actuarial method.

References:

1. V.I. Berezhnoy, T.A. Porokhnya, I.A. Tsvirinko Management of product flows of micrologistic system of motor transport enterprise. Stavropol.: SevKaz STU, 2002, p.198.
2. Sh.A. Butaev, K.M. Sidiknazarov and others. Logistics. Tashkent 2012. Publishing House "EXTREMUM PRESS", p.577.
3. "The models and methods of logistics theory" under the editorship of V.S. Lukinskiy., St. Petersburg 2003, p.176.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВОК АЛЮМІНІЮ ТА ЇХ НАПИЛЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ

Вербицький Володимир Григорович,

доктор технічних наук, професор,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний Інститут»

Карабін Дмитро Дмитрович,

студент факультету електроніки

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний Інститут»

STUDYING THE PROPERTIES OF ALUMINUM FILMS AND THEIR DEPOSITION TECHNOLOGY OF INTEGRATED CIRCUITS

Verbytskyi Volodymyr, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», professor, doctor of Technical Sciences

Dmytro Karabin, student of the Faculty of Electronics, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

АНОТАЦІЯ

Розглянуто особливості структури алюмінієвих плівок та параметри, що від неї залежать, описано властивості процесу осадження плівок алюмінію та обладнання для його проведення, зроблено огляд основних областей застосування алюмінієвих плівок.

ABSTRACT

Aluminium film structure features and options that depend on it. Describes the properties of the aluminium film deposition process and equipment for its implementation. Reviews the major application fields of aluminium.

Ключові слова: тонкі плівки, напилення алюмінію, термічне осадження, внутрішньокамерний пристрій, технологія напилення, металізація.

Keywords: thin films, spraying of Al, thermal deposition, inner chamber device, spraying technology, metallization.

Постановка проблеми. Тонкі плівки (до 2 мкм) мають надзвичайно широке функціональне призначення. Металеві плівки використовують у мікротехнології для створення омичних контактів до областей транзисторів, заслонів МДН-транзисторів, комутаційних провідників, контактних площинок, резисторів, конденсаторів та індуктивних елементів. Діелектричні плівки й шари використовують для створення підзаслінної ізоляції в МДН-транзисторах і діелектриків у МДН-конденсаторах, ізоляції елементів мікросхем і провідників, захисту поверхні мікросхем від зовнішніх впливів, термостійких масок при проведенні локальних технологічних операцій: дифузії, оксидування, іонної імплантації й травлення. Особливо широкого застосування набули плівки в технології гібридних мікросхем і мікрозбірок [4, с. 75].

Мета статті — відображення результатів дослідження властивостей плівок алюмінію та їх напилення в технології інтегральних мікросхем

Виклад основного матеріалу. У вакуумній камері змон-

товано два електронно-променевий випарник, який пов'язаний з незалежними блоками управління електронних гармат. Випарник представляє собою тигель, в який поміщається випаровуваний матеріал і катодний вузол. Пучок електронів з катода загортається магнітною системою на 270°C. Електрони бомбардують малу ділянку поверхні мішені, розігріваючи його до температури плавлення. У результаті відбувається випаровування матеріалу мішені. Атоми з неї мають траєкторію переважно перпендикулярно поверхні, потрапляючи на підкладку. Контроль процесу розпилення матеріалу може вестися у двох режимах: постійної емісії або постійної швидкості росту плівки. Потіки випаровуваних речовин контролюються вбудованим квадрупольним мас-спектрометром. Товщина плівок контролюється за допомогою кварцових мікроваг.

Тиск залишкових газів вимірюється цифровим вакууметром, а їх склад — вбудованим аналізатором залишкових газів на базі квадрупольного мас-спектрометра. Підкладкотримач обладнаний системою нагріву пластин до

температури ~ 1000°C. Відстань від зразку до підкладки складає 50 см, в результаті чого не відбувається бомбардування підкладки зарядженими частинками.

Основні вимоги до внутрішньокамерних пристроїв установки періодичної дії можна розбити на дві категорії. До першої належать технологічні вимоги за параметрами напилених шарів, допустимому розкиду товщини, точності її контролю, числу одночасно оброблюваних підкладок, температурі попереднього прогріву тощо. Ці вимоги визначаються конкретним технологічним процесом. До другої категорії слід віднести загальні вимоги, які відповідальні за чистоту підкладки і напильні плівки від органічних забруднень і домішок залишкових газів і в загальному випадку незалежні від технологічних вимог. Їх можна сформулювати наступним чином:

— загальна площа поверхонь внутрішньокамерного простору повинна бути мінімальною;

— площа поверхонь, що покриваються плівкою алюмінію який випаровується повинна бути максимальною;

— елементи внутрішньокамерного оснащення, які прогріваються, повинні мати мінімальну металоємність;

— непрогрівні елементи повинні задовольняти умові 3 і/або примусово охолоджуватися;

— конструктивне рішення має задовольняти умову — мінімум елементів, які вимагають «контактів з оператором»:

а) регулярних (при завантаженні/розвантаженні підкладкотримача);

б) періодично повторюваних (заміна навішування, катода випарника, датчика товщини);

в) одиничних (заміна або ремонт ненадійних вузлів і деталей, то: обертові вводи, кінематичні пристрої, нагрівачі, підшипники тощо).

Подані вимоги висловлюють головне в концепції конструкції — забезпечити мінімум неконтрольованих газових потоків у вакуумному обсязі [2, с. 51].

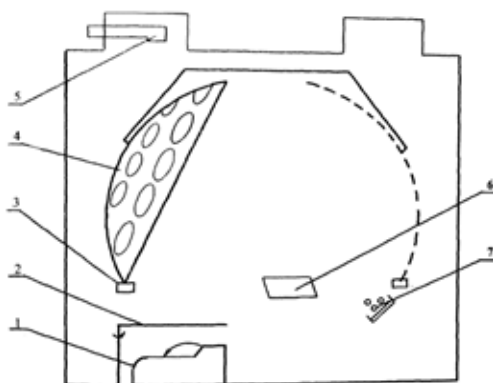


Рис. 1. Схема внутрішньокамерного пристрою установки УВН-83П-1: 1 — електронно-променевий випарник; 2 — заслінка; 3 — водооходжувальна напрямляюча; 4 — планетарний підкладкотримач; 5 — датчик приладу МЕК 1У; 6 — оглядове дзеркало; 7 — ІЧ-нагрівач [5, с. 211].

Для зменшення газовиділення камера, ЕПВ, екрани ламп і напрямляюче кільце підкладки-утримувача охолоджується проточною водою. Екрани, що традиційно застосовуються для захисту камери від запилення, у даній установці відсутні — молекули газів і органічних речовин «замуровуються» під неперервно оновлюваною плівкою

У загальному випадку внутрішньокамерний пристрій для напильня методом термічного випаровування містить 6 функціональних вузлів: випарник, підкладкотримач, заслінку, нагрівач підкладок, датчик швидкості випаровування та товщини, датчик температури підкладок. Вибір конструкції перших 4-х вузлів диктується як технологічними, так і загальними вимогами:

— ЕПВ з водоохолоджуваним тиглем — кращий варіант випаровувача з точки зору чистоти півки і отримання високої швидкості напильня;

— планетарний підкладкотримач забезпечує металізацію рельєфних підкладок при високому виробництві процесу;

— інфрачервоні газонаповнені лампи в якості елементів нагрівача підкладок, а саме використання традиційних спіральних нагрівачів відкритого типу;

Наведені вище загальні вимоги реалізовані в внутрішньокамерному пристрої установки УВН-83П-1 (рис. 1). Підкладкотримачі — 3 сферичних сегмента діаметром 410 мм — виконані з нержавіючої сталі товщиною 0,8 мм. Їх нагрів проводиться 8-ма інфрачервоними лампами (загальна потужність 8 кВт), які з сторони камери захищені водооходжувальними відбивачами. Термін служби мідного тигля електронно-променевого випарника практично необмежений, так як при витраті проточної води на його охолодження більше 250 см³/сек (900 л/год) взаємодія між розплавленим металом і поверхнею тигля повністю відсутня. Без дозарядки тигля алюмінієм можна напилити кілька десятків циклів. Середній термін служби катода — не менше місяця при двозмінній роботі установки. Оглядове дзеркало вимагає заміни не частіше, ніж через 15÷20 циклів. Таким чином, постійно оператор «стикається» тільки з підкладкотримачем, тому ймовірність випадкового забруднення підколпакового пристрою вуглеводами знижена до мінімуму.

на поверхні камери і внутрішньокамерного оснащення. Завдяки цьому різко зростає при включенні ЕПВ газовиділення частково компенсується збільшенням швидкості відкачки, а парціальний тиск вуглеводнів ефективно знижується.

3 метою зниження вмісту вуглеводнів у залишковій

атмосфері можна також періодично (між циклами напилення) запалювати в камері розряд в атмосфері кисню. Як анод низьковольтного розряду використовується датчик іонного струму, в якості катода — емітуючий вторинні електрони злиток випаровуваного металу.

Вибір датчиків температури і товщини плівки звично диктується технологічними вимогами. У розробленій установці виробляється непрямий контроль температури підкладки і товщини плівок по датчикам температури підкладок і товщини плівок, розташованих поза обертаючого підкладкотримача. Прямий контроль на обертових підкладкотримачах потребував неоправданого ускладнення конструкції.

Першою операцією процесу напилення є підготовка напівпровідникового елемента напівпровідникового шляхом травлення в фтористоводневій кислоті — проводиться в поліетиленовій ємності. Протравити касету з елементами напівпровідниковими протягом 60 сек. при кімнатній температурі. Після чого достати касету з елементами із ємності з фтористоводневою кислотою. Промити цю касету під діонізованою водою до нейтральної реакції $\text{pH}=7$. Потім просушити.

Другою операцією є безпосередньо напилення з метою створення омичного контакту при значенні вакууму $2-3 \times 10^{-3}$ мм рт. ст. Товщина напиленого шару повинна бути 15–22 мкм. Контроль поверхні напиленого шару — візуальний. Плівка повинна бути суцільною та однакової товщини по всій поверхні. За допомогою кварцового датчика можна вимірити рівномірність напилення плівки. Комплект технологічної документації необхідний для організації виробництва напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Він повинен містити: маршрутну карту; операційні карти; карти контролю; карти ескізів.

Маршрутна карта встановлює послідовність виконання технологічних, контрольних та транспортних операцій при виготовленні конкретних деталей. Крім найменування операції і короткого викладення її змісту в маршрутній карті вказується номер технологічного документу, де дається ретельне описання кожної операції, перелічуються деталі, основні і допоміжні матеріали, норма їх витрат, обладнання.

Операційна карта містить описання операції виготов-

лення напівпровідникових приладів та ІМС з вказанням переходів, прийомів, режимів обробки, технологічного оснащення, а також вимоги техніки безпеки і технологічної гігієни. Окрім того, в операційній карті вказується порядок отримання заготовок і матеріалів, терміни здачі оброблених деталей, зберігання невикористаних матеріалів, підготовки та придбання робочих місць. Операційна карта є основним технологічним документом і повинна знаходитись на робочому місці.

Відомість операцій і маршрутно-контрольна карта містять переліки і описання операцій технологічного контролю, виконуваних при виготовленні конкретних виробів або їх деталей, зі вказаними засобами, їх методів контролю і вимог до контрольованих параметрів. Відомість операцій звичайно доповнюється контрольними картами, в яких приводяться методики контролю і описання застосованих засобів.

Кarti ескізів містять схеми виконуваних операцій, ескізи, таблиці та описання прийомів безпечного використання робіт, а також правильної організації праці. Вони є додатком до операційних карт [1, с. 287].

Як зазначено вище, в установці УВН-83П-1 застосований планетарний підкладкотримач. У порівнянні з приладами, використовуваними в інших установках (УВН-73П-1, УВН-84П-1) він поєднує в собі такі переваги:

- 1) дозволяє металізувати рельєфні підкладки;
- 2) забезпечує високу рівномірність напилення плівки по товщині, незалежно від форми діаграми на спрямованості випарника;
- 3) забезпечує високу продуктивність за рахунок великого числа одночасно оброблюваних пластин.

На установці УВН-83П-1 у всіх режимах випаровування розкид товщини плівки по радіусу підкладкотримача не перевищує $\pm 5\%$. Коефіцієнт запилення сходинки рельєфу ІС змінюється від 0,4 до 0,8 залежно від її орієнтації щодо радіуса підкладкотримача і відстані до центру його обертання (рис. 2). Наведені значення коефіцієнта запилення отримані для сходинок, утворених в результаті фотолітографії термічного SiO_2 товщиною ~ 1 мкм. Такі сходинки мають згладжені кути при вершині і підставі, нахил бокової грані — близько 45° . Завдяки цьому спостерігається плавний перехід металу з вершини на дно сходинки.

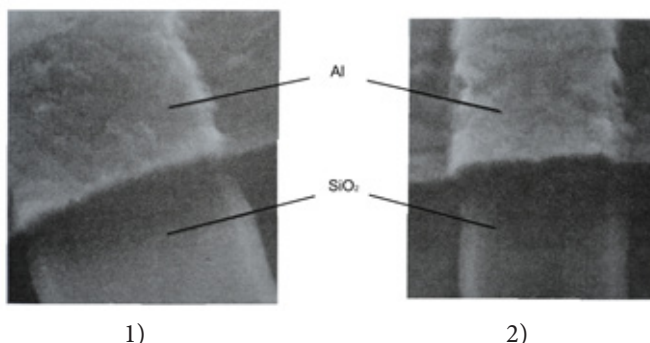


Рис. 2. Покриття сходинки SiO_2 висотою ~ 1 мкм плівкою алюмінію завтовшки 1,2 мкм. Праві сходинки обернені до центру обертання підкладкотримача: 1 — зовнішній ряд підкладкотримача, 2 — внутрішній ряд підкладкотримача.

Теоретично і експериментально показано, що для дуже крутих сходинок з незглажувальними кутами неминуче утворення різких утоншень плівки біля основи сходинки

через ефектів геометричного затінення і самозатінення (затінення поверхні самою зростаючою плівкою).

Крім того, умови росту плівки на таких сходинках при-

водять до утворення мікрокапілярів, які спостерігаються на МДП БІС пам'яті з полікремнієвим затвором на сходинках, утворених термічним і піролітичним окислом. Як видно з рис. 3, в результаті фотолітографії піролітичного оксиду кут біля основи сходинки перевищує 90°. Вважаємо, що на початкових стадіях росту ділянки плівки алюмінію на термічному і піролітичному окислі виявляються ізольованими один від одного до тих пір, поки при деякій

товщині не відбудеться їх «змикання». У результаті між алюмінієм і підкладкою біля основи сходинки залишаються порожнечі (рис. 3). Іншим механізмом утворення таких пустот може бути відрив плівки від підкладки через великі механічні напруги. На операції фотолітографії алюмінієвої плівки травник проникає в ці порожнечі і на всю ширину протравлює капіляр.

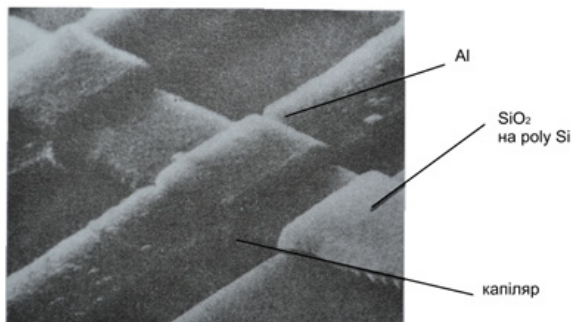


Рис. 3. Утворення капілярів при металізації крутих сходинок, температура підкладки 150°C

Із збільшенням температури підкладки якість покриття сходинки поліпшується завдяки зростаючій рухливості конденсуючихся атомів і часткового зняття механічних напружень. Однак, згадані кристали спостерігаються як

при $T_0 = 150 \div 200^\circ\text{C}$, так і при $T_0 = 350 \div 400^\circ\text{C}$ (рис. 4), хоча в останньому випадку відбувається більш плавний перехід металу з вершини на основу сходинки.

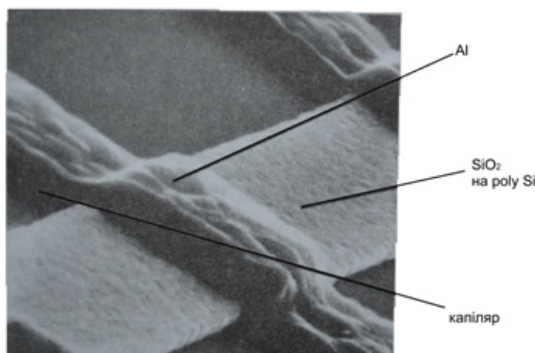


Рис. 4. Утворення капілярів при металізації крутих сходинок, температура підкладки 350°C

Висновки дослідження і перспективи. Результати дослідження підтверджують, що вирішальним являється не режим наплення алюмінію, а профіль сходинки. Підвищення температури підкладки при термічному осадженні сприяє поліпшенню покриття сходинки і зменшенню поверхні розривів, проте не гарантує їх відсутності. Радикальним способом вирішення проблеми металізації сходинок може бути лише управління їх профілем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Черняев В. Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров / В. Н. Черняев / — Москва: Радио и связь, 1987. — 464 с.

2. Березин А. С. Технология и конструирование интегральных микросхем / А. С. Березин, О. Р. Мочалкина / — Москва: Радио и связь, 1992. — 318 с.

3. Готра Н. Г. Справочник по микроэлектронике / Н. Г. Готра / — Киев: Научная мысль, 1989. — 298 с.

4. Ефимов И. Е. Основы микроэлектроники / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь / — Москва: Высшая школа, 1983. — 384 с.

5. Курносов А. И. Материалы для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем / А. И. Курносов / — Москва: Высшая школа, 1986. — 327 с.

6. Степаненко И. П. Основы микроэлектроники / И. П. Степаненко / — Москва: Омега. 2003. — 487 с.

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ МАШИНАМИ КРУГОВОГО ДВИЖЕНИЯ

Черноволов Василий Александрович

доктор технических наук,
профессор кафедры «Механизация растениеводства»
Азово-Черноморский инженерный институт - филиал
ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет»
в г. Зернограде

Кравченко Людмила Владимировна

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Высшая математика»
Азово-Черноморский инженерный институт - филиал
ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет»
в г. Зернограде

Протасов Дмитрий Николаевич

Аспирант
Азово-Черноморский инженерный институт - филиал
ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет»
в г. Зернограде

METHODS MODELING OF DISTRIBUTION OF WATER MACHINES CIRCULAR MOTION

Chernovolov V.A. doctor of Sciences, professor of the «Mechanization of plant production» department Azov-and-Black Sea engineering institute FSBHEEPT «Donskoy state agrarian university» in Zernograd

Kravchenko L.V. candidate of the Technical Sciences, Docent of the «Higher Mathematics» department Azov-and-Black Sea engineering institute FSBHEEPT «Donskoy state agrarian university» in Zernograd

Protasov D.N. postgraduate student, Azov-and-Black Sea engineering institute FSBHEEPT «Donskoy state agrarian university» in Zernograd

АННОТАЦИЯ

Разработан алгоритм и программа расчета доз орошения при неподвижном трубопроводе и при его равномерном вращении относительно неподвижной опоры. Программа рассчитывает дозы орошения на метровых квадратах между позициями двух аппаратов. По вектору доз вычисляет коэффициент равномерности орошения по Христиансену. Расчет выполнен при различном шаге установки аппаратов, определено оптимальное расположение аппаратов и соотношение расходов.

ABSTRACT

The algorithm and the program of calculation of doses of an irrigation at the motionless pipeline is developed and at his uniform rotation of rather motionless support. The program counts irrigation doses on meter squares between positions of two devices. On a vector of doses calculates coefficient of uniformity of an irrigation across Hristiansen. Calculation is executed at various step of installation of devices, the optimum arrangement of devices and a ratio of expenses is defined.

Ключевые слова: интенсивность орошения, доза орошения, равномерность дождевания, коэффициент равномерности Христиансена, оптимизация.

Keywords: intensity of an irrigation, irrigation dose, uniformity of overhead irrigation, coefficient of uniformity of Hristiansen.

Постановка проблемы. Разработать методику вероятностного математического моделирования процесса распределения воды машиной кругового движения. Применение математической модели при разработке машин позволит снизить трудоемкость и затраты при проектировании.

Анализ последних исследований и публикаций.

Разработке методов и программ моделирования процессов дождевания посвящены работы авторов [1, 2, 3]. Исследования относятся к дальнеструйным аппаратам [1], к машинам фронтального действия [2], к стационарным поливным системам [3], к моделированию процессов дождевания стационарными системами при обработке результатов испытания аппаратов радиальным методом [4]. Результаты исследований опубликованы в США [5] и в республике Беларусь [6]. Выполнено моделирование процесса дождевания машиной фронтального действия с сек-

торными насадками [7]. Однако работ по моделированию работы машин вращательного движения в литературе нет.

Целью исследования являлась разработка методики математического моделирования процесса дождевания машиной вращательного движения с определением равномерности по Христиансену при различной расстановке аппаратов на трубопроводе, с определением оптимального размещения и соотношения расходов через аппараты.

Изложение основного материала

Машины вращательного движения получили значительное распространение. Назрела необходимость разработки математических моделей функционирования таких машин. Применение математических моделей при проектировании машин позволяет уменьшить затраты и повысить надежность проектирования. В математических моделях могут использоваться результаты испытания аппаратов по упрощенным методикам, например результаты

испытания аппаратов радиальным методом [4].

Рассмотрим часть трубопровода машины с четырьмя аппаратами. Нумерацию аппаратов выполним в соответствии с рисунком 1.

Примем следующие обозначения:

$R1, R2, R3, R4$ – расстояния от аппаратов до неподвижной опоры;

$Ro1, Ro2, Ro3, Ro4$ – радиусы орошения аппаратов;

$\rho1, \rho2, \rho3, \rho4$ – расстояния от аппаратов до точки, в которой определяется интенсивность дождевания;

B – шаг расстановки аппаратов.

В соответствии с принятыми обозначениями по рисунку

1 имеем: $R2 = R1 + B$; $R3 = R1 + 2 \cdot B$; $R4 = R1 - B$.

Начало системы координат XO_1Y выбираем в центре зоны орошения первого аппарата

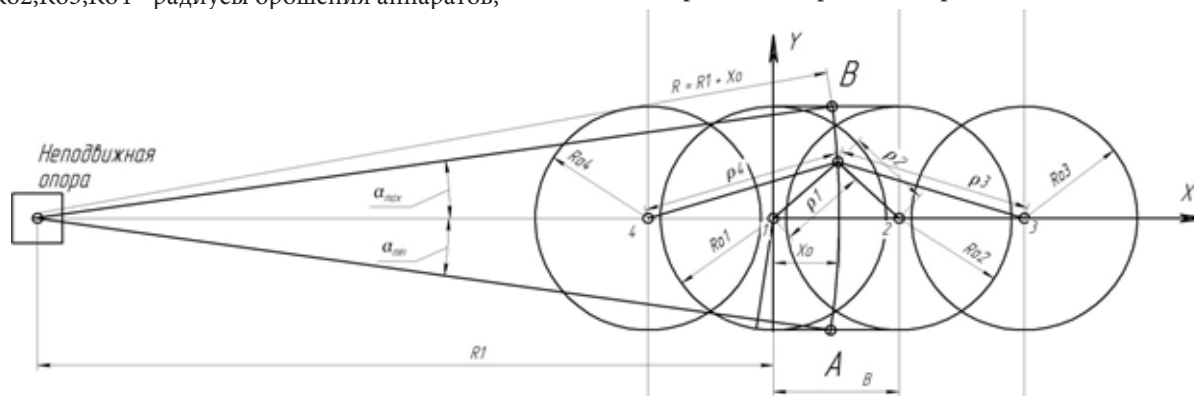


Рисунок 1 – Схема обозначений для построения модели

Рассмотрим интенсивность дождя в зоне орошения при неподвижном трубопроводе. Границы учетной площадки ограничиваем вертикальными линиями, проходящими через точки размещения первого и второго аппаратов и горизонтальными – через точки $Y=-Ro1$ и $Y=+Ro1$. На первом этапе моделирования радиусы орошения аппаратов принимаем одинаковыми. В формуле расчета дозы дождевания (рисунок 2) знаменатель не должен быть равным нулю, поэтому учетную площадку делим на квадраты размером 0,5x0,5 метра так, чтобы середины квадратов не совпали с началом координат и с точкой размещения второго аппарата. Плотность вероятности дальности полета капель для примера принята по закону нормального распределения. В дальнейшем в программе расчета дозы дождевания плотность вероятности дальностей можно аппроксимировать другим законом, например композицией двух нормальных законов, соответствующих полету капель от двух насадок аппарата, или эмпирической зависимостью, полученной по результатам испытания аппарата радиальным методом [4].

Контурный график дозы орошения на рисунке 3 показывает избыточность перекрытия зон дождевания аппаратов при $B=10$ м.

Увеличение расстояния B между аппаратами до 12 м привело к повышению равномерности в зоне дождевания,

однако это при отсутствии вращения трубопровода. Увеличение B до 15 метров привело к наличию разрыва между зонами дождевания. Такой вариант для работы машины явно не годится.

Определим интенсивность орошения в дождемерах между первым и вторым аппаратами на дугах окружностей по траекториям движения облака дождя при вращении трубопровода. Расстояние между первым и вторым аппаратами делим на отрезки. Через точки деления проводим дуги окружностей из точки расположения неподвижной опоры. На рисунке 1 изображена одна из них (дуга АВ).

Для расчета интенсивностей орошения на линии АВ дуга делится на равные части. Количество точек деления, например пятьдесят, зависит от способа численного интегрирования и необходимой точности. В системе MathCad нет стандартной программы криволинейного интеграла, поэтому необходимо вычислить координаты X, Y точек деления дуги АВ, определить интенсивности дождевания в каждой точке.

Имитация вращательного движения машины относительно неподвижной опоры осуществляется интегрированием интенсивности по дуге окружности АВ, то есть нахождением криволинейного интеграла. Кривизна дуги зависит от расстояния площадки R от центральной опоры.

```

Mρ := 4.2  σρ := 1.7  Q := 1  T := 3600  B := 10
ZD(X, Y) := Q · T ·  $\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{dnorm}(\sqrt{X^2 + Y^2}, M\rho, \sigma\rho)}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$  ...
+ Q · T ·  $\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{dnorm}(\sqrt{(B - X)^2 + Y^2}, M\rho, \sigma\rho)}{\sqrt{(B - X)^2 + Y^2}}$  ...
+ Q · T ·  $\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{dnorm}(\sqrt{(B + X)^2 + Y^2}, M\rho, \sigma\rho)}{\sqrt{(B + X)^2 + Y^2}}$  ...
+ Q · T ·  $\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{\text{dnorm}(\sqrt{(2 \cdot B - X)^2 + Y^2}, M\rho, \sigma\rho)}{\sqrt{(2 \cdot B - X)^2 + Y^2}}$  ...

i := 0 .. (2 · B - 1)  Xi := i · 0.5 + 0.25  Ro := 10
j := 0 .. 40  Yj := j · 0.5 - Ro  MDi,j := ZD(Xi, Yj)
    
```

Рисунок 2 – Программа расчета дозы орошения при неподвижном трубопроводе, расстояние между аппаратами B=10 м

Для определения дозы полива при движении машины необходимо вычислить сумму интенсивностей по всей дуге, умножить её на время прохода машиной одного участка дуги и оценить полученный результат. Время прохода каждого участка дуги определяется делением приращения угла на угловую скорость трубопровода, то есть по формуле

$$\Delta t = \frac{2 \cdot \alpha m \cdot T \cdot 3600}{n \cdot 2 \cdot \pi}$$

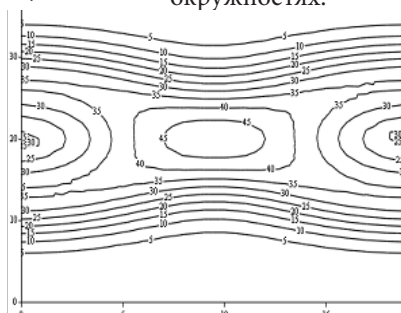
где $\alpha m = \arcsin(Ro1/(R2+Xo))$;

n – число точек деления дуги окружности;

T – время полного оборота трубопровода в часах.

Результат такого счета является значением криволинейного интеграла, вычисленным по способу прямоугольников. Для оценки точности результата вычисления проводят при разном числе точек деления дуги и сравнивают результаты. При плохой точности увеличивают число точек деления дуги.

Программа расчета интенсивностей на дугах окружностей между первым и вторым аппаратами по рисунку 1 выводит результат счета в виде матрицы. На рисунке 4 показаны графики изменения интенсивностей на различных окружностях.



MD

Рисунок 3 – Контурные графики дозы орошения при расстоянии между аппаратами B=10 м

i := 0..20 j := 0..9

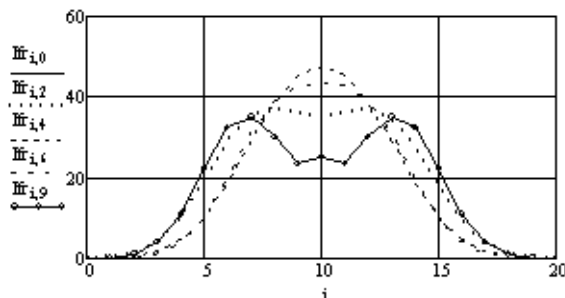


Рисунок 4 – Вывод результатов счета программой расчета интенсивностей орошения в дождемерах, установленных на дугах окружностей

На окружностях вблизи от точек установки первого и второго аппаратов распределение двухвершинное. В промежутке между аппаратами – распределение одновершинное.

Программа вычисляет интенсивности орошения на дугах окружностей в миллиметрах слоя осадков в час. Один килограмм воды на квадратный метр дает слой осадков в один миллиметр.

Программа CDUfr(B) предназначена для вычисления равномерности по Христиансену. Цикл изменения расстояния В задается вне программы. По результатам счета построен график (рисунок 5).

Равномерность более восьмидесяти процентов получе-

на при шаге установки аппаратов менее 12 метров.

Если в программе CDUfr(B) последнюю команду заменить на VD, то результат выводится в виде вектора доз (рисунок 6).

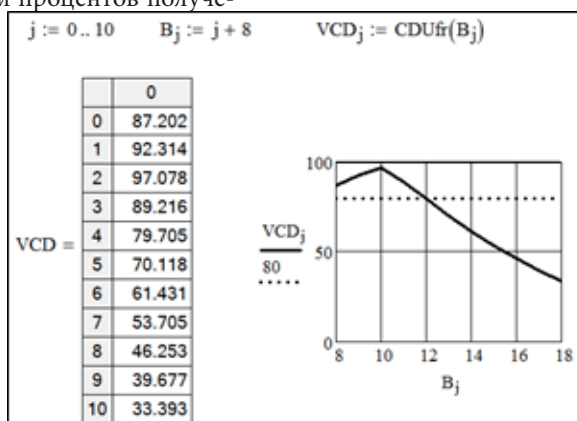


Рисунок 5 – Вывод результатов счета равномерности по Христиансену при B=8...18 м

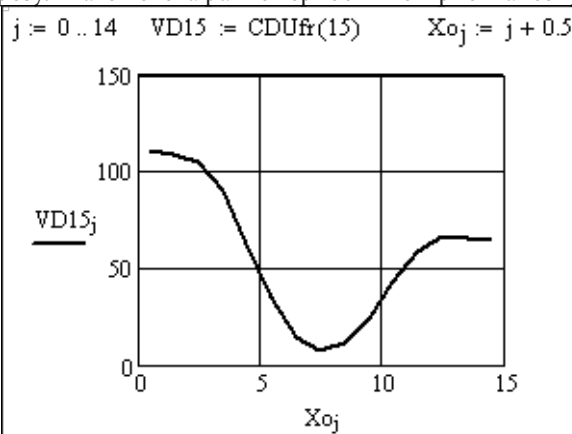


Рисунок 6 – Графики зависимости дозы орошения от координаты X₀ после прохода машиной дождемеров, установленных вдоль оси X при B=15 м (см. рис. 4.1)

По рисунку 6 отметим, что вблизи от первого аппарата доза больше, чем вблизи от второго. Отношение доз при шаге установки аппаратов 10 метров равно 1,47, а при шаге 15 метров – 1,67, если расходы аппаратов равны.

Если расход у второго аппарата увеличить в 1,47 раза, то график VD10 выравняется (рисунок 7). Уменьшение дозы орошения при удалении от неподвижной опоры происходит потому, что интервалы угла уменьшаются, следовательно, время их прохождения тоже уменьшается.

В начальной и конечной точках графика дозы орошения практически одинаковы. В зоне перекрытия зон орошения от первого и второго аппаратов наблюдаются некоторые колебания дозы. По рисунку 7 колебания дозы воспринимаются как большие из-за крупного масштаба графика. Все значения дозы находятся в интервале 106...119. Равномерность по Христиансену в этом случае равна 97,4%.

Модель процесса распределения воды машиной кругового движения позволяет оптимизировать расстановку аппаратов на трубопроводе и расходы через аппараты.

Графики распределения осадков на каждом пролете машины можно получить путем ввода исходных данных для каждого пролета: R₀₁, R₁, Q₁, Q₂, Q₃, Q₄, M_p, σ_p. Если аппараты имеют разные радиусы орошения, то следует до-

полнительно вводить M_p и σ_p для каждого аппарата.

Третий и четвертый аппараты оказывают влияние на распределение осадков между первым и вторым аппаратами при шаге установки меньшем радиуса орошения первого аппарата.

Дальнейшие расчеты следует проводить для оптимизации шага установки и расхода через аппараты на всей длине трубопровода. Такой расчет можно сделать, если иметь расходные характеристики аппаратов, результаты их испытания радиальным методом, характеристику напорной линии трубопровода.

Для примера увеличим расстояние до первого аппарата до 200 метров, определим дозу орошения у первого и у второго аппаратов при Q₁=1uQ₂=1.47. Значение дозы в нулевой точке оказалось в 7,8 раза меньше, чем в аналогичной точке пролета при R₁=20. В конечной точке графика доза в 1,34 раза больше, чем в начальной. Это значит, что на этом пролете расходы через аппараты могут отличаться только в 1,1 раза. Увеличим расход первого аппарата в 7,8 раза, а второго – до 8,1. Результаты счета приведены на рисунке 8. Все значения дозы находятся в интервале 84,8...90,87. Равномерность орошения по Христиансену получена 98,1%.

Так рекомендуется пересчитать все пролеты.

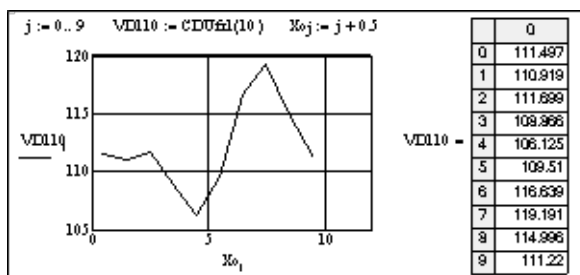


Рисунок 7 – График дозы орошения при Q2=1.47·Q1

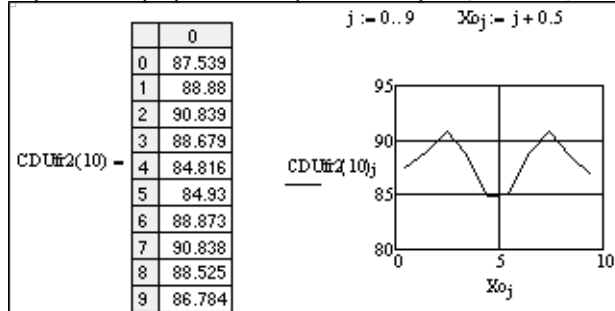


Рисунок 8 – Результат счета при Q1=7.8uQ2=8.1, R1=200м

Выводы и предложения

1. Разработанный алгоритм расчета показателей дозы и равномерности дождевания, позволяет выбрать оптимальный шаг установки аппаратов на трубопроводе и соотношение их расходов.
2. Выполнение расчета при различных значениях R1 начальной установки первого аппарата позволяет оптимизировать расходы через аппараты по условию равномерности орошения на всей длине трубопровода
3. Вблизи от центральной опоры, например при R1=20м, равномерность орошения между первым и вторым аппаратами достигается при отношении расходов второго и первого аппаратов равном 1,4.
4. Вдали от центральной опоры, например при R1=200м, равномерность орошения достигается при отношении расходов 1,04. Для получения дозы орошения такой, как при R1=20м, расход первого аппарата надо увеличить в 7,8 раза, а второго – в 8,1 раза по сравнению с первым аппаратом при R1= 20м.
5. Разработанная методика моделирования позволяет оптимизировать расходы и расстояния аппаратов на всей длине трубопровода. Для надежности расчетов необходимо иметь расходные характеристики аппаратов, результаты их испытания радиальным методом, напорную линию трубопровода.

Список литературы

1. Черноволов, В.А. Методика моделирования процесса дождевания дальнеструйными аппаратами при работе по кругу/В. А. Черноволов, Л. В. Кравченко // «Вестник АПК Ставрополя».2014. №3(15). с.68-72
2. Черноволов, В.А. Оптимизация расстояния между насадками дождевальных машин фронтального действия/В. А. Черноволов, Л. В. Кравченко // Свидетельство

о гос. регистрации программы для ЭВМ №2014617785 от 04.08.2014

3. Черноволов, В.А. Расчет показателей эффективности дождевания на площади между четырьмя односплоевыми аппаратами/В. А. Черноволов, Л. В. Кравченко // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014662137 от 24.11.2014.
4. Черноволов, В.А. Расчет показателей равномерности дождевания по результатам испытания аппарата радиальным методом/В. А. Черноволов, Л. В. Кравченко, Д. Н. Протасов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015618182 от 3.08.2015.
5. Chernovolov, V.A. The uniformity of irrigation with single-jet sprinkler apparatus of rie action / V.A. Chernovolov, L.V. Kravchenko // Applied and Fundamental Studies Proceedings of 7th International Academic Conference. Publishing House “Science and Innovation Center”. St. Louis. Missouri, USA. C.199-211
6. Черноволов, В.А. Оптимизация размещения стационарных дождевателей методом математического моделирования / В. А. Черноволов, Л. В. Кравченко // Материалы международной научно – практической конференции « Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве» НИИ МЭСХ БГАТУ , Минск, 2014. с. 114-116.
7. Черноволов, В.А. Моделирование процесса дождевания машинами фронтального действия с секторными насадками / В.А. Черноволов, Л.В. Кравченко, В.А. Луханин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. – №100. С.670-680

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Кучеренко Дмитрий Евгеньевич,

ассистент кафедры применения электрической энергии,

Кубанский Государственный Аграрный Университет

Kucherenko D. E assistant of the department of the application of electrical energy, Kuban State Agrarian University

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются методы и средства по поиску мест повреждений в кабельных линиях. И предложена оценка технического состояния изоляции КЛ с применением современных диагностических методов. Выделены очевидные преимущества новой технологии.

ABSTRACT

The methods and tools to search for sites of damage in cable lines. And the proposed assessment of the technical condition TC insulation using modern diagnostic techniques. Highlighted obvious advantages of the new technology.

Ключевые слова: Срок службы, кабельные линии, износ, контроль, диагностические методы.

Keywords: Lifetime, the cable line, wear, control, diagnostic methods.

Основной тип кабелей, используемый в электрических сетях, – это кабели с бумажной пропитанной изоляцией (БПИ) марок ААБ, ААШВ, ААШВУ, АББ, АВББ, АВВГ, АСБ, АСШВ, ЦАСБ с алюминиевыми жилами, и СБ, СК, СШВу с медными жилами и др. Имеются кабели с медными жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластика с защитным покровом типа ПБШВ [1, 2, 22, 23, 24, 25]. Для облегчения сложившегося положения в кабельных сетях стали использовать кабели нового поколения, использующие в качестве изоляции сшитый полиэтилен, у которых есть ряд преимуществ по отношению к кабелям с БПИ (КБПИ).

Для планирования, организации и выполнения эксплуатационных и ремонтных мероприятий по каждой КЛ необходимы [3, 6, 7, 9, 26, 27, 28, 29, 30]: 1) исполнительные чертежи на КЛ и другие кабельные сооружения; 2) паспорта КЛ и сооружений; 3) адресные списки кабельных сооружений.

Паспорт КЛ составляется на основе приемо-сдаточной документации и содержит следующую информацию: 1) марка кабеля и его длина; 2) схема трассы с указанием рейперных отметок; 3) данные о соединительных и концевых муфтах; 4) сведения о защите от коррозии, вибрации и механических повреждений; 5) сведения о профилактических испытаниях; 6) сведения о повреждениях и ремонте КЛ; 7) информация о нагрузке КЛ.

Вся эта информация должна находиться в банке данных. Правильно составленный паспорт должен помочь при оценке состояния КЛ и принятия своевременного решения о ремонте линии. В адресном списке указывается наименование сооружения (РП, ТП, туннель, колодец), его диспетчерский номер и адрес ближайшего городского строения.

Ежегодно в рамках составления перечня ремонтов разрабатывается номенклатура работ, в содержание которой входит: 1) сроки выполнения работ; 2) профилактические осмотры трасс КЛ; 3) измерение токовых нагрузок в периоды максимального и минимального потребления мощности; 4) профилактические испытания; 5) контроль нагрева кабеля и блуждающих токов; 6) ремонт КЛ.

Обобщенные значения основных причин повреждения КЛ [8, 16, 19, 20, 21, 31, 32, 33, 34]: предшествующие механические повреждения – 43 %; непосредственные меха-

нические повреждения строительными и другими организациями – 16 %; дефекты в соединительных муфтах и концевых заделках во время монтажа – 10 %; повреждение кабеля и муфт в результате осадки грунта – 8 %. коррозия металлических оболочек кабелей – 7 %; дефекты изготовления кабеля на заводе – 5 %; нарушения при прокладке кабеля – 3 %; старение изоляции из-за длительной эксплуатации или перегрузок – 1 %; прочие и неустановленные причины – 7 %.

Основные причины повреждения КЛ: однофазные замыкания на землю (14,2 %); многофазные замыкания (75,7 %); механические повреждения (5 %); замыкания в муфте, кабельной разделке (5,1 %).

Удельное количество повреждений, связанных с последующим ремонтом КЛ, составляет более 30/100 км в год, что превышает нормативный показатель 7,5/100 км в год более, чем в 4 раза.

На возникновение повреждений в КЛ влияет совокупность следующих основных факторов [8, 16, 17, 18, 35, 36, 37, 38]:

1. Продолжительность нахождения КЛ под рабочими напряжениями и токами, что приводит к физическому износу изоляции при больших сроках эксплуатации.

2. Неудовлетворительное качество изготовления концевых и соединительных муфт КЛ.

3. Механические повреждения силового кабеля при производстве строительных и других работ в зоне трасс КЛ и проявлениях геологических факторов на территории, по которой проходит линия.

4. Коррозия защитных оболочек силового кабеля под воздействием геохимических, гидрологических факторов.

5. Систематические и длительные перегрузки КЛ.

6. Количество коротких замыканий в электрической сети, сопровождающихся протеканием по КЛ больших токов, вызывающих повышенный нагрев и ускоренный износ изоляции.

7. Наличие на участках электрической сети повышенных уровней коммутационных перенапряжений, создаваемых выключателями и приводящих к электрическому пробую изоляции элементов КЛ.

8. Несоответствие испытательного напряжения реальному уровню изоляции КЛ и возможные перенапряжения в электрической сети.

9. Сбои в периодичности профилактических испытаний изоляции КЛ.

10. Нарушение технологии изготовления кабелей, в том числе кабельной изоляции.

11. Нарушения технологии прокладки кабелей (механические напряжения, недопустимые изгибы, механические повреждения при прокладке и др.).

12. Несоответствие кабелей условиям прокладки (подъемы, спуски, вертикальные участки, приводящие к осушению изоляции).

13. Высокие уровни перенапряжений при дуговых и металлических замыканиях в КЛ.

14. Длительная работа участков КЛ с однофазными металлическими и, особенно, с дуговыми замыканиями на землю, приводящая к переходу их в двойные и тройные замыкания, а также в двухфазные и трехфазные КЗ.

15. Температура окружающей среды. Влияние сезонных колебаний температуры.

16. Тепловое влияние кабелей, проложенных в одной траншее.

17. Тепловое сопротивление грунта.

18. Степень компенсации токов замыкания на землю, в том числе способ регулирования индуктивностей заземляющих реакторов.

19. Повышенные потери мощности и энергии в изоляции кабелей с большим физическим износом.

20. Влияние превышений отклонений показателей качества электроэнергии от норм ГОСТ Р 32144-2013.

В зависимости от конкретных условий роль каждого из факторов совокупности, как правило, не одинакова.

В настоящее время существует множество методов и средств по поиску мест повреждений в кабельных линиях, каждый из которых эффективен на определенном этапе производства работ. Большинство из них требует снижения переходного сопротивления в месте повреждения путем дожигания переходного сопротивления изоляции и отключения КЛ. Реализация теоретических работ осуществлялась в разные годы. Наиболее известны работы

Хевисайда, А. Уотерса, М. Вильгейма, Р. Рюденаберга, А.К. Манна, Д.Р. Карсона, К.М. Поливанова, Н.И. Гроднева, В.В. Платонова, В.С. Дементьева, А.Д. Дроздова, В.Ф. Быкадорова и др. [4, 10, 11, 12, 13, 5, 8] На основе этих теоретических разработок были созданы условия и основа для развития различных по своей физической сущности методов поиска повреждений. Однако проблема быстрого и точного отыскивания повреждений в цепях в КЛ до сих пор является актуальной.

Традиционно поиск повреждений в кабельных линиях, производится в три этапа. На первом этапе отключают КЛ, если удалось определить поврежденную, и дожигают изоляцию. На втором с помощью соответствующих устройств определяют расстояние до места повреждения. На третьем этапе определяют место повреждения на трассе, после чего по очень не простой технологии производятся ремонтно-восстановительные работы.

Существующие методы поиска повреждений (рис. 1.1) в кабельных линиях подразделяются на два класса: дистанционные и топографические. Теоретическую основу методов поиска повреждений составляют физические процессы, протекающие в кабельной линии при подключении к ней устройств диагностики, и здесь различают методы, основанные на:

- 1) измерениях параметров аварийного режима;
- 2) измерении временных интервалов распространения электромагнитных волн по кабельным линиям;
- 3) зависимости входного сопротивления кабельной линии от частоты напряжения источника;
- 4) сравнении электрических параметров поврежденной и неповрежденных жил кабельной линии;
- 5) оценках изменения электромагнитного поля поврежденной кабельной линии при подключении к ней источника питания;
- 6) фиксации сейсмических колебаний почвы, вызванных разрядами в месте повреждения;
- 7) фиксации токов растекания в грунте в месте повреждения.

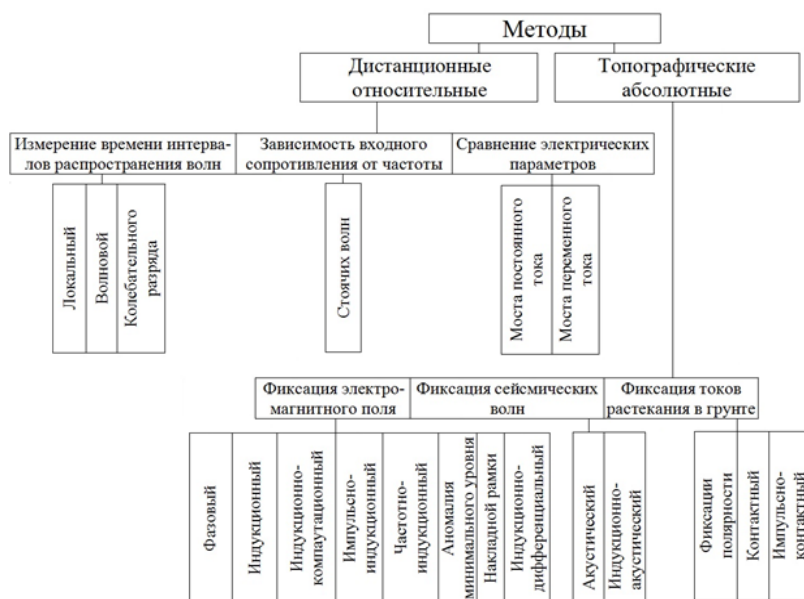


Рисунок 1.1 – Классификация методов поиска повреждений кабельной линии.

В свою очередь, методы, основанные на измерении временных интервалов распространения электромагнитных волн, разделяют на импульсные (локационные), волновые и метод колебательного разряда.

При эксплуатации КЛ для выявления неоднородностей

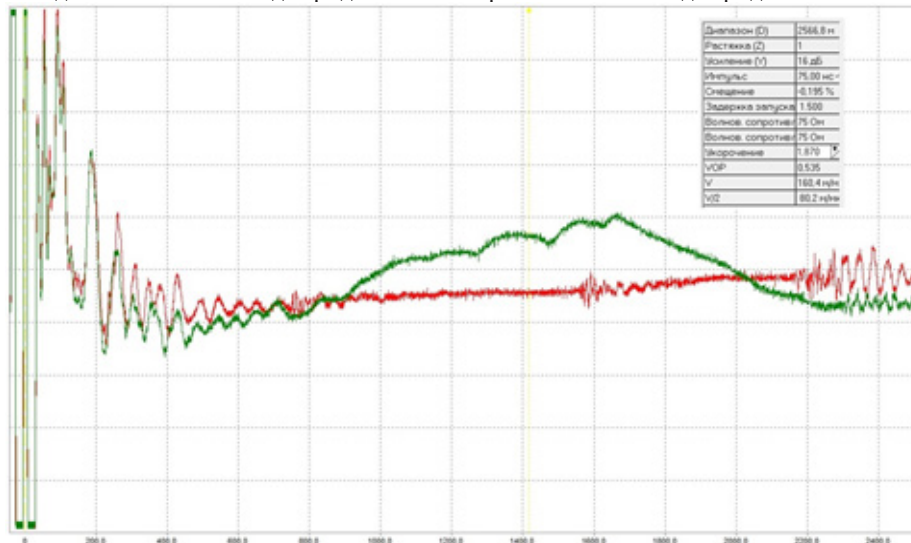


Рисунок 1.2 – Рефлектограмма участка КЛ с неоднородностями.

Прямоугольный импульс, двигаясь вдоль КЛ, затухает и отражается от участков изменения волнового сопротивления кабеля. Имеется ряд признаков, по которым определяется характер неоднородности. Отражение зондирующего импульса от участка с повышенной локальной емкостью из-за появления водных дендритов происходит с изменением полярности импульса на противоположную. Отражение зондирующего импульса от локального участка с повышенной индуктивностью идет с сохранением полярности отраженного сигнала. Сравнение рефлектограмм, полученных в разное время, позволяет отмечать образование новых локальных дефектов КЛ и заблаговременно выполнить необходимые эксплуатационные мероприятия.

Для обеспечения надежной работы силовых КЛ в настоящее время в России и других государствах бывшего СССР применяется система планово-профилактических испытаний, при которой кабели периодически подвергаются испытаниям постоянным напряжением в 4–6 раз превышающим номинальное напряжение КЛ с измерением токов утечки. Это делается для того, чтобы предупредить пробой ослабленного места. КЛ 6–10 кВ испытывают пятикратным номинальным напряжением в течение 5 минут для каждой фазы не реже одного раза в 3 года. В процессе испытания обращают внимание на характер изменения тока утечки. КЛ считается выдержавшей испытание, если не произошло пробоя и толчков тока утечки или его нарастания, после того как ток достиг установившегося значения. До и после испытания измеряют сопротивление изоляции мегомметром на 2,5 кВ, которое не нормируется, но должно быть не менее нескольких МОм.

Многолетним опытом эксплуатации КЛ напряжением до 10 кВ установлено, что при профилактических испытаниях повышенным напряжением постоянного тока могут быть выявлены только грубые местные дефекты в изоляции кабеля или в муфтах. Если же в ослабленном месте

кабелей, вызванных коррозией оболочек или прорастанием водных дендритов в изоляции, сейчас используется метод рефлектометрии – зондирования КЛ с помощью коротких импульсов электрического поля и прием сигналов, отраженных от неоднородностей линий (рис. 1.2).

прочность изоляции сохранилась на уровне 25–30 %, то пробоя в лабораторных условиях может и не произойти [14, 15].

Практика показывает, что планово-профилактические испытания повышенным постоянным напряжением даже в случае их успешности не только не гарантируют безаварийную последующую работу КЛ, но и во многих случаях приводят к сокращению последующего срока службы КЛ.

Особенно опасны подобные испытания для КЛ с длительными сроками эксплуатации или с сильно состаренной изоляцией. Кроме того, испытанию повышенным постоянным напряжением иногда вынужденно подвергают силовые кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ), которые находят все более широкое применение и используются как вставки на кабельных линиях с бумажной пропитанной изоляцией. Испытания не только практически бесполезны, так как сшитый полиэтилен обладает высокой электрической прочностью и малыми токами утечки, но и оказывают негативное воздействие на полиэтиленовую изоляцию.

Как правило, официальные данные об удельной повреждаемости КЛ 6–10 кВ не содержат информации о повреждениях КЛ, выявленных на стадии испытания. Для разработки мероприятий по сокращению повреждений в КЛ требуется тщательное исследование причин технологических нарушений и принятие мер по сокращению внезапных отключений в электрических сетях. Однако в обследуемых агропромышленных районах согласно РД 34.45-51.300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» профилактические испытания КЛ шестикратным выпрямленным напряжением не проводятся по причине наличия КЛ со сроком эксплуатации более 15 лет, на которых удельное число повреждений составляет 30/100 км в год. Поэтому необходимо использовать другие методы исследования и критерии надежности КЛ и сопутству-

ющей арматуры в ходе эксплуатации, в процессе замены и ввода нового электрооборудования. Такими доступными на сегодняшний день методами и критериями являются:

- испытание КЛ напряжением сверхнизкой частоты 0,1 Гц вместо испытаний постоянным напряжением. Подобные испытания рекомендуются и для новых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена;

- представленный метод рефлектометрии, реализуемый в мобильных электролабораториях, оборудованных диагностическими приборами «Рейс 105–305»;

- диагностика КЛ методом возвратного напряжения, основанная на измерении и анализе возвратного напряжения в изоляции каждой фазы кабеля после зарядки постоянным напряжением и кратковременной его разрядки с последующим определением состояния, степени старения и наличия влаги в бумажно-пропитанной изоляции кабелей;

- определение величины $\text{tg}\delta$, позволяющей проверить наличие в изоляции воздушных включений и частичных разрядов, которые становятся причиной старения и последующего пробоя кабеля.

Рассмотренные методы контроля состояния КЛ указывают на непрерывный и напряженный поиск исследователями путей решения проблемы. Однако их обилие говорит о том, что задача продолжает оставаться актуальной и требуется ее решение на основе принципиально новых подходов, базирующихся на принципах неразрушающих технологий.

Использование неразрушающих методов контроля и получаемых результатов диагностики делает возможным определение остаточного ресурса КЛ и выполнение эксплуатационных мероприятий, технического обслуживания и ремонта «по состоянию электрооборудования».

Необходимость внедрения неразрушающих методов диагностики силовых КЛ, прогрессивных методов и средств поиска мест повреждений с использованием нового оборудования связана с сокращением времени поиска аномалий, повышением режимной надежности КЛ и надежности электроснабжения потребителей.

Для реализации методики неразрушающей технологии технической диагностики можно использовать информацию из электромагнитного поля вокруг кабеля, через оценки характеристик пространственной структуры поля на диагностируемом элементе.

