



#6 (46), 2019 część 1

**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.

**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)**

#6 (46), 2019 part 1

**East European Scientific Journal**

(Warsaw, Poland)

**The journal is registered and published in 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

**Editorial**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

**The scientific council**

**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**

**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](mailto:info@eesa-journal.com) ,

**<http://eesa-journal.com/>**

**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)**  
**Editor in chief - Adam Barczuk**

**1000 copies.**

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-  
001 Warsaw, Poland»**

**East European Scientific Journal**

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Po-  
land

**E-mail:** [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com) ,

**<http://eesa-journal.com/>**

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Бессонов В.Г., Лоскутов Н.В., Макаров С.Ю.**

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ НАПИТКА НА ДИСТИЛЛИРОВАННОМ ЗЕРНОВОМ СПИРТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФИРНОГО МАСЛА .....4

**Ушакова Н.Ю., Быковская Л.В.**

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ.....6

**Jumanova M.O., Namazov S.S.**

ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS BASED ON PROCESSING OF THE NITRIC-SULFURIC ACID BROWN COAL AND PHOSPHORITES .....13

**Малогоулко Ю.В.**

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДСИСТЕМЫ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ ЛОКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РАССРЕДОТОЧЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ.....16

**Mirzakhodjaev B.A., Dadajanova D.X.,**

NEW TECHNOLOGIES OF SELECTION OF SILKWORM COCOONS FOR THE TRIBE WITH APPROPRIATE TECHNICAL MEANS .....18

**Miroshnikov V.Yu.**

THIRD MAIN PROBLEM OF THE THEORY OF ELASTICITY FOR THE LAYER WITH A LONGITUDINAL THICK-WALLED TUBE .....21

**Abdisait Norov**

THE INITIAL PRACTICAL MATTERS OF CREATION FORMAL GRAMMAR OF UZBEK LANGUAGE .....27

**Одамов У.О., Хушиев С.М.**

АНАЛИЗ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА .....31

**Тарабанов В.Н.**

РИСК ПРЕДЫСТОРИИ  $Q_{\text{ПРЕДИСТ.}}$ , ОСНОВНОГО РИСКА  $Q$  ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ОПРЕДЕЛЕННОГО МЕТОДОМ ПАТТЕРНЫ, ВО ВРЕМЕННОЙ ПРОМЕЖУТКЕ, НАЧИНАЯ С ПЕРИОДА 0,5 - МЛРД. ЛЕТ ДО Н.Э. И ДАЛЕЕ ДО 21 СТОЛЕТИЯ Н. Э. В ТРИ ЭТАПА.....40

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Filiprov E.S.**

A SIZE QUANTIZATION OF ATOMIC SPACE IN METALS UNDER HIGH TEMPERATURE. ....44

**Булатова Л.М., Кожевникова Л.М.**

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ИНТЕРНЕТ-ПЛАТФОРМЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ ИГРОВАЯ ШКОЛА» В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ .....50

**Ланкин С.В.**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛИНОПИЛОЛИТА .....54

**Mehtiyev R.K.**

LONGITUDINAL SHIFT OF CONNECTING AND INCLUSION IN COMPOSITES, DECOMPOSED BY TWO-PERIODIC RECTANGULAR CRACKS .....58

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Бессонов Виктор Геннадиевич**

*Магистр кафедры Виноделия и неорганической аналитической химии,  
МГУ ТУ ПКУ им. К.Г. Разумовского*

**Лоскутов Николай Валерьевич**

*Магистр кафедры Виноделия и неорганической аналитической химии,  
МГУ ТУ ПКУ им. К.Г. Разумовского*

**Макаров Сергей Юрьевич**

*Кандидат технологических наук,  
Доцент кафедры Виноделия и неорганической аналитической химии,  
МГУ ТУ ПКУ им. К.Г. Разумовского*

### РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ НАПИТКА НА ДИСТИЛЛИРОВАННОМ ЗЕРНОВОМ СПИРТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФИРНОГО МАСЛА

**Аннотация:** Стабильность востребованности на напитки группы дистилляты, обуславливает рост объемов их производства, нередко в ущерб безопасности данной спиртосодержащей продукции. Подобная деятельность служит причиной появления на потребительском рынке некачественных напитков и откровенных фальсификатов, что является следствием использования ненадлежащего сырья или несоблюдения технологии его переработки на определенных этапах производства.

**Ключевые слова:** растительное сырье, паровая дистилляция, ликероводочные изделия, дистилляты, технология, эфирное масло, качество воды.

Цель статьи - разработать предложения по переработке сырья, применяемого в производстве напитков группы «Дистилляты». По итогам обобщения требований существующей нормативной документации, литературных и собственных данных в области технологии изготовления спиртосодержащих напитков, автором изложены базовые требования к растительному сырью, этиловому спирту и воде, как основным компонентам, применяемым при производстве напитков группы «Дистилляты».

Классическим способом выделения эфирных масел является метод дистилляции. Его основой является способность водяного пара к извлечению эфирного масла из растения. Данный метод не сложен, но сообразно каждому сырью нуждается в тонком экспериментальном подборе условий - температуры, давления, продолжительности процесса.

На современном производстве эфирные масла извлекают из растительных материалов паровой дистилляцией, гидродистилляцией и экстракцией. Существуют также сочетания этих методов, ориентированные на извлечение дополнительных продуктов из отходов основного производства.