Список литературы:

1. Белорусов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536 с.
2. Беляков Ю.С. Актуальные вопросы определения мест повреждения ВЛЭП. – СПб.: ПЭИпк, 2005. – 67 с.
3. Берман В.И., Феськов Е.М., Юркевич В.М. Измерение распределения напряженности электрического поля трехжильного кабеля / Электротехника, 1997. – № 6.
4. Дементьев В.С. Как определить место повреждения в силовом кабеле. М.: Энергия, 1980. – 72 с.
5. Методы контроля состояния кабельных линий. Сборник методических пособий ОРГРЭС. Раздел 13. – М.: СПО ОРГРЭС, 1997 – 23 с.

6. Платонов В.В., Быкадоров В.Ф. Определение мест повреждения на трассе кабельной линии. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 256 с.

7. Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах. – М.: ИИЛ, 1955. – 714 с.

8. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Проблемы изношенного электрооборудования в современной энергетике // Международный научно-исследовательский журнал, 2015. – № 7. – С. 89–91.

9. Сви П.М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.

10. Султанов Г.А., Чайкин В.П., Демченко В.Т., Чайкин В.В. Визуальные и псофометрические характеристики отказов кабельных линий электропередачи / Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы развития городских электрических сетей в современных условиях». – Краснодар, «Советская Кубань», 2000. – С. 27–37.

11. Султанов Г.А., Чайкин В.П., Чайкин В.В. Поиск мест повреждения изоляции кабельных линий электропередачи без отключения потребителей / // Материалы региональной научно-практ. конференции.- Краснодар: КГАУ, 1998. – Вып. 370. – С. 41–42.

12. Кучеренко Д.Е., Кочубей Е.А./ Методы диагностики кабельных линий. - Материалы VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики в АПК». - г. Саратов, 2015 – с.130-131.

13. Кочубей Е.А., Диденко Е.Р. / Оценка технического состояния кабельных линий. - Материалы Международной научно-практической конференции «Роль и место информационных технологий в современной науке, - г. Саранск, февраль 2016 г. – с. 23-25.

14. Koudriakov, A.G. Causes of worn out electrical equipment / A. G. Koudriakov, V. G. Sazykin // The Third International Conference on Eurasian scientific development. – Vienna, 2014. – P. 153–156.

15. Сазыкин В. Г., Кудряков А. Г., Султанов Г. А., Кочубей Е.А./ Повышение надёжности элементов электрической сети.- Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты развития науки: медицинские науки, фармацевтические науки, технические науки, философские науки, педагогические науки, экономические науки, филологические науки, психологические науки». - г. Санкт-Петербург, 2014- с. 72-77.

16. Дементьев В.С. Как определить место повреждения в силовом кабеле. М.: Энергия, 1980. – 72 с.

17. Платонов В.В., Быкадоров В.Ф. Определение мест повреждения на трассе кабельной линии. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 256 с.

18. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Нетребко С.А. Теоретический и практический аспекты повышения надежности кабельных линий электропередачи // Коллективная монография: Актуальные вопросы технических наук: Теоретический и практический аспекты. – Уфа: Аэтерна, 2014. – С. 127–154.

19. Пешков И.Б. Новые направления в разработке методов определения ресурса кабелей и проводов // Электриче-

ство, 1985. – № 4. – 20–22.

20. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. – М.: ОАО «Россети», 2013. – 196 с.

21. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 312 с.

22. Андре Анго. Математика для электро- и радиоинженеров. – М.: Наука, 1967. – 780 с.

23. Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей. – М.: Связь, 1972. – 326 с.

24. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. – М.: ФМЛ, 1981. – 568 с.

25. Баутин Н.Н. Леонтович Е.А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. – М.: Наука, 1976. – 495 с.

26. Султанов Г.А., Чайкин В.П., Демченко В.Т., Чайкин В.В. Техническая диагностика параметров городских электрических сетей. // Энергетик, 2002. – № 10. – С. 25–26.

27. СТО 56947007-29.240.014-2008. Укрупненные показатели стоимости сооружения (реконструкции) подстанций 35–750 кВ и линий электропередачи напряжением 6, 10–750 кВ. – М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2008. – 12 с.

28. СТО 70238424.29.240.20.009-2009 Силовые кабельные линии напряжением 0,4–35 кВ. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. – М.: НП «ИНВЭЛ», 2009. – 120 с.

29. Старик Д.Э. Как рассчитать эффективность инвестиций. – М.: Финстайнформ, 2006. – 93 с.

30. Тюрин Ю.Н. Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере / Под. ред. В.Э. Фигурнова. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 528 с.

31. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. – М.: Мир, 1981. – 696 с.

32. Холодный С.Д. Методы испытаний и диагностики кабелей и проводов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 200 с.

33. Шабанов, В.А. Методы диагностики силовых кабелей // Электротехника, 2002. – № 7. – С. 51–53.

научный журнал «Инновационная наука», 2015. – № 5, т. 1. – С. 79–82.

34. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1978. – 831 с.

35. Канискин В.А., Костенко Э.М., Гаджибеков А.И. Не разрушающий метод определения ресурса электрических кабелей с полимерной изоляцией в условиях эксплуатации // Электричество, 1995. – № 5.

36. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 144 с.

37. Лебедев Г.М., Бахтин Н.А., Брагинский В.И. Математическое моделирование локальных дефектов изоляции силовых кабелей 6–10 кВ // Электричество, 1998. – № 12. – С. 23–27.

38. Лебедев Г.М., Бахтин Н.А., Брагинский В.И. Определение дефектов изоляции кабельных линий высококачественным методом контроля // Электрика, 2003. – № 7. – С. 37–40.

МЕТОД АНАЛГЕЗИЙНОЙ ЭЛЕКТРОФИЗИОТЕРАПИИ КРС

*Гранкина Наталия Александровна,
кандидат технических наук, доцент кафедры применения электрической энергии, Кубанский Государственный
Аграрный Университет*

*Кучеренко Дмитрий Евгеньевич,
ассистент кафедры применения электрической энергии,
Кубанский Государственный Аграрный Университет*

Grankina N.A. candidate of technical Sciences, associate Professor of application of electric energy, Kuban State Agrarian University

Kucherenko D. E assistant of the department of the application of electrical energy, Kuban State Agrarian University

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются доминирующие частоты, а также вариации частоты и формы импульсов биоэлектрической активности миомерия которые могут выполнять роль технического условия при моделировании импульсов для анальгезийной ветеринарной электрофизиотерапии в целом.

ABSTRACT

In work the dominating frequencies, and also variations of frequency and a form of impulses of bioelectric activity of a myometrium which can carry out a technical specification role at model operation of impulses for an analgeziyну veterinary electrophysiotherapy in general are considered.

Ключевые слова: электростимуляция, биопотенциал, электрофизиотерапия, миомерий.

Keywords: electrical stimulation, action potential, electrophysiotherapy, myometrium.

В последнее время в мире все чаще уделяется внимание не только эффективности, целесообразности и экологичности мероприятий, производимых в ветеринарном акушерстве, но также затрагиваются и этические аспекты.

Применение электрофизиотерапии как альтернативного медикаментозному способу лечения общепризнанно, но её методологическое и техническое обеспечение разви-

то весьма слабо. Поиски оптимальных режимов электростимуляции имеют значительную хронологию и продолжают в настоящее время.

Нашей задачей было создание формы электрофизиотерапевтического импульса, который бы обеспечивал эффективность воздействия и был наименее дискомфортен для животного.

Принимается, что наименее дискомфортными в процессе лечения будут внешние электрические воздействия параметрически сходные с естественными биопотенциалами животного [4, 6, 8, 9, 11].

Теоретические исследования были предварены поисковыми экспериментами на кафедре «Ветеринарного акушерства и гинекологии» Куб. ГАУ [2].

От миометрия коровы отведены два вида биоэлектрических импульса: низкочастотные и высокочастотные. Частота следования низкочастотных импульсов у разных животных и в зависимости от их физиологического состояния варьирует в пределах от 0,1 до 1 Гц и слабо зависит от

амплитуды и частоты раздражающего воздействия и, как следствие, проводимости клеточных мембран, [3, 6, 8, 12].

Высокочастотные импульсы имеют частоту от 20 Гц до 0,5 кГц. Низкочастотные волны биоэлектрической активности могут генерироваться в миометрии и без высокочастотных разрядов, но сокращение мышцы происходит лишь в случае, если на гребне низкочастотного импульса имеют место пиковые потенциалы, [5, 9].

Одновременно с биоэлектрической активностью миометрия изучалась и его сократительная реакция. На рисунке 1 представлен фрагмент записи электрогистерограммы (ЭГГ) и утерограммы коровы во время половой охоты.

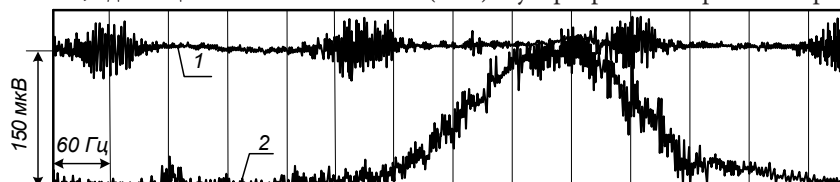


Рисунок 1 - Фрагмент записи электрогистерограммы (1) и утерограммы (2) коровы во время половой охоты.

Для придания ЭГГ статистической информативности, в соответствии с теорией обработки результатов экспериментов [7], выполнилось преобразование импульсов по амплитуде, площади и спектральной плотности мощности

процесса, а также приведение их к уровню отсчёта. Каждый прямоугольник на нормализованной схеме ЭГГ имеет площадь равную площади импульса, а основание - его длительности.

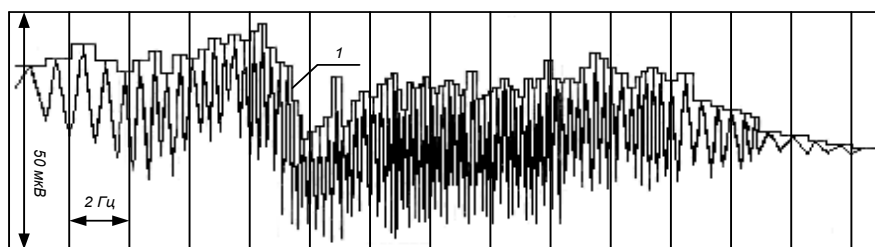


Рисунок 2 - Нормализованная схема пакета высокочастотных импульсов в ЭГГ коровы (по рис. 1).

Из рисунка 2 и кривой 1 рисунка 1 очевидно следует, что высокочастотные импульсы группируются в отдельные пакеты, причем каждая последовательность пиковых импульсов на ЭГГ имеет определённую амплитудную и частотную характеристики.

Анализ структуры биоэлектрического возбуждения миометрия за эпоху одного маточного сокращения свидетельствует о его сложной форме, включающей совокупность импульсов различных частот и амплитуд (рис.3).

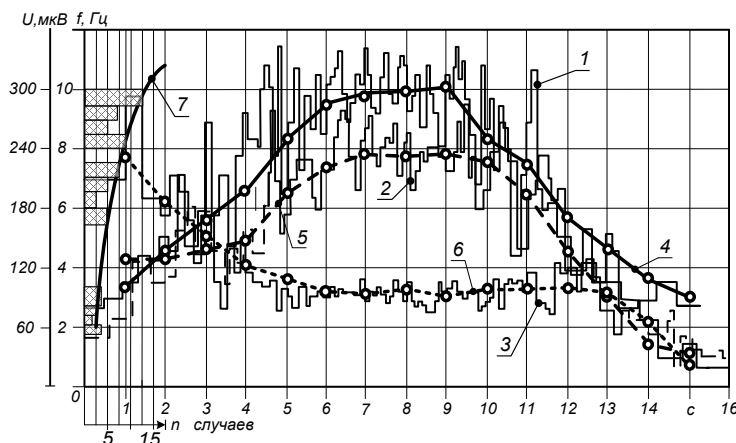


Рисунок 3 - Результаты преобразования и аналитической обработки пакета высокочастотных импульсов ЭГГ: 1) по частоте; 2) по площади; 3) по спектральной плотности мощности процесса; (4, 5, 6) соответственно их огибающие; 7 - огиба частот.

Статистическая огибающая амплитуд пакета высокочастотных импульсов по форме близка к утерограмме цикла

маточного сокращения и характеризует потенциал деполаризации мембран клеток миометрия.

Полученные данные налагают ряд ограничений на регулярные методы математического анализа процесса, существенно сужая область и объём исследований.

Изменение частоты следования пиковых сигналов в пределах пакета импульсов может быть выражено зависимостью

$$F^{\hat{a}}(n) = 1,2 \exp[8,9 n_i n_{\max}^{-1} - 7,0 (n_i n_{\max}^{-1})^2] \quad (1)$$

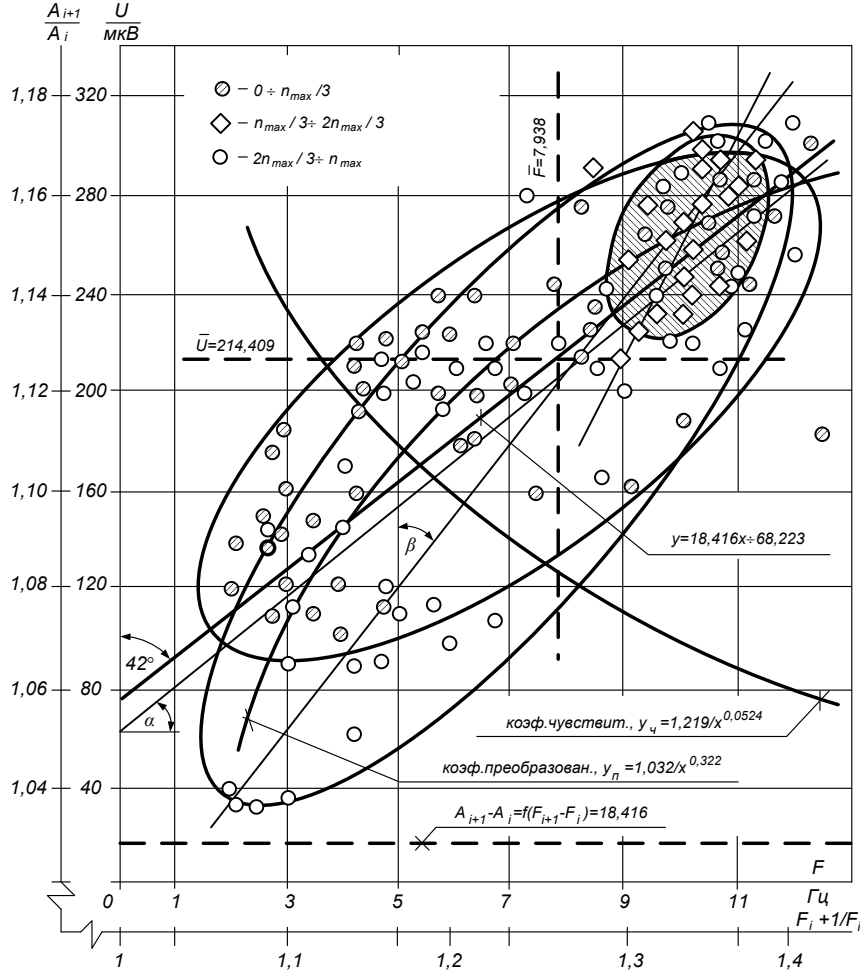


Рисунок 4 - Поля корреляции огибающих пакета высокочастотных импульсов и результаты их статистической обработки.

Анализируя поля корреляции (рис.4) мы определили, что при коэффициенте корреляции U/F, равном $0,82 \pm 0,02$, коэффициент уравнения регрессии в целом по области определения будет равен 18,416. Тогда при коэффициенте преобразования, $1,032U(n)^{0,332}$ и, соответственно, чувствительности $-1,219(U(n)^{0,0524})^{-1}$ выражения (1,2) можно записать как (3, 4)

$$F^{\hat{a}} = 0,05U^2(n) - 3,07; \quad (3)$$

$$U^{\hat{a}} = 14,15F^2(n) + 68,22. \quad (4)$$

Полагая, что функции U(n) и F(n) удовлетворяют условиям Дирихле и в общем случае имеют период nT_{max} отличный от 2π , введя такую новую переменную z, при которой $x = n_i z / (2\pi)^{-1}$ и исключив из структуры моделирования гармонические разложений, описывающие постоянную составляющую сигналов (в силу низкой информативности и уровня значимости, не превышающего 0,09) для U(x) и F(x) можно записать ряды Фурье в виде

$$U(x) = 186,5 + 85,7 \sin(x + 78^\circ) + 31,6 \sin(2x + 37^\circ 9') + 9,2 \sin(3x + 7^\circ 16'); \quad (5)$$

где n_i - параметр, характеризующий отрезок времени в пределах пакета высокочастотных импульсов.

Изменение амплитуды пиковых импульсов можно выразить в виде (2).

$$U^{\hat{a}}(n) = 2,3 \exp[8,9 n_i n_{\max}^{-1} - 7,0 (n_i n_{\max}^{-1})^2] + U_{\min} \quad (2)$$

где $U_{\min} = 68,223$ мкВ - минимальное значение амплитуды импульса в пределах пакета.

$$F(x) = 6,4 + 4,4 \sin(x + 88^\circ) + 0,4 \sin(2x + 85^\circ 22') + \sin(3x + 45^\circ). \quad (6)$$

Тогда изменения частоты и амплитуды их спектров сходятся к степенным функциям:

$$U(k) = A_{U1} k_i^{-2,0}; \quad (7)$$

$$F(k) = A_{F1} k_i^{-3,5}, \quad (8)$$

где k_i - номер гармонической разложения.

Для моделирования огибающей пакета высокочастотных импульсов (рис. 2), наряду с функцией (3), серьёзный практический интерес, представляет рассмотрение симметричных экспоненциальных распределений вида

$$U^{\hat{a}}(n) = \alpha [2\Gamma(\alpha^{-1})] \exp\{-|(n_i - n_n)/\lambda|\}, \quad (11)$$

где $\lambda = \{\Gamma(\alpha^{-1}) / [\Gamma(3\alpha)]\}$; $\Gamma(z)$ - гамма-функция;

σ - нормируемое среднее квадратическое отклонение;

μ, α - координата центра и постоянная его распределе-

ния.

Очевидно, что единственным параметром, характеризующим форму такого распределения, будет являться показатель его степени. Так, например, для $\alpha=7$, при $\mu=0$, значениях: эксцесса $e=1,962$, контрэксцесса $\chi=0,714$, энтропийного коэффициента $k\epsilon=1,87$ и $\lambda\sigma=1$

$$U(n)=(7\exp-|x|^7)/[2\Gamma(1/7)] \approx 0,5e^{x-7}. \quad (12)$$

Наиболее приемлемыми для рассматриваемой модели будут распределения с $3 < \alpha < 9$, поскольку при $3 > \alpha \rightarrow 0$ (11) сводится к виду, близкому по свойствам с распределением Коши, а при $9 < \alpha \rightarrow \infty$ - распределение стремится к равномерному.

Таким образом, модель огибающей пакета высокочастотных импульсов биоэлектрического возбуждения в ЭГГ КРС при наложении ограничений $f(t)=f(t-T)$ и $\delta(n)=\sin\pi n/(\pi n)$ может быть представлена рядами Фурье с коэффициентами:

$$\begin{aligned} \text{Вид интерпретации формы импульса} \\ a_n=2A n \delta(n) \zeta^2; b_n=0; \text{прямоугольный;} \\ a_n=A \zeta \delta^2(0,5n\zeta); b_n=0; \text{треугольный;} \\ a_n=A(\zeta-\xi)\{\delta n [0,5n(\zeta-\xi)(\zeta+\xi)]\}; b_n=0; \text{трапециидальный} \end{aligned} \quad (13)$$

где A - амплитуда импульса;
 $\zeta=T_1 T^{-1}, \xi=T_m T^{-1}$ - скважность импульса и скважность максимального значения импульса;

T, T_1, T_m - период функции, время импульса и его максимального значения.

Модель огибающей амплитуд пакета высокочастотных импульсов при ограничениях $\mu=0, \lambda\sigma=1, 3\alpha 9$ удобно представить в виде:

$$U(n)=\alpha(2\Gamma\alpha^{-1})^{-1}e^{-(|x|)^\alpha}, \quad (14)$$

либо в форме ряда Фурье с коэффициентами (13).

$$\text{Так, при } T=2T_1=6T_m; \quad a_n=-3^{-3}U_{\max}^B n_1^2 \delta^2(n); \quad b_n=0, \quad (15)$$

где U_{\max}^B - максимальное значение амплитуды в пакете высокочастотных импульсов.

Анализ данных поискового эксперимента, (рис. 1-3) достаточно информативен для теоретических исследований, но в полной мере не раскрывает сущность физиологического явления. Поскольку каждый пакет высокочастотных потенциалов представляет собой сложный сигнал, включающий совокупность частот.

Наиболее высокие составляющие спектра частот ЭГГ лежат в районах 30 и 60 Гц (рис. 2). Кроме того, доминирующие режимы можно отметить на частотах 4,9 и 35 Гц., а невысокая скорость затухания автокорреляционной функции, характеризующая регулярность процесса в ЭГГ, свидетельствует и о его определенной периодичности (рис. 5).



Рисунок 5 - Автокорреляционная функция $R_x(t)$ биоэлектрической активности миограммы КРС (эпоха анализа автокорреляционной функции соизмерима с длительностью единичного маточного сокращения).

Анализ рис. 6 с целью выявления степени преобладания той или иной частоты (плотности мощности) позво-

ляет (для рис. 1) выявить ещё один доминирующий ритм на частоте 0,5-0,1 Гц.

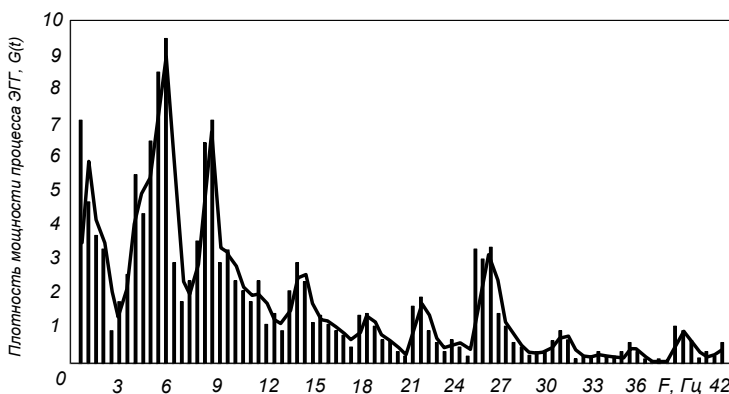


Рисунок 6 - Спектральная плотность мощности процесса ЭГГ КРС

Высокочастотные импульсы имеют достаточно высокую амплитуду (до 300 мкВ). Этот ритм чередуется с ко-

лебаниями частой 22 Гц, однако их ритм не является доминирующим.

Спектральный и атокорреляционный анализы ЭГГ результатов поисковых экспериментов свидетельствуют, что доминирующие ритмы (несмотря на некоторые различия в ритмах сокращения матки во время половой охоты и отделения последа) имеют сходную частотную закономерность изменения. [1, 6, 10,]. Длительность участков максимальной биологической активности на ЭГГ примерно равна длительности пассивных участков и равна примерно одной секунде. На ЭГГ выявлен постоянный потенциал, состоящий из однотипных импульсов с амплитудой до 10 мкВ, (т.е. превышающий инструментальную погрешность) природа которого не выявлена.

Изложенное позволяет заключить:

Полученные математические зависимости могут служить основанием для разработки схемного решения электростимулятора нервно-гуморальной реакции КРС и сократительной реакции миометрия.

Наиболее информативным параметром моделирования отклика миометрия на биоэлектрическое воздействие следует считать частоту следования пиковых импульсов.

Установлено, что частота следования высокочастотных импульсов в пакете нарастает в среднем в продолжительности 2/3 времени пакета, затем в течение 1/3 остаётся постоянной и в последней трети импульса снижается.

Доминирующие частоты, а также вариации частоты и формы импульсов биоэлектрической активности миометрия могут выполнять роль технического условия при моделировании импульсов безболезненного электрофизиотерапевтического воздействия и разработке схемного решения устройства для их инструментальной реализации.

Достаточная информативность апробированной схемы анализа ЭГГ КРС и несмещённость оценок позволяет предложить её как базис для математической обработки результатов экспериментальных исследований биоэлектрических характеристик ЭГГ и утерограмм КРС.

Список литературы:

1. Богатырев Н.И., Вольнова М.А., Демьянченко Н.А., Курзин Н.Н. Электростимулятор «СТИМУЛ-3». Краснодар, 1998.

2. Богатырев Н.И., Курзин Н.Н., Назаров М.В., Дайбова Л.А., Демьянченко Н.А. Рекомендации по применению и инструкция по эксплуатации комплекса устройств, используемых в системе мероприятий по борьбе с маститами. Отчет о НИР (Кубанский государственный аграрный университет)

3. Гранкина Н. А., Коваленко М. П. Электрофизиотерапия - альтернативный способ лечения патологий у КРС // Молодой ученый. — 2015. — №15. — С. 322-327.

4. Гранкина Н.А., Хусид С.Б. Обоснование принципов моделирования электрофизиотерапии миометрия КРС. В сборнике: СОВРЕМЕННАЯ НАУКА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2015. С. 91-94.

5. Гранкина Н.А., Хусид С.Б. Оценка эффективности клинического применения электростимулятора "СТИМУЛ - 3". В сборнике: Актуальные проблемы науки на современном этапе развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2015. С. 149-151.

6. Демьянченко Н.А. Электрофизиотерапия акушерских патологий КРС. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кубанский государственный аграрный университет. Краснодар, 2000.

7. Длин А. М. Математическая статистика в технике. М.: "Советская наука", 1958. - 465 с.

8. Курзин Н.Н., Демьянченко Н.А. Перспективы применения аппаратов электрофизиотерапии. В сборнике: Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе Сборник научных трудов I-й Российской научно-практической конференции. Редакционная коллегия: Трухачев В.И. (гл. ред.), Марков В.Р., Гребенник В.И., Минаев И.Г., Симоновский А.Я., Стародубцева Г.П., Клименко М.Ю.. 2001. С. 260-262.

9. Кучеренко Д. Е., Гранкина Н. А. Оценка эффективности клинического применения методов электрофизиотерапии. Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (Warszawa, Polska) #6, 2016 część 2.

10. Патент на изобретение RUS 2193842 09.08.2000. Способ и устройство для электрической обработки in vivo полостей и тканей вымени сельскохозяйственных. Богатырев Н.И., Назаров М.В., Дайбова Л.А., Когденко Н.В., Кулакова А.Л., Демьянченко Н.А.

11. Патент на изобретение RUS 2299675 02.08.2005. 1. Способ оценки безболезненности воздействия электрических импульсов при профилактике и лечении мастита. Дайбова Л.А., Кулакова А.Л., Турчанин О.С., Демьянченко Н.А.

12. Шипилов В.С., Чирков В.А. Послеродовая электростимуляция половой функции коров. Киев: Урожай, 1987.- 180 с.

SIMPLIFIED MATHEMATICAL MODEL OF THE CONTACT MEMBRANE DISTILLATION PROCESS

A. Zhulynskyi

doctor of engineering

L. Ladieva

doctor of engineering, associate professor

department of

automation of chemical plants

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute"

Kyiv, Ukraine

ABSTRACT

A mathematical model for the process control contact membrane distillation. The mathematical model takes into account heterogeneous porous membrane structure and reflects the change in membrane permeability over time and along the longitudinal channel membrane. The method and algorithm of the initial distribution coefficient of permeability of the membrane. To determine the initial distribution coefficient chosen optimality criterion, which provides necessary motive power process. Have decided to task formulated using variational method.

Keywords: membrane distillation, semipermeable membrane, mathematical model, the membrane permeability coefficient, methods of optimal control theory

1. Introduction

The offered mathematical model is one of the convective heat and mass transfer for description of the process of contact membrane distillation (CMD), which does not include convective heat conduction or diffusion with consideration of the efficiency of heat and mass [1].

In order to develop control systems of the process of CMD, the mathematical model of the process was created. It considers and takes into account the temperature distribution in both longitudinal and transverse directions channels [2]. The model was calculated with stratified method. Researches of temperature changes in the transverse direction have shown that the impact of temperature polarization decreases with increasing of the turbulence in the flow channels and is of few degrees only (2 – 5 C).

At high flow speed we can achieve an intensive heat transfer from fluid volume to membrane surface. That is why steam flow depends on diffusion characteristics of the membrane. For industrial membrane modules temperature change along the canal is essential and must be considered.

2. Objective statement

There was a task of developing of a mathematical model of the process CMD which would observe the changes that have a dominant influence on the output parameters of the process. Those impacts which aren't counted are given in parametric form by changing the coefficients of the time recorded effects.

It is assumed that the temperature of the solution in the core flow and the one on the surface of membrane are the same. The speed in all positions of the cross-sectional flow is considered as constant. The influence of temperature and concentration polarization is neglected.

Depending on several factors, transferring of the material through the membrane, as already noted, is carried out primarily by the following mechanisms of transfer: free-molecular (knudsen's diffusion), molecular (normal diffusion), and viscous (mass) flow. Depending on changes in pore diameter, microstructure characteristics, the thickness of the membrane, the contribution of each mechanism varies as well.

In already existing mathematical models of steam flow through the membrane is given with the consideration of the effective diffusion coefficients that were calculated for the average characteristics of the membrane [3,4], such as porosity, pore's effective radius and tortuosity factor. You must have an accurate data of the micro-structural parameters of porous body. But the possibility of an accurate assessment of important morphological characteristics of the membrane is very limited. Besides, the fact that the pore size of the membrane which is defined in various ways, for example, by blister's point, mercury pore- symmetry or by penetrating gases will have a different value.

Due to the braking action of the membrane's solid skeleton, the coefficients of diffusion in these cases are significantly lower for an unlimited amount of liquid. Polymer membranes, which are used in membrane distillation, are heterogeneous systems, consisting of two phases – a polymer matrix and an aggregate of pores. The pores are characterized by heterogeneity of shape, size, and orientation in space. Parameters of membrane are changing over time. Concentration polarization and salt formation on the membrane surface are one of the most important problems in the desalination of mineralized natural water or seawater. The concentration polarization is the increasing of concentration of solute at the membrane surface in contact with the solution to be processed. As a result, concentration polarization affects the productivity of the process of separation. Because of preferred solvent transfer through the membrane solute concentration near the surface increases which leads to a number of undesirable consequences. Driving force ΔP decreases and so the productivity reduces. When the limit of solubility or gel on the membrane surface sediments occurs, which significantly reduces the partial pressure of the solvent from giving side of the membrane and causes a reduction in productivity, which, as a rule, the more substantial is, the higher initial permeability of the membrane would be. High concentrations leads to partial or total destruction of the active layer of the membrane, its pollution and poisoning, which is a mean destruction of hydrophilic-hydrophobic balance of the surface layer of the

membrane and change of its porosity. The above factors lead to a significant deterioration in membrane productivity up to a total loss of semi permeable properties.

3. The main material research

To manage the process successfully, it is important to anticipate the membrane pollution. Which means that defects may occur then, the surface of the membrane may change and that will affect its work and shelf life.

From the foregoing it follows that the actual structure of the porous membranes for membrane distillation is a very complicated heterogeneous system that led to the need to consider a change in membrane permeability overtime and along the longitudinal channel membrane. In general, the transfer mechanism vapor through the membrane under the pressure gradient is given in the form [5]:

$$J_i = K_p(x,t) [P_p(b_p, \theta_p) - P_d(0, \theta_d)] \quad (1)$$

where $K_p(x, t)$ stands for permeability coefficient that is represented by a variable length of the channel and time, may consider membrane changing [kg/(m²s Pa)];

P_d, P_p - stand for partial vapor pressure of the solvent on both sides of the membrane, [N/m²];

θ_p, θ_d - are temperature solution and distillate, [K];

b_p is the concentration of dissolved salts, [kg / kg].

It can be written, assuming that that the flow of solvent through the membrane is caused by capillary forces at low partial pressure difference. If the membrane is considered as idea, or so to say that the dissolved component passes through the membrane and selectivity factor $\varphi = 1$, then there will be only distillate on the cold side of the membrane, that is why $P_d = P_d(\theta_d)$. The partial vapor pressure of the solvent from the hot side of the membrane will depend not only on the temperature θ_p , but on the concentration b_p as well. The dependence of the saturated vapor pressure solvent from the concentration b_p for the diluted solution is given by the approximate Raul's law.

For elementary volume solution for supply channel based on the heat balance equation compound

$$S\rho_p c_p \frac{\partial \theta_p(x,t)}{\partial t} + W_{p_x} S\rho_p c_p \frac{\partial \theta_p(x,t)}{\partial x} + K_p(x,t) d(P_p - P_d) r(\bar{\theta}) = 0$$

(2)

for the initial and boundary conditions

$$\theta_p(x,t) \Big|_{t=0} = \theta_{p_0}(x)$$

$$\theta_p(x,t) \Big|_{x=0} = \theta_p^0(t) \quad (3)$$

where W_{p_x} - is a speed of solution in the longitudinal direction of the channel, m/s;

$S=lyd, d$ - channel area and width, m², m;

c_p - density and heat capacity of the solution, kg / m³, J / (kg * K);

r - latent heat of vaporization, J / kg.

The dynamics equation of the solvent in distillate channel has the following form:

$$S\rho_d c_d \frac{\partial \theta_d(x,t)}{\partial t} + W_{d_x} S\rho_d c_d \frac{\partial \theta_d(x,t)}{\partial x} - K_p(x,t) d(P_p - P_d) r(\bar{\theta}) = 0 \quad (4)$$

for the initial and boundary conditions

$$\theta_d(x,t) \Big|_{t=0} = \theta_{d_0}(x),$$

$$\theta_d(x,t) \Big|_{x=0} = \theta_d^0(t), \quad (5)$$

where W_{d_x} - the speed of distillate in the longitudinal direction, m / s;

ρ_d, c_d - density and heat capacity of distillate kg / m³, J / (kg * K).

Similar to equation (4), considering temperature of distribution along the length of solution channel, composed equation that includes concentration distribution in the longitudinal direction. Dynamic equation for concentration of solute, according to material balance for a vapor, represented as:

$$\frac{\partial}{\partial x} (S W_{p_x} \rho_p (1-b_p)) dx - k(x,t) \rho_d \cdot dx (1-b-b') = \frac{\partial}{\partial t} (S \rho_p (1-b_p) dx), \quad (6)$$

where b_p - the salt concentration in the solution, kg / kg;

$(1-b)$ - the concentration of diffusing substance in the membrane pores meniscus from a hot side of the membrane;

$b_{p'}$ - the concentration of diffusing substance in the meniscus membrane pores from a cold side.

Yet solved equations took into account that the density of the solution is changed over time, depending on temperature and concentration of the solution change. To determine the permeability coefficient, represented variable by a length of the channel and time, where used methods of optimal control theory. Optimality criterion that provides motivity of the process where chosen to determine the initial distribution coefficient:

$$I(\cdot) = \int_0^{t_k} \int_0^{L_x} e^{(\theta_d - \theta_p)} dx dt \rightarrow \min \quad (7)$$

provided that $h = (\theta_p - \theta_d) - \Delta\theta_{\min} \geq 0$ and limitations as equalities.

To convert constraints as inequality

$\theta_D(x,t) - \theta_d(x,t) - \Delta\theta_{\min} > 0$, that related with implementation process CMD, introduced a new variable in limitation at the form of equality:

$$\frac{dx_3}{dt} = [\theta_D(x,t) - \theta_d(x,t) - \Delta\theta_{\min}]^2 \cdot$$

$$\cdot H(\theta_D(x,t) - \theta_d(x,t) - \Delta\theta_{\min})$$

$$x_3(0) = x_{3_0} \quad (8)$$

where $H[h(x,t)]$ - modified Heaviside step function:

$$H[h(x,t)] = \begin{cases} 0, & \theta_D(x,t) - \theta_d(x,t) - \Delta\theta_{\min} \geq 0 \\ K, & \theta_D(x,t) - \theta_d(x,t) - \Delta\theta_{\min} < 0 \end{cases} \quad (9)$$

$x_3(t_k)$ is a direct way to include restrictions in the form of functional inequalities

$$I_{\text{mod}} = \int_0^{t_k} \int_0^{L_x} e^{(\theta_D - \theta_d)} dx dt + \frac{1}{2} S x_3^2(t_k) \quad (10)$$

The multiplier S is a penalty function. I_{mod} minimized so that the affected limitation area changes poorly or not at all.

The problem to solve mathematical models (1) - (5), reduced to an optimization problem of finding the unknown parameter

- membrane permeability coefficient $K_p(x,t)$, that

provides minimum of functional (10).

The problem is solved by a variational method.

The new parameter assessment defined as:

$$K_p^{s+1} = K_p^s - K \frac{\partial L(\cdot)}{\partial K_p} \quad (11)$$

where K - the step of gradient procedure; L - Lagrangian.

Calculations showed that on the first iterations functional decreases rapidly, but then when approaching the optimum process slows down. Gradient method to minimize the functional guarantees convergence to a minimum, at each iteration requires an individual solution for Cauchy problem and conjugated systems. A large number of iterations and slow convergence at the edge of the minimum can be attributed to flaws. To increase the speed of convergence is possible to choose the optimal size of the step or use the second order search procedures or coupled directions.

Initial data at which the calculations are carried written in the table 1.

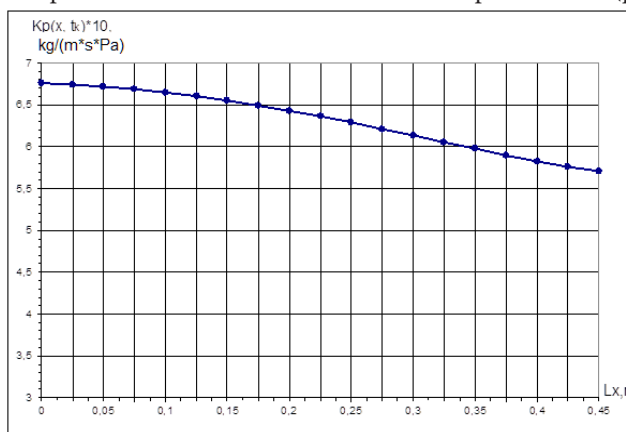
Table 1.

The data for the implementation of algorithm of membrane permeability coefficient search

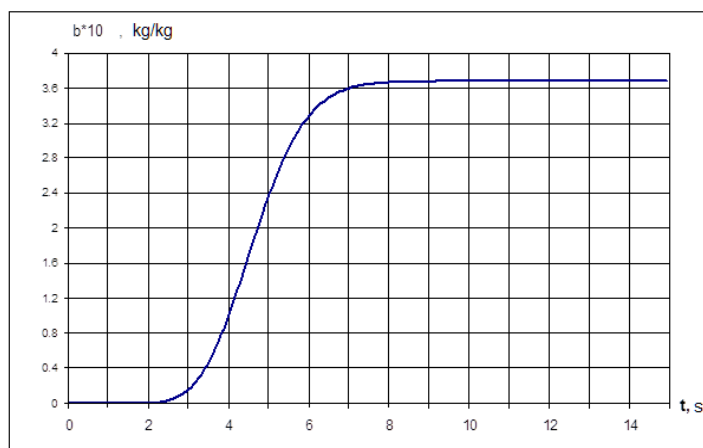
Parameter	Identification of parameter	Unit of measurement	Value
The length of the module	LX	m	0.5
The width of the channel	d	m	0.01
The height of the channel	lP	m	0.006
The density of the solution	ρ	kg/m ³	1010.34
Solution heat capacity	cP	J/(kg K)	4077
The value of the input disturbances flow solution	$\Delta\Theta$ BX	K	20
step of gradient procedure	K	-	$1 \cdot 10^{-5}$

As a result, found distribution membrane permeability coefficient K_p (pic.1). Received transient process for the channel

"solution temperature at the entrance - the concentration of the solution in output module" (pic.2).



Pic. 1. The distribution coefficient of permeability to the membrane along the length of the module



Pic. 2. The transition process through the channel " solution temperature at input - solution concentration at the output of module"

4. Summary

A mathematical model for the management of process contact membrane distillation, which takes into account heterogeneous porous membrane structure and reflects the change in membrane permeability over time and along the longitudinal channel membrane. This model has a high conformity to the processes and the reduction of computational costs.

Designed method and algorithm of the initial distribution of membrane permeability coefficient. Based on the implementation of computational experiments found that the algorithm provides estimates of the permeability coefficient by 14 - 15 iterations.

References

[1] Bryk M. T. Membrane distillation / M. T. Bryk, Nigmatullin // Chemical Reviews. – 1994. – №12(63). – C. 1114 – 1129.

[2] Zhulynskiy A. The mathematical description of process of the concentration of the solution by method of contact-membrane distillation based on temperature-polarization. /A.Zhulynskiy, L.Ladieva// The advanced science. Open access journal, June 2014, Volume 2014 Issue 7, P. 49-52.

[3] Uhrozov V. V. Mathematical modeling of process contact membrane distillation in the flow module / V. V. Uhrozov // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 1994. – T.4. – P. 375 – 380.

[4] Vandyshev A.B. Modeling high membrane apparatus to obtain high-purity hydrogen / A.B. Vandyshev, V.M. Makarov, L.L. Muravyov and etc. // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. - 1996. - T.30. -S.554- 559.

[5] Ladieva L. R. Research throughput of membrane in the membrane distillation /L. R. Ladieva, A. Zhulynskiy// Materials of the international Conference of Control «Automatics - 2002». – Donetsk. : 2002. – T1. – P. 218.

IMPROVEMENT OF DESIGNS OF DEEP SEA WELLS, TAKING INTO ACCOUNT RESULTS OF THE ACCIDENT ON MS-252 WELL IN THE GULF OF MEXICO

Meshcheryakov Y.V.

Student of Gubkin

Russian State University of Oil and Gas

Griguletsky V.G.

Professor of Gubkin Russian State

University of Oil and Gas, Doctor of Technical Sciences

Ivakin R.A.

Vice - President of JSC "Center TransNafta",

Candidate of Technical Sciences

ABSTRACT

In April, 2010 in the Gulf of Mexico (USA) there was an accident on a sea well of MS-252 in the form of uncontrollable emission of gas-oil mix, and then explosion and the fire on the Deepwater Horizon platform. This situation has shown that applied at sea drilling the modern equipment, materials and technologies haven't allowed to prevent accidents. For this reason it is necessary to raise safety requirements of construction of sea wells in connection with development of drilling operations on the shelf.

Keywords: oil and gas engineering, construction of wells, accident in the Gulf of Mexico, offshore fields.

It is possible to note that any accident, explosion, the fire on any well represents difficult process of the actions and the phenomena interconnected and mutually influencing at each other therefore it is impossible to claim about any one, main reason.

Accident on MS-252 well in the Gulf of Mexico represents result of the interconnected actions and the reasons, beginning from drawing up the Project on construction of wells of bad quality, violations of technology of fastening and receiving unsatisfactory results of cementation of upsetting pipes, and also violations of the rules of action by members of boring crew at emergence of oil and gas manifestations when drilling wells.

Actual (and design) the design of a well of MS-252 included the following upsetting columns.

"Direction" of a well, i.e. upsetting column from pipes with a diameter of 36 inches (914,4 mm), is established up to the depth of 5321 foot (1622 m) and cemented at all length.

"Conductor" of a well, i.e. an upsetting column from pipes with a diameter of 28 inches (711,2 mm), is established up to the depth of 6217 feet (1895 m) and cemented at all length.

The first technical column, i.e. upsetting column with a diameter of 22 inches (558,8 mm), is established up to the depth of 7937 feet (2419 m) and cemented at all length.

"Shaft", i.e. upsetting column of a certain length from pipes with a diameter of 18 inches (457,2 mm), is established in the range of 2734-2200 m and cemented partially approximately in the range of 2734 inches (2460 m).

Thus, the first shaft about 550 m long is cemented half and suspended on the special suspended device.

The second technical column, i.e. upsetting column from pipes with a diameter of 16 inches (406,4 mm), is established in the range of 3531-1544,4 m and cemented partially approximately in the range of 3531-2900 m with a suspension bracket at a depth of 1544,4 m.

"Shaft", i.e. upsetting column of a certain length from pipes with a diameter of 135/8 inches (346,0 mm), is established in the range of 4007-2900 m and cemented partially approximately in the range of 4007-3600 m.

Thus, the second shaft about 1100 m long is cemented on 400 m in the lower part and suspended on the special suspended device.

"Shaft", i.e. upsetting column of a certain length from pipes with a diameter of 117/8 inches (301,6 mm), is established in the range of 4603-3900 m and cemented partially approximately in the range of 4603-4200 m.

Thus, third shaft about 700 m long is cemented on 400 m in the lower part and suspended on the special suspended device.

"Shaft", i.e. upsetting column of a certain length from pipes with a diameter of 97/8 inches (250,8 mm), is established in the range of 5239-4500 m and cemented approximately in the range of 5239-4800 m.

From the presented well design (see fig. 1) the following is visible.

Water depth in the location of the Deepwater Horizon platform and MS-252 of 1544,4 m (5067 feet).

General depth of a well of MS-252 of 18 360 feet (5596 m).

She has the difficult design including 9 technical columns: the direction from pipes with a diameter of 36 inches (1), the conductor from pipes with a diameter of 28 inches (2), first technical column from pipes with a diameter of 22 inches (3), a shaft from pipes with a diameter of 18 inches (4), second technical column from pipes with a diameter of 16 inches (5), a shaft from pipes with a diameter of 135/8 inches (6), a shaft from pipes with a diameter of 117/8 inches (7), a shaft from pipes with a diameter of 97/8 inches (8) and an operational column (9) from pipes with a diameter of 7 inches below in the range of 5596-3800 m and pipes with a diameter of 11 inches from depth of 3800 m to the mouth.

Thus, design and actual design of a well MS-252 has four shafts. It is very bad for a prospecting well. Due to this fact of one of the main reasons of emergence of accident on a well of MS-252 the bad project on construction of a well is. The geological, technical and technological parameters put in the project need specification and adjustment.

In particular, it is necessary to exclude part of shafts from a well design.

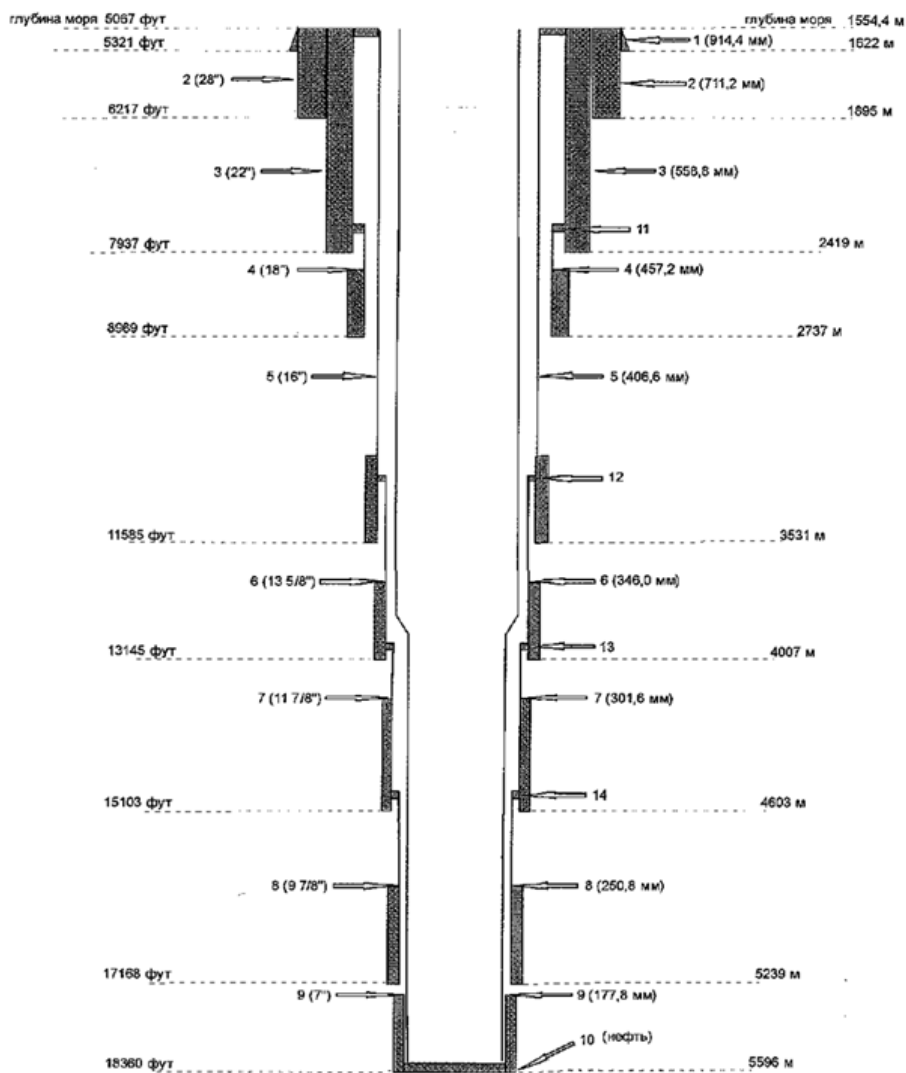


Fig. 1. Schematic diagram and actual design of a well of MS-252 (Gulf of Mexico). It is presented by the Halliburton company to the senate of the USA

As the first specific proposal directed to increase of safety of work of sea deep wells in the Gulf of Mexico it is possible to recommend more reliable design of a well (fig. 2).

The recommended design includes the following technical columns: the direction from upsetting pipes with a diameter of 36 inches (914,4 mm) established up to the depth of 1622 m and cemented at all length; the conductor from upsetting pipes with a diameter of 28 inches (711,2 mm) established up to the depth of 1895 m and cemented at all length; the first technical column from pipes with a diameter of 22 inches (558,8 mm) established up to the depth of 2419 m and cemented at all length; the shaft from pipes with a diameter of 18 inches (457,2 mm) established in the range of 2734-2200 m and cemented in the range of 2734-2460 m; the second technical column from pipes with a diameter of 135/8 inch (346,0 mm) established in the range of 4007-1544,4 m and cemented at all length (or

on a half of length); the shaft from pipes with a diameter of 97/8 inch (250,8 mm) established in the range of 5239-3900 m and cemented at all length; the operational column from pipes with a diameter of 11 inches (279,4 mm) established on depth of 18 360 feet (5596 m) and cemented at all length with the backpressure valve below.

Thus, the offered well design generally solves all technical and technological problems of a prospecting well of MS-252, but has more reliable design: instead of four shafts are used only two, but the first and second technical columns with a diameter of 22 inches and 135/8 inch are cemented at all length (the first column) and at all length or on a half (the second column).

In the lower shaft with a diameter of 97/8 inch the suspended collar for sealing of interpipe space is surely used and cementation at all length is surely carried out.

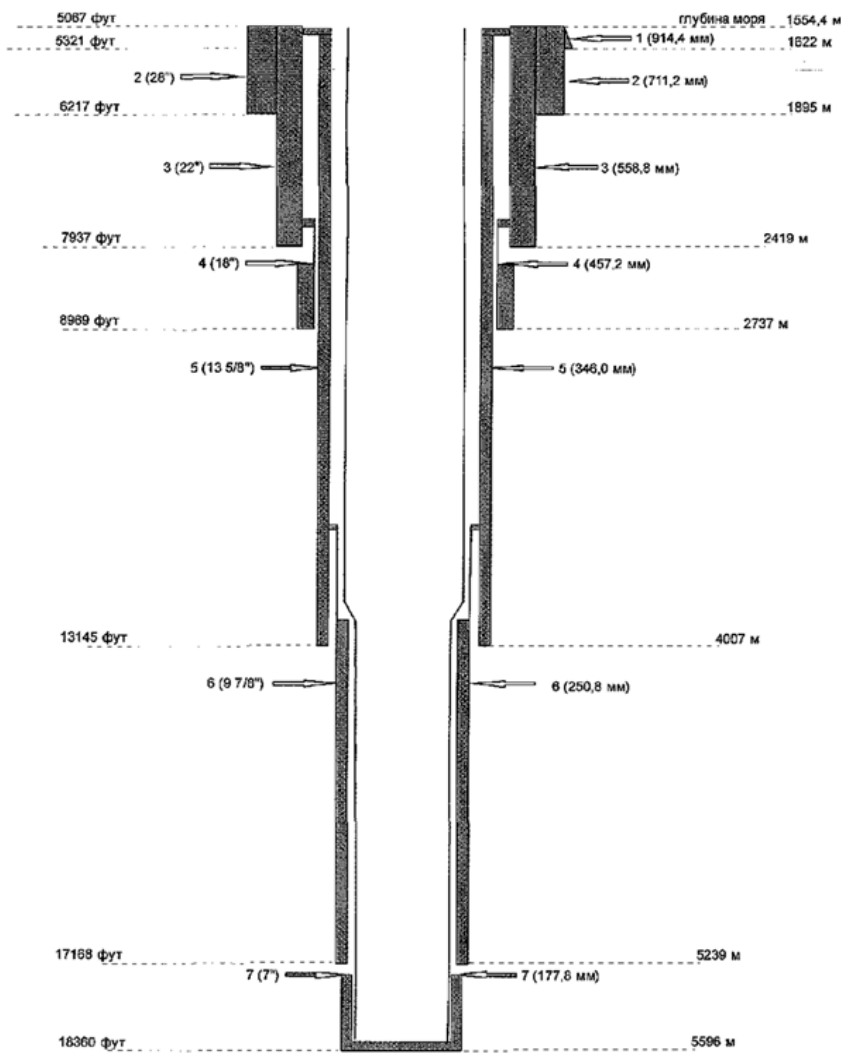


Fig. 2. The offered design for a well of MS-252 (Gulf of Mexico)

The offered design of a deep prospecting sea well can be specified, considering specific mining-and-geological conditions of drilling of an emergency well.

As the main recommendations submitted on prevention of similar accidents when drilling sea wells it is possible to offer the following actions.

1. To strengthen control and examination of the existing projects on drilling (construction) of wells at the sea as there are no regulations defining the requirement for safety of sea objects of oil and gas production now.

2. To carry out an assessment of technological efficiency and safety of the applied materials and technologies at cementation

of sea wells.

3. To raise safety requirements at test and work of the protivovybrosovy equipment applied when drilling sea wells.

4. To create international (Russia, the USA, Norway, England, Kazakhstan, Ukraine, Mexico, Iran, Brazil, Venezuela, Turkmenistan, Azerbaijan, etc.) scientific and technological center on environmental, technical, technological control and examination of projects of extraction of hydrocarbons at the sea with the main tasks to carry out certification of materials and technologies, training, preparation and retraining of personnel on safe conducting drilling operations on the shelf.

DEFINITION OF ELASTIC PROPERTIES OF FIRE HOSES OF TYPE "T" WITH A DIAMETER OF 51 MM UNDER TORSION

Larin A.N.

doctor of the sciences, professor

National university of civil protection of Ukraine

Chernobay G.A.

candidate of sciences, associate professor

National university of civil protection of Ukraine

Nazarenko S.Y.

doctoral student

National university of civil protection of Ukraine

Lipovoy V.A.

lecturer

National university of civil protection of Ukraine

ABSTRACT

It is found that mechanical properties, including torsional rigidity of a fire hose, determine its long-term safe operation. The paper contains results of experimental studies, namely the elasticity properties of the fire hose and torsional rigidity. Research was carried out at an internal pressures of 0.2 Mpa, 0.6 Mpa and 0.4Mpa in a hose that was provided by the compressor. Five loading cycles with two minute intervals were held. The loading was measured via dynamometer. Experimental fragment of the fire hose with an inner diameter of 51 mm and testing length of 0.985 m was set on a research facility and a series of tests were held. The results show material stabilization on the 3rd cycle of loading. Experimental results are presented graphically by curves. As a result of present work the torsional rigidity of the fire hose of type "T" with an inner diameter of 51 mm is determined. The obtained results will be used to estimate the residual life of the fire hose.

Key words: hose, pressurized fire hose, working pressure, experiment, rigidity, torsion, elasticity modulus

Formulation of the problem. Pressurized fire hoses are flexible pipelines used for submitting pressurized water and aqueous solutions of fire extinguishing agents, including foamers on a distance. Pressurized hoses, along with other fire equipment, is one of the main types of fire arms and their working state effects largely on the success of fires extinguishing. A high cost of fire hoses determines the appropriate amortization expenses operating hoses sector, which in most cases exceeds the cost of other types of fire equipment operating expenses. Thus measures aimed at determining the residual life of fire hoses, the possibility of repair, reliability and safety of subsequent operation greatly enhance the firefighting capability of fire departments and their operation economic efficiency.

Analysis of recent research and publications. The design of fire hoses, their sizes and characteristics, application areas, operating conditions and experimental methods listed in the corresponding regulations [1]. Analysis of literature related to the calculation methods of pressurized fire hoses showed that they are mostly concentrated on calculation of pressure losses in

the network [2-5]. The results of theoretical and experimental research of strength of bearing elements of the pressurized fire hoses, namely reinforcing frame that is fully perceiving the loading due to the presence of the internal hydraulic fluid pressure inside the hose are shown in [6-9].

Problem statement and its solution. Some features of fire hoses in a real-life operation that significantly affect their reliability especially during long periods of use generated the need to develop scientifically grounded method that allows to determine the residual life of a fire hose, the possibility and necessity of its repair and subsequent use. When carrying out preliminary theoretical and experimental work on the subject of the residual life of fire hoses necessity to determine their mechanical properties including torsional rigidity under static load appeared. To conduct the relevant experimental research work the research facility shown in Figure 1 was used. The facility was mounted in the laboratory of the department of engineering and rescue machinery of the National University of Civil Defence of Ukraine.

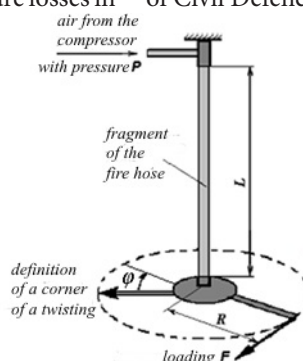


Figure 1 – Research facility with the mounted fragment of the fire hose

The experimental piece of fire hose of type “T” with internal diameter $d = 51$ mm, wall thickness $\delta = 1.5$ mm and test length $L = 0.985$ m was mounted vertically by relevant devices and a series of twisting tests relatively to the longitudinal axis on an angle φ with steps of 60° under the action of torque M_K , which is the product of the load force F (defined by dynamometer)

and length of the lever $R = 0.281$ m conducted.

The research was carried out at an internal pressure in a hose (P) $P_1 = 0.2$ MPa, $P_2 = 0.4$ MPa and $P_3 = 0.6$ MPa, which was provided by the compressor, with the five-fold repetition load (modes 1 - 5).

Experimental results at $P_1 = 0.2$ MPa are shown in table 1.

Table 1

Angle of twist φ , deg	Pressure in a hose, $P_1 = 0.2$ MPa			
	Torque M_K , Nm			
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Modes 4-5
0	0.00	-	-	-
60	1.82	-	-	-
120	2.65	-	-	-
180	3.69	0.00	-	-
240	5.10	2.92	0.00	-
300	6.56	4.63	2.98	0.00
360	7.94	6.23	4.25	3.34
420	9.59	7.72	6.06	4.80
480	11.0	9.37	7.66	6.04
540	12.1	11.3	9.37	7.58
600	-	14.3	12.1	9.57
660	-	-	14.8	13.3
720	-	-	16.6	15.9
780	-	-	-	17.5

The basic (1) mode of loading was conducted on an undeformed fragment of the fire hose. The maximum value of deformation was $\Delta\varphi_1^{max} = 540^\circ$ under the load $M_1^{max} = 12.1$ Nm. After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_1^{res} = 180^\circ$.

During the repeated loading (2), which was held in two minutes after the first, the maximum value of deformation was $\Delta\varphi_2^{max} = 420^\circ$ under the load $M_2^{max} = 14.3$ Nm. After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_2^{res} = 60^\circ$.

During the third loading (3), which was held in two minutes after the second, the maximum value of deformation

was $\Delta\varphi_3^{max} = 480^\circ$ under the load $M_3^{max} = 16.6$ Nm. After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_3^{res} = 60^\circ$. The numerical parameters of the following loading modes (4-5), that were conducted with the same two-minute intervals do not differ from one another allowing to average their values. The maximum value of deformation

was $\Delta\varphi_{4-5}^{max} = 480^\circ$ under the load $M_{4-5}^{max} = 17.5$ Nm. After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_{4-5}^{res} = 60^\circ$.

Diagrams corresponding to the experimental results under the internal pressure in a hose $P_1 = 0.2$ MPa are shown in Figure 2.

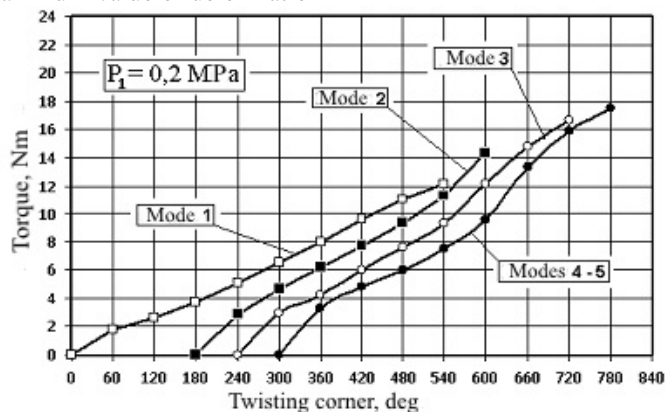


Figure 2 – Diagram of loads of the test fragment of fire hose under torsion (pressure in a hose $P_1 = 0.2$ MPa)

If we take a relationship between load and deformation of the fire hose fragment under torsion to be linear in first approximation, it's average rigidity can be defined:

- mode 1
$$\tilde{N}_1 = \frac{\dot{\varphi}_1^{max}}{\Delta\varphi_1^{max}} = \frac{2.1}{540} = 0.0224 \frac{N}{deg};$$

- mode 2
$$\tilde{N}_2 = \frac{\dot{\varphi}_2^{max}}{\Delta\varphi_2^{max}} = \frac{4.3}{420} = 0.0341 \frac{N}{deg};$$

- mode 3
$$\tilde{N}_3 = \frac{\dot{\varphi}_3^{max}}{\Delta\varphi_3^{max}} = \frac{6.6}{480} = 0.0346 \frac{N}{deg};$$

- modes 4-5
$$\tilde{N}_{4-5} = \frac{\dot{\varphi}_{4-5}^{max}}{\Delta\varphi_{4-5}^{max}} = \frac{7.5}{480} = 0.0365 \frac{N}{deg}.$$

The analysis of charts show that elasticity properties of the fragment under torsion firstly increases and during modes 2-5 are stabilized and become almost identical, which makes it possible to determine it's averaged rigidity under the pressure P1 = 0.2 MPa:

$$\tilde{N}_{ED1} = \frac{0.0341 + 0.0346 + 2 \cdot 0.0365}{4} = 0.0354 \frac{N}{deg} = 2.0 \frac{N}{rad}.$$

Experimental results at P2 = 0.4 MPa are shown in table 2.

Table 2

Angle of twist φ, deg	Pressure in a hose, P2 = 0.4 MPa			
	Torque Mk, Nm			
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Modes 4-5
0	0.00	-	-	-
60	3.50	-	-	-
120	4.82	0.00	-	-
180	6.49	4.25	0.00	0.00
240	8.28	6.62	4.77	5.33
300	10.0	8.19	6.37	6.89
360	13.2	10.7	7.99	8.93
420	15.3	13.3	11.7	11.5
480	18.2	17.6	16.0	15.1
540	-	20.1	19.5	18.8

The basic (1) mode of loading was conducted on an undeformed fragment of the fire hose. The maximum value of deformation was $\Delta\varphi_1^{max} = 480^\circ$ under the load $M_1^{max} = 18.2 Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_1^{res} = 120^\circ$.

During the repeated loading (2), which was held in two minutes after the first, the maximum value of deformation was $\Delta\varphi_2^{max} = 420^\circ$ under the load $M_2^{max} = 20.1 Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_2^{res} = 60^\circ$.

During the third loading (3), which was held in two minutes after the second, the maximum value of deformation

was $\Delta\varphi_3^{max} = 360^\circ$ under the load $M_3^{max} = 19.5 Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was almost absent, i.e. $\Delta\varphi_3^{rem} \cong 0^\circ$.

The numerical parameters of the following loading modes (4-5), that were conducted with the same two-minute intervals do not differ from one another allowing to average their values.

The maximum value of deformation was $\Delta\varphi_{4-5}^{max} = 360^\circ$ under the load $M_{4-5}^{max} = 18.8 Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was absent, i.e. $\Delta\varphi_{4-5}^{rem} = 0^\circ$.

Diagrams corresponding to the experimental results under the internal pressure in a hose P2 = 0.4 MPa are shown in Figure 3.

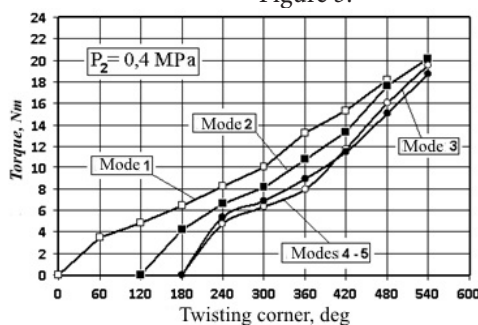


Figure 3 – Diagram of loads of the test fragment of fire hose under torsion (pressure in a hose P2 = 0.4 MPa)

If we take a relationship between load and deformation of the fire hose fragment under torsion to be linear in first approximation, it's average rigidity can be defined:

- mode 1
$$\tilde{N}_1 = \frac{\dot{I}_1^{max}}{\Delta\varphi_1^{max}} = \frac{8.2}{480} = 0.0379 \frac{Nm}{deg};$$

- mode 2
$$\tilde{N}_2 = \frac{\dot{I}_2^{max}}{\Delta\varphi_2^{max}} = \frac{0.1}{420} = 0.0479 \frac{Nm}{deg};$$

- mode 3
$$\tilde{N}_3 = \frac{\dot{I}_3^{max}}{\Delta\varphi_3^{max}} = \frac{0.5}{360} = 0.0542 \frac{Nm}{deg};$$

- modes 4-5
$$\tilde{N}_{4-5} = \frac{\dot{I}_{4-5}^{max}}{\Delta\varphi_{4-5}^{max}} = \frac{0.8}{360} = 0.0522 \frac{Nm}{deg}.$$

The analysis of charts show that elasticity properties of the fragment under torsion firstly increases and during modes 2-5 are stabilized and become almost identical, which makes it possible to determine it's averaged rigidity under the pressure

P2 = 0.4 MPa:

$$\tilde{N}_{ED2} = \frac{0.0479 + 0.0542 + 2 \cdot 0.0522}{4} = 0.0516 \frac{Nm}{deg} = 2.0 \frac{Nm}{rad}.$$

Experimental results at P3 = 0.6 MPa are shown in table 3.

Table 3

Angle of twist φ, deg	Pressure in a hose, P3 = 0.6 MPa			
	Torque Mκ, Nm			
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Modes 4-5
0	0.00	-	-	-
60	4.01	-	-	-
120	5.43	0.00	0.00	0.00
180	7.00	5.84	5.65	5.80
240	8.82	6.92	7.31	7.59
300	10.5	9.59	9.10	9.06
360	12.8	12.2	11.5	11.9
420	14.9	14.7	13.9	14.1
480	18.8	18.2	17.9	17.9
540	-	20.3	21.6	22.1

The basic (1) mode of loading was conducted on an undeformed fragment of the fire hose. The maximum value of deformation was $\Delta\varphi_1^{max} = 480^\circ$ under the load $M_1^{max}=18.8Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_1^{res} = 120^\circ$.

During the repeated loading (2), which was held in two minutes after the first, the maximum value of deformation was $\Delta\varphi_2^{max} = 420^\circ$ under the load $M_2^{max}=20.3Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was almost absent, i.e. $\Delta\varphi_2^{res} \cong 0$.

During the third loading (3), which was held in two minutes after the second, the maximum value of deformation

was $\Delta\varphi_3^{max} = 420^\circ$ under the load $M_3^{max}=21.6Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_3^{res} = 0$.

The numerical parameters of the following loading modes (4-5), that were conducted with the same two-minute intervals do not differ from one another allowing to average their values.

The maximum value of deformation was $\Delta\varphi_{4-5}^{max} = 420^\circ$ under the load $M_{4-5}^{max}=22.1Nm$ After unloading the residual deformation of the fragment was $\Delta\varphi_{4-5}^{rem} = 0$.

Diagrams corresponding to the experimental results under the internal pressure in a hose P3 = 0.6 MPa are shown in Figure 4.

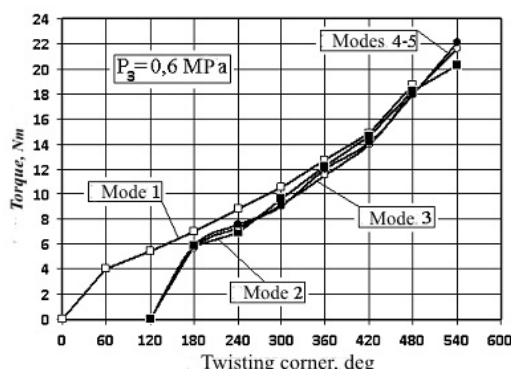


Figure 4 – Diagram of loads of the test fragment of fire hose under torsion (pressure in a hose P3 = 0.6 MPa)

If we take a relationship between load and deformation of the fire hose fragment under torsion to be linear in first approximation, it's average rigidity can be defined:

$$\begin{aligned}
 \text{- mode 1} \quad \tilde{N}_1 &= \frac{\dot{I}_1^{max}}{\Delta\varphi_1^{max}} = \frac{8.8}{480} = 0.0392 \frac{Nm}{deg}; \\
 \text{- mode 2} \quad \tilde{N}_2 &= \frac{\dot{I}_2^{max}}{\Delta\varphi_2^{max}} = \frac{10.3}{420} = 0.0483 \frac{Nm}{deg}; \\
 \text{- mode 3} \quad \tilde{N}_3 &= \frac{\dot{I}_3^{max}}{\Delta\varphi_3^{max}} = \frac{12.6}{420} = 0.0514 \frac{Nm}{deg}; \\
 \text{- modes 4-5} \quad \tilde{N}_{4-5} &= \frac{\dot{I}_{4-5}^{max}}{\Delta\varphi_{4-5}^{max}} = \frac{21}{420} = 0.0526 \frac{Nm}{deg};
 \end{aligned}$$

The analysis of charts show that elasticity properties of the fragment under torsion firstly increases and during modes 2-5 are stabilized and become almost identical, which makes it possible to determine it's averaged rigidity under the pressure P3 = 0.6 MPa:

$$\tilde{N}_{B3} = \frac{0.0483 + 0.0514 + 2 \cdot 0.0526}{4} = 0.0512 \frac{Nm}{deg} = 2.9 \frac{Nm}{rad}.$$

For further research it is useful to define the elasticity modulus () of the fire hose under torsion:

$$k^B = \tilde{N}_B \frac{L}{I_p},$$

where IP – the polar moment of inertia of the hose defined in first approximation:

$$I_p = \frac{\pi((d+2\dot{a})^4 - d^4)}{32} = \frac{\pi((51+2 \cdot 1.5)^4 - 51^4)}{32} = 171 \cdot 10^{-8} m^4 = 0.171 \cdot 10^{-6} m^4.$$

The elasticity modulus of the hose under torsion corresponding to the internal pressure is:

$$\begin{aligned}
 \text{- P1} &= 0.2 \text{ MPa}; \\
 k_1^B &= \tilde{N}_{ED1} \frac{L}{I_p} = 2.9 \frac{0.985}{0.171 \cdot 10^{-6}} = 1.7 \cdot 10^6 R = 1.7 \text{ MPa}; \\
 \text{- P2} &= 0.4 \text{ MPa}; \\
 k_2^B &= \tilde{N}_{ED2} \frac{L}{I_p} = 2.9 \frac{0.985}{0.171 \cdot 10^{-6}} = 1.7 \cdot 10^6 R = 1.7 \text{ MPa}; \\
 \text{- P3} &= 0.6 \text{ MPa}; \\
 k_3^B &= \tilde{N}_{ED3} \frac{L}{I_p} = 2.9 \frac{0.985}{0.171 \cdot 10^{-6}} = 1.7 \cdot 10^6 R = 1.7 \text{ MPa}.
 \end{aligned}$$

Conclusions. Definition of elasticity properties of fire hoses of type "T" with internal diameter of 51 mm under static torsion load is carried out for upcoming theoretical and experimental studies of the residual life of fire hoses.

The results of investigation show an increase in fire hose

rigidity under torsion after a few (1-2) cycles of «loading - unloading», after which the elasticity properties are stabilized.

With the increase of an internal pressure in a hose it's elasticity modulus under torsion initially increases and then stabilizes at $k^B \approx 1.7 \text{ MPa}$.

A significant change of elasticity properties of the fire hose within the initial cycles of «loading - unloading» and their stabilization during further tests significantly reduced which together with a decrease of residual deformations brings the behavior of a hose material under torsion close to elastic one.

Change of material properties of the fire hose during successive deformational cycles of «loading - unloading» is reversed, intervals between deformational cycles result in a partial recovery of mechanical properties, bringing them to their original values.

LITERATURE

1. Pozhezchna tekhnika. Rukava pozhezchni napirni. Zahal'ni tekhnichni umovy. DSTU 3810-98. [Chynnyy vid 2005-05-01]. — K. : Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 1998. — XII, 38 p. — (Natsional'nyy standart Ukrayiny).
2. Bezborod'ko, M.D. Pozharnaya tekhnika / M.D. Bezborod'ko, P.P. Alekseev, B.A. Maksymov, H.I. Novykov – M., 1979. – 435 p.
3. Ivanov, E.N. Protyvopozharnoe vodosnabzhenye / E.N. Ivanov – M., 1986. – 315p.
4. Kachalov, A.A. Protyvopozharnoe vodosnabzhenye / A.A. Kachalov, Yu.P. Vorotyntsev, A.B. Vlasov – M., 1985. – 286 p.
5. Shcherbyna, Y.Y. Osnovy protyvopozharnoy tekhniky / Y.Y. Shcherbyna – Kyev, 1977. – 234 p.
6. Byderman, V.L. Mekhanyka tonkostennykh konstruktsyy. Statyka. / V.L. Byderman – M. «Mashynostroenye», 1977. – 488 p.
7. Svetlytskyy, V.A. Mekhanyka truboprovodov y shlanhov / V.A. Svetlytskyy. – M.: Mashynostroenye, 1982. – 280 p.
8. Motoryn, L.B. Matematycheskaya model' dlya prochnostnoho rascheta napornykh pozharnykh rukavov pry hydravlycheskom vozdeystvyy / L.V. Motoryn, O.S. Stepanov, E.V. Bratolyubova // Izv. vuzov. Tekhnolohyya tekst. prom–sty. 2010. – №8 – pp. 103 – 109.
9. Motoryn, L.V. Uproshchennaya matematycheskaya model' dlya prochnostnoho rascheta napornykh pozharnykh rukavov pry hydravlycheskom vozdeystvyy / L.V. Motoryn, O.S. Stepanov, E.V. Bratolyubova // Izv. vuzov. Tekhnolohyya tekst. prom–sty. –2011. –№.1 – pp. 126 – 133.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АЛГОРИТМОВ ПО ОБРАБОТКЕ БИОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Мазакова Б.М.¹, Нурбекова А.Х.², Найзагараева А.А.³
магистр экономики¹, магистр технических наук²,
магистр технических наук³, Казахский агротехнический
университет им. С.Сейфуллина,
Республика Казахстан, г.Астана

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEMS FOR PROCESSING ALGORITHMS BIO SEQUENCE

Mazakova B.M.¹, Nurbekova A.K.², Nayzagaraeva A.A.³ Master of Economics, Master of Technical Sciences, Master of Engineering
Kazakh Agrotechnical University. S.Seifullin, The Republic of Kazakhstan, Astana

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассматривается задача поиска гомологов нуклеотидных последовательностей, результатом которой является построение упорядоченного по степени схожести с запросом списка последовательностей. Впоследствии этот список может использоваться генетиками для определения степени родства организмов. Само решение поставленной задачи сводится к поиску оптимального выравнивания. Иными словами, нужно найти такие участки в сравниваемых последовательностях и такое преобразование, что они давали бы максимальный вес по схожести. Итогом данной работы является программный продукт с пользовательским графическим интерфейсом, реализующий поиск гомологов и вывод соответствующих результатов.

ABSTRACT

In this paper we consider the problem of searching for homologs of the nucleotide sequences, the result of which is the construction ordered by the degree of similarity to the query sequence listing. Subsequently, this list can be used by geneticists to determine the degree of relatedness of organisms. The very solution of the problem reduces to finding the optimal alignment. In other words, it is necessary to find such areas in the compared sequences, and this transformation, they would give the maximum weight on the similarity. The result of this work is the software with graphical user interface that implements the search for homologues and output the corresponding results.

Ключевые слова: нуклеотидные последовательности, гомологи, выравнивание, биоинформатика, алгоритм Сми-та-Ватермана.

Key words: Nucleotide sequence homologs, alignment, bioinformatics, Smith-Waterman algorithm.

В современном мире существует множество классов задач, которые требуют большого количества, как вычислительных ресурсов, так и ресурсов памяти. Один из таких классов составляют задачи биоинформатики. В настоящее время под биоинформатикой понимают математические методы компьютерного анализа биологических последовательностей и разработку алгоритмов и программ предсказания пространственной структуры белков[2]. Использование современных, даже самых мощных однопроцессорных систем, не всегда позволяет не то что решить ряд из этих задач за приемлемое время, а даже достичь конечного решения. В качестве примера можно привести задачу создания молекулярных интерфейсов, заключающуюся в организации взаимодействия соединений, не взаимодействующих в природе, моделирование решения которой в 6 позициях (не очень много по меркам задачи) занимает более двух суток счета[2], или задачу генерирования белков с заданными свойствами, на сегодняшний день рекордная длина составляет 200-300 аминокислотных остатков, при том что, к примеру, в молекуле гемоглобина их содержится более 64000[3]. Единственный способ разрешения трудностей такого рода – это распараллеливание вычислений. В связи с этим для решения вычислительно-сложных задач биоинформатики применяются кластерные вычислительные системы. Рассматриваемые задачи обработки биопоследовательностей: поиск гомологов нуклеотидных последовательностей, создание молекулярных интерфейсов, множественное выравнивание – имеют высокую временную сложность, что делает

актуальным создание сервиса по их решению на вычислительных кластерах.

Необходимо отметить важность создания системы унифицированного запуска заданий посредством веб-интерфейса: поскольку конечными пользователями программного продукта предполагаются не специалисты в области организации распределенных вычислений, а биологи, которые могут быть не знакомы с деталями интерфейса системы управления заданиями в конкретной многопроцессорной системе, а также технологиями работы в окружении UNIX, на первый план выходит разработка простого и понятного для специалиста в молекулярной биологии веб-интерфейса для постановки задач на счет с отслеживанием её состояния и, при необходимости, прекращения её работы.

Биоинформатика сегодня подразумевает создание и совершенствование баз данных, алгоритмов, вычислительных и статистических методов и теории для решения практических и теоретических проблем, возникающих при управлении и анализе биологических данных.

Для удобства дальнейшего рассмотрения введем несколько определений.

Формализация задачи сравнения последовательностей: найти минимальное редакционное расстояние и набор преобразований, его реализующий.

Центральным понятием для данной задачи является выравнивание.

Выравнивание последовательностей – биоинформатический метод, основанный на размещении двух или бо-

лее последовательностей мономеров ДНК, РНК или белков друг под другом таким образом, чтобы легко увидеть сходные участки в этих последовательностях. Сходство первичных структур двух молекул может отражать их функциональные, структурные или эволюционные взаимосвязи [2]. В большинстве представлений результата выравнивания, последовательности располагаются в строках матрицы таким образом, что совпадающие элементы (нуклеотиды или аминокислоты) находятся один под другим (в одной колонке). «Разрывы» заменяются знаком «-», или ячейка остается пустой. Алгоритмы поиска применяются для поиска в больших базах данных последовательностей, схожих с некоей заданной последовательностью по указанным критериям. Наиболее известные программы: BLAST и FASTA3х.

Глобальное выравнивание предполагает, что последовательности гомологичны по всей длине. В глобальное выравнивание включаются обе входные последовательности целиком.

Глобальное выравнивание Алгоритм Нидлмана-Вунша – это алгоритм для выполнения выравнивания двух последовательностей (будем называть их А и В), который используется в биоинформатике при построении выравниваний аминокислотных или нуклеотидных последовательностей. Алгоритм был предложен в 1970 году Солом Нидлманом и Кристианом Вуншем [3]. Алгоритм Нидлмана-Вунша является примером динамического программирования, и он оказался первым примером приложения динамического программирования к сравнению биологических последовательностей. Соответствие выровненных символов задается матрицей похожести. Здесь S (a, b) – похоть символов a и b. Также используется линейный штраф за разрыв, называемый здесь d. Например, если матрица похости задается таблицей:

-	A	G	C	T
A	10	-1	-3	-4
G	-1	7	-5	-3
C	-3	-5	9	0
T	-4	-3	0	8,

то выравнивание

A G A C T A G T T A C (3.1)

C G A - - - G A C G T (3.2)

со штрафом за разрыв d = -5 будет иметь следующую оценку:

$$S(A,C) + S(G,G) + S(A,A) + 3 \times d + S(G,G) + S(T,A) + S(T,C) + S(A,G) + S(C,T) = -3 + 7 + 10 - (3 \times 5) + 7 - 4 + 0 - 1 + 0 = 1.$$

Для нахождения выравнивания с наивысшей оценкой назначается матрица F, содержащая столько же строк, сколько символов в последовательности А, и столько же столбцов, сколько символов в последовательности В. Запись в строке i и столбце j обозначается далее как Fij. Таким образом, если мы выравниваем последовательности размеров n и m, то количество требуемой памяти будет O(nm). В процессе работы алгоритма величина Fij будет принимать значения оптимальной оценки для выравнивания первых i = 0, ..., n символов в А и первых j = 0, ..., m символов в В. Тогда принцип оптимальности Беллмана

может быть сформулирован следующим образом:

$$\text{Базис: } F_{0j} = d \cdot j \quad (3.4), \quad F_{i0} = d \cdot i \quad (3.5)$$

Рекурсия, основанная на принципе оптимальности:

$$F_{ij} = \max(F_{i-1, j-1} + S(A_i, B_j), F_{i, j-1} + d, F_{i-1, j} + d).$$

Когда матрица F рассчитана, её элемент Fij дает максимальную оценку среди всех возможных выравниваний. Для вычисления самого выравнивания, которое получило такую оценку, нужно начать с правой нижней клетки и сравнивать значения в ней с тремя возможными источниками (соответствие, вставка или делеция), чтобы увидеть, откуда оно появилось. В случае соответствия Ai и Bj выровнены, в случае делеции Ai выровнено с разрывом, а в случае вставки с разрывом выровнено уже Bj. (В общем случае может быть более одного варианта с одинаковым значением, которые приведут к альтернативным оптимальным выравниваниям.)

Алгоритм Смита-Ватермана предназначен для получения локального выравнивания последовательностей, то есть для выявления сходных участков двух нуклеотидных или белковых последовательностей. В отличие от алгоритма Нидлмана-Вунша, который осуществляет выравнивание последовательностей по всей длине, алгоритм Смита-Ватермана сравнивает отрезки всех возможных длин и оптимизирует меру сходства по всем отрезкам и всем выравниваниям этих отрезков. Алгоритм был предложен Т.Ф. Смитом и М. Ватерманом в 1981 [3]. Подобно алгоритму Нидлмана-Вунша, алгоритм Смита-Ватермана использует принцип динамического программирования. Он гарантирует нахождение оптимального, относительно используемой им меры оценки качества, локального выравнивания. Эта мера оценки – так называемый вес или счёт (Score) выравнивания, предусматривающий использование матрицы замен и штрафов за «гэпы» (то есть вставки и делеции). Так, в примере (3.1) оптимальным будет выравнивание:

GA

GA,

а соответствующая ему оценка

$$S(G,G) + S(A,A) = 7 + 10 = 17.$$

Как и в алгоритме Нидлмана-Вунша, здесь строится матрица F по правилу (3.3), где рекурсия имеет вид:

$$F_{ij} = \max(F_{i-1, j-1} + S(A_i, B_j), F_{i, j-1} + d, F_{i-1, j} + d, 0).$$

Точка конца пути, с которой начинается построение выравнивания, определяется так:

$$(i_{\max}, j_{\max}) = \operatorname{argmax} F_{ij}.$$

Процесс построения выравнивания заканчивается, когда у текущего элемента Fij не останется положительных предшественников.

Псевдо-код для данного алгоритма будет выглядеть следующим образом:

AlignmentA = ""

AlignmentB = ""

i = length(A)

j = length(B)

while (i > 0 and j > 0){

Score = F(i,j)

ScoreDiag = F(i - 1, j - 1)

ScoreUp = F(i, j - 1)

ScoreLeft = F(i - 1, j)

```

if (Score == ScoreDiag + S(Ai, Bj)) {
    AlignmentA = A(i) + AlignmentA
    AlignmentB = B(j) + AlignmentB
    i = i - 1
    j = j - 1
}
else if (Score == ScoreLeft + d) {
    AlignmentA = A(i) + AlignmentA
    AlignmentB = "-" + AlignmentB
    i = i - 1
}
else if (Score == ScoreUp + d) {
    AlignmentA = "-" + AlignmentA
    AlignmentB = B(j) + AlignmentB
    j = j - 1
}
}
}
while (i > 0){
    AlignmentA = A(i) + AlignmentA
    AlignmentB = "-" + AlignmentB
    i = i - 1
}
while (j > 0){
    AlignmentA = "-" + AlignmentA
    AlignmentB = B(j) + AlignmentB
    j = j - 1
}

```

}

Список использованной литературы

1. Дурбин Р., Эдди Ш., Крэг А., Митчисон Г. \emph{Анализ биологических последовательностей.}---- М.--- Ижевск: НИЦ <<Регулярная и хаотичная динамика>>, 2006.---- 480~с.
2. Бородовский М., Екишева С. \emph{Задачи и решения по анализу биологических последовательностей.}---- М.--- Ижевск: НИЦ <<Регулярная и хаотичная динамика>>, 2008.---- 420~с.
3. BLAST: Basic Local Alignment Search Tool [электронный ресурс] <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>
4. The NCBI C++ Toolkit Book [электронный ресурс], дата обращения 20.03.2013 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK7160/>
5. T.K. Attwood, A. Gisel, N-E. Eriksson and E. Bongcam-Rudloff (2011). Concepts, Historical Milestones and the Central Place of Bioinformatics in Modern Biology: A European Perspective, Bioinformatics - Trends and Methodologies, Dr. Mahmood A. Mahdavi (Ed.), ISBN: 978-953-307-282-1, InTech, DOI: 10.5772/23535.

УПРАВЛЕНИЕ ФАЛЬСИФИКАЦИЕЙ ПРИ СБОРЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Невзорова Наталья Александровна

Аспирантка,

Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана

LINGUISTIC PECULIARITIES OF THE DESCRIPTION OF SPANISH CITIES BASED ON GUIDE-BOOKS

Nevzorova N.A. PhD student, Bauman Moscow State Technical University

АННОТАЦИЯ

В статье предложен способ контроля фальсификации статистических данных, производимой на этапе их сбора. Предложена универсальная модель, единственным ограничением которой является большое количество наблюдений. Объектом анализа являются собранные при опросе данные в два последовательных момента времени. Приведены результаты проведённого на практике эксперимента.

ABSTRACT

A method for controlling falsification of statistics made at the stage of data collection is suggested. A universal model is suggested, the only restriction being a large number of observations. The object of the analysis are statistics collected in the survey during two successive periods of time. The results of the experiment conducted in practice are presented.

Ключевые слова: статистические данные; анализ временных рядов; фальсификация данных.

Key words: statistical data; time series analysis; falsification of data.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

При обработке статистических данных невозможно получить «истинное» значение исследуемой величины, поэтому необходимо дать её достоверную оценку. Это, как правило, обусловлено объективными причинами – высокой стоимостью сплошного контроля и большими материальными и трудовыми затратами на его осуществление.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В случае мануального сбора данных (например, при переписи населения) нередки случаи их фальсификации. Например, в статье [1] И.И. Белобородов ссылается на результаты опроса, проведённого медиа-холдингом РБК: «в

последней [на момент написания указанной статьи – 2010 г.] переписи населения не принимали участия более 53% читателей». Эти данные подтверждаются результатами опросов, проведённых Левада-центром, ВЦИОМ и порталом SuperJob. В данном случае, по мнению И.И. Белобородова, фальсификация производилась на уровне региональных правительств: «значительную долю из них [переписчиков] составляли студенты, от которых нередко звучали жалобы о [...] навязываемых «сверху» действиях по фальсификации переписных данных».

Некоторый вклад в искажение реальной картины внесли также и сами респонденты. В указанной статье говорится, что «как оказалось, далеко не все, кого все-таки удалось

опросить в рамках переписи, были до конца откровенны». Однако влияние этого фактора пренебрежимо мало по сравнению с влиянием фактического «неопроса» респондентов. Кроме этого, данная работа не предназначена для разработки способа повлиять на респондентов.

С подобной ситуацией можно столкнуться, как отмечалось выше, по многих областях общественной жизни. Особенно это характерно для ситуаций, когда данные должны быть собраны людьми путём опроса. В частности, возможны следующие ситуации:

респонденты по различным причинам не желают принимать участие в опросе, и данные «дописываются» интервьюерами для сохранения объёма выборки;

интервьюеры не проводят опрос, а полностью фальсифицируют данные.

ВЫДЕЛЕНИЕ НЕРЕШЁННЫХ РАННЕЕ ЧАСТЕЙ ОБЩЕЙ ПРОБЛЕМЫ

Решение данной проблемы крайне важно для любого предприятия, работающего со статистическими данными, собранными вручную. Наиболее предпочтительным решением было бы создание универсальной модели, описывающей поведение интервьюера при проведении опроса. Для каждой конкретной области применения можно, в случае необходимости, воспользоваться корректирующими коэффициентами. После обработки результатов анализа, необходимо обеспечить более высокое качество сбора данных с помощью таких методов, как, например, проведение обучения сотрудников. Выбор конкретных методов зависит от отраслевой принадлежности предприятия.

Для технической возможности применить данный инструментарий, необходимо обеспечить выявление ограниченного списка «подозрительных» случаев и его последующей сплошной перепроверки. Можно ожидать, что для части этого списка данные окажутся собранными недобросовестно.

К сожалению, в настоящее время данная проблема не исследуется широко как в отечественной, так и в мировой практике. Это связано, как правило, с тем, что собранные статистические данные не могут быть опубликованы. Таким образом, не предлагается не только универсальных, но и отраслевых инструментов контроля качества собранных данных.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЦЕЛЕЙ СТАТЬИ

Целью данной статьи является создание универсальной модели распределения случайных (в контексте статистических исследований) величин, которую можно было бы применять при анализе статистических данных.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для выявления случаев фальсификации данных можно

воспользоваться средствами математической статистики. Применимость такого подхода связана с большим количеством наблюдений за исследуемой величиной, вследствие чего могут быть построены математические модели, описывающие её поведение. С помощью этих моделей можно рассчитать вероятность того, что данные являются фальсифицированными, на основе всего массива собранных данных.

Разброс случайных величин можно описать следующим образом.

Предположим, что исследуемая величина в предыдущий момент измерения приняла значение S_1 , а в текущий – S_2 . Обозначим $S=S_1+S_2$.

Тогда условная вероятность $p_Y(S)$ наступления S_1 при заданном S будет подчиняться биномиальному распределению и примет вид (1):

$$p_Y(S) = \binom{S}{S_1} p^{S_1} (1-p)^{S_2} = \frac{S!}{S_1! S_2!} p^{S_1} (1-p)^{S_2} \quad (1)$$

При этом величина p изменяется от одной к другой случайной величины в соответствии с бета-распределением (2):

$$f_Y(p) = \frac{1}{B(a,b)} p^{a-1} (1-p)^{b-1} \quad (2),$$

где $a, b > 0$ – произвольные фиксированные параметры, и

$$B(a,b) = \int_0^1 p^{a-1} (1-p)^{b-1} dp \text{ – бета-функция.}$$

Критерием «разброса» для рассматриваемого массива статистических данных является относительная вероятность бета-распределения. При слишком низком значении этой величины разброс собранных статистических данных слишком велик и можно подозревать недобросовестность при сборе информации; при слишком высоком – данные слишком «гладкие» и можно предположить, что данные были «дописаны». Приемлемые границы в каждом конкретном случае устанавливаются экспериментально.

Эксперимент проводился на основе определённого количества временных рядов статистических данных за два момента времени. В качестве предмета исследования в данном случае была выбрана динамика объёма закупок в точках розничной торговли в России за июнь-июль 2015 года.

Гистограмма распределения количества наблюдений показана на Рис. 1. зелёным цветом показаны данные, «подозрительность» которых не подтвердилась («данные подтверждены»); оранжевым – данные, поведение которых имеет логическое объяснение и может быть признано не «подозрительным» («предоставлен комментарий»); и красным – фальсифицированные данные («выявлена ошибка»).

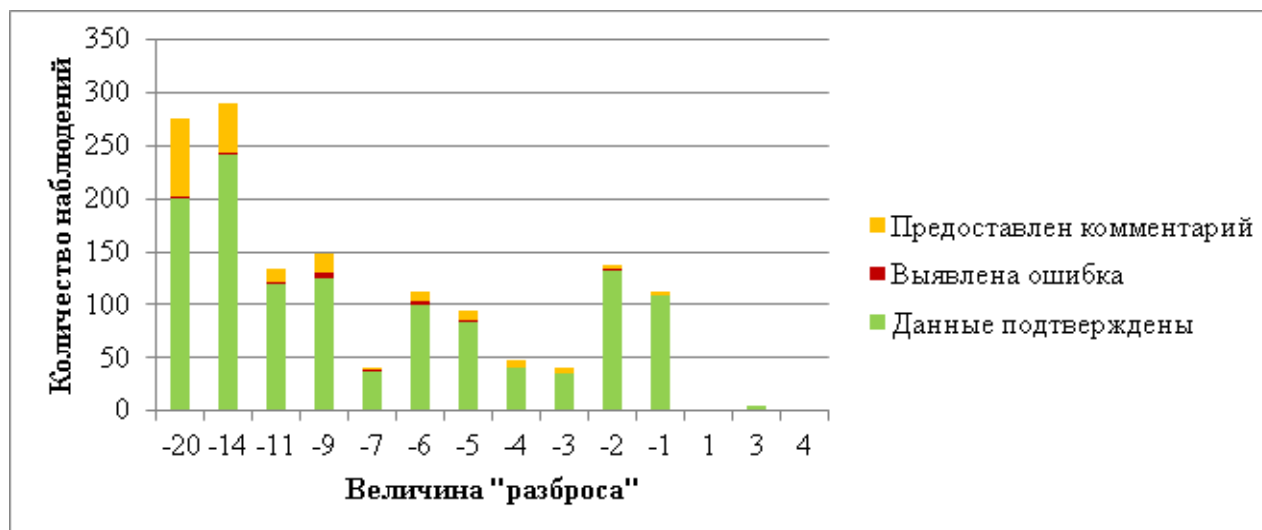


Рисунок 1 – Распределение количества наблюдений в зависимости от значения величины «разброса»

Из 40800 наблюдений рассматриваемой величины 1440 были выявлены как «подозрительные» и перепроверены. В 17 случаях данные оказались фальсифицированными. В таблице 1 приведены мера «разброса» для этих случа-

ев, данные, выявленные как «подозрительные», перепроверенные данные и количество наблюдений с указанным результатом.

Таблица 1

Детализация фальсифицированных данных

Мера «разброса»	Данные, отправленные на проверку	Перепроверенные данные	Количество наблюдений
-20	3	2	1
-14	4	1	1
-14	4	2	1
-11	4	2	1
-11	4	5	1
-9	6	5	2
-9	6	10	2
-9	6	12	1
-7	5	2	1
-6	4	3	2
-6	7	5	1
-5	8	6	1
-5	10	20	1
-2	20	10	1

По результатам проведённого анализа, для интервьюеров, допустивших ошибки при сборе данных, было проведено дополнительное обучение. Кроме этого, такие интервьюеры подвергаются дополнительному контролю в следующем периоде сбора данных. В случае, если в течение трёх последовательных периодов интервьюер продолжает допускать ошибки, ставится вопрос о его профессиональной пригодности.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как и предполагалось при постановке задачи, создана универсальная модель, которую можно применять в различных областях. Единственным ограничением является количество наблюдений – оно должно быть достаточно

большим. Минимально допустимый для анализа объём выборки должен определяться в каждом конкретном случае индивидуально. Объектом анализа являются собранные при опросе данные в два последовательных момента времени. При необходимости можно изменять объём списка «подозрительных» случаев – это зависит от технической и физической возможности перепроверки.

Данная модель была успешно применена на практике. Она демонстрирует хорошие результаты при достаточно большом количестве наблюдений.

Также продемонстрирован пример практического контроля качества работы персонала, показавший на практике свою эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Математическая статистика: Учеб. для вузов / В.Б. Горянов, И.В. Павлов, Г.М. Цветкова и др.; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 424 с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XVII).
2. Белобородов И.И. (2014). Всероссийская перепись населения: искажение этнической реальности. – [Научный интернет-журнал «Семья и демографические исследования»]. Режим доступа: <http://riss.ru/demography/demography-science-journal/5271/>, доступ свободный. Яз.

рус. (дата обращения: 01.12.2015).

3. SuperJob. «Участие в переписи населения приняли 80% экономически активных россиян». URL: <http://www.superjob.ru/community/life/50341/>
4. РБК. «Более 53% читателей РБК не приняли участие в переписи». URL: http://www.rbc.ru/yourchoice/voters/2010_20101026.shtml

УКРАИНА – ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ МОРСКИХ СУДОВ

Пизинцали Людмила Викторовна

*кандидат технических наук, доцент кафедры судоремонта,
Одесский национальный морской университет*

UKRAINE – PROBLEMS OF UTILIZATION OF MARINE SHIPS

Pizintsali L.V. Ph.D., Associate Professor Odessa National Maritime University

АННОТАЦИЯ

В статье проведен анализ состояния законодательного, организационного и технологического уровней утилизации судов в Украине; определены перспективы развития утилизационного предприятия на базе имеющихся судостроительных и судоремонтных заводов юга Украины

ABSTRACT

The article analyzes the state of the legislative, organizational and technological levels of ship recycling in Ukraine; The prospects of development of the recycling facility on the basis of the existing shipbuilding and ship-repair factories of the south of Ukraine

Ключевые слова: Украина, разделка и утилизация судов, проблемы утилизации судов, судно, судоремонтный завод, методы резки

Key words: Ukraine, cutting and recycling of ships, the problem of disposing of ships, ship, shipyard, cutting techniques

Постановка проблемы. Срок эксплуатации большинства судов от создания до утилизации составляет 20 – 25 лет. Исследования, проведенные в 2001 году Международной морской организацией, показали возрастающее число аварий старых судов, остающихся в эксплуатации. Кроме того, экономический эффект по мере «старения» судов снижается с каждым годом их эксплуатации. Равномерный вывод из эксплуатации «старых» судов и их замена новыми соответственно является естественным коммерческим процессом, направленным на повышение эксплуатационной эффективности, снижение уровня морского риска и как следствие – повышение безопасности мореплавания. С каждым годом, вопрос утилизации судов становится все острее и острее. Разработка организационно-правовых и экономико-технологических механизмов утилизации судов на основе методологических принципов управления проектами, по нашему мнению является актуальным и необходимым.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблема утилизации различного типа судов и кораблей в Украине не была решена в XX ст., и еще более обостренной перешла в XXI ст. Безусловно, что основной причиной этого является нестабильное как политическое, так и тяжелое экономическое положение в стране. Кроме того, переработка судов на металлолом сегодня в Украине (и не только) является малоприбыльным, а иногда и убыточным бизнесом [1, с. 52].

Причиной убыточности этого бизнеса является ряд вопросов, которые до сегодняшнего времени не решены и

частично определены в работе [2, с. 122]:

- отсутствие четких законов, которые бы стимулировали развитие утилизационного бизнеса;
- неоправданное вмешательство государства в дела бизнеса;
- отсутствие содействия утилизации судов на государственном уровне;
- высокая стоимость одной тонны судового лома, обусловленная как организационными вопросами, так и низким уровнем механизации, и т.д. К примеру, по данным Baltik Demolition Assessment цены на судовую лом в основных регионах разделки в мае 2010 г. составили: в Индии и Бангладеш – \$354– 403 за 1 т, в Китае – \$340 – 373 за 1 т. Большие цифры по данным относятся к более крупным судам, например танкерам с водоизмещением от 15 тыс. т [3]. В 2011-2012 годах судоразделочные верфи Индии покупали балкера по цене в районе \$465 за 1 т, Пакистане – \$460 за 1 т, Бангладеш – 450 долларов США за 1 т и Китая – \$429 за 1 т, Турции – \$340 –350 за 1 т. За счет отсутствия необходимости подачи судов в Индию или Китая через дорогостоящий проход Суэцкого канала и риска пиратских захватов, активность турецких судоразделочных верфей увеличилась, несмотря на незначительный разрыв цен других стран, составляющий \$80 – 130 за 1 т. Также этому способствуют ближневосточные и европейские коастеры, дедвейт которых 4000 – 8000 тонн.

(Известно, что в январе 2010 года украинский теплоход «Борис Бабочкин» был продан на металлолом в Индию по цене \$380 за 1 т. Сумма сделки составила около \$2,63 млн

[4]).

К выше сказанному, хочется добавить:

- отсутствие обновления производственной базы судостроительных и судоремонтных заводов (СРЗ);
- малоинтенсивный поиск в создании новых отечественных технологий в сфере судовой утилизации;
- отсутствует техническое перевооружение исследовательских, испытательных комплексов и стендов для формирования научно-технического задела по перспективному развитию бизнеса по утилизации судов;
- отсутствие научно-исследовательского центра утилизации различного вида отходов, в том числе и судов.

Тем не менее, вопросами разделки и утилизации судов занимались: В.А. Войнов, М.Е. Данченко, Ю.А.Коганер, В.С. Козлов, В.Н. Перов, В.О. Муктепавел и др.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Значительную проблему при утилизации судов на утилизационном предприятии (УП) представляет собой экологическая безопасность разделки судов на металлолом: возможны санкции со стороны государства за выбросы вредных веществ в атмосферу, загрязнение речных и морских вод не вдохновляют предпринимателей вкладывать значительные суммы денег в это производство. Поэтому решение этой проблемы необходимо искать на законодательном, организационно-технологическом и экологическом уровнях [2, с. 122].

Цель исследования состоит в проведении анализа состояния законодательного, организационного и технологического уровней утилизации судов в Украине.

Изложение основного материала. Министерство инфраструктуры Украины определило главные цели, принципы и приоритеты развития транспортной системы Украины на период до 2020 года. Ключевой для отрасли документ – Транспортную стратегию до 2020 года утвердил Кабинет Министров Украины 20 октября 2010 года.

Транспортная стратегия охватывает железнодорожный, автомобильный, морской и речной, авиационный транспорт и городской пассажирский транспорт общего пользования. Она определяет концептуальные основы формирования и реализации государственной политики по обеспечению стабильного и эффективного функционирования транспортной отрасли. Ее реализация создаст условия для социально-экономического развития страны, повышения конкурентоспособности национальной экономики и уровня жизни населения.

Некоторые основные направления развития транспортного сектора экономики Украины на период до 2020 года относятся и к морскому транспорту, например:

- Модернизация транспортной системы и повышение эффективности ее функционирования;
- Совершенствование системы управления отраслью транспорта;
- Повышение уровня безопасности на транспорте;
- Уменьшение на 30% объемов выбросов вредных веществ в атмосферу.

Хочется верить в то, что такие благие планы не останутся только на бумаге.

Что касается утилизации судов, то автор считает, что в законодательном плане в вопросах утилизации необходи-

мо полностью переходить на рыночные отношения и полностью согласен с автором [2, с. 123], для чего необходимо:

1) Закрепить право собственности всех судовладельцев на суда, которые подлежат утилизации, и право продажи их в пределах страны или за границей – как суда в целом виде, так и снятого с них оборудование и приборы. Изменение этого права в каждом конкретном случае возможно только в судебном порядке.

Если судно, которое подлежит утилизации, находится в затопленном, полузатопленном или притопленном состоянии и представляет собой угрозу судоплаванию или окружающей среде, владелец обязан за свои деньги в установленный срок поднять и утилизировать такое судно. Если владелец не установлен или обанкротился, и фирма прекратила существование, такое судно может быть передано на конкурентной основе в собственность организации, которая может это сделать;

2) Провести приватизацию объектов обращения с отходами, в том числе и СРЗ, деятельность которых может быть репрофилирована на утилизацию судов;

По мнению автора статьи, СРЗ могут быть не только репрофилированы на УП, но на базе СРЗ могут быть просто созданы утилизационные участки, и тем самым будет решена проблема простоя на участках судоремонта, они будут заполнены работами по утилизации судов. Другими словами, приняв такое решение, можно выйти на 100% загрузку цехов и работающих.

3) Обеспечить налоговые льготы на срок 5–10 лет для тех инвесторов, которые будут вкладывать деньги в строительство новых или репрофилированных СРЗ в производство комплексной утилизации судов [5].

4) Если первые два вопроса, на сегодня практически решены, то третий вопрос остается открытым и ждать его решения ближайшее время нет оснований [2, с. 123].

5) Автор подчеркивает, что открытым остается и вопрос о введении утилизационного сбора (уплаты экологического налога по утилизации плавательных средств), закладываемого еще при постройке судна. На наш взгляд, это еще один из путей решения вопроса утилизации судов. Хочется напомнить, что Закон Украины 421-VII "Про утилизацию транспортных средств" и закон 422-VII "О внесении изменений в Налоговый кодекс Украины относительно уплаты экологического налога по утилизации снятых с эксплуатации транспортных средств и совершенствования некоторых налоговых норм" был принят еще в 2013 г.

6) Нельзя оставить без внимания и то, как поднимают заинтересованность судовладельцев заниматься разделкой судов на верфях КНР [6].

Судовладельцы должны поддержать введенные в КНР субсидии в размере \$247 за тонну дедвейта уходящих на scrap судов. Субсидии распространяются на балкеры старше 18 лет, контейнеровозы старше 20 лет и однобортные танкеры возрастом более 12 лет. Субсидии распространяются лишь на суда под китайским флагом. При этом при разделке выплачивается только 50% указанной выше субсидии. Вторые 50% выплачиваются, если взамен ушедшего на разделку судна на китайских же верфях заказано новое судно, не меньшее по тоннажу.

Опыт КНР – это яркий пример заинтересованности, в

первую очередь государства, в развитии бизнеса по утилизации судов.

Кроме того, аналитики отмечают, что введенные на 2014–2015 годы субсидии выгодны в первую очередь крупным государственным компаниям. К примеру, COSCO

уже заявила о планах отправить на скрап 41 судно общим дедевейтом 2,52 млн. тонн, используя установленную правительством КНР схему субсидий.

Модель утилизации судна, по мнению автора можно представить схематично (Рис. 1).

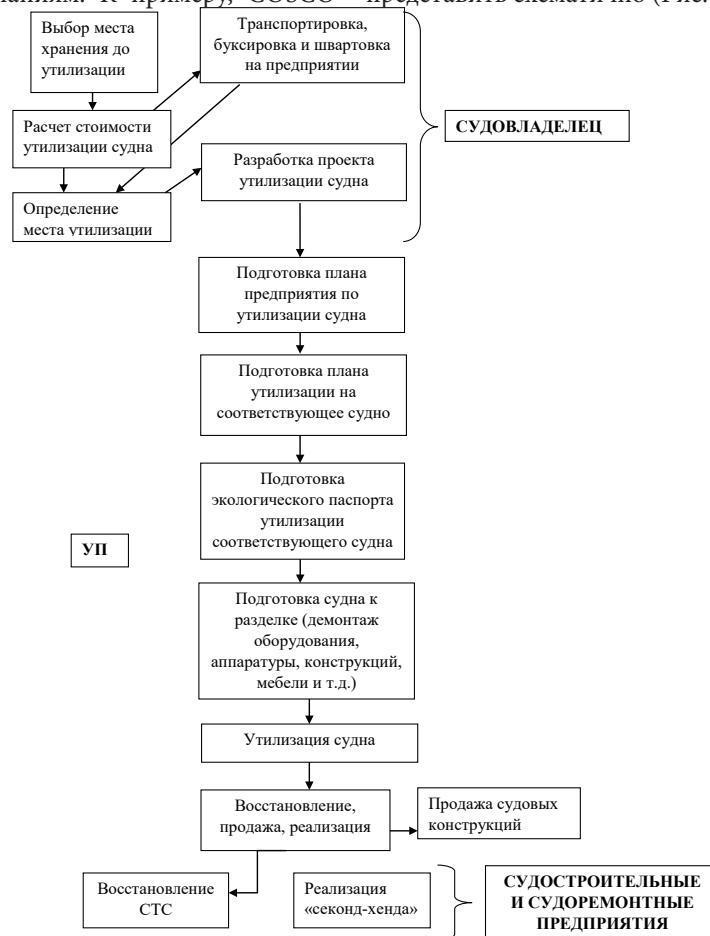


Рис. 1. Модель утилизации судна

Наиболее сложными являются организационные аспекты утилизации судов, потому что они тесно связаны с технологией, которая для этого применяется.

На «нулевом» этапе утилизации судно готовят для разделки и демонтируют все его оборудование. Для выполнения этих работ целесообразней использовать мощности судостроительных и СРЗ, так как небольшому УП они просто не под силу по производственным возможностям. Нужно, согласится с автором работы [2, с. 126] – эти работы целесообразно выносить на открытый аукцион, чтобы в нем могли принять участие все желающие, и в первую очередь, судостроительные и СРЗ, которые имеют для этого соответственные производственные возможности, а так же коммерческие предприятия. На этом этапе корпус судна готовят для дальнейшей разделки в соответствие с ТУ, которые еще необходимо разработать. Снятые с судна элементы оснащения (кабельные трассы, трубопроводы, механизмы, оборудование) должны оставаться у исполнителя работ как плата за их выполнение, и он получает право на свободную реализацию их на рынке или использования в других целях (например, для пополнения обменного фонда, используемого при ремонте других судов). Однако, в настоящее время, когда отсутствует соот-

ветствующее законодательство, судостроительные и СРЗ ставятся к этой идеи без энтузиазма в связи с ее явную неэффективностью. Быстрее всего такую работу могут выполнять небольшие предприятия, артели или кооперативы, которые функционируют в составе соответствующего предприятия или самостоятельно. А специализированные предприятия, в том числе судостроительные и СРЗ, могут быть привлечены для ремонта некоторых видов демонтированных механизмов и оборудования для повышения их товарной ценности [2, с. 127].

Разделку корпуса судна на большие секции и блоки и разделка последних на плоские элементы целесообразно выполнять на свободных мощностях судостроительных и судоремонтных предприятий. Практика показала, что в современных условиях целесообразно это выполнять силами артелей, кооперативов или фирм, которые работают по договорам с судоремонтными или судостроительными предприятиями и арендуют у них свободные мощности и даже используют при выполнении работ работников этих предприятий [2, с. 127].

С целью сокращения транспортных затрат для утилизации судов, которые находятся на отстое в отдаленных районах по берегам рек, в затоках или бухтах, в том числе

и в притоленном состоянии, и транспортирование которых на УП экономично нецелесообразно, можно организовать мобильные бригады, оснащенные транспортом и передвижным грузоподъемным оборудованием. Они разрезают корпуса судов на транспортабельные секции или перекрытия, которые автомобильным или водным путем транспортируются на заводы для дальнейшей переработки механическим методом на товарный лом.

Для выполнения работ первого и второго этапов полезно организовать мобильные бригады на базе плавучих средств, которые могут перемещаться большими водными артериями, поднимать из воды суда, предназначенные на слом, резать их на секции и перегружать на баржи или транспортные плавдоки, которые их сопровождают, с последующей транспортировкой на УП для переделки в товарный лом. Эффективность этого варианта необходимо подтвердить тщательными экономическими расчетами. Такой вариант, может быть, приемлем не только для речек, например Сибири [5, с. 41], но и для Украины, где по берегам Днепра находится большое количество списанных и брошенных судов.

Работы третьего этапа переработки судов целесообразно выполнять на судоперерабатывающих базах, оснащенных специальным оборудованием для механического резания. Габарит товарного металлолома оговаривается в договоре с покупателем в соответствии с действующими нормативными документами.

Учитывая специфику деятельности предприятий утилизирующих отходы надо сказать, что в настоящее время выдвигаются совершенно иные требования к качественному уровню управления деятельностью предприятия-утилизатора отходов, характеру решаемых при этом задач и к методам их решения. Появляется необходимость прогнозировать предполагаемые изменения во внешней среде, готовиться к ним и активно влиять на будущее состояние предприятия со своей стороны. И в этой связи прослеживается всевозрастающая роль перспективного анализа хозяйственной деятельности предприятий утилизирующих отходы. Предприятия, которые прогнозируют и учитывают гораздо раньше динамические изменения характерные для среды функционирования, получают более благоприятные шансы, которые заключены в рациональном использовании собственных сил и средств, основаны на стратегическом управлении, связаны с разработкой целевых стратегий для целей получения новых преимуществ в конкуренции [7, с. 9].

Утилизация отходов в настоящее время приобретает особую значимость не только в Украине, но и во всем мире.

Проблема по утилизации судов не так проста, как могла бы показаться на первый взгляд [8, с. 7].

Сегодня, в мировом научно-техническом сообществе отмечается тенденция к изменению приоритетов в постановке задач развития транспортной системы, в частности морской, и в настоящее время приоритет отдается вопросам экологии. Экологические аспекты утилизации судов будут рассмотрены в материалах следующей статье.

Выводы и предложения. С точки зрения удаления отслуживших срок судов имеется мало альтернатив утилизации – постановка судна на ремонт лишь откладывает ре-

шение вопроса; имеется лишь ограниченная возможность переоборудования судов для других видов использования, таких, как сооружения для хранения, волноломы или туристические аттракционы; преднамеренное потопление судна, строго регулируемое Лондонской конвенцией, не дает возможности утилизировать сталь и другие материалы, и оборудование судна. Таким образом, обычно утилизация является наилучшим вариантом удаления всех отслуживших срок судов [9, с. 263].

Разработка программ утилизации судов, новых технологических решений, методов и способов резки корпусов судов и их реализация позволила бы избавиться от нескольких сотен старых судов не только в Украине, но и в Европе, что, несомненно, повысило бы безопасность судоходства, качество обслуживания потребителей, конкурентоспособность отечественного поставщика транспортных услуг. Кроме того, позволило бы поднять рейтинг нашей страны на рынке международного судоходства [6, с. 28].

По мнению автора, один из путей реанимирования судостроительных и СРЗ Украины, является перепрофилирование их полностью, или частично в УП. Вложения будут относительно минимальные, так как, во-первых, сохранена еще довольно хорошая техническая база; во-вторых, жив и работает научно-исследовательский потенциал, способный обеспечить заводы современными проектами и разработками, как по строительству флота, так и реконструкции и модернизации заводов; в-третьих, нельзя не отметить и выгодное географическое положение, и прекрасные климатические условия: короткий зимний период со стабильными плюсовыми температурами и сухим климатом – менее 30 дождливых дней в году (Корея, Япония – 75 – 80 дождливых дней в году), что дает возможность развития и кооперации производства.

Кроме того, разветвленная сеть СРЗ на юге Украины с хорошей технической базой и специалистами, может стать базой для развития подрядных организаций, фабрикации блоков, сборки надстроек, их оборудование и комплектации, а также изготовление и поставки на заводы необходимого оборудования и отдельных деталей. Все это повышает объемы переработки металла и снижает стоимость судна, стоимость его ремонта и утилизации в целом.

В целом утилизация является одним из основных принципов устойчивого развития любого государства, тем более такого морского, как Украина.

Список литературы:

1. Козлов В.С. Взрывная разделка судовых конструкций на металлолом // Судостроение. – 2002. – №5. – С. 52–55; №6. – С. 45–49.
2. Перов В.М. Реновація суден: Навчальний посібник. – Миколаїв: НУК, 2006. – 148 с.
3. Цены на судовой лом в мае упали до \$340–403 за тонну metaltorg.ru/?id=10052813&module...
4. Средние цены судового лома в мире в январе 2010 г. выросли до \$352... maritimebusinessnews.com.ua/news...
5. Воинов В.А., Данилов А.Т., Мацкевич В.Д. О путях решения проблемы утилизации судов // Судостроение. –

1994. – №2-3. – С.40– 41.

6. Пизинцали Л.В. Экономические предпосылки развития системы утилизации судов в Украине // Проблеми розвитку сучасної економічної науки в транспортній галузі: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 20-22 листопада 2013 р. – К.: КДАВТ, 2013. – С. 27 – 29.

7. Научная библиотека диссертаций и авторефератов disserCat [http://www.dissercat.com/content/perspektivnyi-](http://www.dissercat.com/content/perspektivnyi-analiz-deyatelnosti-sovremennogo-utilizatsionnogo-predpriyatiya-#ixzz3lGKXu6zQ)

analiz-deyatelnosti-sovremennogo-utilizatsionnogo-predpriyatiya #ixzz 3lGKX u6zQ

8. Как умирают пароходы: 4 мировых центра по утилизации ...cruiseinform.ru/article/morskije_kruizy/razdelka/

9. Резолюция А.962(23). Руководство ИМО по утилизации судов (Приложение). – 2003. – 283 с.

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ РИСА

Прибыльский Виталий

профессор, доктор технических наук,

Факультет бродильных, сахарных производств и экологического контроля

Национальный университет пищевых технологий

Олейник Светлана

кандидат технических наук,

Факультет бродильных, сахарных производств и экологического контроля

Национальный университет пищевых технологий

Нгуен Фионг Донг

аспирант,

Факультет бродильных, сахарных производств и экологического контроля

Национальный университет пищевых технологий

CONSUMER PROPERTIES OF FERMENTED BEVERAGES BASED ON RICE

Pribylskiy V. professor, doctor of technical sciences, Department of biotechnology of Fermentative Products and Wine-making National University of Food Technologies

Oleynik S. candidate of technical science, Department of biotechnology of Fermentative Products and Wine-making National University of Food Technologies

Nguyen Phuong Dong PhD student, Department of biotechnology of Fermentative Products and Wine-making National University of Food Technologies

АННОТАЦИЯ

Показана актуальность совершенствования технологии безалкогольных ферментированных напитков из аглютенного сырья. Выявлена нецелесообразность предварительной термической обработки сырья. Показано, что общая дегустационная оценка ферментированного напитка, приготовленного на основе рисового зерна без его предварительной термической обработки существенно увеличивается.

ABSTRACT

The urgency of improving the technology of non-alcoholic fermented beverage from gluten-free raw materials. Revealed unreasonableness thermal pretreatment of raw materials. It is shown that the total score tasting fermented beverage produced by the rice grains without prior heat treatment is increased by 2 points.

Ключевые слова: рис, аглютенное сырье, термическая обработка ферментированный напиток, дегустационная оценка

Key words: rice, gluten-free raw materials, heat treatment, the fermented drink, tasting score

Постановка проблемы. В наше время человечество все чаще сталкивается с врожденным заболеванием – целиакией, которое связано с непереносимостью особой фракции растительного белка – глютена. Основу питания больных целиакией должны составлять рис, кукуруза, гречка, овощи, мясо, фрукты, картофель. Поэтому, среди злаковых культур особое внимание необходимо уделять такой аглютенной злаковой культуре как рис.

В соответствии с национальной программой и прогнозируемым расширением сырьевой базы риса в Украине, перспективной является тенденция разработки научно обоснованных технологий ферментированных аглютенных напитков с иммуномодулирующими свойствами и

стимулирования обменных процессов организма.

Анализ последних исследований и публикаций. Рис является одной из самых урожайных и ценных по химическому составу злаковых культур. В его состав входят восемь незаменимых аминокислот, необходимых для организма человека при создании новых клеток. Кроме того, рисовые зерна имеют разнообразный минеральный состав, представленный калием, кальцием, цинком, фосфором, железом и др. Кроме того он содержит витамины группы В, которые способствуют оздоровлению нервной системы человека [1, с.12]. Рис называют «предоставляющий жизненную силу», а традиционные напитки из него в Китае, Корее, Японии и других странах считают целебны-

ми напитками.

Культура потребления различных напитков в Украине и мире имеет давние традиции. Квас является традиционным украинским национальным безалкогольным напитком брожения (ферментированным напитком) с многовековой историей. В летописях упоминается, что в Киевской Руси квас готовили более тысячи лет назад, хотя восточные славяне владели знаниями о его приготовлении еще задолго до образования Руси. Первые «официальные» источники, датированные 989 годом, свидетельствуют, что «после крещения князь Владимир Святославович приказал раздать народу пищу, мед и квас». Считалось, что квас не только утоляет жажду, но и снимает усталость. [1, с.12]

С давних времён готовили хлебные, фруктовые, ягодные, медовые и другие квасы. Сырьем их производства были рожь, ячмень, пшено, гречка, фрукты, ягоды, мед, сахар, различные пряности и др. Как ароматические добавки в квас добавляли мяту, землянику, малину, смородину, хмель, изюм, мед, различные корни и травы. Готовили не только хлебный, но и яблочный, грушевый, вишневый и другие фруктовые квасы [1, с. 12].

Квас получают путем комбинированного незавершенного спиртового и молочнокислого брожения. На большинстве предприятий, как основное сырье, используют концентрат квасного суслу, который готовят на специализированных заводах или цехах. Его технология предусматривает термическую обработку, которая способствует приданию готовому продукту характерного вкуса и аромата. [2, с. 69]

Спиртовое и молочнокислое брожение являются гетероферментативными процессами. Кроме этилового спирта, высших спиртов, альдегидов и эфиров в квасе присутствуют кислоты, среди которых преобладают молочная и уксусная. Они придают готовому продукту специфический вкус и способствуют его лучшему усвоению. Квас высокого качества получают при использовании в качестве возбудителей брожения чистые культуры дрожжей и молочнокислых бактерий [3, с.3].

В квасе содержится более десяти аминокислот, в том числе восемь незаменимых, что обусловлено исходным сырьем и особенностями обмена веществ культур микроорганизмов. Из минеральных веществ в квасе содержится калий (от 40 до 50 мг/100 г), в меньших количествах магний, кальций, натрий, а также фосфор, железо и другие микроэлементы, необходимые для жизнедеятельности организма человека [2, с. 69]. Таким образом, использование риса для производства ферментированных напитков, в том числе для больных целиакией, позволит значительно повысить эффективность их применения.

Промышленное культивирование риса в Украине насчитывает всего несколько десятилетий. Однако, его качество и питательные свойства могут с успехом конкурировать с лучшими мировыми образцами, что подтверждается ростом потребления у населения.

В странах Дальнего Востока: Японии, Индонезии, Индии, Пакистане, Таиланде, Филиппинах, Тайване, Китае, Корее для получения ферментированных пищевых продуктов широко используют смешанное брожение различных культур микроорганизмов. Существует большое

количество древних письменных свидетельств, преимущественно китайского происхождения о продуктах, получаемых сбраживанием, однако первые научные исследования появились лишь около 100 лет назад. Сегодня сохраняется повышенный интерес к источникам питания с высоким содержанием белка, а также связанный с распространением направления вегетарианских и натуральных продуктов. В технологии ферментированных напитков используют смешанные культуры включающие в себя грибы, как источник гидролитических ферментов, дрожжи – этилового спирта и бактерии, продуцирующие молочную кислоту, как консервант. Наиболее известным и распространенным ферментированным напитком из риса является саке.

Европейцы нередко называют саке рисовой водкой, однако процесс перегонки, являющийся обязательным для водок, в технологии напитка отсутствует, хотя в ряд сортов для лучшей сохранности и добавляют небольшие количества дистиллированного алкоголя. Иногда за дистилляцию ошибочно принимают традиционную для технологии саке пастеризацию. [5, с. 3]

Название саке – рисовое вино также неверно, поскольку его технология включает осахаривание разваренного и шлифованного риса живой культурой плесени коджи, а для сбраживания используется, помимо чистых культур дрожжей молочно-кислые бактерии. [5, с. 3]

Наиболее близкой к технологии саке является пиво или русский квас, в которых присутствует разваривание зернового сырья, его последующее осахаривание ферментами зернового солода и сбраживание дрожжами, хотя крепость получаемого напитка и выше традиционных сортов пива, а, тем более, кваса. [5, с. 3]

Однако безалкогольные напитки являются наиболее перспективными с точки зрения оздоровительного влияния на организм человека. Их оздоровительное действие обуславливается наличием биологически-активных веществ натурального растительного сырья и образованных в процессе жизнедеятельности полезных для организма человека культур микроорганизмов, а также присутствием их в готовых напитках.

Проведенные предварительные исследования показали, что использование нового вида сырья при введении различных продуктов переработки растительного или плодово-ягодного сырья, натуральных экстрактов и настоев дают возможность получения ферментированных напитков с оригинальным вкусом. Так как растительное и плодово-ягодное сырье содержит большое количество витаминов и минеральных веществ, новые виды напитков будут иметь антиоксидантные свойства и проявлением тонизирующих, эргономических, иммуномоделирующих свойств. [6, с. 29]

Таким образом усовершенствование технологии безалкогольных ферментированных напитков на основе риса, в частности приготовления рисового суслу, является актуальной проблемой.

Формулирование целей статьи. Целью исследований является усовершенствование технологии ферментированных напитков на основе риса с использованием различных способов его обработки.

Изложение основного материала. Объект исследования – технология безалкогольных ферментированных напитков.

В исследованиях использовали:

- зерно риса («белый» рис) сорта «Агат» согласно ДСТУ 4965:2008 «Рис. Технические условия», предоставленный Научно-исследовательским институтом риса НААН Украины;

- воду питьевую согласно ГСанПиН 2.2.4-171-10 «Государственные санитарные нормы и правила. Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком» и ДСТУ 7525:2014 «Вода питьевая. Требования и методы контролирования качества».

Для решения поставленных задач составлена блок-схема исследований, использованы общепринятые и специальные методы анализа. Результаты проведенных исследований систематизировали и на основе современного программного обеспечения обрабатывали математическими и статистическими методами.

В предыдущих научных исследованиях был проведен анализ риса украинской селекции Научно-исследовательского института риса НААН Украины сортов: «Агат», «Престиж», «Премиум».

Для дальнейших исследований, в качестве основного сырья, был выбран сорт риса «Агат», установлен оптимальный гидромодуль 1:4—1:5, а также параметры проведения процесса разжижения и осахаривания. Рациональное количество ферментного препарата Termamyl SC составляет от 0,35 ед. до 0,65 ед. на 1 г крахмала, ферментного препарата San Super 240 L — от 5 ед. до 6 ед. на 1 г крахмала при выходе экстракта — 80,4 %.

Рис сорта «Агат» создан методом индивидуального выбора из гибридной популяции УкрНДС-2151 // Am / Прикубанский в 1996 году. Раннеспелый сорт с периодом вегетации от 110 до 115 дней. Высота растения от 90,0 см до 93,0 см. Метелка длиной от 13,0 см до 15,0 см, числом зерен в метелке от 120 до 160 шт. Индекс зерна – 2,2-2,4. Масса 1000 зерен – от 32,0 г до 34,0 г. Технологические

качества зерна хорошие. Общий выход крупы составляет 69,4%, выход целого ядра 91,5 %, плавучесть 15,0-16,0%, стекловидность от 95,0 % до 98,0%, «трещеноватость» – от 4,0 % до 5,0 %. Средняя урожайность сорта в институте риса НААН Украины составляла 8,17 т/га. [7, с. 130]

Как указывалось выше, для классического кваса основным сырьем является концентрат квасного сусла, технология которого предусматривает термическую обработку. При этом образуются красящие вещества (в основном меланоидины), которые усиливают аромат ржаного хлеба готового напитка.

Для определения целесообразности использования термической обработки зерна риса ферментированный напиток на основе рисового сусла готовили тремя способами его обработки:

— образец № 1 – сусло из риса без термической обработки;

— образец № 2 – сусло из риса после термической обработки в течение 15 мин.;

— образец № 3 – сусло из риса после термической обработки в течение 15 мин. и разваривания в течение 20 мин.

Производили помол рисовых зерен после термической обработки и без нее до дисперсности 1 мм, проводили осахаривание и сбраживание дрожжами штамма *Saccharomyces cerevisiae* МП-10. Изменение сухих веществ сусла риса при разных способах термической обработки приведено на рисунке 1.

На основе полученных данных установлено, что термическая обработка (образцы № 2 и № 3) приводит к замедлению процесса брожения (до 9,6 %), что обусловлено наличием красящих веществ и снижению содержания сахаров и аминного азота, которые необходимы для питания дрожжей.

Сброженное сусло охлаждали до температуры от 5 °С до 7 °С, декантировали с осадка, купажировали сахарным сиропом и молочной кислотой до нормативных показателей ДСТУ 4069-2002 «Напитки безалкогольные. Общие технические условия».

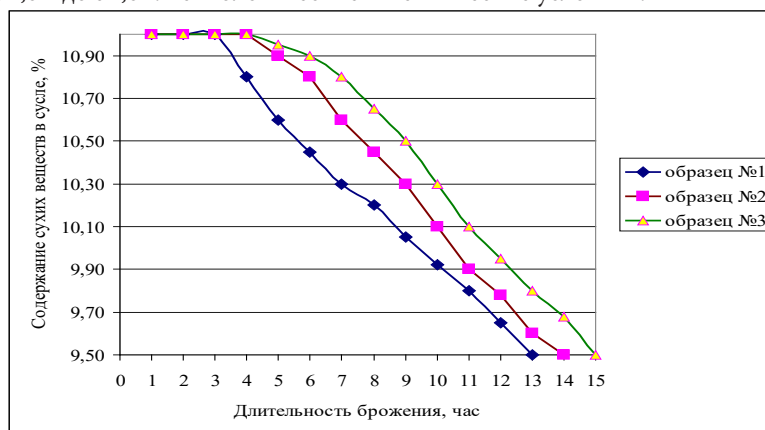


Рисунок 1 – Динамика сухих веществ сбраживания рисового сусла

В полученных образцах готового напитка определяли физико-химические (табл. 1) и органолептические показатели (табл. 2).

Оценивание органолептических показателей напитка (внешний вид, аромат, вкус, степень насыщения углекислым газом) проводили по 19-тибальной шкале.

Таблица 1

Физико-химические показатели напитка

Наименование показателя, единица измерения	Нормативное значение показателя	Значение показателя для образца		
		№ 1	№ 2	№ 3
Объемная доля спирта, %	не больше 1,2	0,7	0,6	0,6
Массовая доля сухих веществ, %	не меньше 3,5 ± 0,3	5,5	5,6	5,6
Кислотность, см3 раствора гидроксида натрия концентрацией 1,0 моль/дм3 на 100 см3 кваса	(от 1,5 до 7,0) ± 0,3	3,0	3,0	3,0

Профиль вкуса и аромата исследованных образцов напитка приведен на рисунке 2.

Таблица 2

Органолептические показатели напитка

№ образца	Органолептические показатели		Дегустационная оценка, балл
	Цвет, внешний вид	Вкус и аромат	
1	Бесцветный, без помутнений (9 баллов)	Вкус, характерный ферментированным напиткам. Аромат приятный, рисового сброженного напитка (10 баллов)	19 «Отлично»
2	Коричневый, без помутнений (8 баллов)	Вкус и аромат характерный ферментированным напиткам, присутствует тон обжаренности (10 баллов)	18 «Отлично»
3	Коричневый, с помутнениями (7 баллов)	Вкус и аромат характерный ферментированным напиткам, неприятное ощущение «гари» (9 баллов)	16 «Удовлетворительно»

По результатам исследований установлено, что образец кваса № 3, приготовленный на рисовых обжаренных зернах имел специфический неприятный вкус, поэтому можно сделать вывод о нецелесообразности такого способа.

там проведенных исследований наиболее приемлемым из исследуемых образцов является ферментированный рисовый напиток (образец № 1), приготовленный на рисовом зерне без предварительной термической обработки.

Выводы и предложения. Таким образом, по результа-

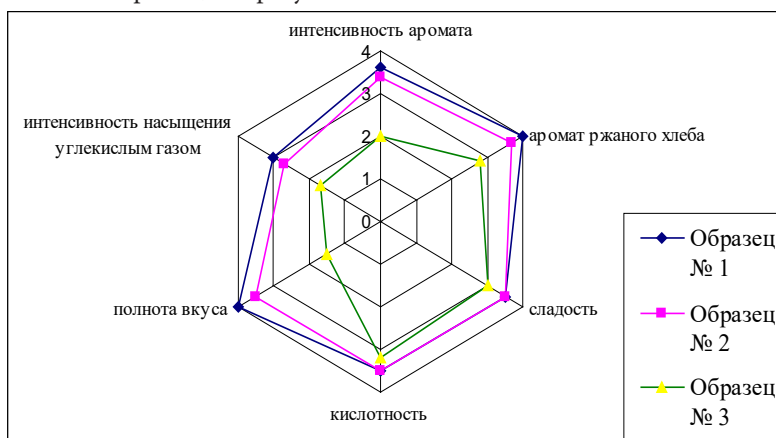


Рисунок 2 – Профиль вкуса и аромата образцов рисового ферментированного напитка

Полученные положительные результаты подтвердили возможность и перспективность использования риса со-

рта «Агат» в технологии безалкогольных ферментированных напитков и дают основания для дальнейших исследо-

ваний в этом направлении.

Список литературы:

1. Помозова, В. А. Производство кваса и безалкогольных напитков / В. А. Помозова. — Санкт—Петербург: ГИОРД, 2006. — 42 с.
2. Сергеева, И.Ю. Направления совершенствования технологии кваса брожения на основе современных научно-технических разработок / И.Ю. Сергеева, Т.А. Угонщикова, В.Ю. Рысина // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 69-77
3. Современные тенденции развития потребительских предпочтений на рынке кваса/К.Ю. Вяльцева, Е.А. Козлобаева, А.А. Колобаева, О.А.Котик, Н.В. Королькова. – Научный журнал КубГАУ, №112(08). <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/60.pdf> – 2015. - 10
4. Иванов, С.В., Домарецький В.А., Прибильський В.Л. Інноваційні технології продуктів бродіння і виноробства.

– К.: НУХТ. – 2013. – 455 с.

5. Макаров, С.Ю. Технология сакэ / С.Ю. Макаров // Лекции для студентов по направлению подготовки "Продукты питания из растительного сырья" Рукопись. — М.: МГУТУ, 2011. — 80 с.
6. Тананайко, Т.М. Новые квасы брожения с повышенной антиоксидантной активностью/ Т.М. Тананайко, В.В. Соловьев//Технология пищевых производств. – 2014. – № 1(23). – С. 29-36
7. Шпак, Т.М. Сучасні сорти рису для півдня України/ Т.М. Шпак, Д.В. Шпак, З.З. Петкевич, Д.П. Паламарчук// Зрошувальне землеробство. Збірник наукових праць. – 2012. – вип. 58. – С. 129-131.

СОЗДАНИЕ ЦЕНТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ (ЦТП) ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК С КОТЛАМИ – УТИЛИЗАТОРАМИ

Радин Ю.А.

доктор технических наук, директор по научной работе ОАО ВТИ.

Свидерский А.Г.

кандидат технических наук, генеральный директор ЗАО «Интеравтоматика»

Лыско В.В.

кандидат технических наук, консультант ЗАО «Интеравтоматика»

MULTIVARIATE MODELING 3D STRUCTURE DEPOSITS OF HYDROCARBONS DEPOSITS TO IMPROVE THE RELIABILITY ASSESSMENT OF THEIR GEOLOGICAL OIL RESERVES AND REDUCING RISKS ASSOCIATED WITH EXPLORATION WORK

Radin Yu. A., doctor of technical Sciences, Director on scientific work of JSC VTI.

Svidersky, A. G., candidate of technical Sciences, General Director of ZAO Interavtomatika"

Lysko, V. V., candidate of technical Sciences, consultant, ZAO Interavtomatika"

АННОТАЦИЯ

Представлено техническое решение ОАО «ВТИ» и ЗАО «Интеравтоматика» по формированию центров технической поддержки (ЦТП) ТЭС, особенно актуальных для электростанций, эксплуатирующих парогазовые установки. Тем самым создается возможность объективной по всем важнейшим аспектам эксплуатации оценки состояния ПГУ, включая всестороннюю диагностику оборудования, разработку программ технического обслуживания, на основе организации центра сбора и обработки данных и организации и «горячих» линий связи с объектом для выработки срочных решений.

ABSTRACT

Presented technical solution JSC "VTI" and ZAO Interavtomatika" on formation of the technical support centers (TSC), thermal power plants, especially power plants that operate combined-cycle plants. Also, it is possible to objective on all important aspects of the operation assess the status of PSU, including a comprehensive diagnostic equipment, development of maintenance programs, based on the organization of the center of data collection and processing and organizations and hot lines for communication with an object to develop urgent solutions.

Ключевые слова: пгу, газовая турбина, котел – утилизатор, паровая турбина, диагностика, эквивалентные часы эксплуатации.

Key words: ccgt, gas turbine, hrsg, steam turbine, diagnostics, equivalent hours of the operating.

Преимущественный ввод в эксплуатацию в качестве генерирующего оборудования ТЭС, парогазовых установок, кроме известных преимуществ применения в одном бинарном термодинамическом цикле газовых турбин с высокими температурами выхлопных газов и парового цикла с котлами – утилизаторами для выработки пара нескольких давлений (от одного до трех) и утилизации этого пара в паровых турбинах, привнесло также целый ряд

особенностей этого оборудования, не встречавшихся ранее в практике эксплуатации паросилового оборудования.

К этим особенностям следует отнести характеристики маневренности, отличающиеся большими скоростями изменения мощности газовых турбин, зависимость мощности ГТУ и ПГУ, соответственно, от внешних условий, в частности, от температуры наружного воздуха и атмосферного давления во всем диапазоне нагрузок.

Основные ограничения технологического минимума нагрузок ПГУ связаны с соответствующими ограничениями по основному и вспомогательному оборудованию:

- переходом на режим горения в камере сгорания ГТУ с увеличенным количеством вредных веществ в выхлопных газах;
- настройками ВНА компрессора.
- Температурой пара высокого давления;
- КПД ПГУ;
- содержанием вредных выбросов в выхлопных газах.

Помимо показателей экономической эффективности ПГУ, важными являются:

- продолжительность пусков из типовых тепловых состояний, в особенности из горячего состояния,
- величина регулировочного диапазона нагрузок,
- технический минимум нагрузки и скорость изменения нагрузки ПГУ в пределах регулировочного диапазона нагрузок.

Однако, как показывает опыт эксплуатации ТЭС в России и за рубежом, оборудованных установками с использованием парогазового цикла, при их проектировании в силу привлекательности для внедрения, связанной прежде всего с тем, что ПГУ имеют высокий термический КПД 50-59 % и даже более, они проектируются исключительно для эксплуатации в базовом режиме с ограниченным количеством пусков/остановов и изменений нагрузки. Однако, как показывает опыт эксплуатации ПГУ за рубежом и в России, количество пусков и изменений нагрузки этих установок заметно отличается от базовых, характерным является количество пусков более 200 в год с еженочными разгрузками до технологического минимума.

В этой связи оборудование ПГУ требует более внимательного отношения к соблюдению требований к режимам эксплуатации в связи с прямой зависимостью моторесурса газовых турбин и оборудования паровой части ПГУ от количества и качества переменных режимов.

Программы технического обслуживания оборудования, в соответствии с которыми осуществляется постоянный контроль (мониторинг) за его состоянием, составлены только для ГТУ.

Однако аналогичная проблема возникает и при эксплуатации оборудования паровой части цикла (котлы-утилизаторы, паропроводы, паровые турбины, вспомогательное оборудование).

Базой для контроля состояния оборудования являются данные измерений параметров в АСУ ТП, которые должны подвергаться постоянно оперативному анализу, как с точки зрения изменения технико-экономических показателей, так и с точки зрения показателей надежности, например, накопления пусковых и остановочных режимов, изменений нагрузки, анализа накопления поврежденности толстостенными деталями.

В настоящее время эти данные по сетям интернета отправляются поставщикам, решения которых зачастую не могут быть рассмотрены критически на предмет их оптимальности. Таким образом у эксплуатирующих организаций РФ отсутствуют возможности реального контроля за режимами эксплуатации ПГУ, оптимизации режимов ра-

боты, избегая тем самым чрезмерного истощения ресурса, а также неоправданных замен деталей и неоптимальных инспекций (связанных с остановками оборудования).

Следует учитывать, что даже самая простая инспекция, без вскрытия оборудования и замены каких-либо деталей оборудования вызывает необходимость остановки ГТУ на 3÷5 суток, так как останов ГТУ приводит всегда к остановке всей ПГУ. Вместе с ней должен быть остановлен и котел – утилизатор и паровая турбина (в схемах моноблоков или однофазных парогазовых установок).

Такие остановки требуют интенсивного принудительного расхолаживания оборудования паровой части цикла, продолжительность которого может составлять 6 - 20 часов. Необходимость проведения плановых инспекций приводит к значительным потерям генерации из-за вынужденных простоев блока и недовыработки мощности и последующих увеличенных затратах на пуски ПГУ из холодного состояния.

Периодические обследования ТЭС с ПГУ в России и за рубежом показывают, что в большинстве случаев подобные программы как правило недостаточны для выполнения объективного анализа состояния оборудования [1 и 2].

В этой связи важнейшей задачей обеспечения надежной и экономичной эксплуатации является постоянный контроль за состоянием оборудования, в особенности его высоконагруженных деталей, подсчет поврежденности за каждый цикл и статистический анализ накопления эквивалентных часов эксплуатации, расчеты технико – экономических показателей на оперативном интервале и постоперативный анализ тенденции их изменения как ПГУ в целом (например, составление показателей экономической эффективности оборудования), так и отдельного оборудования, а также решение других задач технической диагностики, призванных выполнять анализ текущего состояния оборудования, предвосхищать возникновение нештатных ситуаций, прогнозировать инспекции на основании системы «удаленного» доступа.

В связи с вышесказанным основной целью предлагаемого ОАО «ВТИ» и ЗАО «Интеравтоматика» центра сбора, обработки и анализа данных о состоянии генерирующего оборудования ТЭС является решение задач совершенствования режимов эксплуатации этого оборудования, оптимального планирования его технического обслуживания в процессе эксплуатации.

Анализ состояния оборудования в центре технической поддержки (ЦТП), определяющий необходимость выполнения инспекций или замену горячих частей, представляет собой комплекс задач анализа технико – экономических показателей, подсчета количества пуско – остановочных режимов и иных режимов, вызывающих значительные изменения температурного состояния деталей и давления пара, определения поврежденности за каждый цикл с изменением параметров газа и пара, и как следствие расчета нарастающим итогом эквивалентных часов эксплуатации.

ЦТП должен эксплуатироваться в двух принципиальных режимах работы:

- off-line режим, т.е. накопление, передача в ЦТП по событию или циклически данных о состоянии контроли-

руемого объекта, их хранение, обработка, анализ, предоставление результатов потребителям по их запросам;

- on-line режим, т.е. обеспечение доступа к текущим данным о состоянии и течении технологических процессов с целью оказания помощи персоналу объекта при решении специфических задач, например, помощи в анализе и ведении пусковых режимов с возможностью диалога экспертов ЦТП с эксплуатационным персоналом.

В соответствии с этими режимами и должна быть организована структура центра, техническое обеспечение которого (включая базовое и фирменное программное обеспечение) состоит из следующих классов оборудования:

1. Терминальное оборудование, обеспечивающее сбор необходимых технологических данных непосредственно на объекте
2. Аппаратура и средства передачи данных
3. Средства хранения и обработки данных
4. Средства доступа к данным (оконечные устройства потребителей)

Инфраструктура ЦТП призвана решать следующие взаимосвязанные подзадачи:

- Организация безопасного сбора данных на объекте для последующей передачи по защищенным каналам связи в центр обработки данных.
- Организация каналаобразующего оборудования на стороне объекта.
- Подбор каналов связи с объектами.
- Организация каналаобразующего оборудования на серверной стороне.
- Организация серверного кластера приёма, хранения, обработки и предоставления доступа к технологическим и расчетным данным.

Общий Вид системы представлен на рис.1, а структура взаимодействия с ЦТП – на рис.2

Исходная информация на объекте обычно является частью АСУТП соответствующего энергоблока, технологического узла или системы учета, телемеханики и т.п. В редких случаях возможна установка автономных устройств сбора технологической информации непосредственно от датчиков технологических параметров.

При организации доступа к данным в АСУТП в каждом конкретном случае должен быть определен порядок доступа, а также меры информационной безопасности, обеспечивающие защиту АСУТП как критически важного объекта (КВО) в соответствии с текущими требованиями ФСТЭК и иных регламентирующих организаций.

Для поддержки on-line режима предполагается использовать терминальный или WEB доступ к аппаратуре, обеспечивающей в свою очередь получение данных из АСУТП и от других источников. On-line режим подразумевает исключительно информационное взаимодействие (нельзя вмешиваться в работу системы удаленно) и параллельный контроль со стороны эксплуатационного персонала действий со стороны персонала ЦТП.

Каналы связи должны удовлетворять следующим требованиям:

- порт Ethernet,
- статический внешний IP адрес,
- возможность установления соединений site-to-site.

В каждом конкретном случае требуется дополнительная проработка решения с использованием имеющихся канальных мощностей на каждом из объектов. Возможно использование совместимого оборудования, удовлетворяющего требованиям информационной безопасности конкретного объекта с необходимыми сертификатами по криптостойкости.

В качестве платформы хранения могут быть использованы доверенные серверы российского производства, например, на базе процессоров «Эльбрус» [3]. Средства визуализации позволят получать доступ к данным как посредством веб-интерфейса, а также терминальных серверов доступа. Серверы обработки данных позволяют создавать сложные запросы к базе данных и визуализировать их. Также возможна обработка поступающих данных «на лету», с последующей визуализацией этих данных. Серверы приема данных способны принимать данные как посредством защищенных каналов передачи, так и ручного файлового ввода.

Оконечными устройствами потребителей-пользователей (как расположенных в пределах ЦТП, так и удаленных, таких как рабочие места непосредственно на объекте, в технических службах центральных и региональных отделений собственника объектов, других разрешенных организациях) являются персональные компьютеры, отнесенные политиками безопасности к доверенным устройствам, работающие в режиме терминала или WEB-клиента ЦТП. Доступ со стороны конечных устройств регламентируется как административно, так и при помощи мер аутентификации и авторизации, туннелирования и криптографирования.

Технологическое обеспечение постоперативного анализа данных о режимах эксплуатации следует подразделять на следующие основные подгруппы:

- 1) Техничко-экономические показатели, включающие оперативный расчет технико – экономических показателей блока и оборудования, постоперативный анализ тенденции к изменению этих показателей как интерпретация функции старения, разделение показателей на обратимые и необратимые, не исчезающие при ремонтах.

- 2) Ресурсные показатели (сюда входит анализ вибрационного состояния), куда входит оперативный расчет термонапряженного состояния высокотемпературных деталей оборудования, анализ их циклической прочности, расчет эквивалентных часов эксплуатации (эквивалентного количества пусковых режимов); анализ истощения продолжительности локального ресурса между инспекциями и ресурса до капитального ремонта.

- 3) Функция расчета времени работы (сюда входят анализ пусковых режимов вращающегося оборудования, в том числе паровой и газовых турбин, подсчет продолжительности простоев и т.п.);

- 4) Реализация функций управления оборудованием по термонапряженному состоянию деталей и по числу циклов или поврежденности. Математическое динамическое моделирование установки для on-line расчета переменных режимов.

- 5) Оценка деятельности эксплуатационного персонала.

6) Экологические показатели, включают в себя главным образом статистику валовых выбросов вредных веществ – окислов азота, окислов углерода углекислого газа, а также шумовые характеристики оборудования;

7) Показатели воднохимического режима, куда входит оперативный и постоперативный анализ качества теплоносителя и подготовка мероприятий в виде советов оператору по изменению дозирования или;

8) Характеристики вспомогательного оборудования (например, эффективность эксплуатации градирен, циркуляционных насосов, питательных узлов, дожимных компрессорных станций и т.п.).

Структура алгоритма расчета термонапряженного состояния высокотемпературных деталей оборудования паровой части цикла ПГУ представлена на рис. 3

Как видно из представленной на рис. 3 структуры в левой части формируется блок планирования инспекций, в котором генерируется программа технического обслужи-

вания в краткосрочной и среднесрочной перспективе.

В правой части на рис.3 формируется блок алгоритмов управления оборудованием ГТУ и ПТ для оптимального по циклической прочности и термонапряженному состоянию изменения мощности и параметров.

Литература.

1. B.R. Dooley, S.R. Paterson, J.M. Pearson. HRSG Dependability. Power Plant Chemistry, 2003 № 5(12), p.727
2. Ю.А. Радин, Т.С. Конторович. Использование принципа эквивалентной наработки для оценки надежности оборудования ПГУ. Электрические станции. №1, с. 25-30.
3. «Технические и программные средства семейства СМ1820М в системах автоматизации технологических процессов». Сб. докладов конференции «Информационные технологии в системах автоматизации технологических процессов, связи и приборостроения» Москва 2015г.

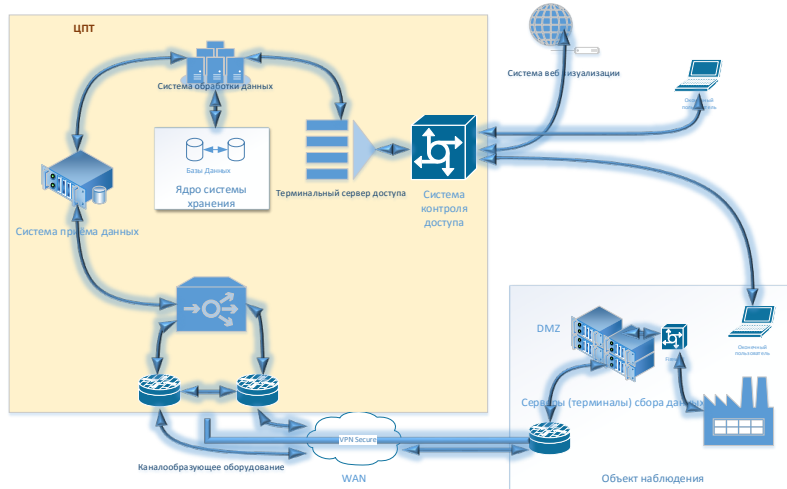


Рис.1 Общий вид и структура ЦТП.



Рис.2 Структура взаимодействия с ЦТП.

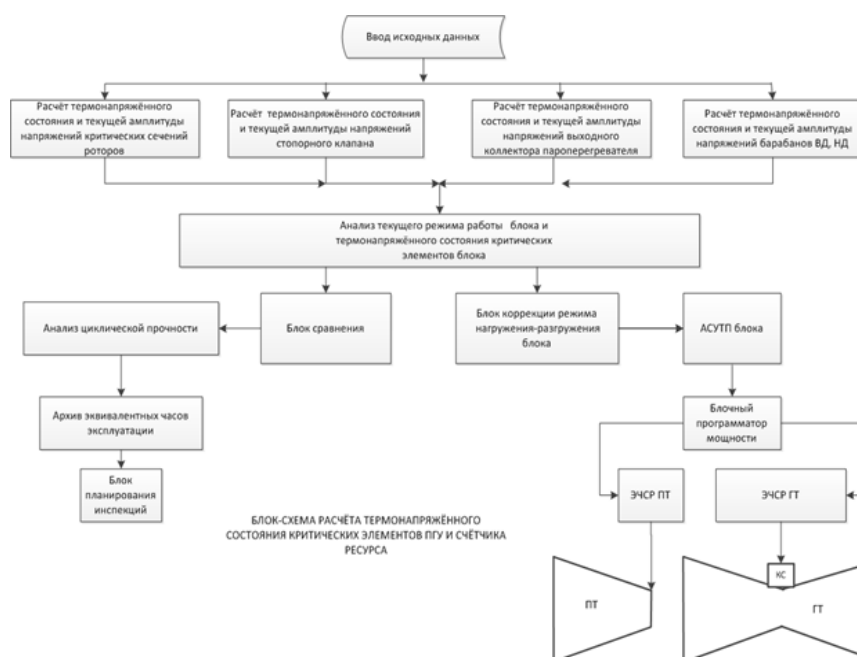


Рис. 3. Пример структурной схемы алгоритма расчета эквивалентных часов эксплуатации

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ С СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Салтыков Валентин Михайлович,

доктор технических наук, профессор кафедры Электромеханика и автомобильное электрооборудование,

Самарский государственный технический университет

Салтыков Александр Валентинович

кандидат технических наук, доцент кафедры Автоматизированные электроэнергетические системы,

Самарский государственный технический университет

DEFINITION OF THE FIELD OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF ARC FURNACES AND ELECTRIC SUPPLY SYSTEM

Saltykov V.M. Doctor of Technical Sciences, Professor of Electromechanics and electric motor, Samara State Technical University

Saltykov A.V. Ph.D., assistant professor of Automated electric power systems, Samara State Technical University

АННОТАЦИЯ

В работе показан способ решения проблемы электромагнитной совместимости электрических характеристик нагрузки дуговых сталеплавильных печей, определяемых с учетом параметров системы электроснабжения, и условия их ограничения по показателям качества напряжения в питающей электрической сети.

ABSTRACT

The paper demonstrates the way of solving the problem of electromagnetic compatibility of arc furnaces' load electric characteristics, including electric supply system parameters, and conditions for their limitations by voltage quality indicators in supply main.

Ключевые слова: дуговая сталеплавильная печь, система электроснабжения, показатели качества напряжения, электромагнитная совместимость.

Keywords: North-East of Russia, the Arctic Zone, the Main Watershed of the Earth, Fresh Groundwater Resources, Winter Low Water, the Artificial Replenishment of Groundwater Resources

Introduction

The solution of electric supply system – arc furnace (ESS – AF) electro-technical complex electromagnetic compatibility has two interconnected directions: providing electromagnetic compatibility (EMC) conditions for AF built-in power leads and providing EMC conditions for other power-consuming units [1].

EMC for AF power leads is determined both by conditions for providing certain values of voltage quality indicators (VQI), i.e. at the ESS point where they emerge and are maximal, and by the degree of lower quality voltage influence, voltage digression in the first place, on electric and operational parameters of AFs proper as well as their electro-technological modes.

It should be noted that AF electric characteristics and electro-

technological modes also limit operational modes of electro-technological equipment such as AF furnace transformers.

To provide ESS – AF EMC it is necessary to develop provisions for permissible interference level for AF built-in power leads, i.e. for such power quality interferences as fluctuations and distortions of voltage sine wave (non-sinusoidality) appearing on AF power leads so that at power leads of electric receivers sensitive to the above power quality reduction the requirements of GOST (National State Standard) P 54149-2010 [2] are not violated.

Power quality requirements stated in GOST P 54149-2010 [2] embrace electric supply systems circuits of alternate three-phase and one-phase current with 50 hz frequency. Power quality standards are electromagnetic compatibility levels for conductive interferences that provide for EMC of power suppliers' electric circuits, as well as those of power consumers.

Besides, EMC requirements must include the influence of deviations, voltage fluctuations and sine wave voltage distortion (non-sinusoidality) in AF power leads on respective power quality in power leads of adjacent power consuming units.

It should be noted that the number of power consumers sensitive to fluctuations and sine wave distortions in industrial ES systems greatly exceeds that of power consumers creating the above deviations in electric circuits; therefore, setting standards for voltage fluctuations and sine wave distortions directly at AF built-in power leads will make it possible to reduce the number of control points and to combine ESS voltage quality control and management with maintaining definite electric parameters of AF load.

So it seems reasonable, from EMC position, to consider questions of standard-setting for voltage deviations, fluctuations and sine wave distortions at AF power leads in

complex, proceeding from the following positions:

1) providing rational electric and operational AF characteristics including permissible voltage deviations, fluctuations and sine wave distortions at AF power leads;

2) sticking to GOST P 54149-2010 [2] requirements for voltage fluctuations and sine-wave distortions at any power leads' sections of any electric consumers sensible to them and at the balance inventory boundaries.

Conditions for Providing Electromagnetic Compatibility between Arc Furnaces and Electric Supply System

On the basis of the technique developed earlier it is possible to obtain values of AF operating current for all AF's: I_p and corresponding operational AF characteristics pertaining to any given rational (or otherwise) AF mode, maximum productivity mode in the first place: G_{max} , considering initial voltage levels

values group: $U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O}}$, short circuit power: $S_{\dot{K}}$, voltage

deviations: $\delta U_{\dot{o}}$ and fluctuations: δU_t , voltage sine wave distortion ratios: K_U at AF power leads, interconnection between which may be reflected as corresponding graphs.

The illustration of the statement is provided on Fig 1. for AF-40. The y-axis of the plot presents maximum productivity values: G_{max} , and x-axis shows voltage fluctuations values: $\delta U_t (\Delta I = I_{\delta})$ and $\delta U_{t,\delta\dot{a}\dot{a}} (\beta = 0,5)$, voltage sine wave distortion ratios: K_U , appearing at AF built-in power leads under furnaces' operation at preset operational (rational) current for AF at maximum level of furnace transformer transformation, obtained within wide range of supplying ESS parameter values

presented as initial voltage levels: $U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O}} \dot{A}\dot{N}\dot{I}$ and short circuit

power values: $S_{\dot{K}} \dot{A}\dot{N}\dot{I}$ at AF power leads.

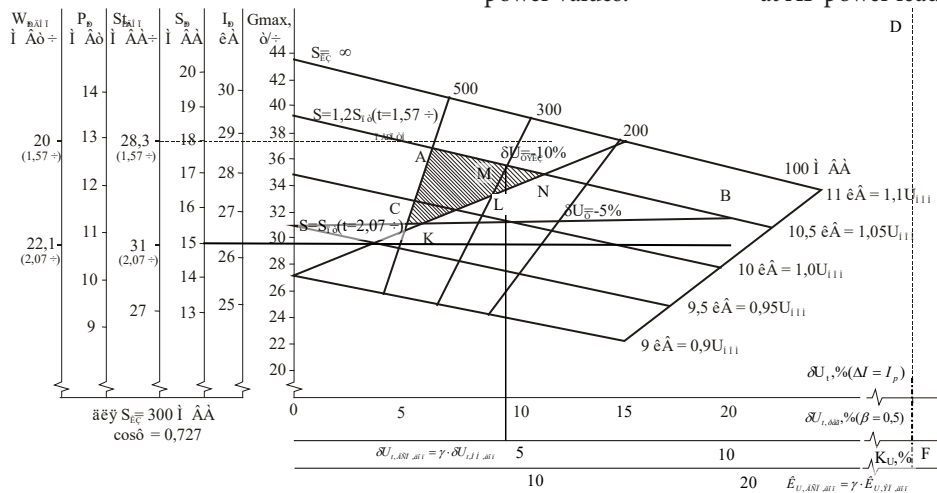


Fig. 1. ACKLM Electromagnetic Compatibility Area of AF-40 Load (SIIT = 15 MBA, UH = 10 κB) at Maximum AF Productivity Mode $G_{max} = G_p$

From Fig.1 we see that maximum productivity values: G_{max} , defined under short circuit power at AF power leads: $S_{\dot{K}} \dot{A}\dot{N}\dot{I} = \infty$, i.e. over y-axis (theoretical calculation technique), substantially differ from the above AF parameters values calculated over actual short circuit power values at AF power leads: $S_{\dot{K}} \dot{A}\dot{N}\dot{I}$, defined with inclusion of ESS parameters (resistances).

It should be noted that under: $S_{\dot{K}} \dot{A}\dot{N}\dot{I} = \infty$ it is impossible to determine power quality indices at AF leads and in ESS, i.e. we lack the possibility to identify EMC within ESS-AF electro-technical complex.

In analyzing conditions for AF load supply it is evident that short circuit power at AF power leads $S_{\dot{K}} \dot{A}\dot{N}\dot{I}$, defined by ESS parameters (resistances) cannot exceed tripping power:

$S_{\text{B,OTKЛ}}$ (current $I_{\text{B,OTKЛ}}$) of switches applied, defined by the expression:

$$S_{\dot{a},\dot{i}\dot{o}\dot{e}\dot{e}} = \sqrt{3} \cdot U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} \cdot I_{\dot{a},\dot{i}\dot{o}\dot{e}\dot{e}} \leq S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}} = \sqrt{3} \cdot U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} \cdot I_{\dot{E}}$$

Fig. 1. also reflects permissible short circuit power at AF power leads $S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}}$ limited by AC line.

In analyzing conditions for AF load power supply from permissible voltage deviations at AF power leads: $\delta U_{\dot{o},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$ it is necessary to take a number of factors into consideration.

1. Before AF hooking-up the initial voltage level at AF power leads: $U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$ is determined by ESS mode conditions (system load depending on the time of the day, regulation conditions, etc.), and AF power leads voltage level may deviate from nominal both on the plus side, up to maximum operating voltage value, and on the minus side.

It should be noted that the increase in initial voltage level at AF power leads above nominal value leads to extra losses in furnace transformers' steel and reduces insulation life time. In principle, by conditions of permissible positive voltage deviations at AF power leads in calculations it is reasonable to restrict them to the level:

$$U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}+} = 1,06 \cdot U_{\dot{i}\dot{i}\dot{i}}$$

i.e. under condition:

$$\delta U_{\dot{o},\dot{N}\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{a}\dot{i}\dot{i}+} = \frac{U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - U_{\dot{i}}}{U_{\dot{i}}} \cdot 100\% \leq +5\%$$

On Fig. 1. the restriction of voltage positive deviations: is reflected by AB line.

2. In the moment of AF load hooking-up negative voltage deviation appear, as a rule at AF power leads and supplying ESS due to, mostly, AF operating mode.

It is reasonable to restrict negative voltage deviations at AF power leads caused by operational (rational) AF modes to the level of 5% of nominal voltage, i.e. at narrower range than it is generally accepted now for normally permissible voltage deviations values on electric receiver leads set by GOST P 54149-2010 [2], which can also be applied to AF power leads and especially to main step-down substations' power transformers' parallel windings power leads, for instance MSDS transformers with split windings etc., where industrial electric receivers are hooked up, which can be presented as expression:

$$\delta U_{\dot{o},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}-} \geq -5\%$$

$$\delta U_{\dot{o},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} = \frac{U_{\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - U_{\dot{i}}}{U_{\dot{i}}} \cdot 100\%$$

where: $U_{\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$ are voltage deviations at AF power leads caused by AF load.

Therefore, in analyzing AF load influence on the circuit we needn't take into account the limit of positive voltage deviations, since it is determined by initial voltage only: $U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O}}$, the value of which is known and is always bigger than: $U_{\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$.

Conditions for non-exceeding permissible negative voltage deviations at AF power leads may be expressed through supplying ESS parameters and AF load parameters according to expression:

$$\frac{b \cdot Q_{\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}}}{S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}}} \leq \frac{U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - 0,9 \cdot U_{\dot{i}}}{U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}}$$

that allows us to determine permissible short circuit power values at AF power loads: $S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$, UNDER при under which AF load in operating mode will not lead to GOST P 54149-2010 [2] requirements violation concerning voltage deviations

under $\delta U_{\dot{o},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}-} \geq -5\%$ by expression:

$$S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}} \geq b \cdot Q_{\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}} \cdot \frac{U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}}{U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - 0,9 \cdot U_{\dot{i}}}$$

Having expressed reactive power consumed by AF in operational mode through furnace contour:

$$Q_{\dot{A}\dot{N}\dot{I}} = 3 \cdot I_{\dot{A}\dot{N}\dot{I}}^2 \cdot X_{\dot{E}}$$

we may visualize short circuit power permissible values as follows:

$$S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}} \geq b \cdot \frac{X_{\dot{E}} \cdot U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}}{K_{\dot{D}}^2 \cdot Z_{\dot{E}}^2} \cdot \frac{\left[m_{\dot{o}}^{\frac{5}{3}} \cdot (U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - 0,9 \cdot U_{\dot{i}}) - U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} \right]^2}{m_{\dot{o}}^{\frac{5}{3}} \cdot (U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - 0,9 \cdot U_{\dot{i}})}$$

$$\frac{I_{\dot{o}}}{I_{\dot{E}\dot{C}}}$$

where: mp = $I_{\dot{E}\dot{C}}$ is AF operational (rational) current proportionality ratio; Ip and AF exploitation short circuit (ESC) current: $I_{\dot{E}\dot{C}}$; $K_{\dot{D}}$ is furnace transformer transformation ratio; $Z_{\dot{E}}$, $X_{\dot{E}}$ are complete and inductive furnace contour resistance under ESC mode.

Through obtained short circuit power values at AF power leads $S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$ under set ESS conditions we may determine permissible AF load, represented, for instance, as reactive

power $Q_{\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}}$ by expression:

$$Q_{\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}} \leq \frac{S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} \cdot (U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - 0,9 \cdot U_{\dot{i}})}{b \cdot U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}}$$

or

$$Q_{\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}} \leq \frac{X_{\dot{E}} \cdot \left[m_{\dot{o}}^{\frac{5}{3}} \cdot (U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}} - 0,9 \cdot U_{\dot{i}}) - U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O}} \right]^2}{K_{\dot{D}}^2 \cdot Z_{\dot{E}}^2 \cdot m_{\dot{o}}^{\frac{5}{3}}}$$

Condition for non-exceeding negative voltage deviations ($\delta U_{\dot{o},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}-} \geq -5\%$ under permissible AF leads short circuit

power values: $S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}}$, initial voltage levels: $U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$ under permissible AF load in operational mode, represented

as permissible reactive power: $Q_{\dot{A}\dot{N}\dot{I},\dot{a}\dot{i}\dot{i}}$, on Fig.1 at BC line.

And so, the area of AF parameters admissible by operational mode reflected on Fig.1 will be limited within ABC triangle characterizing ESS parameters at AF power leads:

AC being maximal short circuit power permissible from the position of braking capacity of switches: $S_{\dot{E},\dot{A}\dot{N}\dot{I}}$;

AB being initial voltage: $U_{\dot{E}\dot{N}\dot{O},\dot{A}\dot{N}\dot{I}+} = 1,06 \cdot U_{\dot{i}\dot{i}\dot{i}}$ or permissible voltage deviations: $\delta U_{\dot{o}} = +5\%$;

BC being permissible negative voltage deviations:

$$\delta U_{\acute{o}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} - = -5\%$$

It should also be noted that AF operation in meltdown mode is accompanied with short-term maximum voltage drops at AF power leads, caused by ESC currents: $I_{\acute{Y}\acute{E}\acute{C}}$, that may reasonably be considered short-term voltage deviations. The correctness of this approach is conditioned by characteristics of voltage regulators applied in AF's.

Research tests show that under ESC transition time from AF operational current to ESC current is about 0,8-1,5 sec., while general time of ESC elimination by AF power regulator is from 3 to 5 sec. For power receivers fed from leads joint with AF such mode may be regarded as post-fault, and for AF proper – as maximum permissible load mode, and it allows us to lower the boundary of permissible power deviations at AF power leads under ESC mode up to -10% of nominal value, which corresponds to permissible negative deviations level according to GOST P 54149-2010 [2]:

$$\delta U_{\acute{o}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} - \geq -0\%$$

$$\delta U_{\acute{o}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}} = \frac{U_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}} - U_j}{U_j} \cdot 100\%$$

where: $\delta U_{\acute{o}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}}$ are voltage deviations at AF power leads conditioned by AF load under ESC mode.

We may determine supply circuit and AF load parameters limitations for the case considered, using relationship:

$$\frac{b \cdot Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}}{S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}} \leq \frac{U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}} - 0,9 \cdot U_j}{U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}}}$$

The magnitude of short circuit power values at AF power leads may then be determined by expression:

$$S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \geq b \cdot Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \cdot \frac{U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}}}{U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}} - 0,9 \cdot U_j}$$

Having expressed reactive power consumed by AF under ESC mode through furnace contour parameters

$$Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}} = 3 \cdot I_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}}^2 \cdot X_{\acute{E}}$$

we may present permissible short circuit power values as:

$$S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \geq \frac{b \cdot X_{\acute{E}} \cdot (0,9 \cdot U_j)^2 \cdot U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}}}{K_D^2 \cdot Z_{\acute{E}}^2 \cdot (U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}} - 0,9 \cdot U_j)}$$

Taking into account known AF furnace contour parameters the previous expression may be generalized as:

$$S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \geq \frac{C \cdot U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}}}{U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}} - 0,9 \cdot U_j}$$

where C coefficients for a number of AF's are equal, respectively, to: for AF-6 C = 8,4; for AF-40 C = 25,0; for AF-100 C = 151,0.

Reactive power values consumed by AF under ESC mode in terms of pre-set ESS conditions and permissible voltage deviations on the level of - 10% at AF power leads may be determined by the expression:

$$Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \leq \frac{S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \cdot (U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}} - 0,9 \cdot U_j)}{b \cdot U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}}}$$

or

$$Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \leq 0,8 \cdot \frac{X_{\acute{E}} \cdot U_j^2}{K_D^2 \cdot Z_{\acute{E}}^2}$$

Obtained conditions for non-exceeding negative voltage deviations on the level $\delta U_{\acute{o}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} - \geq -0\%$ at AF power leads under AF ESC mode are reflected on Fig.1 as KN line.

At the same time the area of AF permissible working modes (electric and operational characteristics) set by permissible parameters of supplying ESS at AF power leads is narrowed; on Fig.1 it is reflected by triangle ACKN.

The multitude of limitations on minimally permissible AF short circuit power: $S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}$ and on maximally permissible

reactive power consumed: $Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}$ under operational (rational) AF mode also makes it possible to determine permissible voltage deviations values: $\delta U_{t, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}$, appearing at AF power leads through the formula:

$$\delta U_{t, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \leq \frac{b \cdot Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}}{S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}} \cdot \frac{U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}}}{U_j} \cdot \beta \cdot 100\%$$

where: β is AF current oscillability ratios, including AF current oscillability ratios defined by AF automated voltage regulators' characteristics: $\beta_{\acute{o}\acute{a}\acute{a}}$.

Under AF current oscillability ratio: $\beta = 1,65$ corresponding to AF arc current swing: $\Delta I = I_{\acute{o}}$ maximum voltage

fluctuations values: δU_t at AF power leads for rational mode

considered are presented on Fig. 1, as it was stated earlier, as x-axis. In evaluating AF current swings conditioned by AF automated power regulator (APR) used AF current oscillability

ratios: $\beta_{\acute{o}\acute{a}\acute{a}}$, are different of different types of APR. On x-axis it is accompanied with proportional change in voltage fluctuations scope: $\delta U_{t, \acute{o}\acute{a}\acute{a}}$.

Voltage fluctuations appearing at AF power leads under ESC mode are determined by correlation between maximum

AF reactive power consumed: $Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}$ and minimum permissible short circuit power: $S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}$ at AF power

leads subject to limitations: $\delta U_{\acute{o}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} - \geq -0\%$ by the expression:

$$\delta U_{t, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \leq \frac{b \cdot Q_{\acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}}{S_{\acute{E}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{Y}\acute{E}\acute{C}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}} \cdot \frac{U_{\acute{E}\acute{N}\acute{O}, \acute{A}\acute{N}\acute{I}}}{U_j} \cdot \beta_{\acute{Y}\acute{E}\acute{C}} \cdot 100\%$$

where $\beta_{\acute{Y}\acute{E}\acute{C}}$ is AF current oscillability ratio under $\delta I = I_{\acute{Y}\acute{E}\acute{C}}$.

Conditions for providing EMC between AF and ESS of AF-ESS electro-technical complex considered may be supplemented with GOST P 51317.3.3-2008 (IEC 61000-3-3:2005) [3] requirements for permissible voltage oscillation values at voltage-oscillation-sensitive power receivers' leads: $\delta U_{t, \acute{a}\acute{i}\acute{r}}$ by means of their reduction to AF power leads with simultaneous limitation of permissible voltage fluctuations at AF power leads: :

$$\delta U_{t, \acute{A}\acute{N}\acute{I}, \acute{a}\acute{i}\acute{r}} \leq \frac{1}{\acute{E}_{\acute{A}\acute{N}\acute{I} - \acute{I}}} \cdot \delta U_{t, \acute{a}\acute{i}\acute{r}, \acute{i}\acute{o}\acute{i}} = \gamma_{\acute{A}\acute{N}\acute{I} - \acute{I}} \cdot \delta U_{t, \acute{a}\acute{i}\acute{r}, \acute{i}\acute{o}\acute{i}}$$

where: $\acute{E}_{\acute{A}\acute{N}\acute{I} - \acute{I}}$ is transmission ratio between voltage

fluctuations at AF power leads: $\delta U_{t, \dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}}$ those at sensitive receivers' leads: $\delta U_{t, \dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}}$, where they are specified by GOST P 51317.3.3-2008 (IEC 61000-3-3:2005)

[3]; $\gamma_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{I}}$ is voltage relaxation ratio that is in inverse proportion to voltage fluctuations transmission ratio from AF power leads: $\hat{E}_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{I}}$.

As previous research has shown, voltage oscillation values at sensible receivers' (light load) power leads: $\delta U_{t, \dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}}$ and voltage fluctuations values in common points of their ESS and that of AF load: $\delta U_{t, \dot{D} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}}$ (as a rule, this is three-winding and split-winding MSDS transformers midpoint (mp) voltage) are practically equal, i.e.:

$$\delta U_{t, \dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}} \approx \delta U_{t, \dot{D} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}}$$

Therefore, in the expression given above transmission ratio: $\hat{E}_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{I}}$ may be substituted by transmission ratio: $\hat{E}_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{D}}$, and AF power leads' fluctuations permissible by GOST P 51317.3.3-2008 (IEC 61000-3-3:2005) [3] may be determined by expression:

$$\delta U_{t, \dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}} \leq \frac{1}{\hat{E}_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{D}}} \cdot \delta U_{t, \dot{D} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}, \dot{i}\dot{o}\dot{i}}$$

where $\hat{E}_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{D}}$ is voltage oscillation transition ratio between AF power leads and MSDS transformers' midpoint determined by ratio of ESS inductive resistance up to midpoint: $\tilde{O}_{\dot{n}}$ and inductive resistance of ESS element: $\tilde{O}_{\dot{y}}$, i.e. MSDS transformer winding between AF power leads and midpoint:

$$\hat{E}_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{D}} = \frac{\tilde{O}_{\dot{n}}}{\tilde{O}_{\dot{n}} + \tilde{O}_{\dot{y}}} = \frac{\tilde{O}_{\dot{n}}}{\tilde{O}_{\dot{n}} + \tilde{O}_{\dot{O}, \dot{I}}}$$

or

$$\hat{E}_{\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{D}} = \frac{\tilde{O}_{\dot{n}}}{\tilde{O}_{\dot{n}} + \tilde{O}_{\dot{y}}} = \frac{\tilde{O}_{\dot{n}}}{\tilde{O}_{\dot{n}} + \tilde{O}_{\dot{O}, \dot{N}}}$$

Area limitation of permissible AF operational modes and permissible voltage fluctuations at AF power leads: $\delta U_{t, \dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}}$ from the standpoint of permissible voltage fluctuations at sensitive (lighting) receivers' power leads: $\delta U_{t, \dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}}$, regulated by GOST P 51317.3.3-2008 (IEC 61000-3-3:2005) [3] requirements for voltage fluctuations is represented on Fig. 1 as a straight line parallel to y-axis.

In a number of cases these conditions result in limitation of permissible AF operational modes (on Fig.1 it is reflected by LM line), and the area of permissible AF operational modes will be limited for AF-40 under maximum productivity mode, as it is shown on Fig.1 by ACKLM polygon.

Conditions for ESS-AF EMC may be complemented with GOST P 51317.4.7-2008 (IEC 61000-4-7:2002) [4] requirements for maximum permissible value of voltage curve sine wave distortion ratio at sensitive receivers' power leads (at common

points of connection to power circuits): $\hat{E}_{U, \dot{a}\dot{i}\dot{i}, \dot{i}\dot{o}\dot{i}}$ by their reduction to AF power leads through the expression:

$$K_{U, \dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{a}\dot{i}\dot{i}} \leq \gamma_{K_U(\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{y})} \cdot K_{U, \dot{a}\dot{i}\dot{i}, \dot{i}\dot{o}\dot{i}}$$

where: $\gamma_{K_U(\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{y})}$ is damping ratio for voltage higher-order harmonics inversely proportional to transmission ratio: $W_{K_U(\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{D})}$, which, in turn, is determined by expression similar to those applied for voltage fluctuations:

$$\gamma_{K_U(\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{y})} = \frac{1}{W_{K_U(\dot{A}\dot{N}\dot{I} \dots \dot{y})}} = \frac{X_C + X_{\dot{y}}}{X_C}$$

where: X_C is ESS resistance up to common connection point; $\tilde{O}_{\dot{y}}$ is ESS element (elements) resistance between AF power leads and industrial load hook-up point.

Limitation of permissible AF operational modes area and permissible voltage curve sine wave distortion ratios values: K_U at AF and industrial load common connection points regulated by GOST P 51317.4.7-2008 (IEC 61000-4-7:2002) [4] requirements is presented on Fig.1 as a straight line parallel to y-axis.

Joint analysis of ESC permissible values at AF power leads under voltage fluctuations norm-setting conditions and ESS voltage curve sine wave distortion ratio shows that voltage fluctuations leading to significant limitations of permissible AF operational modes are dominant factor in providing ESS-AF EMC.

In addition, from electro-magnetic compatibility conditions diagram for estimated AF load characteristics (Fig.1 for AF-40) we may also specify fulfillment of furnace transformer (FT)

load: $S_{\dot{i}\dot{i}\dot{i}, \dot{D}}$ and overload $S_{\dot{i}\dot{a}\dot{d}\dot{a}\dot{d}, \dot{D}}$ mode conditions;

for AF-40 specifically, are: $S_{\dot{d}\dot{a}\dot{a}, \dot{A}\dot{N}\dot{I}} < S_{\dot{i}\dot{i}\dot{i}, \dot{D}} = 15 \text{ MBA}$

and $S_{\dot{d}\dot{a}\dot{a}, \dot{A}\dot{N}\dot{I}} < S_{\dot{i}\dot{a}\dot{d}\dot{a}\dot{d}, \dot{D}} = 18 \text{ MBA}$.

Conclusion

Summing up, in order to provide conditions for electromagnetic compatibility of electric supply system – arc furnace electro-technical complex expressed as permissible AF electric and operational characteristics, voltage quality indicators, permissible furnace transformer loads and overloads characterized by AF electro-technological modes it is expedient to apply expressions and graphic dependences provided in this paper.

Besides, graph analytic dependences obtained may be augmented with other EMC indices, as well as used for a number of other types of electric power receivers.

Sources (in Russian)

1. В.М. Салтыков, О.А. Салтыкова, А.В. Салтыков. Влияние характеристик дуговых сталеплавильных печей на качество напряжения в системах электроснабжения: Под общ. ред. В.М. Салтыкова. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 245 с.

2. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2012.

3. ГОСТ Р 51317.3.3-2008 (МЭК 61000-3-3:2005). Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2009.

4. ГОСТ Р 51317.4.7-2008 (МЭК 61000-4-7:2002). Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств. М.: Стандартинформ, 2009.

CONDITIONS ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY BY THE MAGNETIC FIELD OF INDUSTRIAL FREQUENCY IN THE SURROUNDING AREA FROM CABLE SYSTEMS POWER SUPPLY

Mayevskiy B. Y.

Doctor of geological sciences, Professor

Kurovets S.S.

PhD, Associate Professor

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

УСЛОВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПО НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ В ОКРУЖАЮЩЕМ ПРОСТРАНСТВЕ ОТ КАБЕЛЕЙ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Салтыков Александр Валентинович, кандидат технических наук, доцент кафедры Автоматизированные электро-энергетические системы, Самарский государственный технический университет

Салтыков Валентин Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры Электромеханика и автомобильное электрооборудование, Самарский государственный технический университет

ABSTRACT

The conditions of electromagnetic compatibility (EMC) for the equipment and electromagnetic safety (EMS) staff offices and the public from exposure to magnetic fields of industrial frequency currents generated electricity cable systems, low voltage.

АННОТАЦИЯ

Показаны условия обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) для технических средств, а также электромагнитной безопасности (ЭМБ) персонала офисных помещений и населения, от воздействия напряженностей магнитных полей промышленной частоты, создаваемых токами кабелей систем электроснабжения низкого напряжения.

Keywords: electromagnetic compatibility, electromagnetic security of, the magnetic field of industrial frequency, system power supply-the supply of low voltage.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электромагнитная безопасность, напряженность магнитного поля промышленной частоты, система электроснабжения низкого напряжения.

Introduction

The main sources of electromagnetic fields in electric power us-the sense of forming the electromagnetic environment are: overhead transmission line high voltage, static electricity, strong industrial electrical installations, switchgear, and so on [1]. Simultaneously increasingly used electronic equipment in the relay protection systems, security and emergency control of electrical high and low voltage. The electronic equipment is becoming more sensitive to electromagnetic interference, especially to the magnetic field appearing in the secondary circuits substations, which are the sources of operating current, the switching switches the high and low voltage, large short circuit currents, the electromagnetic field of industrial frequency and radio frequency.

Enough is complicated electromagnetic environment (EME) and in office buildings, which is characterized by a large variety of electromagnetic fields (EMF) by type, frequency range, and levels. This diversity EMF is determined by a large number of computer equipment, primarily computers, lighting systems, air conditioners, elevators, alarms and other electrical equipment and supply their electric systems and networks,

providing process, the reliability and the required sanitary and epidemiological conditions for staff. This is important from the perspective of the functioning of all systems of an office building and conditions EMC is the power supply system.

These circumstances lead to the need for theoretical and experimental studies of electromagnetic environment (EME), conditions electromagnetic compatibility (EMC) and electromagnetic safety (EMS) in the areas of office buildings, equipped with computers and other office equipment [2], and to assess the influence of power supply system's low voltage.

Based on the foregoing, in this paper based on the working methods of calculation [3] the nature of the variation of the power frequency magnetic fields in the surrounding single-phase and three-phase of four-wire and cable power supply systems, showing the conditions of electromagnetic compatibility (EMC) for the equipment used in residential, commercial and industrial areas, as well as providing conditions for electromagnetic safety (EMs) in accordance with the requirements of sanitary-epidemiological rules and norms (SRN) to protect personnel office and the public from exposure to magnetic fields.

1. Conditions electromagnetic compatibility valid the values of the magnetic field of industrial frequency in the surrounding space of the single-phase two-wire

Valid values of the magnetic field of industrial frequency in the surrounding space in the case, the known location of the lead wires can be identified by pie charts [3], highlighting the valuation of their maximum value, and in case of uncertainty wire - average values.

In particular, for single-phase two-wire maximum value of the magnetic field of industrial frequency, in General, determined by the expression:

$$i_{\partial\Sigma\max}(N) = \frac{I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot R_{0,i}^2}, \text{ A/M}, \tag{1}$$

and the values of mathematical expectation (mean values) by the expression:

$$m(i_{\partial\Sigma, N}) = 0,673 \cdot \frac{I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot R_{0,i}^2}, \text{ A/M}, \tag{2}$$

where: I_a - is the effective value of current, A; d - the distance between the conductors of the wire, m; $R_{0,i}$ - is the distance between the control point and the center of the wire, m.

The obtained expressions allow us to determine the conditions of electromagnetic compatibility (EMC) in magnetic fields of industrial frequency for single-phase two-wire for single (AN) wires used in the office (residential) areas.

As you know, EMC conditions on maximum permissible levels of magnetic fields of industrial frequency of 50 Hz in residential and public buildings and areas are regulated by requirements GN 2.1.8 / 2.2.4.2262-07 [4]. In particular, for staff (OS) of office space the valid values of the magnetic field of industrial frequency are $H_{50\text{Гц OS}_{\text{дон}}} \leq 4, \text{ A/m}$.

In addition, in office buildings GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-6-1: 2005) [5] pick up, it regulates the conditions of immunity to electromagnetic interference of technical means used in residential, commercial and industrial areas with low power consumption. In particular, in accordance with the requirements of GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-6-1: 2005), the values of the magnetic field of industrial frequency of 50 Hz on the port hull technical means (TC), used in the office buildings and areas should not be more than: $H_{50\text{Гц TC}_{\text{дон}}} \leq 3, \text{ A/m}$.

Since in office buildings video display terminals (VDT) are abundantly present, then it also should evaluate the conditions of electromagnetic compatibility and cathode-ray tubes, the requirements for which are contained in the GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-6-1: 2005). In particular, in accordance with the above mentioned GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-

6-1: 2005), the magnitude of the magnetic field of industrial frequency of 50 Hz should not exceed: $H_{50\text{Гц VDT}_{\text{дон}}} \leq 1, \text{ A/m}$.

It should be noted that the electromagnetic compatibility conditions in offices by the admissible values of the magnetic fields of industrial frequency for practical purposes should be assessed based on the design features discussed wires or cables (type), and the distance from the center of the wire (cable) to the points (circles around the wire radius) with these normalized values for staff and corps of technical means [6].

At the same time, under certain structural characteristics of the wires (cables), the allowable distance from the controlled (normalized) of the object to provide normalized values of the magnetic field of industrial frequency of 50 Hz can be determined by analytical expressions.

In particular, single-phase two-wire for single (AN) wires (cables) by the expressions:

1) for staff office space at $H_{50\text{Гц OS}_{\text{дон}}} \leq 4, \text{ A/m}$:

a) maximum value:

$$R_{0,i,i_{\partial\Sigma\max}}(I_a, d, R_{0,i}) \geq \sqrt{\frac{I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot i_{\partial\Sigma\max}(N)} = 4A/i} = 0,2 \sqrt{I_a \cdot d} \tag{3}$$

b) the expectation values:

$$R_{0,i,m(i_{\partial\Sigma, N})}(I_a, d, R_{0,i}) \geq \sqrt{\frac{0,637 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot m(i_{\partial\Sigma, N})} = 4A/i} = 0,6 \sqrt{I_a \cdot d} \tag{4}$$

2) for the equipment of office space at $H_{50\text{Гц TC}_{\text{дон}}} \leq 3, \text{ A/m}$:

a) maximum value:

$$R_{0,i,i_{\partial\Sigma\max}}(I_a, d, R_{0,i}) \geq \sqrt{\frac{I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot i_{\partial\Sigma\max}(N)} = 3A/i} = 0,3 \sqrt{I_a \cdot d} \tag{5}$$

b) the expectation values:

$$R_{0,i,m(i_{\partial\Sigma, N})}(I_a, d, R_{0,i}) \geq \sqrt{\frac{0,637 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot m(i_{\partial\Sigma, N})} = 3A/i} = 0,8 \sqrt{I_a \cdot d} \tag{6}$$

3) for cathode-ray tubes with $H_{50\text{Гц VDT}_{\text{дон}}} \leq 1, \text{ A/m}$:

a) maximum value:

$$R_{0,i,i_{\partial\Sigma\max}}(I_a, d, R_{0,i}) \geq \sqrt{\frac{I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot i_{\partial\Sigma\max}(N)} = 1A/i} = 0,9 \sqrt{I_a \cdot d} \tag{7}$$

b) the expectation values:

$$R_{0,i,m(i_{\partial\Sigma, N})}(I_a, d, R_{0,i}) \geq \sqrt{\frac{0,637 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot m(i_{\partial\Sigma, N})} = 1A/i} = 0,3 \sqrt{I_a \cdot d} \tag{8}$$

In particular, for a number of single-phase two-wire single structures (AN) wires (cables) with regard to their cross sections (the distance between the cores) and acceptable for them currents, electromagnetic compatibility conditions on the magnetic fields of industrial frequency- Universe in the form of admissible distances to the controlled (normalized) object, m, are shown in Table. 1.

Table 1.

Clearance to controlled (normalized) of an object when the conditions for EMC magnetic fields of industrial frequency, A/m, for two-wire and cables

Wire (cable) core section S, mm ²	Distance between wire centers d, m	Nominal current, I _{нлв} , A	Permissible distances to controlled (rated) object by EMC conditions for H _{∂Σmax} (AN) and m(H _{∂Σmax} (AN)), R _{0ион} , m					
			for OH by GN 2.1.8/2.2.4.2262 under H _{50Гц OS} ≤ 4 / M			for TM and CRT by GOST P 51317.6.1-2006		
			for H _{∂Σmax}	for m(H _{∂Σ})	R _{0ион} m	under H _{50Гц TC, дон} ≤ 4 / M	under H _{50Гц VDT, дон} ≤ 4 / M	
			for H _{∂Σmax}	for m(H _{∂Σ})	for H _{∂Σmax}	for m(H _{∂Σ})	for H _{∂Σmax}	for m(H _{∂Σ})
			R _{0ион} m	R _{0ион} m	R _{0ион} m	R _{0ион} m	R _{0ион} m	R _{0ион} m
2,5	0,00276	30	0,057	0,046	0,066	0,052	0,112	0,089

4	0,00324	41	0,073	0,058	0,084	0,066	0,142	0,113
6	0,00373	50	0,086	0,069	0,099	0,078	0,168	0,134
10	0,00555	80	0,133	0,107	0,153	0,120	0,260	0,207
16	0,0065	100	0,162	0,130	0,186	0,146	0,314	0,250
25	0,0076	140	0,206	0,165	0,237	0,185	0,402	0,320
35	0,0086	170	0,242	0,194	0,278	0,218	0,473	0,375
50	0,0120	215	0,322	0,258	0,370	0,290	0,626	0,498
70	0,01365	270	0,384	0,307	0,442	0,346	0,749	0,595
95	0,01555	330	0,453	0,362	0,521	0,408	0,883	0,702
120	0,0177	385	0,522	0,418	0,600	0,470	1,018	0,809
150	0,0197	440	0,589	0,471	0,677	0,530	1,148	0,913
185	0,0203	510	0,644	0,515	0,740	0,579	1,255	0,997
240	0,0214	605	0,720	0,576	0,828	0,648	1,403	1,115

In particular, the Table. 1 shows that the conditions for EMC by the magnetic field of industrial frequency in the surrounding area at the distance of $R_{0i, \text{non}} = 0,5$ m, single-phase two-wire from single (A, N) wires (cables), in particular, on the expectation value $m(H_{\text{a}\Sigma\text{AN}})$ (for the cases of uncertainty of arrangement conductors), are allowed: upon request of GN 2.1.8 / 2.2.4.2262 for staff conductor serving the wires with cross-section $S_{\text{non}} \leq 185$ mm² with current $I_{\text{non}} \leq 510$ A; according to the requirements of GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-6-1: 2005) on the port of hull technical means (TC), used in the office buildings and areas, wires cross-section $I_{\text{non}} \leq 150$ mm² with current $I_{\text{non}} \leq 440$ A; according to the requirements of GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-6-1: 2005) for cathode-ray tubes of technical means used in the office buildings and areas, the use of wires with cross-section $S_{\text{non}} \leq 50$ mm² a current $I_{\text{non}} \leq 215$ A.

2. Conditions for valid EMC values of the magnetic field of industrial frequency in the surrounding area of four-wire three-phase (cables) to the location of the conductors on the square

In the method [3] of calculation of the magnetic field around the three-phase four-wires (cables) the location of the phase conductors (wires) around the square has been shown.

The calculations showed that for three-phase four wires (cables) with the location of the conductors around the square, connected a star, with balanced load the maximum values of the magnetic field of industrial frequency in the surrounding space, in general are determined by the expression:

$$i_{\text{a}\Sigma\text{max}}(\hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 1,224 \cdot \frac{I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot R_{0,i}^2} \quad (9)$$

and mathematical expectations (medium) values by expression:

$$m(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 0,8 \cdot \frac{I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot R_{0,i}^2} \quad (10)$$

The obtained expressions allow us to determine the conditions of electromagnetic co-capacity (EMC) in magnetic fields of industrial frequency for three-phase of four-wire single (ABCN, кв) wire or cables used in the office (industrial, residential) areas.

EMC conditions on maximum permissible levels of magnetic fields of industrial-frequency 50 Hz in residential and

public buildings and intended for building, as shown earlier, also regulated by the requirements of the following documents:

- GN 2.1.8 / 2.2.4.2262-07: $H_{50 \text{ Гц OS}_{\text{non}}} \leq 4$, A/m [4];
- GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-6-1: 2005): $H_{50 \text{ Гц TC}_{\text{non}}} \leq 3$, A/m [5];
- GOST R 51317.6.1-2006 (IEC 61000-6-1: 2005): $H_{50 \text{ Гц VDT}_{\text{non}}} \leq 1$, A/m [5].

At the same time, under certain structural characteristics of the wires (cables), the allowable distance from the controlled (normalized) of the object to provide normalized values of the magnetic field of industrial frequency of 50 Hz can be determined by analytical expressions.

In particular, for three-phase of four-wire single (ABCN, q) wires (cables) by the expressions:

- for staff office space at $H_{50 \text{ Гц OS}_{\text{non}}} \leq 4$, A/m:

a) maximum value:

$$R_{0,i, \text{max}}(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) \geq \sqrt{\frac{1,224 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot i_{\text{a}\Sigma\text{max}}(\hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 4 \text{ A/m}}} = 0,2 \sqrt{I_a \cdot d} \quad (11)$$

b) the expectation values:

$$R_{0,i, m(i_{\text{a}\Sigma})}(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) \geq \sqrt{\frac{0,8 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot m(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 4 \text{ A/m}}} = 0,197 \sqrt{I_a \cdot d} \quad (12)$$

- for the equipment of office space at $H_{50 \text{ Гц TC}_{\text{non}}} \leq 3$, A/m:

a) maximum value:

$$R_{0,i, \text{max}}(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) \geq \sqrt{\frac{1,224 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot i_{\text{a}\Sigma\text{max}}(\hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 3 \text{ A/m}}} = 0,254 \sqrt{I_a \cdot d} \quad (13)$$

b) the expectation values:

$$R_{0,i, m(i_{\text{a}\Sigma})}(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) \geq \sqrt{\frac{0,8 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot m(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 3 \text{ A/m}}} = 0,223 \sqrt{I_a \cdot d} \quad (14)$$

- for cathode-ray tubes with $H_{50 \text{ Гц VDT}_{\text{non}}} \leq 1$, A/m:

a) maximum value:

$$R_{0,i, \text{max}}(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) \geq \sqrt{\frac{1,224 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot i_{\text{a}\Sigma\text{max}}(\hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 1 \text{ A/m}}} = 0,4 \sqrt{I_a \cdot d} \quad (15)$$

b) the expectation values:

$$R_{0,i, m(i_{\text{a}\Sigma})}(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) \geq \sqrt{\frac{0,8 \cdot I_a \cdot d}{2 \cdot \pi \cdot m(i_{\text{a}\Sigma}, \hat{A}\hat{A}\hat{N}\hat{N}, q) = 1 \text{ A/m}}} = 0,9 \sqrt{I_a \cdot d} \quad (16)$$

In particular, for a number of three-phase structures of four-wires (cables) with the location lived in view of their square cross-sections (the distance between the strands) and allowed for their currents, electromagnetic compatibility conditions on the magnetic field in a commercial frequency to a controlled allowable distance (normalized) object m, are shown in Table. 2.

Table 2.

Clearance to controlled (normalized) of the object if the conditions for EMC magnetic fields of industrial frequency for three-phase four-wire (wire) with the location of the conductors on the square

Wire (cable) core section S, mm ²	Distance between wire centers d, m	Nominal current, I _п , A	Permissible distances to controlled (rated) object by EMC conditions for H _{∂Σmax} (ABCN,q) and m(H _{∂Σmax} (ABCN,q)), R _{0iдоп} , m					
			for OH by GN 2.1.8/2.2.4.2262 under H _{50Гц, OS, доп} ≤ 4 /M			for TM and CRT by GOST P 51317.6.1-2006		
			under H _{50Гц, TC, доп} ≤ 3/M		under H _{50Гц, VDT, доп} ≤ 1 /M			
			for H _{∂Σmax}	for m(H _{∂Σ})	for H _{∂Σmax}	for m(H _{∂Σ})	for H _{∂Σmax}	for m(H _{∂Σ})
R _{0iдоп} m		R _{0iдоп} m		R _{0iдоп} m		R _{0iдоп} m		
2,5	0,00276	30	0,063	0,057	0,073	0,064	0,127	0,112
4	0,00324	41	0,080	0,072	0,093	0,081	0,160	0,142
6	0,00373	50	0,095	0,085	0,110	0,096	0,190	0,168
10	0,00555	80	0,147	0,131	0,169	0,149	0,293	0,260
16	0,0065	100	0,177	0,159	0,205	0,180	0,355	0,314
25	0,0076	140	0,227	0,203	0,262	0,230	0,454	0,402
35	0,0086	170	0,266	0,238	0,307	0,269	0,532	0,472
50	0,0120	215	0,353	0,316	0,408	0,358	0,707	0,626
70	0,01365	270	0,422	0,378	0,488	0,428	0,845	0,749
95	0,01555	330	0,498	0,446	0,575	0,505	0,997	0,883
120	0,0177	385	0,575	0,514	0,663	0,582	1,149	1,018
150	0,0197	440	0,648	0,580	0,748	0,656	1,295	1,148
185	0,0203	510	0,708	0,634	0,817	0,717	1,416	1,255
240	0,0214	605	0,792	0,709	0,914	0,802	1,583	1,403

Table. 2 that for the conditions for EMC on tension of magician magnetic field of industrial frequency in the surrounding area at a distance of R_{0,i} = 0,5 m. from three-phase of four-wire single (ABCN,q) cables (wires) with the location of conductors around the square, in particular, by the values of the mathematics expectation m(I_{∂Σ,ABCN,q}) A/m, (in cases of uncertainty of arrangement conductor), the following is allowed: upon requirements GN 2.1.8 / 2.2.4.2262 for staff servicing the cables with cross-section S_{доп} ≤ 120 mm² with current I_{доп} ≤ 385 A; according to the requirements of GOST R 51317.6.1-2006 on the port of hull of technical means (TC), used in the office (industrial) buildings and areas, cables with cross-section S_{доп} ≤ 95 mm² with current I_{доп} ≤ 330 A; according to the requirements of GOST R 51317.6.1-2006 for cathode-ray tubes technical means used in the office (industrial) buildings and areas, cables with cross-section S_{доп} ≤ 35mm² with current I_{доп} ≤ 170 A.

Conclusion

The developed analytical expressions and calculation results shown in Table. 1 and 2, allow to evaluate of EMC conditions for staff (OP) and means (TC) for industrial frequency magnetic fields in the surrounding area around the single-phase two-wire (AN) and four-wire three-phase (ABCN, q) wires or cables of power supply systems of office, residential, industrial areas, to take them into account in the analysis of the existing electromagnetic environment in the office and residential buildings as well as in the design of electrical systems.

Sources (in Russian)

1. Салтыков В.М., Безменова Н.В. Электромагнитные поля промышленной частоты в электрических сетях и распределительных установках.– Москва: Машиностроение, 2011. – 206 с. – ISBN 978-5-217-03486-4.
2. Салтыков В.М., Салтыков А.В. Исследования электромагнитных полей офисных и жилых помещений с компьютерной техникой и от электрической сети. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2013. – 128 с. – ISBN 978-3-659-48319-6.
3. Салтыков В.М., Салтыков А.В. Определение допустимых значений напряженности магнитного поля от проводов электрической сети и результаты исследований ЭМП. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG. 2014. – 108 с. ISBN 978-3-659-52844-6.
4. Гигиенический норматив ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07. Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на сельских территориях. Утверждено от 21.08.2007г., № 60.
5. ГОСТ Р 51317.6.1–2006 (МЭК 61000–6–1: 2005). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Требования и методы испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2006.
6. Салтыков В.М., Салтыков А.В., Беспалов В.А., Смирнов М.В. Выбор допустимых расстояний при обеспечении ЭМС по магнитным полям промышленной частоты от

одиночных проводов офисных и жилых помещений. Вестник Самарского государственного технического университета. Технические науки. Вып. №1(37), 2013.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ИГРАЮЩИХ РОЛЬ ЖИДКОГО КАТОДА

Сергеева О. В.

Украинский государственный химико-технологический университет, доцент

Пивоваров А.А.

Украинский государственный химико-технологический университет,

профессор

THEORETICAL FOUNDATIONS OF PLASMA-TREATING AN AQUEOUS SOLUTION IN THE FORM OF A LIQUID CATHODE

Sergeyeva O. Ukrainian State University of Chemical Technology, Associate Professor

Pivovarov A. Ukrainian State University of Chemical Technology, Professor

АННОТАЦИЯ

В данной работе на основании исследования литературных источников рассмотрены теоретические основы обработки водных растворов контактной неравновесной плазмой. В результате выявлены некоторые закономерности взаимовлияния разряда и водного раствора, играющего роль катода, также разработаны рекомендации к составлению математической модели процесса.

ABSTRACT

In this paper, based on the research literature reviewed the theoretical foundations of the processing of aqueous solutions contact the non-equilibrium plasma. As a result, it revealed some patterns of interference discharge and water solution which acts as the cathode also developed recommendations to the drafting process of the mathematical model.

Ключевые слова: плазма, жидкость, катод, пониженное давление, плазменный разряд.

Keywords: plasma, liquid, cathode, low pressure, plasma discharge.

Постановка проблемы.

В последнее время применение в различных технологиях процессов протекающих в системе газ – жидкость становится все более актуальной. Примером применения таких процессов являются методы, основанные на действии контактной неравновесной плазмы на водные растворы [1-7], для обеззараживания воды [8, 9], очистки воды от ПАВ [10], извлечения металлов из водных сред [11-17]. Они отличаются достаточно малыми удельными энергозатратами, возможностью полной автоматизации оборудования и высокой степенью извлечения.

При этом для получения более качественных результатов возникает необходимость в изучении процессов плазмохимической обработки жидких сред и обобщении результатов исследований, выполненных различными авторами.

Анализ последних исследований и публикаций.

Большинство исследований, связанных с использованием плазмохимической обработки жидких сред носят прикладной характер. При этом на основании анализа можно выделить основные факторы, влияющие на результаты плазмохимической обработки. Отметим, что процесс плазмохимической обработки жидкости зависит от многих факторов [1, 18]: температуры раствора, давления, диффузионных процессов на границе раздела фаз, изменение объема системы вследствие уноса части вещества, присутствующих примесей.

Специфика электрического (плазменного) газового разряда с водным раствором электролита в качестве катода

отличает его от аналогичных разрядов с металлическими электродами и определяется, согласно утверждению Полякова О. В. [19] низкой температурой катода и отсутствием электронной проводимости в основном состоянии катодообразующего материала. При этом использование электролитного катода ограничивает, в первую очередь, возможности эмиссии электронов, благодаря чему сокращается набор механизмов, присущих газовому разряду с твердым проводящим катодом.

Примем во внимание, что некоторые типы плазмы, образованной различными разрядами, при контакте с водной средой приводят образованию активных частиц и радикалов, которые возникают при деструкции воды [20 – 26].

Многочисленные исследования, выполненные различными авторами, позволяют составить определенную картину протекающих процессов. Из работы Гизатуллиной Ф.А. [27] в которой изучался разряд с жидким катодом в процессах обработки поверхностей: в качестве модельных растворов использовалась водопроводная вода, 0,5%, и 1% растворы NaCl в дистиллированной воде. В результате проведенных спектроскопических исследований плазмы разряда с жидким катодом получены фотографии спектра плазмы. Автором [27] отмечено, что при обработке раствора 1% NaCl в дистиллированной воде: наиболее интенсивна линия Na, полосы C+, N+, O+, NO+, N2+, O, N2, OH, линии Бальмеровской серии водорода. В этой же работе получена фотография линии атома водорода H β и профили линии H β . По уширению этой спектральной линии,

вызванному линейным Штарк-эффектом, определялись концентрации электронов для прикатодной области разряда и области, расположенной на расстоянии 3 мм выше, которые равны $3,5 \cdot 10^{15}$ и $1,2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ и соответственно. Отмечена необычность плазменного разряда, которая заключается в том, что на расстоянии от и на расстоянии до 3 мм выше поверхности разряд проявляет свойства дугового, а на остальном промежутке до анода разряд проявляет свойства тлеющего, что перекликается с работой [20, с.2], автор которой считает, что реализация механизмов стационарной эмиссии электронов из электролитного катода в газ за счет стабильно существующих состояний маловероятной и соответственно, в связи с невозможностью существования на электролитном катоде стационарных разрядов, поддерживаемых такого рода механизмами электронной эмиссии (типа электрических дуг), прикатодная область разряда на электролитном катоде классифицируется как катодный слой тлеющего разряда. Также автором работы [27], отмечена возможность появления многоканальности разряда.

Гайсин А.Ф., в работе «Электрические разряды между струйным электролитическим катодом и твердым анодом» [28], отметил, что развитие электрического пробоя существенно зависит от давления, диаметра и длины струи, характера течения струи, расхода и электропроводности электролита. Также указано на вероятность появления многоканального разряда.

Насиббулин Р. Т. в работе «Электрические разряды между проточным электролитическим катодом и металлическим анодом при пониженных и атмосферном давлении» [29], проводил исследования для электрического разряда между катодом и анодом в диапазоне напряжения 50-4000 В, силе тока разряда 10-10000 мА, давлении 2-100 кПа, расстоянии между анодом и жидкости 0,5-100 мм, скоростью течения электролита 0-0,5 м/с.

В качестве электролитического катода использовались проточные техническая и очищенная вода, растворы солей NaCl, CuSO₄ в технической и очищенной воде. Отмечено, что с понижением давления растет время жизни микроканалов, а скорость их перемещения в объеме разряда снижается. С понижением давления можно увеличить время жизни микроканалов до нескольких десятков секунд. Это объясняется локальным повышением плотности тока на поверхности анода в точечных пятнах из-за чего происходит разрушение неровности поверхности металлического анода. При этом канал становится нестабильным и гаснет, а одновременно, в другом месте межэлектродного промежутка рождается новый канал.

Исследования распределения потенциала в электролитическом катоде показали [28-31], что при скорости течения равной 0 зависимости распределения потенциала имеют колоколообразную форму, симметричную относительно оси анода. Максимальное значение потенциала наблюдается в центре катодного пятна на поверхности электролита. Это значение потенциала соответствует падению напряжения в электролите в целом. Появление течения приводит к искажению формы катодного пятна и нарушению симметрии распределения потенциала в электролите. Точка максимального потенциала смещается относитель-

но оси анода. Искажение симметрии тем сильнее, чем больше скорость течения электролита. При этом падение напряжения в электролите определяется в основном током разряда, составом электролита, и практически не зависит от давления. Скорость течения электролита оказывает незначительное влияние на величину падения напряжения в электролите, но приводит к заметному искажению формы распределения потенциала.

Исследование ВАХ разрядов показало, что с ростом величины давления напряжение разряда возрастает. На характер ВАХ значительное влияние оказывает концентрация электролита. Если для технической воды ВАХ имеет слабо возрастающий характер, то с ростом проводимости электролита крутизна ВАХ увеличивается, также понижение давления приводит к росту крутизны ВАХ. Сравнение ВАХ при различных расстояниях между анодом и поверхностью электролита показало, что увеличение расстояния приводит к увеличению крутизны ВАХ.

При этом в ряде работ [27-31], на основании использования критериев подобия выводятся полуэмпирические уравнения, учитывающие зависимость вольт-амперной характеристики разряда с жидким электролитным катодом от давления и межэлектродного расстояния (P и hp). Например, в работе [31] на основании использования критериальных уравнений получено упрощенное уравнение для напряжения разряда:

$$U_p h_p^{0,5} / I = f(I^2 / hp^{1,5}, P h_p),$$

а на основе изучения обобщенной ВАХ разряда полученной для разряда с жидким катодом из технической воды, учитывающей зависимость тока и напряжения от P и hp, в диапазоне значений $I = 0,1-0,6 \text{ А}$, $P = 10-10 \text{ кПа}$, $hp = 2 \text{ мм}$, находят:

$$f(I^2 / hp^{1,5}, P hp) = a (I^2 / hp^{0,75}) - 1,1 (P hp)^{0,42},$$

где $a = 430 \text{ А}^0,1 \cdot \text{В} \cdot \text{Па}^{-0,42} \cdot \text{м}^{-0,745}$

При этом величина среднеквадратического отклонения экспериментальных составила от расчетных не превышала 10%.

Целью данной работы является выявление закономерностей взаимовлияния разряда и водного раствора, играющего роль катода и разработка рекомендаций к составлению математической модели процесса.

Рассмотрим процесс плазмохимической обработки жидкости при пониженном давлении и возникновении столба контактной неравновесной плазмы при выведенном в газовую фазу аноде и катоде, заглубленном в жидкость.

Стадии процесса:

- Откачка газовой фазы из ректора до заранее заданного давления (обычно $(1-2) \times 10^4 \text{ Па}$);
- Подключение электродов и подача высокого напряжения;
- Поджиг;
- Непосредственно плазмохимическая обработка.

Рассмотрим более детально каждую стадию.

1. В реакторе обычно находится тот же воздух, что и в помещении. Т.о. при обычной откачке газа его состав остается прежним толь более разряженным. В жидкости при понижении давления происходит уменьшение количества растворенного в ней газа.

При подключении электродов в системе возникает электрическое поле высокого напряжения. Согласно результатов выполненных рядом исследователей работ по контактной и безконтактной активации жидкости (БАЖ) [32, 33] при помещении жидкости или приложении к ней электрического или магнитного полей происходит ее активация, заключающаяся в получении термодинамических неравновесных жидкостей с микрокластерными структурами с измененным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) практически без изменения их pH и химического состава. Возврат в исходное состояние: после прекращения воздействия наблюдается релаксация параметров БАЖ к равновесным значениям [32, 33]. Автор работы [32] объясняет такую активацию возникновением вблизи анода и катода устойчивых высокоэнергетических резонансных систем из осциллирующих диполей (два и более) – воды, ОН-[33]. В статике такие системы из диполей неустойчивы (эффект коллапса), но в динамике при резонансе проявляется эффект динамической стабилизации неустойчивых состояний [32]. Переменное электромагнитное поле от резонансной системы двух синхронно-осциллирующих диполей (СОД) [33] имеет узкий спектр частот (резонансный эффект) и быстро убывает $\sim 1/r^n$ (где $n > 3$). Таким образом, предполагается, что происходит распад более крупных кластеров, из которых согласно [34] состоит вода, на более мелкие кластеры. Согласно работе [32] максимум спектра излучений от СОД предположительно приходится на диапазон частот с.в.ч., так как для ОН- характерные частоты вращательных переходов ~ 2 ГГц (длина волны $\lambda_0 = 18$ см).

Поджиг. В работе [35] приведены результаты экспериментального исследования напряжений зажигания разряда постоянного тока, который возбуждали в воздухе при атмосферном давлении между жидким катодом (дистиллированная вода) и металлическим анодом (медь) в диапазоне $p_d = 103-105$ Па·см. Авторы работы [35] экспериментально установили, что рост давления при фиксированном межэлектродном расстоянии приводит к монотонному увеличению напряжения зажигания разряда и, что данная зависимость описывается классическим уравнением [36]:

$$U_{\text{ж}} = B(p \cdot d) / h \left[(A(p \cdot d) / C) \right] \quad (1)$$

где $C = \ln(1 + 1/\gamma)$, A и B – коэффициенты в эмпирическом выражении для первого таунсендовского коэффициента ионизации.

При задании в качестве подгоночных параметров V и отношение A/C и фиксированным соотношением $V/A = 23.3$ [37], авторы [35] получили значение коэффициента γ , который в приблизительно в 6 раз меньше значений, полученных по известным значениям катодного падения потенциала для случая стационарного режима горения разряда ($\sim 10^{-4}$) [37].

В работе [35] предполагается, что зажигание тлеющего разряда с жидким катодом происходит в две стадии: 1-возникновение коронного разряда и разрастание катодонаправленного стримера(ов); 2-переход стримеров в тлеющий разряд по непонятному до конца механизму.

3 Плазмохимическая обработка

Физические свойства границы плазма-раствор и харак-

тер активации химических процессов в растворе в сильной степени зависят от полярности электрода, расположенного в газовой фазе. В случае электролитного катода падение потенциала у поверхности раствора выше и более эффективно протекают окислительные процессы [38]

Воздействие плазмы на поверхность жидкости осуществляется в результате ряда сложных, взаимосвязанных процессов энергетического, массового и зарядового обменов частиц плазмы с молекулами и частицами обрабатываемой жидкости. Результатом таких взаимодействий являются десорбция атомов и молекул с поверхности, распыление и испарение частиц жидкости, изменения структуры и фазового состояния. При плазменной обработке происходит взаимодействие жидкости с активными и неактивными частицами плазмы, имеющими высокую кинетическую или потенциальную энергию. Различают физическое и химическое взаимодействия частиц. При физическом взаимодействии частицы обладают в основном кинетической энергией, которая может превышать тепловую на несколько порядков величин. Заряженные частицы имеют также высокую потенциальную энергию – энергию рекомбинации. В связи с этим частицы приобретают способность при соударении с поверхностью жидкости физически выбивать ее частицы, молекулы и ионы. При химическом взаимодействии активные частицы имеют высокую потенциальную энергию, определяемую наличием ненасыщенных химических связей. Взаимодействие таких частиц с жидкостью ведет к формированию химических соединений [39].

Измерения катодного падения потенциала в тлеющем разряде с электролитным катодом дают значения от 200 - 400 В при больших токах и до 800 В при малых токах. Это превышает обычные значения нормального катодного падения потенциала в тлеющем разряде пониженного давления. Величина анодного падения может достигать 200 В, что значительно больше соответствующих значений для тлеющего разряда с металлическими электродами [40].

Бомбардировка поверхности раствора ионами, ускоренными в области приповерхностного скачка потенциала, вызывает образование химически активных частиц по механизму, сходному с радиационно-химическим. В случае водных растворов основными первичными активными частицами являются радикалы H^+ , OH^- и сольватированные электроны.

Ионы, инжектируемые из зоны плазмы могут рекомбинировать с ионами растворителя, приводя к образованию радикалов. Возможность этого процесса определяется энергетической эффективностью сольватации инжектированных ионов.

Выход сольватированных электронов и радикалов OH^- при действии тлеющего разряда на воду и водные растворы равен согласно [40] 3,3 моль/Фарадей и (6,5 – 9,4) моль/Фарадей, соответственно.

Основным устойчивым окислителем, генерируемым в водных и смешанных растворах электролитов под действием плазмы разных типов разряда как при атмосферном, так и при пониженном давлении является пероксид водорода H_2O_2 .

Выходы по току кислорода и водорода, наблюдавшиеся

в тлеющем и контактном разрядах при всех условиях значительно превышают единицу.

В спектре излучения плазмы разряда с жидкостными электродами при всех условиях наблюдаются линии атомов водорода, полосы радикалов ОН-, молекулярного азота и NO (при использовании воздуха в качестве исходного плазмообразующего газа). При использовании растворов солей в спектре излучения появляются линии атомов соответствующих металлов [41, 42]. Плазма разряда неоднородна в осевом направлении. Компонентный состав плазмы у катода и анода сильно различен.

В процессе обработки полностью разделить физическое и химическое взаимодействия, указать какой-либо один процесс, отвечающий за эффект плазменного воздействия, невозможно. Каждый из процессов несет в себе элементы другого. Результат обработки, обусловлен одновременным воздействием на жидкость различных факторов и определяется параметрами создаваемой плазмы. Однако в реальных процессах плазменной обработки можно выделить преимущественный механизм, определяющий эффективность их протекания.

В работе Полякова О. В. [20, с.9] на основе экспериментальных и литературных данных сформулирована и обоснована модель эмиссии электронов и самоподдержания тлеющего разряда в условиях водного электролитного катода. В соответствии с моделью эмиссия электронов включает две стадии. Первая, внутренняя, стадия эмиссии представляет собой рождение в приразрядном объеме валентно-несвязанных электронов в результате ионизации компонентов водного раствора ускоренными частицами, а также быструю последующую гидратацию электронов. Вторая, внешняя, стадия эмиссии происходит преимущественно за счет испарения в область газового разряда тонкого приразрядного слоя раствора, содержащего рожденные в первой стадии гидратированные электроны. Показано, что система тлеющий разряд – электролитный катод стабилизирована отрицательной обратной связью между процессами рождения-захвата электронов в растворе и процессами ионизации-ускорения ионов в газовой фазе.

Выполненные в работе [20, с.2] численные оценки для “континуальных” видов электронной эмиссии из водных растворов электролитов в условиях прикатодной напряженности электрического поля $4 \times 10^5 - 10^6$ В/см дают плотности электронных токов с катода на десятки и даже сотни порядков ниже, чем необходимо для поддержания разряда. При этом, особенностью жидкого электролита при равновесии является отсутствие электронов в свободном состоянии. Считается, что величина термически равновесной работы выхода электрона из электролита в газ того же порядка, что из металла, но при этом, температуры, до которых нагревается раствор электролита, значительно ниже. Локальный нагрев раствора на границе с плазмой не может превышать критической температуры Ткр растворителя.

Для стационарных и квазистационарных разрядов с электролитным катодом них характерны неравновесные механизмы переноса электрона через границу раздела катод/плазма – потенциальная и кинетическая ионно-э-

лектронная эмиссия. В работе [20, с.3] отмечено, что потенциальная ионно-электронная эмиссия фактически является процессом экзоэргической нерезонансной перезарядки газового иона на поверхностной частице-эмиттере. Ее элементарный акт двухстадиен, и при сближении положительного газового иона с катодной поверхностью предполагает последовательное отделение от катода двух электронов. Освобождаемая при переносе первого электрона энергия нейтрализации газового иона используется для перехода второго электрона с уровней материала катода в газ. На основании этого автор [20, с.4] отмечает, что из этого вытекают два достаточно общих требования к потенциальной эмиссии электронов под воздействием положительных газовых ионов. Первое – стехиометрическое: возможность переноса двух электронов в одном акте. Второе – сопряженное с ним энергетическое условие: потенциал ионизации ПИ газовых ионов должен превышать сумму энергий отрыва от катода в газ первого и второго электронов (ЕИ1 и ЕИ2) в одном акте сближения и таким образом для одновалентных анионов: одновременный перенос двух электронов в одном акте исключен по стехиометрическим причинам и для анионов с большей валентностью, как и для молекул растворителя, возможность потенциальной эмиссии ограничена лишь выборкой, удовлетворяющей условию $ПИ > ЕИ1 + ЕИ2$.

Обусловленность процесса кинетической ионно-электронной эмиссии тем фактом, что электрическое поле катодного слоя разряда, способно ускорять положительные газовые ионы в направлении катода, и приводит к зависимости этого вида эмиссии от кинетической энергии ускоренного иона.

Вычисленные в работе [20, с.9] на основе выдвинутой модели испарительного межфазного переноса гидратированных электронов значения коэффициентов ионно-электронной эмиссии по порядку величины показывают удовлетворительное соответствие экспериментально измеренным величинам γ для разрядов с водным электролитным катодом различного состава ($\gamma=10^{-3}-10^{-5}$), которые приведены в работе [43].

При обработке плазмой различных растворов, в которых, в отличие от твердых тел, могут возникать значительные потоки переноса массы (диффузия, конвекция), в результате чего возникшие при взаимодействии с плазмой физико-химические изменения в поверхностном слое жидкости могут распространиться по всему ее объему. Таким образом, за счет процессов перемешивания обработки объема жидкости можно проводить через обработку ее поверхности [44].

В работе Кравченко А.В. [45] автор делает вывод, что основными технологическими факторами, определяющими интенсивность процессов в реакторе с неравновесной низкотемпературной плазмой, являются время обработки, давление в зоне реакции и расстояние от анода до межфазной границы газ-жидкость.

Выводы.

В результате анализа представленных данных, можно сформулировать некоторые рекомендации к моделированию процессов плазмохимической обработки жидких сред (водных растворов):

1. В жидкости реакции протекают в соответствии с законами химической кинетики, которые можно, при знании констант скоростей реакций, входящих в механизм процесса (энергии активации, позволяющей рассчитывать константы скоростей при изменяющейся температуре), представить в виде системы дифференциальных уравнений и решать задачу химической кинетики.

2. Более сложными являются процессы, протекающие на границе плазма - катодное пятно-жидкость. Как вариант можно представить образующиеся в результате действия плазмы, заряженные частицы и радикалы в виде заданных плазмохимических выходов, аналогичных выходам при радиоллизе, которые представляют собой количество частиц на единицу энергии.

3. На уровне, описывающем отдельные атомы или молекулы, образующие определенные ансамбли, есть смысл рассматривать области ограниченные размерами несколькими нанометрами.

4. Процессы на металлическом катоде, заглубленном в жидкость можно рассматривать как источники дополнительных преобразований компонентов жидкой среды.

Литература

1. Lee, W.M. Metal / Water chemical reaction coupled pulsed electrical discharge [text] / W.M. Lee // J. Phys. -1991. -V.69, №10. -P. 6945- 6951.

2. Peter Bruggeman Plasmas in and in contact with liquids: a retrospective and an outlook// Journal of Physics D: Applied Physics. The 2012 Plasma Roadmap, -V.45, №25.

3. Сокольский, А.Г. Комплексное изучение фундаментальных физико-химических свойств и процессов плазмохимической активации водных растворов [Текст] / А.Г.Сокольский, Е.В. Исханов, В.В. Кузнецов // Семинар «Получение, исследование и применение низкотемпературной плазмы» Материалы семинара. - Москва. -2002. - С.338.

4. Пивоваров, А.А.. Неравновесная плазма: процессы активации воды и водных растворов [Текст]: монография / А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко// Днепропетровск: Издательство DS-Print. 2006. - 221 с.

5. Afanas'yeva N.A., Galimova R.K., Gaisin F.M., Gaisin F.A., Gainullina N.S. and Savel'yev V.A. The interaction of the steam-gas discharge plasma with the surfaces of solid and liquid substances. 5th European Conference on Thermal Plasma Processes, St. Petersburg, 1998, - P. 193.

6. Бахар В.П., Марчук Е.В., Певгов В.Г., Сумароков А.В., Шарков В.Ф. Исследование активированных плазмой водных растворов. // Материалы 12-й Российской конференции по холодной трансмутации ядер химических элементов и шаровой молнии. Дагомыс, Сочи: 2005. - С. 35.

7. Кравченко А.В., Подгорный С.А., Царенко В.В., Нестеренко А.Ф., Рахманин Ю.А., Кублановский В.С. Физико-химический состав и органолептические свойства воды, обработанной тлеющим разрядом.// Химия и технология воды. -1997,-т.19, №1.-С.102-107.

8. В.П. Бахар, А.Б.Заика, В.П. Кузнецов, И.А. Святкин. Технология плазменной очистки загрязнённых вод и активации водных растворов, Экология промышленного производства, -2008. - № 1. - С. 69-73.

9. В.П. Зволинский, В.П. Бахар, И.А. Святкин. Технология очистки и дезинфекции загрязнённых вод плазмой газового разряда, Чистая вода. Проблемы и решения, 2009, № 1, С.65-68.

10. Кравченко А.В., Рудницкий А.Г., Нестеренко А.Ф., Кублановский В.С. Эффективность использования электрических методов деструкции неионогенных ПАОВ - отходов производства// Гальванотехника и обработка поверхности. - 1996.-т.4, №3.-С. 49-54.

11. Пивоваров, А.А. Извлечение ионов поливалентных металлов из сточных вод гальванических производств плазмохимическим методом [Текст] / А.А. Пивоваров, О.В.Сергеева // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Химия, химическая технология и экология». Харьков: НТУ «ХПИ». -2003. - № 14. -С.77-84.

12. Пивоваров, А.А. Энергосберегающая технология извлечения благородных металлов из промышленных отходов [Текст]/ А.А. Пивоваров, С.В. Сытник, Н. М. Пололий // Экология и теплотехника. -1996: Труды Международной конференции - Днепропетровск.-1996. -С.112.

13. Черняк, В.Я. Удаление тяжелых металлов из водных растворов при обработке их плазмой несамостоятельного разряда [Текст] / В.Я Черняк, С.В. Ольшевский, Д.О. Лебедев, П.Н. Воронин, П.Н. Цыбулев // Плазмотехнология-97: сб.научн. тр.- Запорожье. - 1997 - С.55-57.

14. Пивоваров, А.А. Извлечение ионов поливалентных металлов из сточных вод гальванических производств плазмохимическим методом [Текст] / А.А. Пивоваров, О.В.Сергеева // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Химия, химическая технология и экология». Харьков: НТУ «ХПИ». -2003. - № 14. -С.77-84.

15. Кравченко, А.В. Применение низкотемпературного плазменного электролиза для очистки питьевых вод от тяжелых металлов [Текст]/ А.В. Кравченко, В.П. Пустовойтенко, А.А Пивоваров и др.// IV международная научная конференция «Современные достижения в науке и образовании»(11-18 сентября 2010): Сборник трудов конференции.- Будва, Черногория. - С. 202-205.

16. Сергеева, О.В. Восстановление ионов серебра из водного раствора путем его плазмохимической обработки [Текст] / О.В. Сергеева, А.А.Пивоваров, Л.А. Фролова, Т.Н. Дубовик // Ршеднн вмдецькй novinky - 2012: тези допов. міжн. наук. практ. конф. (Praha, 27 srpna - 05 zbšn 2012 roku). - Praha: Education and Science, 2012. - С. 27-29.

17. Сергеева, О.В. Исследование процесса получения соединений железа и никеля из водных сред плазмохимическим методом [Текст] /О.В. Сергеева, А.А. Пивоваров, Т.Н. Дубовик // Ршеднн вмдецькй novinky - 2012: тези допов. міжн. наук. практ. конф. (Praha, 27 srpna - 05 zbšn 2012 roku). - Praha: Education and Science, 2012. - С. 29-31.

18. Гайсин, А.Ф. Основные физико-химические процессы в плазменно-электролитных разрядах. / А.Ф. Гайсин, Р.Н. Кашапов // 4-й Международный симпозиум по теоретической и прикладной плазмохимии, Иваново, Россия - 2005. - С. 99-102.

19. Поляков, О.В. Плотность тока и перенос заряда на межфазной границе тлеющий разряд - электролитный

- катод//Конденсированные среды и межфазные границы. 2003. Т. 5, № 1. С. 102–105.
20. Поляков, О.В. Эмиссия электронов и самоподдержание разряда в условиях водного электролитного катода / О.В. Поляков, А.М. Бадалян, Л.Ф. Бахтурова // Физико-химическая кинетика в газовой динамике - www.chemphys.edu.ru/pdf/2007-01-16-001.pdf - С.1-10.
21. Райзер Ю.П. Основы физики газоразрядных процессов. Москва. Наука. 1980.- 416 с.
22. Лазаренко Б.Р., Дурадзи В.Н., Факторович А.А. Вольтамперные характеристики электрического разряда между металлическим и электролитным электродами // Электронная обработка материалов. 1972. № 3(45). С. 29 – 33.
23. Goodman J., Hickling A., Schofield B. The Yield of Hydrated Electrons in Glow-Discharge Electrolysis // J. Electroanal. Chem. 1973. Vol. 48, No. 2. -P. 319–323.
24. Поляков О.В., Бадалян А.М., Бахтурова Л.Ф. Выходы радикальных продуктов разложения воды при разрядах с электролитными электродами // Химия высоких энергий. 2003. Т. 37, № 5. С. 367–372.
25. Поляков О.В., Бадалян А.М., Бахтурова Л.Ф. Анионный перенос отрицательного заряда из электролитного катода в газоразрядную плазму // Электронный журнал "ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ". 2004. 222. 2352 – 2361, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/222.pdf>.
26. Поляков О.В., Бадалян А.М., Бахтурова Л.Ф. Перенос энергии и заряда на межфазной границе газоразрядная плазма – электролитный катод // Материалы 4-го Международного симпозиума по теор. и прикл. плазмохимии "ИСТАРС-2005". 2005. Иваново, Россия. Т. 1. С. 196–199.
27. Гизатуллина Ф. А. Разряд с жидким катодом в процессах обработки поверхностей [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.09.10 / Ф. А. Гизатуллина. - СПб, 1995. - 21 с.
28. Гайсин.А. Ф. Электрические разряды между струйными электролитическим катодом и твердым анодом при пониженных давлениях [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 01.02.05 / А. Ф. Гайсин. - Казань, 2011. - 22 с.
29. Насиббулин Р. Т. Электрические разряды между проточным электролитическим катодом и металлическим анодом при пониженных и атмосферном давлениях [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: 01.02.05 / Р. Т Насиббулин.// - Казань, 2011. - 22 с.
30. Каюмов, Р. Р. Электрический разряд между струйным электролитическим катодом и проточной электролитической ячейкой-анодом. [Текст]: Автореф. дисс. к.т.н. 01.02.05 / Р. Р Каюмов//. -Казань, 2010. - 18 с.
31. Валиев, Р. И. Исследование характеристик и разработка плазменной электротермической установки с жидким катодом [Текст] /Р. И. Валиев, Б. Ю. Шакиров, Ю. И. Шакиров // Вектор науки ТГУ.- 2012. -№ 1 (19). – С. 54-57.
32. Прилуцкий, В.И. Электрохимически активированная вода: Аномальные свойства, механизм биологического действия/ В.И.Прилуцкий, В.М. Бахир // М.: ВНИИ-ИМТ АО НПО "Экран". 1997. с. 228.
33. Широносков, В.Г. Резонанс в физике, химии и биологии. Монография / В.Г. Широносков. – Ижевск: Издательский дом "Удмуртский университет", 2001. – 92 с. <http://www.ikar.udm.ru/sb22.htm>
34. Широносков В.Г. 1-й Международный симпозиум "Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности", сб. докл. М.: ВНИИМТ АО НПО "Экран", 1997. с. 220.
35. Иванов, А.Н. Исследование пробоя разрядов с водными катодами [Текст]: тезисы докладов XXXVII Международной (Звенигородская) конференции по физике плазмы и УТС, 9-13 февраля 2010 /А.Н. Иванов, В.В. Рыбкин, Д.А. Шутов. // Москва, Россия. с. 261
36. Райзер, Ю.П. Физика газового разряда [Текст] / Ю.П. Райзер // ИД Интеллект, 2009, – 736 с.
37. Titov, V.A. Properties of atmospheric pressure glow discharge with liquid electrolyte cathode [Text] / V.A. Titov, V.V. Rybkin, S.A. Smirnov, A.L. Kulentsan, Ho-Suk Choi // High Temperature Material Processes. 2007. V.11, № 4. P.515 – 526.
38. Григорьев, А,И. О переносе энергии и формировании электрического тока в окрестности опущенного в электролит, сильно нагретого протекающим током электрода/А.И. Григорьев// Журнал технической физики, 2004, том 74, вып. 5, С.38-43.
39. Аристова Н.А., Пискарев И.М., Ивановский А.В., Селемир В.Д. Инициирование химических реакций под действием электрического разряда в системе твердый электрод-газ-жидкость // Журнал физической химии. — 2004. — Т. 78. — № 7. — 1309–1314.
40. Поляков О.В., Бадалян А.М., Бахтурова Л.Ф. Выход разложения воды и пространственное распределение первичных радикалов в приразрядном объеме электролитного катода // Химия высоких энергий. 2002. Т. 36, № 4. С. 315–319.
41. Голубев, С. Н. Электрофизические характеристики разряда пониженного давления с жидким водным катодом [Текст] /С. Н. Голубев, А. Н. Иванов, Д. А. Шутов // Тезисы докладов XXXVII Международной (Звенигородская) конференции по физике плазмы и УТС, 9-12 февраля 2010 г., Москва, Россия, – С. 262.
42. Сергеева, О. В. Получение микро- и наноразмерных соединений меди путем плазмохимической обработки растворов / О. В. Сергеева // Технологический аудит и резервы производства. -2014, №5/3(19). - С.19-22.
43. Хлюстова А.В., Максимов А.И., Титов В.А. Коэффициенты эмиссии электронов из растворов электролита // Материалы 3-го Международного симпозиума по теоретической и прикладной плазмохимии "ИСТАРС-2002". 2002. Плс. Россия. Т. 1. С. 106–107.
44. Бородин, В. И. Установка для обработки воды плазмой тлеющего разряда [Текст] / В. И. Бородин // Материалы конф. по физике низкотемпературной плазмы ФНТП-2001. Петрозаводск, 2001. – С. 197–201.
45. Кравченко, А. В. Макрокинетическая модель газожидкостного плазмохимического реактора [Текст] / А. В. Кравченко, А. Г. Рудницкий, В. Д. Барский, В. С. Кублановский // Вопросы химии и химической технологии. -2004. №5. – С.226-229.

ЛАЗЕРНОЕ МНОГОЛУЧЕВОЕ ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ ОТВЕТСТВЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Аракелян Сергей Мартиросович

доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики и
прикладной математики,

Владимирский государственный университет

Скрябин Игорь Олегович

аспирант кафедры физики и прикладной математики,

Владимирский государственный университет

Евстунин Григорий Анатольевич

кандидат экономических наук, заведующий базовой кафедры

«Лазерная поверхностная обработка материалов: устройства и технологии»

ООО «Новые технологии лазерного термоупрочнения»

Абрахин Сергей Иванович

кандидат технических наук, доцент

Владимирский государственный университет

Новикова Ольга Алексеевна

инженер кафедры физики и прикладной математики

Владимирский государственный университет

LASER MULTIPATH THERMOSTRENGTHENING RESPONSIBLE DETAILS OF MECHANICAL ENGINEERING

Arakelian S.M. doctor of physics and mathematics, professor, Vladimir State University

Skryabin I.O. Postgraduate of the Department of Physics and Applied Mathematics Vladimir State University

Evstyunin G.A. Candidate of Economic Sciences LLC "New laser technology thermostrengthening"

Abrakhin S.I. Candidate of Engineering Sciences, docent Vladimir State University

Novikova O.A. Engineer of the Department of Physics and Applied Mathematics Vladimir State University

АННОТАЦИЯ

Проведено исследование термоупрочнения образцов машиностроительных сталей, широко применяемых в промышленности и машиностроении. Для исследования выбирались конструкционные и инструментальные типы стали. Представлены экспериментальные данные при различных режимах обработки. Осуществлено исследование результатов термообработки. Определены оптимальные режимы обработки. Проведено исследование технологических режимов и решений при лазерном термоупрочнении реальных изделий.

ABSTRACT

Investigated thermohardening samples engineering steels are widely used in industry and mechanical engineering. To investigate the chosen structural and tool steels. Experimental data with different processing modes. Conducting research of heat treatment results. Determine the optimal modes of processing. The research technological regimes and decisions by laser thermostrengthening real products.

Ключевые слова: лазерное термоупрочнение, лазерная закалка, лазерные технологические комплексы, многоканальный CO₂ лазер, конструкционные стали, инструментальные стали.

Keywords: thermostrengthening laser, laser hardening, laser technological complexes, multi-CO₂ laser, structural steel, tool steel.

Введение

Широкое применение технологий лазерного термоупрочнения требует постоянного увеличения эффективности данного процесса. Внедрение новых источников лазерного излучения, систем точного позиционирования, новых методов и средств транспортировки и формирования лазерных пучков и систем автоматизированного управления лазерными комплексами дает возможность интенсифицировать этот процесс. Однако, введение новых методов и средств в разрабатываемые комплексы требует значительных материальных затрат, и поэтому особое значение приобретает физическое моделирование процесса обработки поверхности и отработка режимов на существующих лазерных технологических комплексах[1].

В данной работе для проведения экспериментальных исследований были выбраны конструкционные стали марок 65Г, 30ХГСА, 45 и инструментальные стали марок У8А и 9ХС.

Рессорно-пружинная сталь 65Г характеризуется повышенной износостойкостью, при этом относительно дешева. Именно эти характеристики позволили данному виду стали найти широкое применение в машиностроении.

Шайбы, пружины и рессоры, корпуса подшипников, тормозные ленты и диски, фланцы и шестерни, подающие и зажимные цанги, а также прочие элементы узлов и конструкций — все это изготавливается из стали 65Г. Как правило из нее изготовлены листовые рессоры заднего моста в грузовых автомобилях. Сталь 65Г не применяется в сварных конструкциях и для работы с ударной нагрузкой.

Сталь 65Г, как и любая пружинно-рессорная сталь, обладает хорошими режущими свойствами и поддается оксидированию (воронению, чернению). Полоса или лист 65Г успешно применяются для изготовления ножей. В основном из этой стали изготавливают метательные ножи, реже — разделочные. Методомковки из стали 65Г изготавливают казацкие шашки. Считается, что сталь 65Г один

из самых дешевых материалов для изготовления ножей, так что ножи из этой стали будут делать еще долго.

Сходные физические и механические свойства позволили использовать лист 65Г вместо таких видов стали, как 55С2 и 60С2, 70 и 70Г и 9Хс. Часто при употреблении словосочетания «пружинно-рессорная сталь», подразумевают как раз сталь 65Г.

Сталь 30ХГСА относится к классу легированных конструкционных сталей. Она была создана для нужд авиации, но благодаря отличным характеристикам быстро перешла в разряд популярных материалов в машиностроении. Нередко сталь 30хгса называют «хромансиль». Это название сплав получил благодаря содержащемуся в нем легирующим элементам (хром, марганец и кремний), латинские названия которых в сокращении и составили слово «хромансиль». Аналогами хромансиля являются стали марок 40ХФА, 35ХМ, 40ХН, 25ХГСА и 35ХГСА.

Маркировка стали 30хгса включает число, находящееся на первом месте и показывающее выраженный в сотых долях процент содержания углерода. В данном случае он составляет 3%, то есть соответствует норме для класса среднелегированных сталей (до 2,5% - низколегированная, от 2,5 до 10% - среднелегированная, от 10% - высоколегированная). Литеры «Х», «Г» и «С» указывают на содержание в стали легирующих элементов – хрома, марганца и кремния. Так как после буквенных обозначений легирующих элементов нет чисел, значит их процентное содержание приблизительно равно 1%. Литера «А» на конце маркировки показывает, что сталь 30хгса относится к категории высококачественных сталей.

Химический состав стали 30хгса выглядит так: от 0,28 до 0,34% углерода, от 0,9 до 1,2% кремния, от 0,8 до 1,1% марганца, не более 0,3% никеля, не больше 0,025% серы, менее 0,025% фосфора, от 0,8 до 1,1% хрома и менее 0,3% меди.

Хром придает стали 30хгса прочность и делает ее устойчивой у коррозии. Марганец увеличивает сопротивление ударным нагрузкам, дополнительно усиливая прочность сплава, а также способствует износостойкости стали 30хгса. Добавление кремния необходимо для увеличения показателя ударной вязкости.

Легированная сталь 30хгса относится к разряду улучшаемых, то есть подвергается процедуре закалки при температуре от 550 до 660 °С. Это позволяет создавать не только высокопрочные авиационные, но и необходимые в машиностроении детали. Например, оси, валы, фланцы, лопатки компрессорных машин, крепежные детали, рычаги и многое другое.

Сталь 45 среди подобных материалов выделяется рядом представленных далее характеристик: химическим составом элементов, возможными заменителями, максимальной температурой работоспособности, функциональностью и назначением, техническим и литейным набором характеристик. В качестве основных заменителей по подобным свойствам выделяют следующие стали: 50Г2, 40Х и 50. Они по своим характеристикам являются наиболее близкими и обладают похожим набором функций. Сталь марки 45 максимально хорошо подходит для валов, как распределительных, так и коленчатых, бандажей, шпин-

делей, цилиндров, самых различных форм и видов кулачков и так далее. Иными словами, для всех устройств и приборов, которым необходима максимальная прочность, износоустойчивостью и надежностью. По химическому составу сталь 45 содержит: марганец, медь, никель, хром, мышьяк, фосфор и другие элементы. Что касается механических свойств сталь 45 выдерживает большие перепады температур, всевозможные климатические воздействия и изменения. Сталь 45 легко проходит температурные испытания в диапазоне 200 - 600°С.

По способности справляться со всевозможными воздействиями выделяют сталь 45 калиброванную, горячекатаную, кованую, серебрянку, со специальным методом обработки и отжигом. Еще одна вариативная форма стали – это лист. Он может быть горячекатаным и холоднокатаным. На момент начала и конца температураковки может достигать 1250°С и 700°С соответственно. Сталь 45 марки считается одним из наиболее трудносвариваемых материалов, но зато она не имеет отпускной способности. Такие свойства наиболее важны для сложных конфигураций и форм. Процесс сварки может проводиться двумя способами: РДС и КТС. С разными химическими элементами критические точки работы могут варьироваться в диапазоне 350°С - 730°С. Ударная вязкость конечной детали из стали 45 зависит от толщины и диаметра листа. Несомненно, наиболее прочным окажется лист с большей толщиной. Благодаря методам производства и обработки стали, практически любое изделие способно выдержать даже самые сильные воздействия, а также крупногабаритные конструкции. Но предел выносливости имеется у любого материала, у стали 45 он является наибольшим благодаря физическим свойствам исходного материала.

45 сталь используется для производства распределительных и коленчатых валов, валов-шестерен, бандажей, шпинделей, кулачков, цилиндров и прочих изделий, подвергаемых поверхностной термической обработке и улучшению, от которых необходима высокая прочность [2,4].

Сталь У8А применяется для производства инструментов и является инструментальной. Буква «У», находящаяся в начале аббревиатуры указывает на то, что данная сталь является углеродистой. Идущая далее цифра говорит об объеме углерода в десятых долях процента. Буква «А» в конце всегда указывает на то, что сталь прошла процедуру улучшения и обладает повышенным качеством.

Особенностью стали У8А можно назвать такие качества, как податливость ковке, шлифовке. Стоит отметить, что данная сталь не используется при создании сварных конструкций и не лется. Плотность стали У8А равняется 7859 кг/м³. Термическая обработка выполняется при 800°С. В качестве заменителей могут быть использованы такие материалы, как У10А и У7А. Сталь используется для изготовления инструментов, режущая кромка которых не претерпевает нагрева. Чаще всего это деревообрабатывающие инструменты, такие как колун, долото, дисковая и продольная пила, зенковка, фреза, цековка, стамеска и топор. Это также могут быть пневматические небольшого размера инструменты – зубила, обжимки. Не исключением являются и слесарно-монтажные инструменты – плоскогубцы, молотки и кувалды. Помимо всего перечисленного

сталь У8А часто применяется для производства штампов холодной высадки и термообработанной холоднокатаной ленты толщиной от 0,05 до 1,3мм и плющеной ленты толщиной от 0,15 до 2,00 мм для производства пружин и пружинящих деталей, за исключением заводных. Все вышперечисленные и прочие, сделанные из представленной стали инструменты, обладают высокой ударостойкостью и прочностью, но не эксплуатируются в местах возможного нагрева, поскольку повышение температуры пагубно влияет на свойства стали У8А.

Сталь 9ХС относится к легированной инструментальной стали и используется в качестве материала для изготовления различного рода инструментов. Это могут быть инструменты и детали, которым требуется прочность на кручение или изгиб, высокая износостойкость, например, развертки, сверла, плашки, фрезы, гребенки, метчики, машинные штемпели и так далее. Отечественными аналогами стали 9ХС являются стали ХВСГ и ХВГ.

Сталь 9ХС предназначена для выпуска инструментов, применяемых для обработки холодных материалов. Также в данную группу входят похожие по характеристикам марки сталей 8ХФ, 13Х, 9ХФМ, 9ХФ, 9Х1, Х, 9Г2Ф, 6ХС, 6ХВГ, 9ХВГ, В2Ф, 9ХС, 4ХС, ХГС, ХВГ, ХВСГФ, 5ХВ2СФ, 6ХВ2С, 9Х5ВФ, 7ХГ2ВМФ, Х12, Х6ВФ, Х12Ф1, Х12МФ, Х12ВМФ и другие.

Сталь 9ХС имеет следующую расшифровку: цифра вна-

чале указывает на то, что содержание углерода составляет 0,9%, буквы С и Х говорят о том, что содержание кремния и углерода составляет до полутора процентов, то есть теперь можно сказать, что представленная сталь является легированной.

Сталь 9ХС при обработке не чувствительна к флокенам, это значит, что внутри нее не образуются, ухудшающие прочностные характеристики материала, трещины. Сталь марки 9ХС при температуре в начале 1180 °С – в конце 800 °С отлично поддается ковке. Однако плохо подходит для производства сварных конструкций, но ее использование вполне сносно приконтактно-точечной сварке[2,4].

Методика экспериментальных исследований основана на имеющемся опыте работ по лазерному термоупрочнению и планируется к использованию при подготовке методик испытаний роботизированного универсального интеллектуального лазерного комплекса с диагностикой процессов упрочнения в реальном масштабе времени.

Обработка производится в соответствии с выбранными для эксперимента режимами на специализированном лазерном технологическом комплексе АЛТКУ-5 на основе многоканального СО2 лазера с уникальной компоновкой трубок. Схема представлена на рисунке 1. Режимы обработки выбираются исходя из возможностей технологического комплекса и опыта работ по лазерному термоупрочнению материалов.

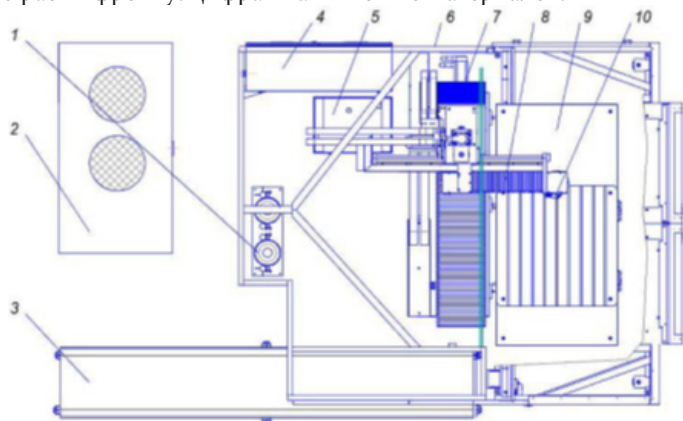


Рисунок 1. Схема АЛТКУ-5:

1 – баллон с рабочей смесью; 2 – холодильная машина для источника высокого напряжения лазера; 3 – многоканальный СО2-лазер; 4 – электрощит; 4 – система охлаждения для оптических элементов головки; 5 – кабинет; 6 – станина; 7 – система транспортировки луча в зону обработки; 8 – стол для обрабатываемых деталей; 9 – оптическая головка.

Выбор режима осуществлялся на изменении в оптимальных для обработки интервалах: мощности (от минимума - 1000 Вт до максимума - 4600 Вт), скорости (от максимума - 10 мм/с до минимума - 6 мм/с) и диаметра пятна (от минимума - 6 мм до максимума - 30 мм). В таблице 1

представлены параметры выбранных режимов. Таким образом, задавался достаточно широкий круг параметров, позволяющий варьировать интенсивностью лазерного воздействия и эффективным временем воздействия в пределах лазерного пятна[3].

Таблица 1

Параметры экспериментальных режимов термообработки

№ режима	Диаметр рабочего пятна D, мм	Мощность излучения P, Вт	Скорость обработки V, мм/с
1	6	1000	10
2	8	1250	10
3	10	1800	10
4	12	2300	10
5	14	2800	10

6	16	3300	10
7	18	3800	10
8	20	4300	10
9	22	4800	10
10	24	4800	10
11	26	4800	7,5
12	28	4800	6
13	30	4800	6

После проведения лазерной закалки, изменения в шероховатости поверхности не проявились ни на одном из образцов. Результаты измерений основных характеристик термоупрочнения (твердость, глубина закаленного слоя, ширина закаленной зоны) представлены в таблице 2 (для

образца из каждой стали в отдельности). Характеристики твердости измерялись с помощью ультразвукового твердомера "МЕТ-УД". Глубина и ширина закаленной зоны определялась с помощью микроскопа "Микромед - МЕТ", в котором имеется специальный окуляр - микрометр.

Таблица 2

Параметры наилучших режимов обработки

Марка стали	№ режима	Твердость после обработки, HRC	Глубина закаленного слоя, мм	Ширина закаленной зоны, мм
Наилучшие режимы по оптимальному соотношению всех характеристик.				
65Г	10	53-58	1,7	21
30 ХГСА	10	53-56	1,8	22
45	10	58-63	2,1	22
У8А	10	63-68	1,9	21
9ХС	10	53-58	1,7	21
Наилучшие режимы по глубине закалки.				
65Г	6	59-64	2,2	16
30 ХГСА	10	53-56	1,8	22
45	10	58-63	2,1	22
У8А	10	63-68	1,9	21
9ХС	7	62-66	1,7	16
Наилучшие результаты по твердости закалки				
65Г	7	63-68	1,5	16
30 ХГСА	9	56-59	1,7	19
45	1	64-67	1,3	6
У8А	9	60-69	1,2	19
9ХС	1	67-69	1,2	6

Как видно из таблицы 2, лучшим режимом обработки по оптимальному соотношению всех характеристик является режим № 10. По сравнению с результатами предыдущих аналогичных исследований на комплексе АЛТКУ- 3, с лазером имеющим меньшую среднюю мощность., и другой компоновкой трубок излучателя можно увидеть, что максимальные показатели твердости не увеличились и остались прежними, однако ширина закаленного слоя увеличилась почти в 3 раза (на АЛТКУ-3 D3~7-8 мм), а глубина упрочнения увеличилась в 1.5-2 раза. Отсюда можно сделать вывод, что новый комплекс АЛТКУ-5 серьезно

повышает производительность обработки. Экспериментальные исследования лазерного термоупрочнения лабораторных образцов часто используемых сталей позволяют определить оптимальные режимы обработки данных промышленных материалов[5].

Из рисунка 2 видно, что при режиме обработки №11 стали 45 наблюдается неравномерная форма дорожки, сильное падение глубины в центре, при режиме воздействия №10 форма дорожки равномерна, изменения глубины не наблюдается.

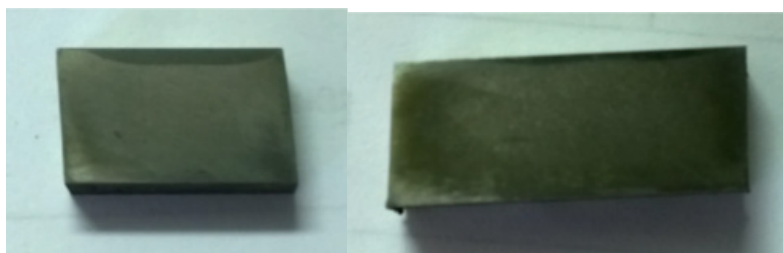


Рисунок 2. Обработка стали 45, режимы №10 и №11

На рисунке 3 представлены изображения срезов для стали 9ХС после обработки режимом №8 и №7. Как видно из изображения при режиме №7 наблюдается неравномерная форма дорожки облучения.

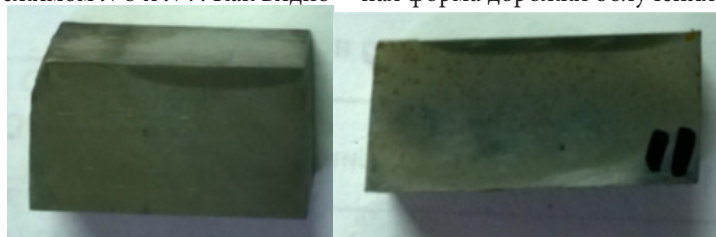


Рисунок 3. Обработка стали 9ХС, режимы № 8 и №7

На рисунке 4 изображения срезов стали У8А. Режимы обработки №8 и №11. При режиме №11 неравномерность дорожки и сильное падение глубины в центре.

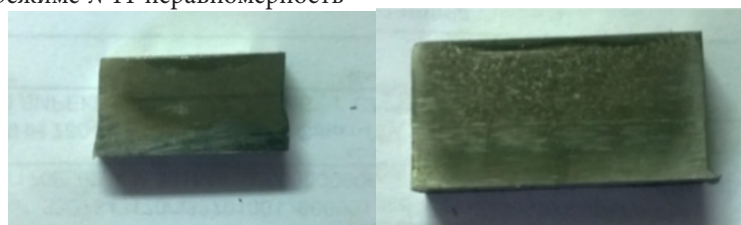


Рисунок 4. Обработка стали У8А, режимы №8 и №11

На рисунке 5 представлены результаты обработки стали марки 65Г на режимах №9 и №12. При режиме №12 наблюдается неравномерная форма дорожки, практически полное отсутствие закалки в центре дорожки, низкая глубина закаленного слоя.

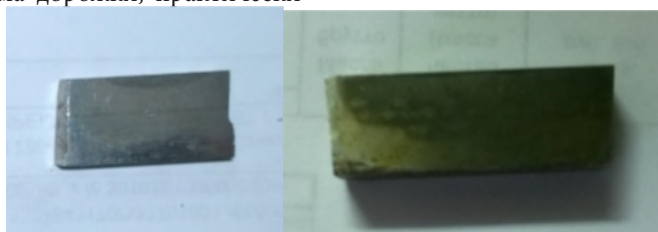


Рисунок 5. Обработка стали 65Г, режимы №9 и №12

На рисунке 6 представлены срезы стали марки 30ХГСА на режимах обработки №10 и №11. При воздействии режима №11 наблюдается неравномерная форма упрочненной дорожки.

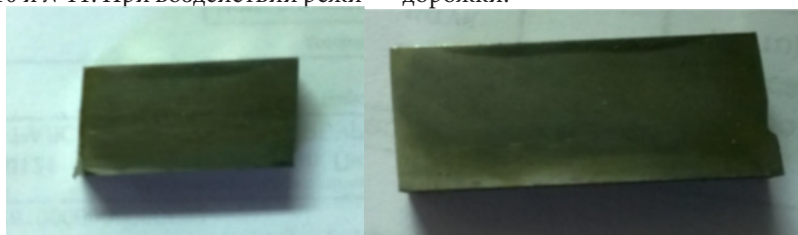


Рисунок 6. Обработка стали 30ХГСА, режимы №10 и №11

Заключение

Предложен метод термоупрочнения сталей с использованием комплекса АЛТКУ-5. Показана возможность

увеличения глубины упрочнения в 1,5 – 2 раза, а ширины закаленного слоя в 3 раза. Предложены различные режимы упрочнения в зависимости от энергии воздействия и

компоновки лучей.

Исходя из максимальных результатов на глубину закалки можно сделать вывод, что закалять возможно детали абсолютно любой номенклатуры и габаритов, учитывая, что максимально допустимый износ любой детали составляет не более 0,4-0,5 мм (в зависимости от детали и от её условий работы).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коваленко, В.С. Лазерное и электроэрозионное упрочнение материалов / В.С. Коваленко, А.Д. Верхотуров, Л.Ф. Головкин, И.А. Подчерняева. – М.: Наука, 1986. – 280 с.
2. Рыкалин, Н.Н. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справочник / Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов,

И.В. Зуев, А.Н. Кокора. – М.: Машиностроения, 1985. – 496 с.

3. В.И. Югов. Высокоэффективная технология ресурсосбережения: лазерная поверхностная обработка. Фотолика. – 2012 – № 4 (34). – С. 12 – 20.

4. Полянсков, Ю.В. Технологические методы повышения износостойкости режущего инструмента и деталей машин / Ю.В. Полянсков, В.П. Табаков, А.П. Тамаров. – Ульяновск: УлГУ, 1999. – 69 с. – ISBN-5- 88866-039-6.

5. Quanta 200 3D. Руководство пользователя. – FEI Company, 2005. – 346 с.

ACOUSTIC COMFORT OF A MULTIPURPOSE HALL PALACE OF CULTURE FOR UNIVERSITY STUDENTS OF BSTU NAMED AFTER V. G. SHUKHOV

*Tarasenko V. N., Ph. D. (Tech. Sciences), Asst. Prof.,
Degtev I. A., Ph. D. (Tech. Sciences), Prof.,
Chernysh N. D., Asst. Prof.*

Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov.

ABSTRACT

Acoustics of multipurpose halls is made up of a number of factors, the most important of which is considered to be the geometry of the Hall itself, the existence of balconies and other constructive techniques of division of the Hall's space, the kind of decoration of interior elements, features of sound reproduction equipment placement, availability and type of sound absorptions (silencers).

Keywords: comfort of staying, sound absorption, electro-acoustic systems, equivalent areas of sound absorption of materials and structures.

A hall for cultural events is a complex, high-technical structure, elements of which are related to the functional accomplishment. Acoustic accomplishment plays an important role in ensuring the comfort of the audience. Acoustics is considered to be good, if the multipurpose hall is suitable for events of various kinds, with accented useful sounds and the extraneous ones are reduced to the level that does not interfere with the comfort of perception.

Acoustic comfort of a hall consists of the following components:

- provision of the audience with sufficient sound energy;
- creation of the diffuse sound field;
- exclusion of ECHO and focus of the sound;
- provision of optimum reverberation time;
- minimization of extraneous noise.

Assessment of a hall, where the sound of music and of speech is recognized as of the highest quality, is based on laws of distribution of sound waves in a closed room (space), on laws of reflection and absorption of sound by different kinds of surfaces. Acoustic comfort involves balance between the processes of absorption and reflection of sound energy.

Placement of sound reproduction equipment is involved for conducting various types of sound programs in multipurpose halls. The sound reproduction equipment enables changing the acoustic properties of the premises depending on the type of the programs. For playing different genres of music, halls with different acoustic settings are required. Different acoustics on the stage and in the area of the audience should be provided within one hall. Rooms which are equipped with sound system (insonation systems), are divided into two groups:

1) halls, in which viewers perceive sound directly from the stage and with the help of amplification (lecture halls, concert halls, multipurpose halls);

2) halls, in which viewers perceive sound using only audio system.

In lecture halls and theatrical halls are designed to enhance the sound reinforcement system for speech; when performing concert programs soloists need sound reinforcement, when the soloists are accompanied by orchestra. In both cases, the microphone receives the signal for further amplification and is situated in the soundfield of loudspeakers, emitting amplified signal to the audience, thus, the amplification system is a system with acoustic feedback.

Usually for amplification of concert programs and soloists in large halls people use multi-channel stereo system, which allows obtaining high quality strengthening and preservation of acoustic spatial pattern. Traditionally multi-channel amplification system is applied. On the input side of each channel there is a group of microphones. Signals get the loudspeakers and then the audience from microphones after amplification. Signal which is received by the microphone, closest to the source, has a higher level compared to the signals received by other microphones. In addition, the first signal goes ahead in comparison with the others in time. This ratio level and temporal shifts persists in the signals emitted by loudspeakers that create the desired stereo effect. Loudspeakers of the central channel are usually above the middle part of the portal scene, and loudspeakers of the side channels are placed on the edges and below the loudspeakers of the central group.

In the halls of multi-purpose you must manage your time

and frequent characteristic of reverb. Despite amplification of sound acoustic systems can serve as the reverb of time control (ambiophony systems).

The choice of the acoustic equipment, locations of microphones and loudspeakers, correction of the frequent characteristic of strengthening is carried out taking into account the hall architectural planning solution. Quality of the sound first of all depends on geometrical parameters of the room. The form, the size, the volume, the hall capacity, the arrangement of architectural and interior elements allow to solve considerable part of problems of creation of the diffusion sound field and the ratio of the reflected and direct sound energy arriving to listeners.

The direct sound wave has bigger value in the halls equipped with acoustic systems. Mobile reflectors, rising curtain-draperies, sliding partitions, rotating screens which have various sound absorption on the external and back parties, the devices intended for change of volume of the room are used for regulation of characteristics of the sound field. For example, for change of volume of the hall, application of an orchestral (acoustic) sink/shell is possible that, undoubtedly, gives the following advantages:

- the device of a folding sink allows to use the hall for concert programs, performances;
- the separation of a sink from the hall is reached by lowering of the screen and the change of arrangement of reflectors on walls and ceiling;
- accession of volume of an orchestral sink to the volume of the hall allows to increase reverberation time at average frequencies on 0,2 s;
- the protecting surfaces of the sink provide the required structure of early reflections, etc.

Acoustic properties of the room can change considerably the nature of sounding of the best acoustic system.

An important parameter of acoustics of a room is considered to be diffusion of the sound field which characterizes uniformity of distribution of energy of the reflected waves. The required diffusion of the sound field in multipurpose halls is reached in various ways. For example, walls and ceiling can be dismembered by separate surfaces, located in different planes and under different corners so that the frequency characteristics of sound energy cannot be distorted. At the same time, the less area of the reflecting surface is, the better. However, smooth surfaces interfere with creation of necessary diffusion

of the sound field. Existence in the room of parallel surfaces with high reflecting ability leads to formation of series of fast repetitions of the sound signal (the flitting echo). The deviation from parallel walls at 2...3° or from one wall at 5...6° weakens formation of the flitting echo. Placement on surfaces of sound-absorbing or disseminating materials, for example, of acoustic "Sonex" foam, material like a thin carpet of "Masonit'oM" or "Flutter Stix" allows eliminating this phenomenon. Round and oval surfaces, columns, pilasters, niches and additional architectural elements increase diffusion because such surfaces create the scattered (not directed) reflection.

In cases when it is impossible to change design features of the hall, placement of the semi-cylindrical deflectors made of plywood, plaster or of polyurethane foam allows eliminating the repeating echo.

The significant acoustic parameter of the hall is the reverberation time which is necessary in order that intensity of the sound after cancellation of its source has decreased to one million share of the initial size. The reverberation, formed by a set of sounds which are imposed one on to another one or follow one by one, extends the direct sound after his termination and interferes with its correct perception. Reverberation shouldn't be too short or too long: at long reverberation syllables in words become indistinct.

An important condition for obtaining good audibility and legibility of speech is functional ability of the material to absorb sound. At design of halls pay much attention to the choice of material of building constructions. For example, introduction of wooden elements of designs as the main material creates special acoustic conditions in halls. Broad development of new materials allows using more economic and fireproof decisions. Now for finishing decoration we often use the material Basotect (Russian name "Ekhokor"), production of the Basf Company, possessing good sound-absorbing ability, high fire resistance (G-1) and presentable appearance.

Inspection of acoustic improvement and the invoice of decoration of sound-absorbing surfaces in the hall at the Palace of Culture at BSTU named after V. G. Shukhov is carried out for the purpose of assessment of sound-absorbing ability of elements of the hall interior (fig. 1) and the definition of possibility of replacement the elements of ceiling systems without change of basic sound reflecting characteristics on more modern facing materials.



Figure 1. Interior elements in the multi-purpose hall of the Palace of Culture at BSTU named after V.G. Shukhov.

Considering the areas of sound absorption and the invoice of materials, approximate coefficients of sound absorption at average geometrical frequencies (table 1) have been calculated.

For halls of universal purpose calculation of time of reverberation is usually made for compound frequencies by 125, 500 and 2000 Hz.

Table 1

The calculated value of the reverb time in the multi-purpose hall

Rationing frequencies, Hz	Total area S, m2	α	φ	Reverberation time T, s
125	2766,46	0,133	0,25	2,073
500		0,155	0,30	1,728
2000		0,192	0,42	1,234
Average time of reverberation, s				1,678

Estimated time of reverberation (1,678 s) differs from normalized values [17] no more, than at 10 %. Thus, for ceiling system it is recommended to use materials which have sound absorption coefficient, comparable with the provided coefficient in tab. 1.

For exception of repeated reflections from walls and ceiling, and for exception of decrease in probability of emergence of undesirable resonances, there is a possible increase in coefficient of sound absorption for some surfaces by means of

acoustic panels EkhoKor [18] which are represented by modern synthetic material — foam melamine. It possesses good sound-proof characteristics, especially in the range of average and low frequencies from 500 to 1000 Hz (fig. 2), and it meets the international standards of fire safety. It is firm to very high temperatures for a long time (up to 240 °C), it doesn't melt, and it doesn't form burning drops at contact with flame. At the same time panels can be painted (or be applied with prints) for harmonious installation into the existing room interior.

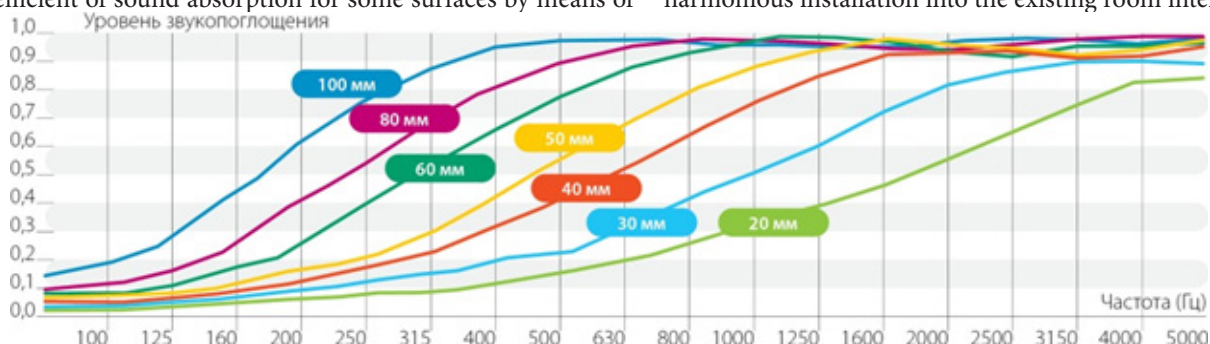


Figure 2. Sound absorption coefficient as BASOTECT® G depending on material thickness according to the ISO 10534-2 standard (impedance pipe) [18].

Good acoustic situation can't be seen or touched — it can only be felt. At the same time acoustics can be regulated. The solution of the existing acoustic problems in rooms demands not only effective absorption of sound, but also the minimum weight of acoustic materials. Sound-absorbing materials are intended to relieve hearing of interference of sound, rumble at low frequencies, background noise, resulting from reflections of sound from walls, beams of overlap pings and other surfaces.

REFERENCES:

1. MUK of 4.3.2194-07. Control of noise level on the territory of an estate, in residential and public buildings and rooms: methodical instructions. M. 2007. p. 19.
2. CH 2.2.4/2.1.8.562-96. Noise at workplaces, in rooms of residential, public buildings and on the territory of housing estates. M. 1996. p. 8.
3. State Standard Certification (SSC) 12.1.036-81 (CT SEV 2834-80). Occupational safety standards system. Noise. Admissible levels in residential and public buildings. M.: Publishing house of standards. 2001. p. 6.
4. SSC 31296.2-2006 (ISO 1996-2:2007). Noise. Description, measurement and assessment of noise. Part 2. Determination of levels of sound pressure. M.: Publishing house of standards. 2008, p. 22.
5. Y.V. Denisova, V.N. Tarasenko. Soundproofing of dwelling and office premises // Education, science, production and

- management. Belgorod: BSTU. 2011. p. 15 - 17.
6. V.N. Tarasenko, L.N. Solovyov. Problems of sound insulation in residential construction // Vestnik of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2013. № 4. p. 48 -52.
7. R.V. Lesovik, L.N. Botsman, V.N. Tarasenko. Enhancement of sound insulation of lightweight concrete based on nanostructured granular aggregate // ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences, № 10. 2014. p. 1789 - 1793.
8. V.N. Tarasenko, I.A. Degtev. Sound insulation of protecting designs // Priority scientific directions: from theory to practice: collection of XIV scientific conference. Novosibirsk. 2014. p. 143 - 148.
9. V.N. Tarasenko. Design of noise protection constructions // High-tech innovations: Collect ion of research and scientific conf, devoted to 60 th-anniversary of BSTU named after V.G. Shukhov (XXI scientific readings). Belgorod: BSTU. 2014. p. 115 -117.
10. I.V. Vasiliev. Overview of multi-channel systems of acoustic correction // Young scientist. 2016. № 5.
11. O.O. Nekipelova, M.I. Nekipelov, E.S. Maslova, T.N. Urdaeva. Noise as acoustic stressor, and measures to deal with it // Basic research. 2006. № 5. p. 55 -57.
12. K.A. Naugol'nyh, S.A. Rybak. Distribution of sound in unstable atmospheric layer // Acoustical journal. 2007. № 53.

p. 477 - 480.

13. V.I. Arabadji, K.I. Rudik. About some noise spectra of natural origin // Acoustical journal. 1962. № 8. p. 466 - 468.

14. M.Yu. Lanae, V.N. Sukhov. Acoustics of auditorium of the Moscow academic musical theatre named after K. S. Stanislavsky and Nemirovich-Danchenko. Electronic journal «technical acoustics». № 8. Book 8. 2008.

15. A.G. Boganik. New materials for acoustic comfort // Construction technology. 2010 № 4 (73). p. 64 - 67.

16. A.G. Boganik. New solutions for sound insulation of premises // Construction technology. 2007. № 7 (55). p. 80 - 81.

17. SP 51.13330.2011. Protection against noise. Updated revision of Snip 3/23/2003/Minregion of Russia. M. 2011. p. 42.

18. http://echocor.ru/articles/v_zone_akusticheskogo_komforta/

ОКСИДНО КОБАЛЬТОВЫЙ ТИТАНОВЫЙ ЭЛЕКТРОД ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

Тулский Г.Г.

доктор технических наук, профессор

Диаб Хассан

аспирант

Сенкевич И.В.

кандидат технических наук, доцент

Тулская А.Г.

кандидат технических наук, ассистент

Национальный технический университет

"Харьковский политехнический институт, г. Харьков

OXIDIZED COBALT-TITANIUM ELECTRODE FOR ELECTROCHEMICAL SYNTHESIS OF SODIUM HYPOCHLORIDE

Tulskiy G.G. Doctor of technical sciences, professor

Diab Hassan Post-graduate student

Sinkevich I.V. Candidate of technical sciences, associate professor

Tulskaya A.G. Candidate of technical sciences, assistant National technical university "Kharkov polytechnic institute", Kharkov, Ukraine

АННОТАЦИЯ

Разработан малоизнашиваемый анод для электрохимического синтеза водных растворов гипохлорита натрия. Электрод состоит из токопроводящей титановой основы с каталитически активным покрытием из смеси оксидов кобальта и титана (ОКТП). Установлено, что при плотности тока 1000 А·м⁻² перенапряжение выделения хлора на ОКТП оставляет 40...45 мВ, т.е. каталитическая активность ОКТП сравнима с активностью ОРТА. Показано, что при концентрации хлоридов ниже 50 г·дм⁻³ каталитическая активность ОКТП превышает ОРТА.

ABSTRACT

A dimensional stable anode (DSA) for electrochemical synthesis of sodium hypochlorite was developed. It consists of conductive titanium base coated by catalytic active layer of cobalt and titanium oxides mixture (Co₃O₄/TiO₂). It was determined that at current density 1000 A·m⁻² the over potential of chlorine reaction was about 40...45 mV, so the catalytic activity of Co₃O₄/TiO₂ is in the close juxtaposition with DSA coated by ruthenium and titanium oxides. It is shown that when the concentration of chloride is below 50 g·dm⁻³, the catalytic activity of Co₃O₄/TiO₂ is higher than RuO₂/TiO₂.

Ключевые слова: малоизнашиваемый анод, гипохлорит натрия, электрохимического синтез, оксидное кобальтово титановое покрытие.

Keywords: dimensional stable anode, sodium hypochlorite, electrochemical synthesis, cobalt and titanium coating.

ВВЕДЕНИЕ. Растворы "активного хлора" нашли широкое применение при обеззараживании питьевых и промышленно-бытовых вод, предотвращения биообрастания систем оборотного водоснабжения, для нужд стерилизации, дезинфекции, отбеливания. Электрохимический способ получения растворов активного хлора электролизом водных растворов щелочных металлов позволяет организовать производство непосредственно на месте потребления и в нужных количествах. соотношение стандартных потенциалов выделения хлора и кислорода из водных растворов хлоридов обуславливает применение анодных материалов с высокой их селективность в реакции выделе-

ния хлора. Промышленное производство хлора основано на применении малоизнашиваемых анодов с каталитическим покрытием на основе RuO₂ или еще более дорогого IrO₂. Однако, в последнее время постоянно снижающийся спрос на газообразный хлор и пропорционально увеличивающийся на растворы "активного хлора" требует разработки доступных малоизнашиваемых анодов. В том числе и для электролиза разбавленных растворов (менее 50 г·дм⁻³) хлоридов. Использование при таких концентрациях анодов на основе RuO₂ или IrO₂ неэффективно. Поэтому исследования, направленные на выяснение возможности использования для электролиза хлоридных

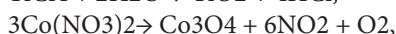
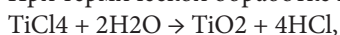
растворов композиционных покрытий на основе оксидов неблагородных металлов являются актуальными и востребованными [1-5].

Для формирования активного слоя был выбран метод термического разложения покровного раствора, содержащего соли соответствующих металлов. Этот метод широко применяется, как для нанесения индивидуальных оксидов так и композиционных оксидных покрытий (RuO₂/TiO₂, IrO₂/TiO₂). Данный метод позволяет получать плотные, безпористые оксидно-металлические покрытия, состав которых можно варьировать в широком диапазоне концентрации компонентов [2-4].

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА. При получении оксидного кобальтового титанового покрытия (ОКТП) в качестве компонентов покровных растворов были выбраны хлорид титана (IV) и нитрат кобальта (II).

На сухую подготовленную поверхность образца, при помощи кисти, наносился покровный раствор, содержащий Co(NO₃)₂ и TiCl₄. После нанесения покровного раствора образцы помещались в сушильный шкаф на 1 час для удаления влаги при 313-323 К. Затем образцы помещались в муфельную печь и подвергали термической обработке при 593-673 К.

При термической обработке протекали реакции:



на поверхности образовывался плотный слой, содержащий композиционное покрытие из Co₃O₄ и TiO₂.

После охлаждения цикл обработки повторяли, каждый раз, начиная с операции нанесения покровного раствора. Качество полученного оксидного покрытия контролировалось гравиметрическим, рентгеноструктурным и рентгенфлуоресцентным анализом [2]. Внешний вид покрытия контролировался при помощи микроскопа, а толщина покрытия оценивалась по шлифу поперечного среза покрытия.

Покрытие, полученное в результате термического раз-

ложения покровного раствора, имеет серо-черный цвет с металлическим блеском. Содержание компонентов в покрытии варьировалось в пределах (% мол.): Co₃O₄ от 16 до 30, TiO₂ от 70 до 84.

Кинетические закономерности протекания процессов на ОКТП исследовались методами стационарной и циклической вольтамперометрии, электродного импеданса [2]. Компенсацию омической составляющей потенциала электрода проводили коммутационным методом. Поляризационные измерения проводили с использованием потенциостата ПИ-50-1.1 и программатора ПР-8 в термостатированной ячейке ЯСЭ-2 по трехэлектродной схеме. Рабочим электродом служил исследуемый электрод с площадью рабочей поверхности 1,5 см², вспомогательным - платиновый проволоочный электрод, в качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный электрод сравнения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

Влияние состава активного слоя на кинетику выделения хлора.

Перенапряжение выделения хлора при электролизе водных растворов хлоридов является одним из важнейших технологических параметров разрабатываемых электродов. На рис. 1 приведены гальваностатические поляризационные зависимости, полученные на ОКТП с различным содержанием Co₃O₄ в концентрированных хлоридных растворах, насыщенных хлором.

Поляризационные зависимости приведены без учета (пунктирные линии) и с учетом (сплошные линии) омической составляющей потенциала анода. Как следует из графиков, при плотностях тока превышающих 150...200 А·м⁻² омическая составляющая ΔE_{ом} вносит заметный вклад в измеряемую величину. Доказательством того, что возрастание потенциала анода вызвано омическим падением напряжения в оксидном слое, служит линейный характер зависимости ΔE_{ом} от плотности тока.

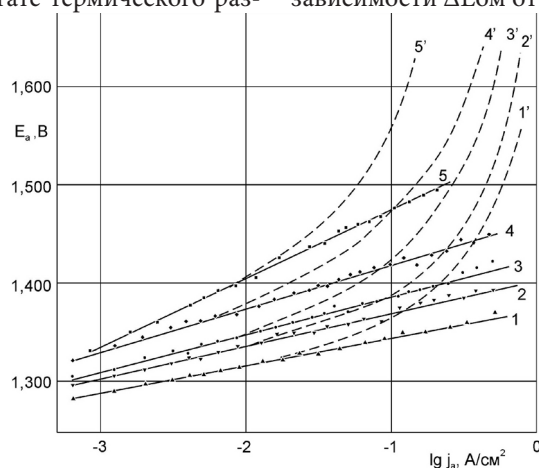


Рис. 1. Анодные гальваностатические поляризационные зависимости на ОКТП с учетом ΔE_{ом} (1 – 5) и без учета ΔE_{ом} (1' – 5') при 343 К в растворе 4,8 моль·дм⁻³ NaCl насыщенном хлором, pH=3,5, содержание Co₃O₄ в ОКТП (% мол.): 1, 1' – 100; 2, 2' – 30; 3, 3' – 25; 4, 4' – 21; 5, 5' – 16.

Величина ΔE_{ом} зависит от природы электродного материала. Наименьшие омические потери были определены на ОРТА и Co₃O₄/Ti электродах. Величина ΔE_{ом} на ОКТП несколько выше. Полученные результаты легко объясни-

мы, так как известно, что RuO₂ является полупроводником n-типа и обладает высокой электропроводностью металлического типа [2, 3], а кобальтит кобальта Co₃O₄ – полупроводник p-типа с малой шириной запрещенной

зоны [4]. Поэтому высокие омические потери на ОКТП объясняются затруднениями в переносе заряда через оксидное покрытие, т.е. происходит обеднение поверхностного слоя каталитического покрытия по носителям заряда р-типа.

Насыщение концентрированного хлоридного раствора газообразным хлором позволило реализовать обратимый потенциал реакции выделения хлора на ОКТП и определить перенапряжение выделения хлора.

Перенапряжение выделения хлора из хлоридных рас-

творов на покрытиях из кобальтита кобальта невелико и сравнимо с ОРТА. На рис. 2 приведены зависимости перенапряжения выделения хлора на ОРТА, Co_3O_4 и ОКТП от анодной плотности тока в концентрированном растворе NaCl. Наиболее низкие значения η были обнаружены на Co_3O_4 – покрытии, несколько большее перенапряжение выделения хлора наблюдалось на ОРТА. Обнаруженная разница невелика и может быть объяснена более развитой поверхностью и, следовательно, большей истинной площадью оксиднокобальтового покрытия.

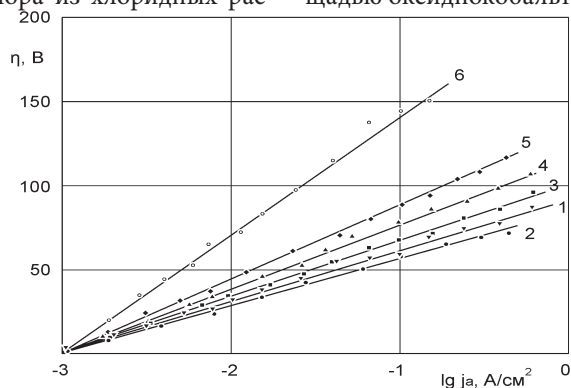


Рис. 2. Поляризационная зависимость при 340 К, в 4,8 моль-дм⁻³ NaCl насыщенном хлором, pH = 3,5 на ОРТА (1), Co_3O_4 покрытия (2) и ОКТП с различным соотношением компонентов (% мол.): 3 – Co_3O_4 : TiO_2 = 30 : 70; 4 – Co_3O_4 : TiO_2 = 25 : 75; 5 – Co_3O_4 : TiO_2 = 21 : 79; 6 – Co_3O_4 : TiO_2 = 16 : 84.

Наклоны кривых отличаются незначительно. Добавка TiO_2 повышает перенапряжение выделения хлора. Однако это повышение незначительно – при плотности тока 1000 А·м⁻² и содержании TiO_2 70 % мол. перенапряжение выделения хлора на ОКТП увеличилось в сравнении с Co_3O_4 покрытием на 10 мВ, а при содержании TiO_2 84 % мол. – на 70 мВ. Увеличение содержания TiO_2 в ОКТП приводит к снижению количества активных центров Co_3O_4 на поверхности композиционного покрытия. Что, в свою очередь, является причиной значительного роста действительной плотности тока на активных Co_3O_4 участках.

На рис. 3 приведена зависимость логарифма анодной

плотности тока от содержания Co_3O_4 в ОКТП для $\eta=50$ мВ. При уменьшении содержания Co_3O_4 от 100 до 30 % мол. скорость выделения хлора на ОКТП снижается примерно на 15 %. снижение содержания Co_3O_4 в ОКТП от 30 до 16 % мол. приводит к резкому уменьшению скорости выделения хлора – более чем на порядок.

Для всех образцов ОКТП с содержанием Co_3O_4 от 16 до 100 % мол. $lg i_0$ находился в пределах 2,85-3,00, что говорит о высокой каталитической активности покрытия в хлорной реакции и отсутствии негативного влияния на нее TiO_2 компонента. Резкое снижение $lg i_0$ наступает для ОКТП с содержанием Co_3O_4 менее 10-12 % мол.

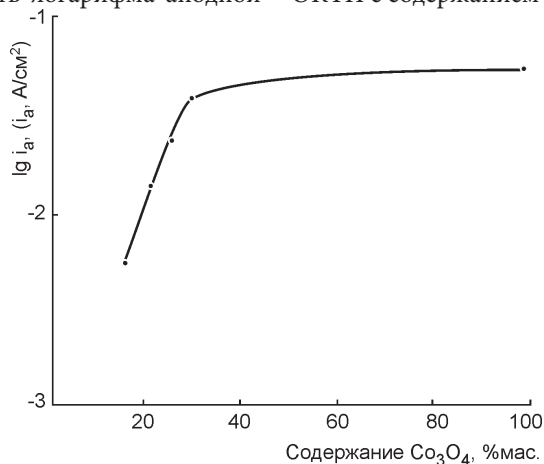


Рис. 3. Зависимость скорости выделения хлора на ОКТП от содержания Co_3O_4 при $\eta=50$ мВ

Дальнейшие кинетические исследования проводились на ОКТП с содержанием (% мол.): Co_3O_4 – 30; TiO_2 – 70.

Влияние температуры на перенапряжение выделения хлора.

Известно, что лимитирующей стадией процесса вы-

деления хлора на ОРТА и Co_3O_4 в условиях электролиза концентрированных хлоридных растворов, насыщенных хлором, при pH<4 является стадия разряда хлорид-иона. Ввиду схожести вида поляризационных кривых полученных на ОРТА, Co_3O_4 и на ОКТП можно предположить,

что лимитировать процесс выделения хлора будет та же стадия разряда. Для обоснования это предположения были проведены исследования влияния температуры на перенапряжение выделения хлора. Полученные результаты были обработаны в соответствии с температурно-кинетическим методом.

Снижение перенапряжения выделения хлора на ОКТП с повышением температуры составляет от 0,65 до 1 мВ-град⁻¹. были определены значения анодной плотности тока i_a для перенапряжения выделения хлора (мВ): 30; 40; 50 при различных температурах и построены зависимости $\lg i_a$ от величины $T-1$. Эта зависимость носит линейный характер. Наклон увеличивается с повышением перенапряжения выделения хлора. Наименьший наклон прямой наблюдается при перенапряжении 30 мВ.

Рассчитанные, согласно температурно-кинетическому методу, по наклону прямых зависимости $\lg i - T-1$, величины эффективной энергии активации находились в пределах 31-47 кДж·моль⁻¹, что указывает на электрохимическую природу поляризации.

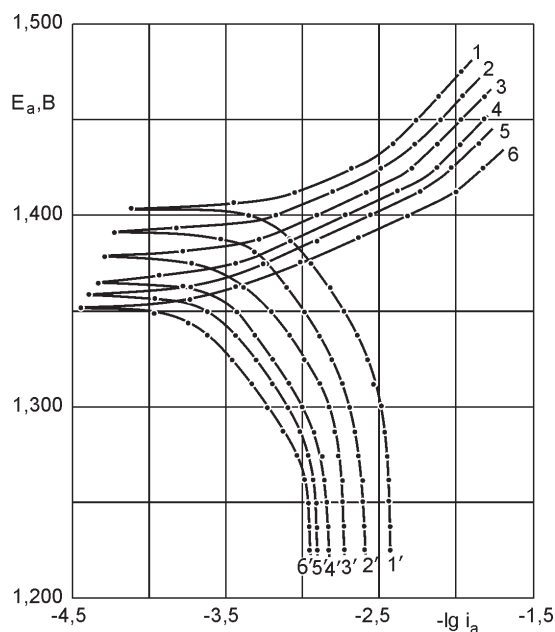


Рис. 4. Анодные (1-6) и катодные (1'-6') потенциостатические зависимости на ОКТП при 298 К, $p = 1 \text{ атм}$ и $\text{pH}=2$ в зависимости от концентрации NaCl (моль·дм⁻³): 1,1' - 0,100; 2,2' - 0,180; 3,3' - 0,316; 4,4' - 0,560; 5,5' - 1,000; 6,6' - 3,160.

Причиной появления второго участка, увеличение наклона которого говорит о возникших затруднениях, может быть: недостаток носителей заряда, окисление Co^{3+} кобальтита кобальта до Co^{4+} , развитая поверхность композиционного покрытия. Первое предположение не согласуется с довольно низкими плотностями тока появления второго участка и зависимостью плотности тока появления второго участка от концентрации NaCl в электролите. Второе предположение так же неверно, так как появления второго участка должно было проходить при одном и том же потенциале.

Наиболее удовлетворительным объяснением причины появления второго участка с наклоном 80 мВ является предположение о неполном соблюдении условий подготовки поверхности анода с ОКТП для проведения поляризационных исследований.

При кинетических измерениях на ОРТА [3] для дости-

Влияние концентрации хлорида натрия и парциально-го давления хлора на поляризационные характеристики ОКТП

Анодные и катодные поляризационные зависимости процесса выделения – ионизации хлора на ОКТП приведены на рис. 4. Основной особенностью анодной ветви зависимостей является наличие двух выраженных тафелевских участков. Первый участок начинается при незначительном отклонении потенциала электрода от равновесного (10 – 20 мВ) и имеет наклон 40 мВ.

При дальнейшем увеличении потенциала наблюдается излом поляризационных зависимостей с выходом на второй участок, близкий к линейному, с наклоном 80 мВ. Наклон первого участка хорошо согласуется с литературными данными, посвященными изучению выделения хлора на оксидно-металлических электродах – аналогичную величину наклона фиксировали на ОРТА, чистом RuO_2 , NiCo_2O_4 , чистом Co_3O_4 , различных шпинелях и перовскитах [2, 4, 5].

жения высоких плотностей тока без значительных омических и диффузионных ограничений по хлорид-иону использовались образцы электродов с малой толщиной оксидного слоя и малым содержанием активной массы (~0,03 г/м² Ru). В данном случае каталитически активное покрытие (в пересчете на $\text{Co} \sim 6,0 \text{ г/м}^2$) не может быть тонким, чтобы не вовлечь в процесс выделения хлора $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ – подслоя. В противном случае поляризационные зависимости на ОКТП будут искажены. Так же отрицательное влияние оказывает и низкая удельная проводимость кобальтита кобальта полупроводникового типа в сравнении с металлической у RuO_2 .

Таким образом, при увеличении плотности тока, происходит вытеснение процесса выделения хлора со всего объема на верхние слои развитой поверхности ОКТП. Поэтому наклон второго участка не может приниматься к рассмотрению при анализе экспериментально получен-

ных кинетических данных.

На катодной ветви поляризационных зависимостей (рис. 4) можно выделить участок, близкий к линейному, с наклоном 120 мВ, за которым наблюдается переход кривой в область предельного тока. Причем линейный характер участка более выражен в концентрированных растворах. Наклон близкий к 120 мВ характерен для катодного процесса хлорной реакции на RuO₂ и ОРТА [2]. Предельный катодный ток, по-видимому как и на RuO₂ и ОРТА, имеет диффузионную природу [2].

Из поляризационных зависимостей при E_a=1,42 В и E_k=1,33 В определялись порядки реакций по хлориду. Установлено, что порядок анодной реакции по хлориду изменяется от 0,77 до 0,5 с ростом концентрации NaCl. Порядок катодной реакции по хлориду так же изменяется с ростом концентрации хлорида от -0,95 до -0,42. Полученные данные, особенно изменяющиеся в зависимости от концентрации хлорида, не могут быть однозначно истолкованы, так как известно, что с ростом концентрации Cl⁻ возрастает его специфическая адсорбция. Значительная часть специфически адсорбированного хлорида электрохимически неактивна. Что и приводит к искажению порядков анодной и катодной реакций, рассчитанных на основе поляризационных зависимостей.

Для уточнения кинетических параметров реакции выделения хлора потенциостатические измерения проводились в присутствии фонового электролита – 1 моль-дм⁻³ Na₂SO₄. SO₄²⁻ адсорбируется значительно сильнее хлорид-иона и полностью подавляет его специфическую адсорбцию. Следует отметить некоторое увеличение потенциалов выделения – ионизации хлора (30-40 мВ), что может служить косвенным доказательством сильной специфической адсорбции аниона SO₄²⁻ и вытеснения Cl⁻. Так же при использовании фонового электролита Na₂SO₄ ухудшилась воспроизводимость катодной части поляризационных зависимостей вследствие затруднений при адсорбции растворенного хлора на поверхности ОКТП, покрытого слоем адсорбированных сульфат-ионов.

В присутствии сульфата при E_a=1,42 В и E_k=1,31 В были установлены следующие порядки реакций: анодной реакции 1,12 и катодной реакции -0,85. Полученные дробные порядки реакции по хлориду могут быть объяснены конкурентным характером адсорбции хлорида и сульфата на поверхности композиционного покрытия. Линейный характер полученных логарифмических зависимостей в присутствии сульфатов указывает на незначительную конкурентную способность к адсорбции в сравнении с сульфат-ионами других активных частиц адсорбированных на поверхности ОКТП. С учетом влияния адсорбированных сульфат ионов, для дальнейшего рассмотрения считали порядок анодной реакции по хлорид-иону равной 1, а порядок катодной реакции по хлорид иону равной -1.

Для определения порядков анодной и катодной реакции по молекулярному хлору были проведены потенциостатические измерения в растворе 1 моль-дм⁻³ Cl⁻ при различном парциальном давлении молекулярного хлора. При E_a=1,42 В и E_k=1,31 В были определены величины анодной реакции -0,13 и катодной реакции -0,82. Полученные величины порядков анодной и катодной реакций

окисления-ионизации хлора использовались для объяснения механизма процессов, протекающих на поверхности ОКТП в хлоридных растворах.

Более высокая каталитическая активность ОКТП позволяет проводить электролиз разбавленных хлоридных растворов при более высоких, чем в случае применения ОРТА, плотностях тока. Уже при плотности тока 100 А·м⁻² в 0,04 моль-дм⁻³ водном растворе NaCl анодный потенциал на ОРТА приближается к критическому для RuO₂ – 1,65 В. Достижение критического для Co₃O₄ потенциала, равного 1,70 В происходит при более высоких плотностях тока.

Повышение плотности тока, с пропорциональным уменьшением длительности электролиза, позволяет получать растворы гипохлорита натрия с более высоким выходом по току. Подобная зависимость может быть объяснена затруднением катодного восстановления гипохлорита с ростом катодной плотности тока и использована при разработке технологического процесса электросинтеза водного раствора гипохлорита натрия.

Полученные результаты позволяют рекомендовать ОКТП для синтеза гипохлорита натрия из разбавленных (менее 2 моль-дм⁻³) растворов NaCl.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Метод термического разложения покровного раствора из смеси Co(NO₃)₂ и TiCl₄ позволяет варьировать составом композиционного покрытия в широком диапазоне концентрации компонентов; обеспечивает высокую стойкость анода в условиях электролиза, стабильное значение потенциала при длительной эксплуатации.

2. Установлено, что при плотности тока 1000 А·м⁻² перенапряжение выделения хлора на ОКТП незначительно отличается от ОРТА и составляет 40-45 мВ, т.е. каталитическая активность ОКТП сравнима с ОРТА.

3. Лимитирующей стадией процесса выделения хлора на ОКТП в концентрированных хлоридных растворах, насыщенных хлором, при pH<4 является стадия разряда хлорид-иона.

4. Введение TiO₂ в кобальтовую шпинель повышает ее стойкость. Содержание TiO₂ не более 70 % мол. в ОКТП не снижает селективности композиционного покрытия в реакции выделения хлора и не тормозит скорость выделения хлора на ОКТП.

5. На основании кинетических характеристик и показателей износа при электросинтезе водных растворов гипохлорита натрия рекомендуется ОКТП, содержащее (% мол.): Co₃O₄ – 30; TiO₂ – 70.

Список литературы:

1. Гиренко Д.В. Растворы гипохлорита натрия высокой чистоты для ветеринарии и медицины. Технология получения. / Д.В. Гиренко, А.Б. Величенко // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск: УДХТУ – 2013. – № 1. – С. 139–143.

2. Мазанко М.Ф. Металлоксидные аноды в хлорной промышленности: достижения, проблемы, перспективы / М.Ф. Мазанко, Е.А. Новиков, Е.А. Эбериль // Научные труды НИИ «Синтез» – М.: Московская типография, №11. – 1996. – 534 с.

3. Слипченко А.В. Современные малоизнашиваемые аноды и перспективы развития электрохимических технологий водоподготовки / А.В. Слипченко, В.В. Максимов, Л.А. Кульский // Химия и технология воды. – 1993. – т.15, №3. – С.180–231.
 4. Чвирук В.П. Поведение металлоксидных электродов на титановой основе в кислых хлоридных растворах / В.П.

Чвирук, Е.М. Заверач, О.В. Линючева // Вопросы химии и химической технологии. – Днепропетровск: УДХТУ – 1999 г. – № 1. – С. 354–356.
 5. Фесенко Л.Н. Совершенствование технологии производства гипохлорита натрия электролизом морской воды. / Л.Н. Фесенко, С.И. Игнатенко, И.В. Пчельников // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. № 1. – С 7 – 15.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR THE ANALYSIS OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF OPTICAL FIBER COMMUNICATION SYSTEMS

Khakimov Zafar Tulyaganovich,

Ph.D., Vice-Rector of the Tashkent University of Information Technologies.

ABSTRACT

The article discusses the use of the developed stand for the study of the passage of the optical signal transmission and their linearization pass characteristics of fiber-optic communication lines, as well as the possibility of simulation of optical radiation actual fiberoptic data transmission system.

Keywords: Fiberoptic data transmission systems, fiber-optic communication lines, an acousto-optic tunable filter, amplifier traveling wave spectral response.

The work is devoted to the complex research methods to improve the parameters of fiber-optic communication systems (PLAY), expanding their potential, increase quality and data rates, increased capacity up to the maximum limits, testing and application of fiber-optic data transmission systems.

Based on the specialized stand for full-scale measurements [1], testing and test individual components and devices,

and fiber-optic communication lines (FOCL) in general, the selection of optimum modes of scientific and measuring system was created. Figure 1 shows a general view of scientific measurement system consisting of a stand with an acousto-optic tunable filter (AOPF), the alignment precision installation, the laser module and the spectrograph.

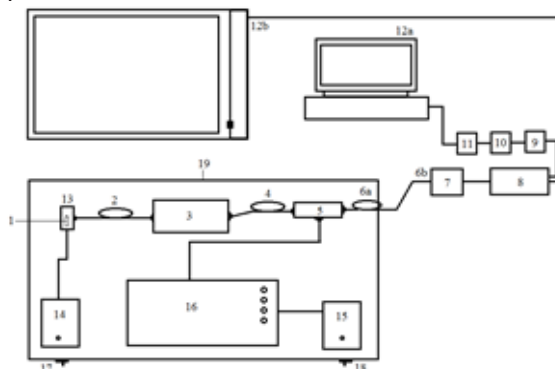


Figure 1. General view of the scientific and measuring complex;

1 laser module with a wavelength of 1527 nm; 2-mode fiber; 3-traveling-wave amplifier (TWA); 4-section of single-mode fiber after BWM before AOPF; 5 AOPF; 6a- fiber after AOPF; 6b- fiber spectrograph to the input device; 7 additional Alignment device; 8 spectrograph; 9 photodetector; 10-electrometer amplifier U5-11; 11 additional voltage amplifier with built-in filter; 12a-screen computer monitor; 12b - two-coordinate recorder; 13 for setting the fine adjustment of the laser and the optical fiber; 14-power semiconductor laser unit; 15 PSU AOPF and AOPF modulator; 16 four-channel modulator; 17 switch to turn on the stand of the laser; 18 switch and turn AOPF modulator; 19-stand.

The laser light from the laser module 1 is entered into a single mode fiber 2 on the installation 13. The machine 13 allows up to 0.5 microns adjust (precisely exhibit relatively to each other) end of the optical fiber and a semiconductor laser emitting pad (pad size of 1 x 0.5 mm²).

Electrical power to the laser control circuit is supplied from the power supply 14. The laser light through the optical fiber 2 is supplied to BWM 3, which is amplified by 12 dB signal. Further, the radiation on the site 4 single-mode fiber supplied to AOPF 5. The power supply 15 provides the power for AOPF 5 and modulating device 16.

Laser radiation with altered spectral characteristics of the optical fiber 6b, fed to the optical input spectrograph 8. With an additional alignment device 7 is made to optimize the input laser light from the optical fiber 6b output end of the optical input of the spectrograph.

Radiation inside the spectrograph 8 flows through the optical gap and the lens on the diffraction grating. Further, through the exit slit of the optical radiation fed through svetozhgut to the photodetector 9.

The photocurrent of the photodetector 9 pre-amplified in the amplifier electrometer U5-11 10, then the output voltage

of the amplifier is further amplified in the voltage amplifier 11 with built-in filter that cuts the high-frequency interference and network (over 30 Hz).

Information is entered into the computer of the spectrograph through COM port (RS-232). On the monitor screen 12a shown the recorded spectra.

Also, spectra can be directly displayed on the XY recorder 12b, and recorded on graph paper. Turning the laser in a stand made with the toggle switch 17, the inclusion of AOPF performed using a toggle switch 18.

In this scientific and measuring complex set of spectral characteristics of the research was conducted, including spectrogram removed without the use of laser radiation and using AOPF.

The optical signal generated by the semiconductor laser, consisting of several transverse modes, through the microlens is entered into single-mode fiber.

As is known, in systems with wavelength division multiplexing applied several (the number of channels) single-frequency laser diodes emitting equidistant along the length of the radiation, with a difference of a few nanometers in the spectrum.

Thus, the apparent refractive index of the resonator has a group refractive index. Depending on the values $\lambda = 1,52 \text{ m}$, n and $L = 200 - 500 \text{ microns}$, the interval between the modes is $\Delta\lambda \approx 1,5 - 3 \text{ nm}$. This elementary calculation explains the regular line structure of the spectrum of the semiconductor laser (Figure 2). [2-3].

LITERATURE.

1. Radjabov TD, AM Nazarov, Davranbek DA, AA Simonov, Khakimov ZT, Pichko SV The device for the diagnosis and optimization of the spectral characteristics of optical fiber communication systems number IAP20090142 // State Patent Office of the Republic of Uzbekistan "OFFICIAL BULLETIN" - Tashkent. 2010. №4 (108), pp 19-20.

2. T.D.Radzhabov, O.A.Kobildzhanov, V.V.Kurepin, S.V.Pichko. A method of forming an optical signal for fiber optic testing devices with ASU Uzbekistan Patent IDP 04 788 B, 2000.

3. A.Kozanne, J. Fleury, Mr. Maitre, M. Rousseau, optics and communication // Moscow, Because of the "Mir", 1984, 326-327, 502 p.

РАНЖУВАННЯ ТЕКСТУ ЗА ТОНАЛЬНІСТЮ

Хом'як Мар'яна Іванівна

студентка, фізико-математичний факультет,
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Карабін Оксана Йосифівна

канд. пед. наук, доцент
кафедри інформатики і методики
її викладання Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

RANKING TEXT TONE

Homiak M.I. student, department of physics and mathematic, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

Karabin O.Y. PhD at Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,

Department of Computer Science and Methods of Its Teaching

АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання аналізу тональності тексту. З'ясовано зміст понять «природномовні тексти» і «емоційний зміст». Також у статті висвітленню питання щодо розробки алгоритму програми для визначення емоційного змісту текстів. У роботі розглянуто різні методи аналізу тональності природно мовних текстів. При тому за основу дослідження було використано комбінований підхід аналізу текстових даних і синтаксичних зв'язків у тексті. При використанні даного підходу враховується не лише емоційний зміст окремих слів, але і словосполучень. Це дозволяє ранжувати текстові дані за емоційним забарвленням. На основі цього підходу реалізовано алгоритм, який дозволяє визначити емоційне забарвлення природномовних текстів.

ABSTRACT

This article describes problem of analyzing text tone. Found out the meaning of "natural language texts" and "emotional content". Also, the article describes an algorithm that allows determining the emotional content of the lyrics. This article examines the various methods of analysis tone of natural language texts. As the main method of text data and syntactic links in the text used a combined analysis. This approach is used not only emotional meaning of each word, but also meaning of phrases of words. This allows you to rank text data for emotional content. Based on this was implemented algorithm, which determines the emotional content of natural language texts.

Ключові слова: природномовні тексти, тональність тексту, емоційний зміст, ранжування, сентиментаналіз текстових даних, семантика тексту.

Keywords: natural language texts, the tone of the text, emotional content, ranking, sentiment analysis, semantics of the text.

Постановка проблеми. Однією з важливих переваг використання інформаційних технологій є можливість автоматизованого аналізу великих масивів даних. Спектр

завдань, які відносяться до інформатизації різних сфер життя, є надзвичайно широким і включає, зокрема, отримання інформації з метою прийняття рішень, навчання,

розв'язання наукових та організаційних задач тощо [1].

Нині інформаційні технології застосовують практично у кожній сфері і тому збільшується необхідність у розробці спеціалізованого програмного забезпечення, що забезпечить автоматизовану обробку даних різного типу. Значна частина даних, що опрацьовуються, припадає саме на природно мовні тексти. Обробка природної мови є важливою темою, про яку багато розмовляють не лише у наукових колах. Дана концепція вважається основою для майбутнього розвитку штучного інтелекту.

Серед найбільш цікавих і популярних методів цього широкого наукового напрямку є один, який називається *sentiment analysis*, що в перекладі на означає «аналіз тональності текстів». Одним із основних аспектів дослідження текстових даних є оцінювання тональності, або емоційного змісту тексту. Аналіз тональності тексту – набір методів контент-аналізу в комп'ютерній лінгвістиці, який призначений для автоматизованого виявлення в текстах певного емоційного змісту тексту та його емоційно забарвленої лексики.

Тональність – це емоційне ставлення автора висловлювання до деякого об'єкту, інформація про який виражена в тексті. Емоційна складова, виражена на рівні лексеми або певного комунікативного фрагмента, називається лексичною тональністю (або лексичним сентиментом). Тональність цілого тексту, що розглядається, можна визначити як функцію, яка є сумою лексичних тональностей складових (слів і речень) і правил за якими вони поєднані у тексті.

Існує і інше визначення тональності тексту – це позитивне, негативне або нейтральне забарвлення як цілого текстового документу, так і його окремих частин, які мають відношення до певних понять, таких як персони, організації, бренди тощо [1].

Аналогічні програмні рішення аналізують текст лише за його позитивним вмістом і результати аналізу є не точними, тому такі програмні продукти використовують лише у деяких сферах. Проте, таку проблему можна вирішити, якщо розширити спектр тональностей, які може розрізняти програма. Використання такого рішення може активно застосовуватись у багатьох сферах: маркетинг, психологія, соціальні мережі тощо.

Огляд останніх досліджень та публікацій.

Проблема аналізу природномовних текстів описується дослідниками та науковцями. Сарбасова А.Н., розглядала різні методи аналізу тональності текстів, описала існуючі програмні додатки, які сьогодні використовують для сентимент-аналізу, проаналізувала результати дослідження і методи покращення результатів [5].

Науковці Олександр Прохоров, Олександр Керимов розкрили питання використання автоматизованих систем сентимент-аналізу та їх популярність на ринку, здійснили детальний опис та сфери застосування, провели дослідження щодо популярності кожного додатку та його вартості [6].

Олексій Соловійов описав алгоритм визначення емоційного змісту речень та ранжування тексту за тональністю. Таким чином, тональність висловлювання визначається трьома компонентами: суб'єктом тональності (хто висловив оцінку), об'єктом тональності (про кого або про що

висловлена оцінка) і власне тональною оцінкою (як оцінили). Автор показав важливість використання модуля SentiFinder у програмі, який визначає три види тональності текстів (позитивну, негативну і нейтральну) щодо заданого об'єкта тональності [7].

Мета статті: розглянути методи аналізу тональності тексту, дослідити особливості існуючих методів сентимент-аналізу природномовних текстів, проаналізувати методи для вдосконалення існуючих програмних рішень, розглянути алгоритм розробки програми автоматизованого аналізу емоційного змісту тексту, зробити аналіз отриманих результатів.

Виклад основного матеріалу. Важливим завданням є розгляд та визначення сутності базових понять у тональності тексту.

Природномовними текстовими даними (текстом) є сукупність речень будь-якою природною мовою [1].

Емоційний зміст (тональність) – це певна емоційна забарвленість тексту, яка формується тональністю його емоційно забарвлених складових одиниць та правил їх поєднання [2], що визначає належність тексту до однієї з 4-х категорій, наприклад:

- радість;
- страх;
- задоволеність;
- агресія.

Кожна з категорій має перелік ознак, за якими вона може бути ідентифікована. Емоційна забарвленість тексту визначається такими параметрами:

– терми (емоційно забарвлені слова), які належать до конкретної емоційної категорії;

– відношення (зв'язки) між цими словами (термами) у тексті та правила за якими вони поєднані між собою [4].

Такі зв'язки носять синтаксично-семантичний характер і є невід'ємним елементом будь-якого речення природною мовою. Наявність таких відношень відображається на емоційній забарвленості всього тексту в цілому.

Аналіз тональності тексту передбачає використання одного або декількох методів, наприклад:

I. Методи, засновані на правилах і словниках.

Даний підхід характеризується тим, що текст аналізується на основі заздалегідь складених тональних словників. Однак процес їх створення дуже трудомісткий; основною проблемою є той факт, що одне і те ж слово в різних контекстах може мати різну тональність. Це означає, що для адекватної роботи системи потрібна скласти велику кількість правил - тому найчастіше системи аналізу тональності тексту створюються з прив'язкою до певної предметної області.

II. Методи, засновані на теоретико-графових моделях.

У таких методах текст зображується у вигляді графа на підставі того припущення, що деякі слова мають більшу вагу і, отже, сильніше впливають на тональність всього тексту. Після ранжування вершин графа слова класифікуються відповідно зі словником тональності, де кожному слову присвоюється певна оцінка («позитивне», «негативне» або «нейтральне»). Результат обчислюється як співвідношення кількості слів з позитивною оцінкою до кількості слів з негативною оцінкою.

III. Методи, засновані на машинному навчанні – з учителем і без.

Великі дані можуть надати істотну допомогу в навчанні нейронних мереж, які також використовуються в аналізі тональності тексту. Причому, точність оцінки тональності таким способом зростає до 85% – принаймні, такої цифри вдалося досягти вченим зі Стенфорду. Принцип роботи програми простий: вона будує дерево з оцінкою тональності кожного слова, кожної фрази і всього тексту цілком. Найцікавіше: програма розуміє, що зміна порядку слів змінює тональність тексту. Можна припустити, що саме цей факт і забезпечує таку високу точність оцінки тексту і дозволяє вважати нейронні мережі перспективним інструментом такого аналізу.

Поставлена задача є задачею нечіткої класифікації (ранжування): потрібно знайти ступінь належності вхідних даних до кожної із задалегідь заданих категорій.

Алгоритм роботи створеного програмного продукту має такі етапи:

Крок 1. Попередній аналіз тексту

Перед будь-якою обробкою даних необхідна попередня обробка. У цій стадії видаляються всі html теги, пунктуація, символи. Дана операція здійснюється за допомогою бібліотеки python - «Beautiful Soup». Також всі числа і посилання в тексті замінюються на теги [3].

У тексті присутні так звані «стоп слова» – це часті слова в мові, які в основному не несуть ніякої смислової навантаженості (напр., в англійській мові це такі слова як «the, at, about ...»). Стоп слова видаляються за допомогою пакета Python Natural Language Toolkit (NLTK).

Після попередньої обробки вихідного тексту отримано наступне:

[Біографія, частина, майбутнє, фільм, пам'ять, вулиця, бачити, театр, оригінал] – тобто набір слів.

Крок 2. Подання у вигляді вектора

Уведений текст необхідно представити у вигляді вектора з чисел, оскільки комп'ютер краще опрацьовує числові дані. Для цього необхідно скласти словник з усіма словами або ж використати готові словники, і замінити слова з тексту індексом в словнику.

Наприклад, нехай існують такі набори слів:

1. [біографія, частина, майбутнє]
2. [фільм, пам'ять, вулиця]
3. [бачити, театр, оригінал]

Об'єднуючи все слова зі списку в один, створюється відсортований словник (базис вектор):

[біографія, частина, майбутнє, фільм, пам'ять, вулиця, бачити, театр, оригінал]

Замінюючи попередні вектори на індекс слова в словнику буде наступне:

1. [1, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0]
2. [0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 1, 0]
3. [0, 1, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1]

Такі вектори називаються «векторами властивостей» або ж «features vector».

У результаті кожне текстове повідомлення має свій вектор, який можна порівнювати з іншими за допомогою стандартних вимірювань, таких як Евклідова відстань, косинусна відстань тощо. Даний підхід називається «мішок

слів» або ж «Bag-Of-Word». Нижче фрагмент коду, який реалізовує даний підхід.

```
from sklearn.feature_extraction.text import
CountVectorizer
# в пакеті sklearn вже вбудований даний метод
vectorizer = CountVectorizer(analyzer = "word",
\ tokenizer = None,
\ preprocessor = None,
\ stop_words = None,
\ max_features = 5000)
```

```
train_data_features = vectorizer.fit_transform(clean_train_
reviews) train_data_features = train_data_features.toarray()
```

Крок 3. Класифікація текстів

Алгоритм класифікацій Random Forest використовується для класифікації документів в цьому експерименті. Алгоритм вже реалізований в пакеті scikit-learn, тому потрібно лише перевірити дані і вказати кількість дерев. Далі алгоритм виконує завдання використовуючи навчальну вибірку та зберігає всі необхідні дані.

Висновки. На основі класичного підходу до ранжування текстових даних розроблено модифікований алгоритм нечіткої класифікації природномовних текстових даних, який дозволяє більш точно визначати емоційне забарвлення останніх, ніж існуючі алгоритми, а також робить механізм для управління категоріями емоцій (їх додаванням та видаленням) більш гнучким. Подальше вивчення питання видається автору перспективним, оскільки розроблений алгоритм може бути застосований як основа системи автоматизованого визначення емоційного змісту природномовних текстових даних, яка може бути використана при вирішенні широкого спектру задач, зокрема, для комп'ютеризованого аналізу впливу інформації із ЗМІ на людей, аналізу психоемоційного стану колективу у великих корпораціях тощо.

Використана література

1. Ландэ, Д.В. Интернетика. Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы [Текст] / Д.В. Ландэ, А.А. Снарский, И.В. Безсуднов. — М.: Либроком, 2009. — 264с.
2. Гаспаров, Б. М. Язык, память, образ. Лингвистика языкового существования [Текст] / Б. М. Гаспаров. — М.: Новое Литературное Обозрение, 1996. — 352 с.
3. Archive.IS [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://archive.is/>
4. ВААЛ [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://vaal.ru/>
5. Сарбасова А. Н. Исследование методов sentiment-анализа русскоязычных текстов // Молодой ученый. — 2015. — №8. — С. 143-146.
6. Керимов А. Сентимент-анализ и продвижение в социальных медиа [Електронний ресурс] / А. Керимов, А. Прохоров. — 2012. — Режим доступу до ресурсу: <http://www.moluch.ru/archive/88/17413/>.
7. Соловьёв А. Сентимент анализ текста [Електронний ресурс] / Алексей Соловьёв. — 2015. — Режим доступу до ресурсу: <http://eurekaengine.ru/blog/2015/07/10/sentiment-analysis/>.

ОЧИСТКА МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД ПОДЗЕМНОЙ ОТКАЧКИ

Макальский Леонид Михайлович,

кандидат технических наук, доцент

НИУ МЭИ (Национальный исследовательский университет Московский энергетический институт)

Кухно Андрей Валентинович,

аспирант

НИУ МЭИ (Национальный исследовательский университет Московский энергетический институт)

Цеханович Ольга Михайловна,

кандидат технических наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Гжельский государственный университет» (ГГУ)

CLEANING UNDERGROUND SALINE WATER PUMPING

Makalskij L.M., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (MPEI)

Kuhno A.V. graduate student, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (MPEI)

Tsekhanovich O. M., Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Gzhel State University» (GSU)

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрено воздействие на минерализованные откачные воды, лавиностримерных разрядов (ЛСР). Разряд формировался над поверхностью воды, в разрядном промежутке 100 мм при атмосферном давлении.

В работе показано, что применение лавиностримерного разряда над поверхностью раствора в воздухе и при атмосферном давлении приводит к очистке воды от ионов металлов, коллоидов органических и неорганических соединений.

ABSTRACT

In the work considered the impact on water pumping saline lavostrimernyh digits. Discharge formed above the surface of the water, bit interval of 100 mm at atmospheric pressure.

It is shown that the use of lavostrimerного discharge above the surface of the solution in air at atmospheric pressure leads to the purification of metal ions, organic and inorganic compounds of colloids.

Ключевые слова: Лавиностримерные разряды; Воздействие разрядов на растворы; Ионы тяжелых металлов; Осветление коллоидов; Очистка минерализованных подземных вод от ионов металлов и коллоидов.

Keywords: Lavostrimerные level; The impact of charges on solutions; Heavy metal ions; dodge colloids; Purification of saline groundwater from metal ions and colloids.

Введение

Важной проблемой использования водных ресурсов пресной воды, становится применение вод подземных источников, среди которых оказываются воды затопленных подземных разработок и шахт. Часто воды оказываются, загрязнены сточными водами промышленных и коммунальных сбросов, водами промышленных, пищевых и перерабатывающих предприятий, загрязненными стоками животноводческих комплексов. Вода таких подземных вод содержит вещества, которые приводят к качественным изменениям ее свойств, в ней появляются избыточные минералы, соли металлов, иногда и органические вещества, обуславливающие неприятные привкусы, запахи, можно ожидать появления вредных микробов и вирусов, это заставляет проводить специальную очистку и обеззараживание воды.

Известные методы очистки часто связаны с применением химических веществ и реагентов, избыточное количество которых становится опасным для живых организмов и окружающей среды. В работе рассматриваются результаты исследований перспективного безреагентного направления очистки воды с применением электрофизического метода, как инструмента зеленой химии в условиях преимущественного антропогенного загрязнения пресной воды. В нашем случае очистка воды реализовывалась при организации разрядов над поверхностью воды.

При разрядах над поверхностью воды возникают сильные электрические поля, ионизационные процессы в газе и движение заряженных компонентов в жидкости. Это приводит к возбуждению молекул газа, появлению ультрафиолетового излучения, движению лавин электронов, прилипанию электронов к молекулам воздуха и появлению ионов. Движение электронов и ионов в газе способствует формированию плазменных динамических процессов в виде лавин и стримеров, появлению электромагнитного излучения, «бомбардировке» ионами и электронами поверхности воды, изменению молекулярного состава в компонентах воды.

Реализуемое возбуждение молекул кислорода обеспечивает появление озона, жесткого и мягкого ультрафиолета, их присутствие способствует обеззараживанию воды. Взаимодействие озона с водой, бомбардировка ионов молекул воды приводит к появлению перекиси водорода.

Распространение высокоэнергетичных электронов в лавинах создают в разрядном промежутке волны ионизации с излучениями в СВЧ диапазоне, которые приводят к активации процессов разложения органических и неорганических соединений в воде с большим молекулярным весом. В настоящее время, эти разрядные процессы реализованные в виде тлеющего разряда создавались при пониженных давлениях в межэлектродном пространстве, понижение давления усложняет технологию и увеличивает

ет общие затраты энергии на очистку воды [1].

Появление электрических разрядов над поверхностью воды приводят к токам проводимости в самой толще воды, возникновению электрохимических процессов. Химические реакции с озоном, перекисью водорода приводят не только к обеззараживанию воды, но и к разрушению растворенных загрязняющих молекул веществ с тяжелыми металлами, переводя их в нерастворимые в воде соединения, которые уже выводятся из нерастворимого взвешенного состояния.

Реализовать разрядные явления при нормальном давлении с перечисленными воздействующими факторами удалось при создании в разрядном промежутке лавиностримерных разрядов.

Применение лавиностримерных разрядов для очистки воды

Принципиальная схема установки обработки растворов воды лавиностримерными разрядами приведена на

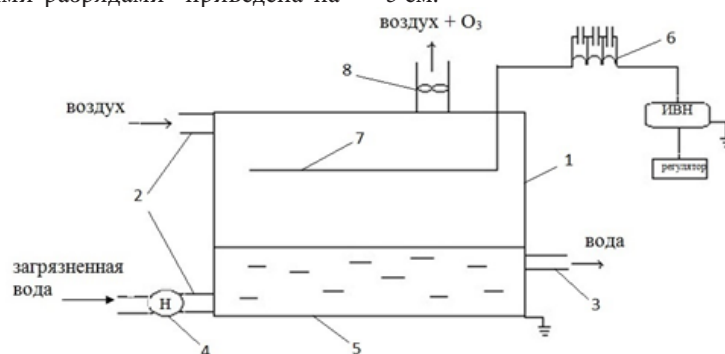


Рис.1 Схема экспериментальной установки

Для реализованного лавиностримерного разряда подтверждено наличие, излучений в разрядном промежутке в диапазоне длин волн СВЧ излучения в области 0,5-6,0 ГГц, в области мягкого УФ с длиной волны $\lambda = 0,32$ мкм и жесткого УФ $\lambda = 0,24 - 0,28$ мкм, β – излучения интенсивностью до 10 кЭв. На экспериментальной установке с ла-

рис. 1.

Экспериментальная установка содержит реактор (1), входы для растворов воды и воздуха (2), выходные патрубки для очищенной воды (3) и воздуха с озоном (8). Растворы для очистки воды подаются в реактор с электропроводящим основанием (5). Источник высокого напряжения ИВН через резонансный ограничитель (6) обеспечивает подачу напряжения 40 кВ к электродам с малым радиусом кривизны (7). Благодаря ограничителю на электродах формируются импульсы напряжения 0,5-1,0 мкс с наносекундным фронтом.

В разрядном промежутке над поверхностью раствора возникает лавиностримерный разряд. На рис. 2 приведено фото лавиностримерного разряда при атмосферном давлении между проводами малого диаметра, с одной стороны, и поверхностью раствора, с другой. Разряд занимал весь объем над водным раствором, при ширине реактора - 5 см.

виностримерным разрядом были реализованы излучения на уровне предельно допустимых для человека уровней излучения (ПДУ для СВЧ, УФ, рентгеновского излучения). Было обнаружено, наличие в разрядном промежутке синглетного кислорода, а в воде перекиси водорода [4].

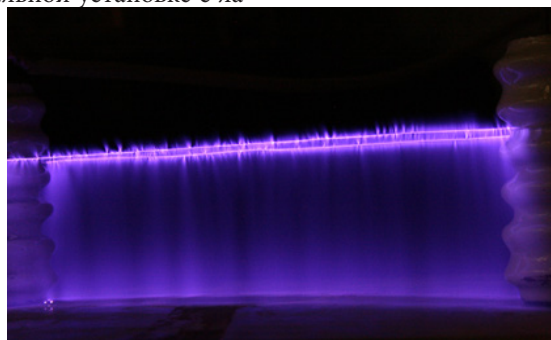


Рис.2 Лавиностримерный разряд над поверхностью воды

Результаты исследований очистки воды лавиностримерным разрядом

Исследовалось влияние разряда на содержащиеся в воде ионы тяжелых металлов. Рис.3 демонстрирует содержание ионов свинца Pb⁺ в воде, выявленное с помощью мультисенсорного анализатора МАП-01 [5]. На диаграмме рис. 3, полученной с помощью используемого прибора, показано изменение ионов свинца до воздействия лавиностримерного разряда и после него. Наличие ионнооб-

менного потенциала, обусловленное наличием концентрации ионов Pb⁺ соответствует следующим пробам воды: 1 - дистиллированной воде, 2 - речной воде при отсутствии воздействия разряда; 3 - при воздействии на речную воду разряда в течение 2 мин., 4 - на речную воду в течение 5 мин.; 5 - соответствует состоянию водопроводной воды без воздействия разряда, 6- водопроводной воде при воздействии разряда в течение 2 мин.; 7 - демонстрирует содержание свинца в техническом отстойнике без воздей-

ствия разряда.

Повышенное содержание ионов свинца в отстойной

воде свидетельствует о высоком содержании ионов в сточных водах для подвальных помещений.

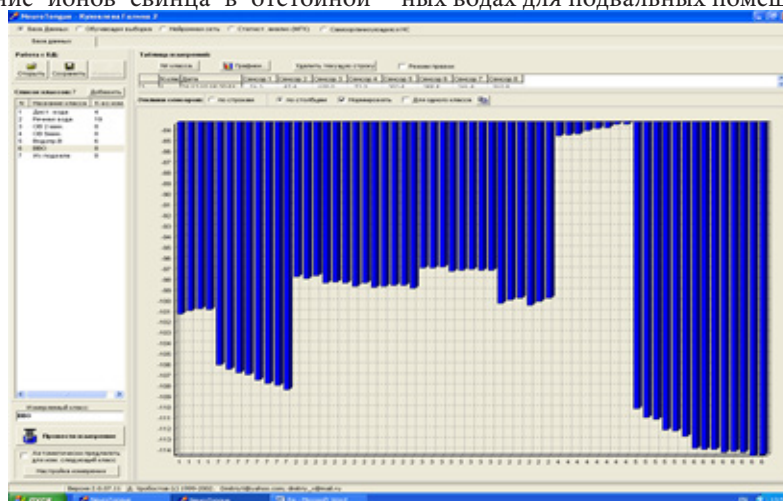


Рис.3 Изменение содержания ионов свинца в воде разной природы и после воздействия лавиностримерного разряда.

В экспериментах установлено, что разряд уменьшает общее количество свободных ионов свинца. Кроме того, изменяется уровень окислительных или восстановительных реакций, фиксируемый по изменению редокс-потенциала (Reduction/Oxidation Eh) с помощью того же МАП-1, свидетельствует о снижении Eh в окислительно-восстановительных реакциях после воздействия разряда и это придает воде восстановительные свойства.

Проводили исследования с солями нерадиоактивного церия. При обработке раствора с солями церия с помощью ЛСР получали выделение церия на металлических электродах в реакторе с раствором. Можно сказать, что при воздействии реализуется электролитический процесс осаждения ионов тяжелого металла.

Для изучения комплексного воздействия лавиностримерного разряда на водные растворы выбрали, содержащие трудноизвлекаемые из воды гели среди которых, были взяты концентрированные растворы перманганата калия (KMnO4) и метилоранжа (C14H14N3O3SNa). Контроль взаимодействия растворов с лавиностримерным разрядом осуществлялся косвенным методом с помощью оптического спектрометра AvaSpec-3648. Этот прибор позволял измерять спектр проходящего через раствор света и определять его интенсивность. Этот прибор позволяет определять изменение Ph раствора в случае использования метилоранжа и интенсивность проходящего света, свидетельствующего об отсутствии коллоидов в растворе.

Исходили из того, что прохождение света без ослабления свидетельствует об отсутствии растворенного вещества в воде. Изменение интенсивности проходящего света через раствор марганцевокислого калия представлен в таблице 1.

После воздействия разряда на раствор KMnO4, образовалась взвесь, которая легко отфильтровывалась, и после фильтрования, оставался прозрачный раствор.

Проведенные в работе исследования были направлены на разработку универсальных технологических газоразрядных процессов для очистки воды от активных ионов тяжелых металлов и от органических трудно выводимых коллоидных включений. В качестве модели органических соединений был выбран метилоранж, который по строению молекул соответствует набору аминокислот характерных для белковых веществ. Очистка воды от C14H14N3O3SNa дает основание говорить о решении вопросов очистки воды загрязненной белковыми соединениями. В экспериментах, также как и в предыдущих случаях, концентрированный раствор метилоранжа подвергался воздействию разряда, и изучалось изменение свойств раствора при разных дозах облучения. Раствор подвергался воздействию разряда в течение 0-5-10-15-20-25 минут. После каждого воздействия разряда на раствор он подвергался анализу по спектру рассеянного излучения и по ослаблению проходящего через раствор света.

Таблица 1.

Интенсивность прохождения светового потока через раствор после воздействия разряда

t, сек	30	60	120	180	240	300	360
I,отн.ед.	950	250	200	170	110	90	75

Спектр позволял фиксировать изменение кислотно-щелочного состава раствора, так как наличие метилоранжа в воде меняет цвет раствора в зависимости от Ph, а просветление раствора за счет появления и осаждения нерастворимого осадка свидетельствует об очистке воды от коллоидных включений.

Проведение экспериментов позволило установить, что при увеличении времени воздействия прозрачность раствора так же увеличивалась и интенсивность проходящего излучения возрастала. Данные по измерению проходящего излучения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Просветление раствора метилоранжа

Время мин.	0	5	10	15	20
Просветление о.е.	52	400	520	1300	1700

Просветление возникало благодаря появлению нерастворимых частиц в растворе. При проведении исследований свойств раствора были определены размеры образующихся частиц гидрозолей. По размерам частиц можно судить о способности осаждения частиц в водной среде и, следовательно, об очистке раствора метилоранжа от красящих компонентов. Нами был выбран метод измерения размеров частиц по рассеянию света в пределах малого угла по направлению падающему излучению [3].

Луч лазера направлялся в ячейку с коллоидным раствором. В результате взаимодействия света с поверхностью частиц электромагнитное излучение света рассеивается с разной интенсивностью при разных углах к падающему лучу. Рассеиваемый свет и фиксировался фотоприемником, который преобразовывал интенсивность рассеянного излучения в измеряемое напряжение на выходе приемника. Интенсивность рассеянного излучения - индикатриса рассеяния подвергалась математической обработке, в результате которой восстанавливается как средний размер частиц a_{32} , так и среднеквадратическое отклонение от среднего размера.

Метод измерения размеров частиц под малыми углами рассеяния света обладал такими преимуществами, как малое время обработки результатов измерения, не требовалось большого количества измерений по отдельным частицам, малое время эксперимента. При этом сокращались общие затраты на проведение измерений и реализовывалась возможность анализа частиц с широким диапазоном распределений рассеивающих частиц по размерам и, при этом, рассеяние не зависело природы и материала частиц [2].

Оказалось возможным регистрировать индикатрису

Результаты измерений размеров частиц водного аэрозоля при распылении при различных временах воздействия на раствор

Время воздействия мин	t= 0	t= 5	t=10	t= 15
a3,2 , мкм	0	0,4	0,6	1,0

Эксперименты показали, что размеры частиц увеличиваются при увеличении продолжительности воздействия разряда на раствор метилоранжа. Установлено, что размеры взвешенных частиц являются ядрами роста размеров частиц при их пребывании в растворе. Через 6 часов гидрозоли полностью осаждались, и раствор становился прозрачным.

Проведенные модельные эксперименты показали, что лавиностримерные разряды над поверхностью очищаемого водного раствора красителя и аминокислот (метилоранжа) позволяют обеспечить прозрачность раствора после воздействия разряда без изменения его кислотности и вывод из раствора образующихся нерастворимых взвесей.

рассеянного света на матовом экране с использованием цифрового фотоаппарата. Индикатриса регистрировалась с кадровой разверткой, соответствующей выбранному углу регистрации. Цифровая обработка интенсивности световой засветки позволяла с большой точностью воспроизводить индикатрису рассеяния при малых углах регистрации.

При обработке индикатрис принималось, что распределение частиц по размерам $f(a)$ соответствует логарифмически-нормальному закону распределения, как наиболее универсальное распределение, позволяющее удовлетворительно описывать практически любую аэрозольную систему. Основные соотношения, связанные с функцией распределения частиц по размерам в этом случае определяются выражением:

$$f(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{h a} a} \exp\left\{ \frac{-[\ln a - (\ln a)_{cp}]^2}{2\sigma_{h a}^2} \right\},$$

где $\sigma_{h a}$ - среднеквадратичное отклонение радиусов и логарифмов радиусов частиц; a_{cp} - средний радиус, $a_{cp}^2 = \exp\{\sigma_{h a}^2 + 2(\ln a)_{cp}\}$; $(\sigma/a_{cp})^2 = \exp$; α - коэффициент, характеризующий степень полидисперсности частиц, нашей гидрозолевой системы, $\alpha = 1 + (\sigma/a_{cp})^2$.

Расчетно-экспериментальным путем показано, что α принимал значения в интервале 1,35÷1.5. Такое значение коэффициента полидисперсности указывает на то, что функция распределения частиц имеет достаточно распределенный вид, то есть диапазон образующихся размеров частиц достаточно большой. Результаты проведенных измерений приведены в таблице 3.

Таблица 3

Выводы и рекомендации

Исследовано влияние лавиностримерных разрядов на водные растворы с присутствием тяжелых металлов, динамически устойчивых гелей, комплексных растворов в воде аминокислотных соединений и красителей.

Показано, что применение лавиностримерных разрядов позволяет более эффективно и с малыми затратами энергии осуществить очистку воды от тяжелых металлов и органических соединений.

Показана применимость разрядных технологий в качестве универсального средства очистки и обеззараживания воды показана эффективность разложения метилоранжа при очистке воды.

Проведенные исследования показывают возможность универсальной очистки воды при использовании лавиностримерного разряда.

Литература

1. Аристова Н.А., Пискарев И.М. Вспышечный коронный электрический разряд как источник химически активных частиц // Прикладная химия плазмы. 2011. Тематический том XI. С. 1-45.
2. Арсамаков З.И., Вакулко А.А., Макальский Л.М., Медведев В.Т. Оптико-электронный метод измерения параметров аэрозольных выбросов аварийных и автономных дизель-генераторных станций // Вестник МЭИ. 2002. №5. С. 95-100.
3. Васильев А.И., Василяк Л.М., Дриго А.Л. Иссле-

дование «Advanced Oxidation Process» на примере раствора метилоранжа в воде // Физическая электроника: Материалы V Всероссийской конференции. Махачкала. ИПЦ ДГУ. 2008. С. 61-64.

4. Макальский Л.М., Цеханович О.М. Очистка воды с применением лавиностримерных разрядов // Чистая вода: опыт реализации инновационных проектов в рамках федеральных целевых программ Минобрнауки России: тезисы докладов Международной конференции, Москва, 16 декабря 2014 г. – Москва: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 2014. – С. 18-20.
5. Способ идентификации жидких и воздушных сред : Пат. 2269124 Рос. Федерация. 2002114076/13; заявл. 30.05.2002; опубл. 27.01.2008.

ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦЫ СВЯЗНОСТИ СЛОЕВ И ДИСКРЕТНОЙ МАКРО-МОДЕЛИ СЕТИ СОЦИАЛЬНЫХ ЗАКЛАДOK

Скрытников Алексей Васильевич

Доктор технических наук, профессор

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Чернышова Елена Владимировна

Воронежский государственный университет инженерных технологий

Поротиков Артём Васильевич

Воронежский государственный университет инженерных технологий

CREATION OF A MATRIX OF CONNECTIVITY OF LAYERS AND DISCRETE MACRO-MODEL OF A NETWORK OF SOCIAL BOOKMARKS

Skrypnikov A. V. Doctor of Technical Sciences, Professor Voronezh State University of Engineering Technology

Chernyshova E.V. Voronezh State University of Engineering Technology

Porotikov A.V. Voronezh State University of Engineering Technology

АННОТАЦИЯ

Рассматривается дискретная модель реализации эпидемии, которая позволит учесть аспект протяженности во времени процесса реализации внедрения закладок к ресурсу злоумышленника. Дискретная модель позволяет исследовать процесс реализации внедрения закладок к ресурсу злоумышленника по эпидемиологическим алгоритмам на любом этапе по обозначенным параметрам сети социальных закладок. Такую модель необходимо рассмотреть как на макро-уровне в рамках всех слоев сети, так и на микро-уровне в рамках некоторого слоя сети. В итоге получим алгоритм, в соответствии с которым можем достигать необходимого уровня риска и защищенности.

ABSTRACT

A discrete model for the implementation of the epidemic, which will take into account the aspect of the time length of the implementation process of introduction of bookmarks to share attacker. A discrete model allows us to investigate the process of implementing the introduction of bookmarking a resource for epidemiological algorithms attacker at any point on the network to social bookmarking parameters indicated. This model should be considered as the macro-level in all layers of the network, and at the micro level within a certain network layer. As a result, we obtain the algorithm in accordance with which we can achieve the required level of security and risk.

Ключевые слова: сети социальных закладок, безмасштабная сеть, ущерб, риск, дискретная модель.

Keywords: networks of social bookmarks, scale-free network, loss, risk, discrete model.

Строим матрицу связности, которая показывает связь i-ого и k-ого слоя. Матрица связности отражает вероятность того, что один слой может быть связан с другим.

Здесь же учитывается характер взаимодействия слоев для безмасштабной сети.

Таблица 1

Матрица послойной внутрисетевой связности сети социальных закладок

$K(k_{min} | k_{min})$	...	$K(k_{min} | k)$	...	$K(k_{min} | k_{max})$
...	. □ □ □ . □ □ □	□ □ . □ . □ . □ □	...

$K(k|k_{min})$	...	$K(k|k)$	...	$K(k|k_{max})$
...	$\begin{matrix} \square & \square & . \\ \square & . & \square \\ . & \square & \square \end{matrix}$	...	$\begin{matrix} . & \square & \square \\ \square & . & \square \\ \square & \square & . \end{matrix}$	...
$K(k_{max}|k_{min})$	...	$K(k_{max}|k)$	...	$K(k_{max}|k_{max})$

На макро-уровне оценим взаимодействия пользователей сети социальных закладок в контексте веерного распространения эпидемии среди слоев безмасштабной сети. Для оценки динамики распространения инфекции применим полиномиальное распределение [1, с. 207].

Определим связность слоев сети социальных закладок в соответствии с матрицей связности слоев (таблица 1). Сумма элементов каждой её строки равна номеру этой строки, т.е.

$$\sum_{j=k_{min}}^{k_{max}} K(k|j) = k.$$

Пусть в сети социальных закладок имеется $M = \{k_{min}, \dots, k_{max}\}$ слоёв, а пользователь, в аккаунт которого изначально внедрена закладка к ресурсу злоумышленника, имеет k связей и возможность взаимодействовать с различными слоями сети согласно $||K||$ - матрице послойной внутрисетевой связности (таблица 1). Тогда вероятность того, что произойдёт контакт инфицированного пользователя k слоя в этих слоях соответственно с k_1, \dots, k_M (согласно полиномиальному закону по соответствующей строке матрицы $||K||$) будет равна

$$P[K(k|k_{min}) \dots K(k|k) \dots K(k|k_{max})] = P\{k_1, \dots, k_M\} = M! / (k_1! \dots k_M! M^k),$$

где $P[K(k|k_{min}) \dots K(k|k) \dots K(k|k_{max})]$ - вероятность того, что произойдёт контакт пользователя, в аккаунт которого внедрена закладка к ресурсу злоумышленника, с другими слоями сети;

M - число слоев сети;

$$k_j = K(j|k) \text{ при } j = k_{min} \dots k_{max} [3, \text{ с.10}].$$

Отсюда представляется возможным определить ожидаемое количество заразившихся в этом j -слое вершин (на первом шаге)

$$Z_j [1] = [p_j k_j],$$

где $y_j [1]$ - количество заразившихся в этом j -слое пользователей сети социальных закладок (на первом шаге);

p_j - вероятность того, что произойдёт контакт пользователя k -слоя, в аккаунт которого внедрена закладка к ресурсу злоумышленника, с пользователями k_1, \dots, k_M ;

k_j - число связей j -слоя сети социальных закладок;

$[p_j k_j]$ - целая часть матожидания числа зараженных (при контакте агентом k -слоя) j -слоя сети социальных закладок [3, с. 6].

Ущерб, который нанес злоумышленник путем внедрения закладки к своему ресурсу через пользователя k -ого слоя i -ому слою можно оценить как снижение общего уровня ценности пользователей i -ого слоя и представить в виде следующего выражения

$$uj[1] = [p_j k_j] \mu_i,$$

где p_i - вероятность того, что произойдёт контакт пользователя k -слоя, содержащего закладку злоумышленника, с пользователями k_1, \dots, k_M слоев сети социальных

закладок;

μ_i - ценность пользователей i -ого слоя, которую они приносят сети за счет публикации закладок на актуальную и интересную другим пользователям информацию;

k_i - число связей i -слоя в сети социальных закладок [5, с. 43].

Далее определим отсюда количество неподверженных воздействию злоумышленника пользователей i -слоя

$$S_i [1] = [(1-p_i) k_i],$$

где p_i - вероятность того, что произойдёт контакт пользователя k -слоя, содержащего закладку злоумышленника, с пользователями k_1, \dots, k_M слоев сети социальных закладок;

k_i - число связей i -слоя в сети социальных закладок [2, с. 237].

В результате мы можем определить ожидаемую пользу от вирусной защиты в i -слое на первом шаге эпидемии

$$v_i [1] = [cNP(i)] \mu_i - [(1-p_i) k_i] \mu_i,$$

где $v_i [1]$ - польза вирусной защиты от реализации внедрения закладок к ресурсу злоумышленника в i -слое сети (на первом шаге);

p_i - вероятность того, что произойдёт контакт пользователя k -слоя, содержащего закладку злоумышленника, с пользователями k_1, \dots, k_M слоев сети социальных закладок;

k_i - число связей i -слоя в сети социальных закладок;

μ_i - ценность пользователей i -ого слоя, которую они приносят сети за счет публикации закладок на актуальную и интересную другим пользователям информацию;

N - общая численность пользователей сети социальных закладок;

c - нормализующий параметр в сети социальных закладок [1, с. 209].

Эписточность представляется возможным определить в виде следующего отношения

$$N_{ki} [1] = ([cNP(i)] \mu_i - [(1-p_i) k_i] \mu_i) / (\sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} [(1-p_i) k_i] \mu_i).$$

Следует далее повторить выше приведенные процедуры для каждого из инфицированных пользователей (с учетом ее принадлежности к слою и его корреляционных связей) и получить результаты для второго шага и т.д. Фактически сформирован фрактал модели (рис. 1) [5, с. 46].

Риск реализации внедрения закладки к ресурсу злоумышленника в сети социальных закладок для фрактала, изображенного на рисунке 1 (на первом шаге эпидемического процесса) можно оценить при помощи следующего выражения

$$R_{isk} [1] = P[K(k|k_{min}) \dots K(k|k) \dots K(k|k_{max})] \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} Z_i [1] \mu_i$$

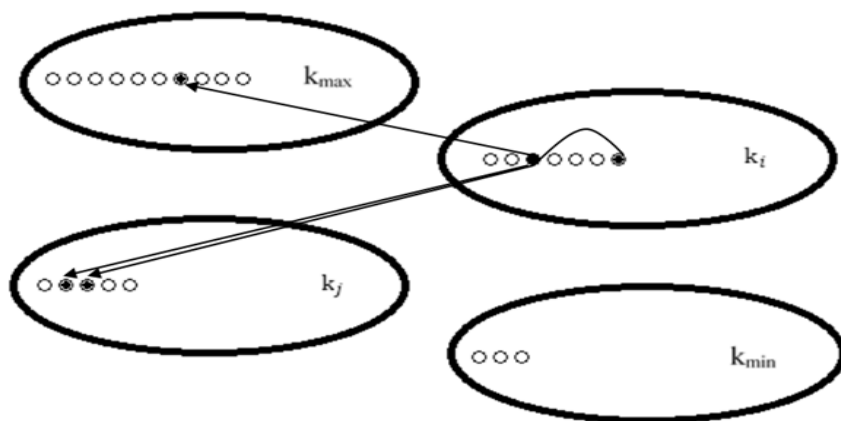


Рисунок 1 – Фрактал послылойной эпидемической дискретной модели сети с учетом связности ее слоев. Звезда послылойного распространения искаженной информации от пользователя i-слоя

Далее эпидемический процесс топологически будет представлять собой парад подобных фракталов, где в качестве центра звезды (рис. 2) выступают пользователи, инфицированные на предыдущем шаге процесса [2, с. 241]. Так, на первом шаге по биномиальному шаблону количество пользователей равно

$$Z_i [1] = \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} [p_i K(i|k)],$$

$$Z_i [1] = [p_i K(i|k)], i=k_{min}...k_{max}.$$

Введем обозначения:

$$P[K(k|k_{min})...K(k|k)...K(k|k_{max})] = P(i|k).$$

Созвездие вторичных заражений образуется здесь на базе множества инфицированных вершин \$Z_i [1]\$, которые и являются центрами этих звезд. Ущерб, возникающие при «расцвете» рассматриваемой звезды, по аналогии, будут суммарно равны

$$U_i [2] = Z_i [1] \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} [P_i K(i|j)] \mu_i,$$

где \$U_i [2]\$ – ущерб от реализации эпидемии в i-слое сети социальных закладок (на протяжении 2-х шагов);

\$Z_i [1]\$ – количество пользователей i-ого слоя сети социальных закладок, аккаунты которых содержат внедренные закладки к ресурсу злоумышленника (на первом шаге);

\$P_i K(i|j)\$ - вероятность того, что произойдет контакт зараженных пользователей i-слоя с другими слоями сети социальных закладок;

\$\mu_i\$ – ценность пользователей i-ого слоя, которую они

приносят сети за счет публикации закладок на актуальную и интересную другим пользователям информацию [4, с. 402].

Соответственно для «парада звёзд» в сумме он составит

$$U\Sigma [2] = U[1] + \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} Z_i [1] \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} [P_i K(i|j)] \mu_i,$$

где \$U\Sigma [2]\$ – суммарный ущерб от реализации эпидемии в сети социальных закладок (на протяжении 2-х шагов);

\$U[1]\$ – ущерб от реализации эпидемии в сети социальных закладок (на первом шаге);

\$Z_i [1]\$ – количество пользователей i-ого слоя сети социальных закладок, аккаунты которых содержат внедренные закладки к ресурсу злоумышленника (на первом шаге);

\$P_i K(i|j)\$ - вероятность того, что произойдет контакт зараженных пользователей i-слоя с другими слоями в сети социальных закладок;

\$\mu_i\$ – ценность пользователей i-ого слоя, которую они приносят сети за счет публикации закладок на актуальную и интересную другим пользователям информацию [4, с. 400].

С учетом вышеизложенного возможно оценить риск реализации внедрения закладки к ресурсу злоумышленника суммой произведений вероятностей соответствующих им ущербов

$$Risk[2] = Risk[1] + \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} P_i U_i [2].$$

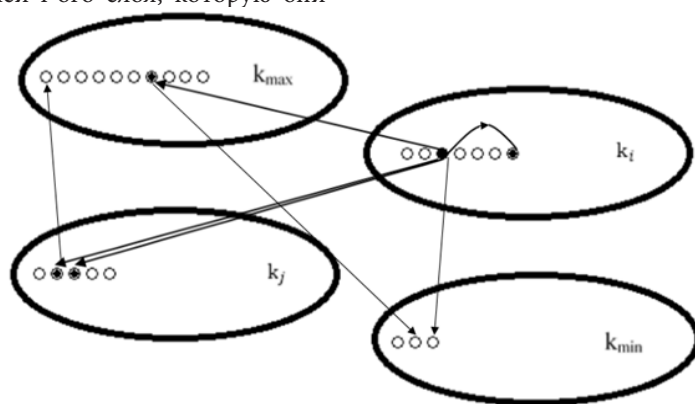


Рисунок 2 – Схематичное изображение эпидемиологического процесса распространения закладки к ресурсу злоумышленника пользователей сети социальных закладок

Соответственно эпистойкость сети социальных закладок на втором этапе реализации внедрения закладки к ре-

сурсу злоумышленника будет равна

$$N[2] = (C - U\Sigma [2]) / (U\Sigma [2]),$$

где $N[2]$ - эпистойкость сети социальных закладок на втором этапе;

C - суммарная ценность всех пользователей сети социальных закладок;

$U\Sigma [2]$ - суммарный ущерб от реализации внедрения закладки к ресурсу злоумышленника в сети социальных закладок (на протяжении 2-х шагов) [4, с. 410].

По аналогии на произвольном шаге $(s+1)$ с учетом расчетов на j -шаге имеем $U\Sigma [s+1] = U\Sigma [s] + \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} Z_i [s] \mu_i$;

$$Risk[s] = \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} P_i U_i [s+1];$$

$$N[s+1] = (C - U\Sigma [s+1]) / (U\Sigma [s+1]),$$

$$где U_i [s+1] = I_i [s] \sum_{i=k_{min}}^{k_{max}} [p_i K(i,j)] \mu_i ;$$

$U\Sigma [s], U\Sigma [s+1]$ - суммарный ущерб от реализации внедрения закладки к ресурсу злоумышленника в социальной

сети социальных закладок (на протяжении $s, s+1$ шагов);

$Risk[s], Risk[s+1]$ - риск нанесения ущерба вследствие реализации внедрения закладки к ресурсу злоумышленника по эпидемиологическому алгоритму;

$Z_i [s]$ - количество пользователей i -ого слоя, аккаунты которых содержат внедренные закладки к ресурсу злоумышленника (на s шаге);

$P_i K(i,j)$ - вероятность того, что произойдет контакт зараженных пользователей i -слоя с другими слоями сети социальных закладок;

μ_i - ценность пользователей i -ого слоя, которую они приносят сети за счет публикации закладок на актуальную и интересную другим пользователям информацию [5, с.44].



Рисунок 3 –Блок-схема алгоритма послойного моделирования эпидемического процесса в сети социальных закладок

Построим алгоритм для численного расчета предлагаемой дискретной модели, который включает специфику слоев сети социальных закладок, но не отражает особенности реализации внедрения закладки к ресурсу злоумышленника, на основе предложенного фрактала (рис. 3).

Разработанная методика оценки риска нанесения ущерба вследствие реализации внедрения закладки к ресурсу злоумышленника по эпидемиологическому алгоритму и эпистойкости сети включает в себя следующие отличительные особенности:

1. Возможность введения нескольких пользователей, реализующих внедрения закладки к ресурсу злоумышленника на первом этапе.

2. Учет ценности пользователей сети социальных закладок в процессе реализации информационной эпидемии;

3. Возможность по ходу моделирования на уровне микрофракталов учесть изменения процесса распространения эпидемии и изменения его вероятностных характеристик заражения пользователей сети социальных закладок.

Список литературы:

1. Bao S. Optimizing web search using social annotations / S. Bao, G. XueWu, 2007. – P. 207-244.
2. Cohen R. Structural properties of scale free networks / R. Cohen, D. Avraham, and S. Havlin // In: Handbook of graphs and networks, 2007. – P. 236-245.
3. Demers A.J. Epidemic Algorithms for Replicated Database Maintenance / A.J. Demers // ACM Symp. Principles of Distributed Computing, ACM Press, 1987. – P. 5-12.
4. Farwell T.M. Exploring the Use of Social Bookmarking Technology in Education: An Analysis of Students. Experiences using a Course-specific Delicious.com Account / T.M. Farwell, R.D. Waters // Journal of Online Learning and Teaching, 2010. – P. 398-408.
5. Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Василенко А.В. Основные угрозы безопасности операционных систем. Евразийский союз ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. Eurasian Union of Scientists. Москва, 2015. – № 3 (12) – с.43-46.

МОДЕЛЬ АТАКИ ПІДРОБКИ ПІДПISУ NTRUSIGN З ПОСИЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Олексій Володимирович Шевцов
асистент кафедри БІТ

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

CREATION OF A MATRIX OF CONNECTIVITY OF LAYERS AND DISCRETE MACRO-MODEL OF A NETWORK OF SOCIAL BOOKMARKS

Shevtsov O. V. assistant of the department of Information Technology Security Kharkiv National University of Radioelectronics,

АНОТАЦІЯ

Запропоновано модель атаки підробки підпису NTRUSign за допомогою анулюючих поліномів з посиленними параметрами. Аналізується ефективність підробки на NTRUSign на практичних обчисленнях. Обґрунтовуються експериментальні оцінки захищеності посиленних параметрів підпису NTRUSign від вказанного типу загрози.

ABSTRACT

The model of forgery attack using annihilating polynomials against NTRUSign with strengthened parameters is proposed. The effectiveness of counterfeiting of NTRUSign is analyzed. Experimental evaluation of security of enhanced NTRUSign baseline parameters with relevance to this type of threat is discussed.

Ключові слова: фактор-кільця зрізаних поліномів, електронний цифровий підпис (ЕЦП), алгебраїчні решітки
Keywords: polynomial factor rings, electronical digital signature, algebraic lattice.

Постановка проблеми в загальному вигляді та аналіз публікацій. Застосування цифрових підписів на решітках дозволить будувати криптопротитиви стійкі до квантового криптоаналізу. Отримані в останні роки результати суттєво підвищують складність підписів, та швидкодія може бути покращена на основі використання перетворень в кільцях зрізаних поліномів. Як практично так і теоретично вказані завдання реалізовані тільки щодо направлено шифрування. Побудова підпису на основі використання перетворень в фактор-кільцях поліномів остається актуальною задачею.

Всі попередні версії підписів NTRU виявилися вразливими до атак, коли атакуючий може нав'язати підроблене повідомлення [1 - 3]. Підпис в фактор-кільцях поліномів - NTRUSign є доказово стійкий від повного розкриття за умови, що криптоаналітик перехопив тільки одну пару підпис-повідомлення [4]. Також NTRUSign в поточній версії потребує більшого обґрунтування захищеності від підробки. Відповідно до цього доцільним є пошук способів забезпечення стійкості підписів в кільцях зрізаних поліномів (далі КЗП).

Метою статті є розробка моделі атаки підробки підпису NTRUSign, аналіз стійкості NTRUSign від атак підробки, визначення можливості підробки підпису типу malleability (гнучкості) у поєднанні із технікою пертурбації. В першому розділі розглянуто математичну модель підпису в фактор-кільцях зрізаних поліномів NTRUSign. В другому розділі обґрунтовується модель атаки підробки підпису NTRUSign за допомогою анулюючих поліномів з посиленними параметрами, експериментальні результати щодо підробки підписів.

Визначення підпису в фактор-кільцях зрізаних поліномів NTRUSign

NTRUSign був винайдений 2001÷2003 роки групою дослідників Jeffrey Hoffstein, Jill Pipher, та Joseph H. Silverman, N.Howgrave-Graham та W.Whyte [2]. В алгоритмі NTRUSign базові операції відбуваються в фактор-кільці зрізаних поліномів

$$K = Z[X] / (X^N - 1), \text{ де полі-}$$

ном $a(x) \subset K$, може бути представлений вектором його коефіцієнтів наступним чином:

$$a = \sum_{i=0}^{N-1} a_i x^i = (a_0, a_1, \dots, a_{N-1}).$$

Визначення 1. Алгебраїчна решітка - дискретна адитивна підгрупа, задана на множині R^N . Решітку L можна представити як множину цілочисельних лінійних комбінацій

$$L(b_1, \dots, b_N) = \sum_{i=1}^N x_i b_i : x_1, \dots, x_N \in Z$$

де N - лінійно незалежних базисних векторів $(\bar{b}_1, \dots, \bar{b}_N) \subset R^N$ в N - вимірному просторі, R - множина дійсних чисел.

Ненульовий вектор решітки мінімальної довжини називається її найкоротшим вектором.

Визначення 2. Під найкоротшим вектором решітки L будемо розуміти вектор, довжина якого для решітки розмірністю N буде i -ий послідовний мінімум $\lambda_i(L)$ - найменший радіус кулі, яка містить i лінійно незалежних векторів

$$\lambda_i(L) = r, r \in R : \exists v_i \in L, \max_i \|v_i\| \leq r, \text{ де } v_i$$

- це лінійно незалежні вектори.

Безпека підпису NTRU заснована на важкості вирішення задачі знаходження найкоротших чи найближчих векторів (відповідно SVP, CVP) в спеціальних NTRU решітках. Іншими словами нехай U - це базис решітки L. Задача знаходження найкоротшого вектора (задача SVP) полягає в тому, щоб знайти такий вектор $u \in L, u \neq 0$, що $\forall v \in L, \|u\| \leq \|v\|$.

Зауваження 1. На скільки короткою може бути довжина ненульового вектору в довільній решітці залежить від таких властивостей, як розмірність решітки та її детермінант. Так N -розмірна решітка L має експоненційно багато векторів з нормою

$$d = \sqrt{N} \det(L)^{1/N}$$

Задача CVP (знаходження найближчого вектора) полягає в знаходженні вектора $v \in L$, який є найближчим до вектора $w \in R^N$, де $w \in R^N$ та w не знаходиться в L . Треба знайти такий вектор $v \in L$, який мінімізував би Евклідову норму $\|w - v\|$. Вираз $\|w - v\|$ визначає найменшу відстань між векторами w та v , яка обчислюється як евклідова норма вектора $\| \cdot \|$. Зокрема, Евклідова норма вектора визначає його довжину та обчислюється за формулою:

$$\|a\| = \sqrt{(a_0)^2 + (a_1)^2 + \dots + (a_{N-1})^2}$$

Далі будемо застосовувати поняття базису мінімальної довжини.

Визначення 3. Базис мінімальної довжини - це базис U решітки L , який складається із найкоротших векторів $u_i \in L$, тобто $U = (u_0, u_1, \dots, u_{N-1})$ і $\forall v \in L, \forall u_i \in U : \|u_i\| \leq \|v\|$.

Для зручності оцінки довжини векторів будемо розрізняти великі вектори $a = (a_0, a_1, \dots, a_{N-1})$, коли їх довжина набагато більша за довжину найкоротшого вектора решітки $\forall u_i \in U : \|u_i\| \ll \|a\|$.

Аналогічно будемо використовувати поняття коротких векторів $a = (a_0, a_1, \dots, a_{N-1})$, коли їх норма приблизно дорівнює $\|a\| \approx \sqrt{(N-1)/12}$ [4].

$$a = \sum_{i=0}^{N-1} a_i x_i$$

Надалі під довжиною полінома будемо розуміти довжину відповідного вектора $a = (a_0, a_1, \dots, a_{N-1})$, тобто під коротким (великим) поліномом будемо розуміти відповідний короткий (великий) вектор у введених вище позначеннях.

Базис, складений із великих векторів, будемо називати великим базисом.

Визначення 4 [4]. Секретний ключ NTRUSign визначається кортежем поліномів (f, g, F, G) , де g, f - це поліноми з коефіцієнтами, вибраними з діапазону $\{-1, 0, 1\}$, f має інверсію в $(Z/qZ)[X]/(X^N - 1)$, q - ціле число та степінь двійки, F, G - короткі поліноми з нормою приблизно $\|F\| = \sqrt{(N-1)/12}$ та $fG - Fg = q$.

Матричне подання називають секретним базисом решітки, який є базисом мінімальної довжини.

Визначення 5 [4]. Відкритий ключ NTRUSign визначається поліномом $h = f^{-1} \cdot g$ з коефіцієнтами з діапазону

Зауваження 2. Поліном h , що формує відкритий базис решітки:

$$\begin{pmatrix} e & h \\ 0 & q \end{pmatrix}$$

де e - одинична матриця.

Підпис можна представити в двох визначеннях.

Визначення 6[4]. Нехай $m = (m_1, m_2)$ - геш значення повідомлення (далі просто повідомлення) та $m = m_1 \| m_2$ - дві рівні половини полінома m . Підпис визначається вектором $(s, t) \in L$, котрий знаходиться близько до повідомлення. Підпис обчислюється за правилом:

$$s \equiv f \cdot B + F \cdot b \pmod{q},$$

$$t \equiv g \cdot B + G \cdot b \pmod{q}, \quad (1)$$

де B та b обчислюють із співвідношень

$$G \cdot m_1 - F \cdot m_2 = A + q \cdot B$$

$$g \cdot m_1 - f \cdot m_2 = a + q \cdot b \quad (2)$$

Поліноми a, A мають коефіцієнти із діапазону $[-1/2, 1/2]$ та $b, B \in Z[X]/(X^N - 1)$.

Наведені формули (1), (2) вирішують задачу знаходження найближчого вектора за допомогою секретного ключа. Можна обчислити t за іншим способом $t = s \cdot h \pmod{q}$, в такому випадку не треба застосовувати при підписанні g [1].

Для зручності рівняння (1), (2) можна подати в матричному вигляді.

Визначення 7 [4]. Підпис це вектор $(s, t) \in L$ який задовольняє рівнянню:

$$(s, t) = (B, b) \begin{pmatrix} f & g \\ F & G \end{pmatrix} =$$

$$\left[(m_1, m_2) \begin{pmatrix} G/q & -g/q \\ -F/q & f/q \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} f & g \\ F & G \end{pmatrix} =$$

$$\left[(m_1, m_2) \begin{pmatrix} f & g \\ F & G \end{pmatrix}^{-1} \right] \begin{pmatrix} f & g \\ F & G \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де квадратні дужки є операцією округлення коефіцієнтів полінома до найближчого цілого. Вектор (s, t) у формулі (3) це вираз вектору (m_1, m_2) , в секретному базисі решітки із округленням, причому власне значення

(m_1, m_2) , подано в ортонормованому базисі.

Зауваження 2.

1. Дійсний підпис демонструє, що підписувач знає точку решітки (s, t) в межах так званої нормальної границі (*NormBound*) від вектора повідомлення m [5]. При перевірці підпису - обчислюється відстань від (s, t) до (m_1, m_2) , як норма різниці між цими векторами. Відстань повинна бути не більше ніж заздалегідь обрахована перевірочна відстань *NormBound* :

$$\|s - m_1\|^2 + \|t - m_2\|^2 \leq NormBound^2.$$

2. Відстань має бути малою так як при реалізації підпису використовуються короткі поліноми. Якщо відстань від (s, t) до (m_1, m_2) більше ніж *NormBound*, то підпис недійсний, тобто при його виробленні використовувалися поліноми з коефіцієнтами більшими ніж у секретного ключа.

3. Дійсний підпис демонструє вирішення задачі знаходження найближчого вектора $(s, t) \in L$ до заданого вектора $(m_1, m_2) \in R$. Величина нормальної границі *NormBound* обраховується заздалегідь за допомогою знаходження математичного сподівання норм векторів, що приймають участь в рівнянні (1). Так згідно з підрахунками в роботі [5]

$$NormBound = \frac{c^2 N^2}{6} + \frac{c^2 N^3}{72},$$

де $c = \sqrt{(2\pi e / q\lambda)(\lambda^2 \|f\|^2 + \|2g\|^2)}$, при $\lambda = 1$.

4. NTRUSign не є підписом із нульовими знаннями. Рівень витoku інформації можна значно зменшити використовуючи пертурбацію. Пертурбація - це алгоритм, що посилює захист підпису і полягає в тому, що одне повідомлення підписують декількома секретними ключами.

5. Для пертурбації генерується певна визначена кількість різних секретних ключів та відповідних ним відкритих ключів. Підписуюча сторона генерує решітки L_1, \dots, L_b . У випадку підпису без пертурбації генерується

лише одна решітка L_0 . Ці решітки генеруються з такими ж параметрами N та q , як і решітка особистого та відкритого ключа L_0 , але вони незалежні між собою та L_0 .

Кожній L_i належать унікальні F_i, G_i, f_i, g_i, h_i . Також кількість наборів секретних ключів, які використовувалися при підписанні із пертурбацією називається кількістю пертурбацій.

6. Нехай повідомлення це $(0, m)$, тоді підписання із пертурбацією відбувається за допомогою нищевикладеного

алгоритму:

Алгоритм 1.

Input: на вхід подається $(0, m)$, та набори ключів кількістю $b + 1$:

$$\{F_0, \dots, F_b\}, \{G_0, \dots, G_b\}, \{f_0, \dots, f_b\}, \\ \{g_0, \dots, g_b\}, \{h_0, \dots, h_b\}.$$

Result: результат роботи алгоритму - підпис s .

Встановити $i = b$;

while: $i > 0$ do

$$(x, y) = \left(\frac{-m_i \cdot g_i}{q}, \frac{m_i \cdot f_i}{q} \right).$$

встановити:

$$s_i = x \cdot f_i + y \cdot g_i$$

$$m_i = t_i - (s_i \cdot h_{i-1}) \text{ mod } q.$$

$$s = s + s_i.$$

встановити:

$$i = i - 1$$

if $i = 0$ then

зупинка алгоритму, та вивести підпис s ;

end if

end while

Розглянемо приклад підпису.

Приклад 1. Нехай $q = 32, N = 2, h = (0, -20)$.

Визначемо базис на якому достовірне підписування.

Спочатку побудуємо решітку за допомогою базису мінімальної довжини:

$$f = (0, 3), \quad g = (0, 4), \quad F = (0, -5), \quad G = (0, 4).$$

Знайдемо точку (s, t) , близьку до повідомлення $m = (0, 0, 0, 17)$. Визначемо $m_1 = (0, 0)$, $m_2 = (0, 17)$.

Відкритий базис буде сформований як циклічний зсув числа q та поліномів e, h в матриці з розмірністю $2N$:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & -20 \\ 1 & 0 & -20 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 32 \\ 0 & 0 & 32 & 0 \end{pmatrix}.$$

Для даного секретного ключа нормальну границю *NormBound* можна розрахувати по наступному співвідношенню [6]

$$\|s - m_1, t - m_2\|^2 =$$

$$\|(s_1 f + s_2 F, s_1 g + s_2 G)\|^2$$

$$\|(s_1 f + s_2 F, s_1 g + s_2 G)\| =$$

$$= \sqrt{0,3 \cdot (9) + 0,3 \cdot (16) + 0,3 \cdot (25) + 0,3 \cdot 4} \approx 4,$$

де ζ_1, ζ_2 - поліноми, які мають коефіцієнти в діапазоні $(-1/2, 1/2)$, із нормою $\|\zeta_1\| = \|\zeta_2\| = \sqrt{N/12} \approx 0,3$, при $N = 2$.

Підпишемо повідомлення на секретному ключі за формулою (3). Матриця секретного ключа формується циклічним зсувом поліномів даного ключа

$$\begin{pmatrix} f & g \\ F & G \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 3 & 0 & 4 \\ 3 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & -5 & 0 & 4 \\ -5 & 0 & 4 & 0 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} 0 & 4/32 & 0 & -4/32 \\ 4/32 & 0 & -4/32 & 0 \\ 0 & 5/32 & 0 & 3/32 \\ 5/32 & 0 & 3/32 & 0 \end{pmatrix}$$

Звідки

$$\begin{aligned} (m_1, m_2) \begin{pmatrix} f & g \\ F & G \end{pmatrix}^{-1} &= (0, 0, 0, 17) \cdot \begin{pmatrix} 0 & 4/32 & 0 & -4/32 \\ 4/32 & 0 & -4/32 & 0 \\ 0 & 5/32 & 0 & 3/32 \\ 5/32 & 0 & 3/32 & 0 \end{pmatrix} = \\ &= \left(\frac{85}{32}, 0, \frac{51}{32}, 0 \right) \approx (3, 0, 2, 0). \end{aligned}$$

Отримаємо підпис

$$\begin{aligned} (s, t) &= (3, 0, 2, 0) \begin{pmatrix} 0 & 3 & 0 & 4 \\ 3 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & -5 & 0 & 4 \\ -5 & 0 & 4 & 0 \end{pmatrix} = \\ &= (0, -1, 0, 20), \end{aligned}$$

Переконаємося, що (s, t) належить решітці: $s \cdot h = (0, -1) \cdot (0, -20) \equiv (0, 20) \pmod{32} = t$.

Операції множення векторів означають множення поліномів. Для перевірки підпису, знайдемо відстань між підписом і повідомленням: $\|(0-0) + (0-(-1)) + (0-0) + (17-20)\| =$

$$= \sqrt{10} \approx 3. \quad \text{Таким чином: } 3 < NormBound = 4$$

Великий базис не підходить для знаходження найближчого вектора. Спробуємо показати це, для цього підпишемо повідомлення та зробимо перевірку за допомогою відкритого базису.

Маємо:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} e & h \\ 0 & q \end{pmatrix}^{-1} &= \begin{pmatrix} q/q & -h/q \\ 0 & e/q \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 20/32 \\ 1 & 0 & 20/32 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/32 \\ 0 & 0 & 1/32 & 0 \end{pmatrix}, \end{aligned}$$

Отримаємо

$$\begin{aligned} (m_1, m_2) \begin{pmatrix} e & h \\ 0 & q \end{pmatrix}^{-1} &= \\ &= (0, 0, 0, 17) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 20/32 \\ 1 & 0 & 20/32 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/32 \\ 0 & 0 & 1/32 & 0 \end{pmatrix} = \\ &= (0, 0, 17/32, 0) \approx (0, 0, 1, 0) \\ \text{та } (s', t') &= \\ &= (0, 0, 1, 0) \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & -20 \\ 1 & 0 & -20 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 32 \\ 0 & 0 & 32 & 0 \end{pmatrix} = \\ &= (0, 0, 0, 32). \end{aligned}$$

Підпис має вигляд $(s', t') = (0, 0, 0, 32)$ і відстань між підписом і повідомленням більше, ніж в попередньому випадку:

$$\begin{aligned} \|m - s', m - t'\| &= \\ &= \sqrt{(0)^2 + (0)^2 + (0)^2 + (17-32)^2} = 15 \end{aligned}$$

Таким чином підпис не пройшов перевірку $15 > NormBound = 4$.

В першому прикладі відстань між підписом і повідомленням буде найменшою, це означає що підпис в першому прикладі підписаний на секретному ключі, і таким чином перший підпис пройшов перевірку.

Модель атаки підробки підпису NTRUSign за допомогою анулюючих поліномів з посиленними параметрами

NTRUSign не завжди може знайти застосування на практиці, наприклад в системах електронних платежів, тому що цей підпис може мати слабкість такого роду - існування декількох підписів для одного повідомлення [1]. Автори роботи називають цю особливість malleability (англ. гнучкість).

Ця особливість пов'язана із явищем анулюючих поліномів.

Визначення 8. Поліном а називається анулюючим, якщо в нього однакові коефіцієнти та, відповідно, центрована

$$\|\widehat{\alpha(x)}\| = 0$$

норма анулюючого полінома $R = Zq[X] / (X^N - 1)$

Властивості 1[1]. В кільці R існує q анулюючих поліномів. Для випадкового $r \in R$ анулюючого $\alpha \in Z$:

$$1) \text{ різниця } \|\widehat{r + \alpha}\| - \|\widehat{r}\| \text{ близька до } 0;$$

$$2) \text{ добуток } \|\widehat{r \cdot \alpha}\| = 0.$$

Визначення 9[1]. Центрована норма полінома $s(x) = x^0 c_0 + \dots + x^m c_m$ знаходиться за формулою

$$\|\widehat{s(x)}\|^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (c_i - \mu_c)^2 \approx \sum_{i=0}^{N-1} c_i^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=0}^{N-1} c_i \right)^2$$

де μ_c є середнє арифметичне від коефіцієнтів полінома $s(x) = x^0 c_0 + \dots + x^{N-1} c_{N-1}$.

Зауваження 3. Центрована норма близька за змістом до стандартного відхилення σ та може бути представ-

лена у вигляді $\|\widehat{s(x)}\| = \sqrt{N\sigma(s)}$. Для полінома з однаковими коефіцієнтами центрована норма дорівнює

$$\|\widehat{\alpha(x)}\|^2 = 0$$

Розглянуті властивості дозволяють побудувати наступну атаку підробки. Основні кроки:

1) криптоаналітик перехоплює дійсний підпис (s,t) та на основі нього виробляє підробку s':

$$s + \alpha = s' \text{ mod } (q)$$

, де α це анулюючий поліном;

2) друга половина підпису буде $t' = s' \cdot h \text{ (mod } q) = s \cdot h + \alpha \cdot h \text{ (mod } q)$;

3) підроблений підпис пройде перевірку у випадку, якщо:

$$\|\widehat{t'}\| = \|\widehat{s \cdot h + \alpha \cdot h}\| = \|\widehat{s \cdot h}\| = \|\widehat{t}\|$$

Норма підробленого підписа дорівнює нормі дійсного підписа:

$$\|\widehat{s' - m_1}\|^2 + \|\widehat{t' - m_2}\|^2 =$$

$$\|\widehat{s - m_1}\|^2 + \|\widehat{t - m_2}\|^2 \leq NormBound^2.$$

Зауваження 4. Не всі анулюючі поліноми задовольня-

ють рівності $\|\widehat{r + \alpha}\| - \|\widehat{r}\| = 0$. Поліноми, у яких велика ступінь розкиду (відхилення) значень коефіцієнтів від середнього значення коефіцієнтів, мають більшу центровану норму ніж поліноми, що мають невеликий розкид.

Розкид коефіцієнтів - це величина різниці між найменшим та найбільшим коефіцієнтом поліному. Коли значення коефіцієнтів α стають близькими до $q/2$, тоді справедлива нерівність

$$\|\widehat{r + \alpha}\| - \|\widehat{r}\| > 0.$$

Поліном виду $(r + \alpha) \text{ mod } (q)$ буде мати більший розкид коефіцієнтів ніж просто r .

Далі наведемо декілька прикладів, щоб показати при якому анулюючому поліномі підробка виконується і при якому анулюючому поліномі підробка не виконується.

Приклад 2. В данному прикладі моделюється атака методом анулюючих поліномів із параметрами взятими із приклада підписа 1. Тут операція множення - це множення поліномів.

Нехай $q = 32$, $N = 2$, $h = (0, -20)$, анулюючий поліном $a = (10, 10)$, поліном $s = (0, -1)$, середнє арифметичне полінома дорівнює 0, $t = (0, 20)$, $s + \alpha = (10, 9)$, середнє арифметичне полінома $(s + \alpha)$ дорівнює 9. Обчислимо наступні норми:

$$\|\widehat{s}\|^2 = (0 - 0)^2 + (-1 - 0)^2 = 1;$$

$$\|\widehat{s + \alpha}\|^2 = (10 - 9)^2 + (9 - 9)^2 = 1;$$

$$t' = s' \cdot h = (10, 9) \cdot (0, -20) = (-8, 12) \text{ mod } 32;$$

Перевіримо чи пройде перевірку підроблений підпис (s', t') , тобто чи виконується нерівність:

$$\|\widehat{m_1 - s'}\|^2 + \|\widehat{m_2 - t'}\|^2 < Normbound^2.$$

$$(m_1 - s') = (0 - 10, 0 - 9); \|\widehat{m_1 - s'}\|^2 = (-10 + 9)^2 + (-9 + 9)^2 = 1,$$

$$(m_2 - t') = (0 + 8, 17 - 12); \|\widehat{m_2 - t'}\|^2 = (8 - 6)^2 + (5 - 6)^2 = 5,$$

$$\|\widehat{m_1 - s'}\| + \|\widehat{m_2 - t'}\| = \sqrt{6} < Normbound = 8, 12.$$

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО ЗЕРНОВОГО НАПИТКА

Элеманова Римма Шукуровна

кандидат технических наук, доцент,

Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова

Мусульманова Мукарама Мухамедовна

доктор технических наук, профессор

Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова

TO THE QUESTION OF INCREASE OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE FERMENTED GRAIN DRINK

Elemanova R. Sh. candidate of technical sciences, associate professor, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov

Musulmanova M. M. doctor of engineering, professor, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена возможность использования молочной сыворотки при производстве ферментированных зерновых напитков типа бозо. Оптимизация рецептуры напитка производилась путем варьирования состава варочной среды и заквасочной микрофлоры. Разработана технологическая линия выработки напитков «Бозодой» с установлением оптимальных параметров каждой технологической операции. Определены показатели качества предлагаемых напитков: органолептические, микробиологические, физико-химические и показатели безопасности.

ABSTRACT

In this article the possibility of use of whey is considered by production of the fermented grain drinks same boza. Optimization of a compounding of drink was made by a variation of structure of the cooking environment and fermenting microflora. The technological line of development of Bozodoy drinks with establishment of optimum parameters of each technological operation is developed. Indicators of quality of the offered drinks are defined: organoleptic, microbiological, physical and chemical and indicators of safety.

Ключевые слова: ферментированные напитки, бозо, злаковые культуры, угут, сыворотка молочная, дрожжи, лактобактерии, закваска комбинированная.

Keywords: fermented beverages, Bozo, cereals, ugut, whey, yeasts, lactic acid bacteria, combined sourdough.

Постановка проблемы. Одними из серьезных факторов ухудшения здоровья нации, низкой продолжительности жизни и увеличения рождаемости больных детей являются недостаток продовольствия и несбалансированность пищевого рациона, которые ведут к росту числа заболеваний эндокринной системы, желудочно-кишечного тракта, нарушению обмена веществ, снижению иммунитета, появлению новообразований и врожденных аномалий и т.д. В виду экономической нестабильности, наблюдающейся в Кыргызской Республике, эта проблема приобретает актуальный характер. В связи с чем возникает необходимость разработки и внедрение в производство так называемых функциональных продуктов питания, обладающих высокой пищевой, биологической ценностью и защитными свойствами.

Анализ последних исследований и публикаций. История напитков брожения из злаковых культур неразрывно связана с историей народов. Известно большое количество разных напитков, которые отличаются по способу приготовления, по исходному сырью, химическому составу, вкусовым свойствам. Производство напитков, главным образом, ориентируется на климатические условия региона, где успешно культивируются те или иные виды злаковых культур, поэтому они служили предметом торговли и тем самым способствовали развитию экономики целых стран и регионов. Издавна разные народы употребляли напитки, приготовленные на основе местного пищевого сырья, в соответствии с национальными обычаями и традициями. Буза – напиток, приготовленный из проса, пшена, пшенной муки (в Крыму) [1], из крупномолотой рисовой муки (Туркестанская буза, на юге Казахстана), из печеного хлеба с ячменным солодом (у кавказских горцев)

[2]. Буза – экологически чистый напиток намного лучше чая утоляет жажду и очень полезен: постепенно очищает организм человека, в частности, его почки, не допуская отложения в них солей, а попросту – образования камней [3]. Туркестанская буза – густой сладкий напиток цвета топленого молока, подается на десерт и является знаком особого уважения к гостям [4]. Традиционным и распространённым напитком у кыргызов является бозо, получаемый из зерновых путем брожения. Значение этого продукта в питании человека, прежде всего, связано с его пищевой и биологической ценностью, обусловленной присутствием нерастворимых пищевых волокон, комплекса витаминов.

В биотехнологии основополагающая роль принадлежит стартовым культурам, специально вносимым в исходное сырьё. Микроорганизмы, в частности лактобактерии, широко применяемые в производстве продуктов питания, во многом обуславливают протекание процесса брожения в требуемом направлении. Возникновение незапланированных изменений в ходе брожения приводит к определённым трудностям при производстве продуктов с требуемыми показателями качества и безопасности. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на стабилизацию развития стартовых культур в сырьё различного состава.

В производстве алкогольных и слабоалкогольных напитков в качестве возбудителя брожения в основном используются различные виды дрожжей, отличающиеся морфологическими признаками, технологическими свойствами, условиями жизнедеятельности [5, с.267-270, 6, с.127-130, 7, с.465-476].

Выделение нерешённых ранее частей общей проблемы. Повысить функциональные свойства бозо можно путем

введения в его состав молочной сыворотки, которая позволит обогатить напиток азотистыми веществами, аминокислотами, в том числе незаменимыми, витаминами, минеральными компонентами [8, с.278-284, 9, с.41-42]. Кроме того, применение молочной сыворотки в производстве напитков брожения позволит решить ряд технологических проблем, ускорить процесс получения таких напитков. Следует также отметить природоохранную направленность полной переработки молочной сыворотки. Известно, что объемы молочной сыворотки (МС) достигают 80 % от объема молока, перерабатываемого в молочной промышленности на творог, сыр и казеин. МС, содержащая около половины массы веществ безводной части молока, относится к категории ценных вторичных сырьевых ресурсов молочной промышленности, который пока не используется рационально. Использованию МС в натуральном виде на пищевые цели препятствуют ее неудовлетворительные органолептические показатели. Эта проблема, а также вопросы, связанные с оптимизацией состава, пищевой и биологической ценности, переработкой и использованием сыворотки, занимают важное место в работах исследователей всех развитых стран мира, и с каждым годом внимание к этой проблеме возрастает.

На промышленном уровне для производства напитка бозо в качестве закваски используют только пекарские дрожжи. При использовании культур лактобактерий совместно с дрожжами для сбраживания сывороточно-зернового сула интенсифицируется процесс брожения, кроме того, целевой продукт будет обладать пробиотическими свойствами.

Цель статьи. Целью работы является отработка технологических параметров производства напитка типа бозо, названного «Бозодой», обладающего повышенной функциональностью и соответствующими органолептическими показателями.

По оптимизированному варианту разработана технологическая схема производства напитков «Бозодой»,

включающая следующие операции: приемка и подготовка сырья → перемешивание компонентов → варка затора 45-50 мин на молочной сыворотке → охлаждение до 50 оС → перемешивание с угутом (пшеничным или ячменным солодом) → охлаждение сула до 25-30 оС → внесение закваски (лактобактерии:дрожжи) → брожение при t=25-30 оС, продолжительность 10-12 ч → фильтрование → охлаждение фильтрата до 6 оС → фасование → хранение.

Технологическая схема получения напитка-аналога, принятая в качестве контроля: приемка и подготовка сырья → перемешивание компонентов → варка затора 40-60 мин на воде → охлаждение 55-65 оС → перемешивание с угутом (пшеничным или ячменным солодом) → охлаждение сула до 25-30 оС → внесение закваски (остаток от предыдущей варки) → брожение при t=25-30 оС, продолжительность 12-14 ч → фильтрование → охлаждение фильтрата до 6 оС → фасование → хранение [10, с.54-56].

Новизна предлагаемого варианта, защищенного патентом Кыргызской Республики [11], заключается в следующем: вода при варке затора заменяется на молочную сыворотку, придающую целевому напитку полифункциональные свойства, обусловленные компонентами этого белково-углеводного сырья; для интенсификации технологического процесса выработки при заквашивании предлагается комбинированная закваска, в состав которой входят чистые культуры дрожжей и лактобактерий [12, с.179-181].

Качество пищевых продуктов подразумевает широкую совокупность свойств, характеризующих пищевую и биологическую ценность, органолептические, функционально-технологические, санитарно-гигиенические и прочие показатели готовой продукции. Напиток «Бозодой» оценивали по комплексу органолептических, микробиологических и физико-химических показателей, а также показателей безопасности.

В табл. 1 представлены результаты сенсорной оценки качества напитков «Бозодой».

Таблица 1

Органолептические показатели напитков «Бозодой»

Наименование показателя	Характеристика продукта			
	на основе подсырной сыворотки		на основе творожной сыворотки	
	неосветлённой	осветлённой	неосветлённой	осветлённой
Внешний вид и консистенция	Пенящаяся непрозрачная жидкость с консистенцией густых сливок и пузырьками газа			
Цвет	Светло-бежевый			
Запах	Приятный, специфический, кисломолочный			
Вкус	Освежающий, сладковатый с ощутимой кислотностью, остается приятное послевкусие кисломолочных продуктов			

Табличные данные свидетельствуют о том, что предлагаемые напитки имеют привлекательные для потребителя органолептические показатели.

Результаты микробиологических показателей и пока-

зателей безопасности, определенных в Лаборатории испытаний пищевой и сельскохозяйственной продукции Национального института стандартов и метрологии (Кыргызстандарт), представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Микробиологические показатели напитков «Бозодой»

Наименование	Масса продукта (г), в которой не допускаются					
	БГПК (колиформы)		S.aureus		Патогенные, в т.ч. сальмонеллы	
	НД*	факт.	НД	факт.	НД	факт.
Опытный образец	0,1	Не обн.	1,0	Не обн.	25	Не обн.

*НД – нормативные данные СанПиН 2.3.2.1078-01

Из табл. 2 видно, что напитки «Бозодой» являются безопасными в микробиологическом отношении.

Таблица 3

Показатели безопасности напитков «Бозодой»

Наименование	Содержание токсичных элементов, мг/дм ³							
	свинец		кадмий		ртуть		мышьяк	
	НД	факт.	НД	факт.	НД	факт.	НД	факт.
Опытный образец	0,1	менее 0,004	0,03	менее 0,001	0,005	менее 0,004	0,05	менее 0,05

*НД – нормативные данные СанПиН 2.3.2.1078-01

Содержание токсичных элементов в новых напитках не превышает допустимых значений (табл. 3), свидетельствуя о их безопасности.

Энергетическая ценность напитков определена расчетным путем как сумма произведений количества пищевых

веществ (белки, жиры, углеводы) в 100 г продукта на соответствующие калорические коэффициенты [13].

По физико-химическим показателям напитки должны отвечать требованиям, указанным в табл. 4.

Таблица 4

Физико-химические показатели опытного («Бозодой») и контрольного напитков

Наименование показателя	Содержание	
	контрольный	опытный
Массовая доля сухих веществ, %	15,3	16,5-17,5
Плотность, г/см ³	1,05	1,052-1,053
Активная кислотность, рН	3,5	3,4-3,6
Титруемая кислотность, см ³ раствора NaOH 1,0 моль/дм ³ на 100 см ³ напитка	5,9	6,0-9,6
Массовая доля этилового спирта, %	1,7	1,3-1,7
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	7,1	8,8-9,4
Массовая доля общих сахаров, %	8,5	10,2-10,8
Массовая доля белков, %	0,9	1,1-1,2
Массовая доля липидов, %	0,67	0,72-0,78
Массовая доля витамина С, мг %	0,25	0,36-0,48
Массовая доля витамина В2, мг %	0,016	0,035-0,081
Количество лактобактерий, КОЕ/г, не менее	1·10 ⁷	1·10 ⁷
Количество дрожжей, КОЕ/г, не более	50	20
Энергетическая ценность 100 г, ккал	44	47-53

В образцах, хранящихся при комнатной температуре, на вторые сутки произошел срыв крышек, вследствие сильного газообразования. Это объясняется тем, что при комнатной температуре хранения, возможно, продолжается интенсивный процесс брожения. При такой температуре растворимость углекислого газа уменьшается, вследствие чего напиток пенится. Кроме того, может ускориться авто-

лиз дрожжей, в результате которого в напитке появляется неприятный дрожжевой привкус.

Следовательно, напитки «Бозодой» не рекомендуется хранить при температуре 20-25 °С.

Установлено, что при хранении в интервале низких температур от +2 до +6 °С, титруемая кислотность и содержание этилового спирта медленно, но повышаются. Про-

исходит дображивание напитка, в результате которого напиток созревает, насыщается углекислотой.

На седьмые сутки значение титруемой кислотности повышается до 16 ед., далее кислотообразование замедляется. Повышенная кислотность тормозит развитие посторонней микрофлоры, однако, при кислотности выше 16 ед. потребитель воспринимает продукт как излишне кислый. Например, для айрана кислотность не должна превышать 13 ед. [14, с.123-131]. Образовавшееся большое количество молочной кислоты отрицательно влияет на размножение дрожжей и они начинают погибать.

Содержание спирта на седьмые сутки хранения достигает 2,6 %. Дальнейшее повышение содержания спирта нежелательно для вкуса готового продукта.

Следовательно, гарантированный срок хранения напитков «Бозодой» составляет не более 7 сут при температуре +2 до +6 °С.

Напиток «Бозодой», приготовленный из натурального сырья путем ферментации, является слабоалкогольным напитком. Пищевая ценность напитка «Бозодой» оценивается полнотой полезных веществ, энергетической ценностью и органолептическими показателями. В составе напитка содержатся биологически активные вещества, такие как витамины группы В и аскорбиновая кислота, которые продуцируются возбудителями брожения. Углекислота и органические кислоты являются действенными раздражителями, стимулирующими пищеварительные процессы. Содержание в составе напитка пробиотических лактобактерий придает напитку «Бозодой» функциональную направленность.

Выводы и предложения. Для стабилизации качества, повышения функциональности кыргызских национальных напитков и интенсификации процесса их производства предложены молочная сыворотка и комбинированная закваска, состоящая из чистых культур дрожжей и лактобактерий. Определены показатели качества предлагаемых напитков, свидетельствующие о безопасности, высокой биологической ценности и привлекательных для потребителя органолептических свойствах.

Список литературы

1. Древний напиток буза [Электронный ресурс] // Инф. центр крымских татар. URL: <http://www.bio.spbu.ru/science/scienceinfo/el.resourse.php>.
2. Варим туркестанскую бузу [Электронный ресурс] // Русский Туркестан. История, люди, нравы. URL: <http://www.rus-turk/livejournal.com/163771.html>.

www.rus-turk/livejournal.com/163771.html.

3. Буза (напиток) [Электронный ресурс] // Энциклопедия Брокгауза и Ефрона. URL: <http://brockhaus-efron-encyclopedia.info>.

4. Буза (напиток) [Электронный ресурс] // Словари и энциклопедия на академике. URL: <http://dic.academic.ru>.

5. Botes A. Identification of lactic acid and yeast from boza / A. Botes, S.D. Todorov, Johan W. von Mollendorff, A. Botha, L.M.T. Dicks // *Process Biochemistry*. – 2007. №42, – P. 267-270.

6. Gotcheva V. Microflora identification of Bulgarian cereal-based fermented boza / V. Gotcheva, S.S. Pandiella, A. Angelov, Z.G. Roshkova, C. Webb // *Process Biochemistry*. – 2000. №36. – P. 127-130.

7. Todorov S.D. Boza, a natural source of probiotic lactic acid bacteria / S.D. Todorov, A. Botes, C. Guigas, U. Schillinger, I. Wiid, M.B. Wachsman, W.H. Holzapfel, L.M.T. Dicks // *J. of Applied Microbiology*. – 2007. –104. – P. 465-476.

8. Красникова Л. В., Функциональные напитки на основе молочной сыворотки // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы 3 Междунар. научно-техн. конф. –СПб, 2007. – С. 278-284.

9. Рощункина Н.В. Новый функциональный продукт для профилактики остеопороза // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 2. – С. 41-42.

10. Кыдыралиев Н.А. Технологические основы производства национального напитка «Бозо» / Н.А. Кыдыралиев, А.У. Дейдиев. –Б.: ЧП «Абыкеев А.Э.», 2010. –117 с.

11. Элеманова Р.Ш., Мусульманова М.М. Ферментированный сывороточный напиток «Бозодой» и способ его приготовления // Патент 1521 Кыргызской Республики. Оpubл. 28.02.13. Бюл. №2.

12. Элеманова Р.Ш. Изучение процесса брожения сывороточно-зернового суслу под действием комбинированной закваски [Текст] / Р.Ш. Элеманова, М.М. Мусульманова // Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства: материалы конференции. –Алматы, 2012. – С. 179-181.

13. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / [Под ред. академика АМН СССР А.А. Покровского]. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 227 с.

14. Храпцов А.Г. Молочная сыворотка. –М.: Пищевая промышленность, 1979. –271 с.

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

East European Scientific Journal

(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland.

Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood (University College London)

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner (Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick (Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe — 162 st.

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com , <http://eesa-journal.com/>