Перегонка с водяным паром представляет собой наиболее популярный рецепт добычи эфирных масел, основанный на летучести эфирных масел с парами воды, под давлением, при температуре около 100°C. Именно низкая температура отделения масел, элементы которых обладают температурой кипения в интервале 150—250 °C, является собой одно из основных особенностей метода.

Целое или измельченное сырье помещают в перегонный аппарат, к которому подведен водяной пар. При контакте пара с сырьем, выводится эфирное масло. Создавшееся соединение паров эфир-

ного масла и воды, из перегонного аппарата направляется в охладитель, где производится конденсация паров и охлаждение дистиллята до определенных показателей температуры. Далее дистиллят переводится в приемник-маслоотделитель (флорентину), для отстаивания и разделения на первичное эфирное масло-сырец и дистилляционную воду.

Достоинствами метода можно назвать простоту, относительно низкую температуру процесса, высокую эффективность, безопасность.

К недостаткам можно причислить уменьшение качества эфирных масел, причиной которых являются химические изменения компонентов, в особенности терпеновых спиртов и их сложных эфиров, а также утраты ценных душистых субстанций, не летучих с водяным паром. [2, с.206]

Эфирное масло шалфея мускатного получают на аппаратах периодического и непрерывного действия. Эфирное масло душицы получают с применением метода дистилляции с водяным паром. Выход масла составляет около 0,2-0,5%.

Индивидуальность напитков группы «Дистилляты» – коньяков, бренди, виски, рома, водки, джина, кальвадоса, абсентов, горьких настоек и других – обуславливается не только оригинальностью технологии, но и компетентным отношением к выбору основного и комплементарного сырья. Именно индивидуальный подбор обеспечивает качество и дегустационную узнаваемость данных напитков [1, с. 5].

Рынок напитков-дистиллятов устойчиво признается как весьма перспективный. Емкость данного сектора потребительского рынка образует около 150–170 млн. дм<sup>3</sup>/год [3, с.161]. Стабильно высокий спрос российского населения на крепкие напитки стимулирует производителей на рост объ-

емов их производства, нередко в ущерб оригинальности, а иногда – и в ущерб безопасности напитков. Данная практика дает повод к появлению на потребительском рынке некачественных напитков и фальсификатов, что говорит о несоблюдении технологического процесса на этапах приемки, подготовки и переработки сырья на определенных этапах производства.

Растительное сырье. Основным технологическим интересом при производстве алкогольных напитков являются водо- и спирторастворимые экстрактивные вещества растительного сырья. Преимущественным признается пряно-ароматическое сырье и определенные виды лекарственно-технического сырья, важность которого обусловлена увеличенным содержанием полифенолов и эфирных масел. Именно разнообразием в составе рассчитанной рецептурой растительного сырья и соотношением его ингредиентов выявляются различия во вкусе, цвете и аромате напитков-дистиллятов.

Растительное сырье применяется как источник ингредиентов, обуславливающих, прежде всего, вкусо-ароматические свойства напитков-дистиллятов. В частности, совокупность летучих и нелетучих компонентов представляют собой показатель аутентичности напитков этой группы [2, с.142]. Определенно, от качества сырья, его свежести и технологических показателей, зависят и скорость получения желаемого результата (полнота извлечения и преобразования целевых компонентов), и устойчивость дегустационных характеристик напитков из различных партий однородной продукции.

Популярным методом заготовки сырья в пищевой промышленности является высушивание. Щадящие методы сушки обеспечивают сбережение полифенольных соединений, эфирных масел и прочих ценных ингредиентов растительного сырья. При этом высушенное сырье иногда имеет различия по остаточной влажности и, как следствие, целевым характеристикам приготавливаемых из него экстрактов.

Необходимо отметить, что в технологии напитков-дистиллятов растительное сырье часто играет роль не только ароматизатора. Большая часть нерастворимых пищевых волокон некоторых растений (кедровый орех, семена пряностей, высушенные плоды и цветки, и т. п.), дает возможность на этапе экстракции или мацерации обогатить производимый напиток: клетчатка и лигнин сорбируют из водно-спиртовой смеси токсичные ингредиенты сивушных масел, которые нежелательны даже в следовых количествах [4, с. 40–42]. Те же пищевые волокна могут адсорбировать и составляющие, необходимые для формирования букета напитка.

Следовательно, при подборе растительного сырья для извлечения дистиллятов, необходимо иметь в виду его состав и содержание влаги, поскольку это обуславливает эффективность перехода экстрагируемых составляющих в дистиллят.

Необходимо также воздерживаться от неоправданной многокомпонентности рецептур, по причине возможного синергетического, аддитивного или антагонистического взаимодействия отдельных видов сырья между собой. Завышенные нормы расхода сырья при создании рецептуры, могут иметь следствием негативные изменения во вкусе и аромате напитков а так же ухудшение их стабильности в хранении.

Для формирования качества напитков-дистиллятов, большое значение отводится воде и спирту. Данные компоненты являются основой полуфабрикатов, а готовая продукция содержит до 95–99 % водно-спиртовой смеси.

Этиловый спирт играет роль главного участника в производстве классических напитков-дистиллятов. Характеристика исходного сырья при производстве спирта и параметры дистилляции также являются ведущими факторами, обуславливающими качество спирта и органолептические свойства будущих напитков при помощи образования специфичного набора ароматообразующих компонентов в бражке и спирте на этапах сбраживания и дистилляции [5, с.11]. Как правило, используются виноградный, сахаро-тростниковый, зерновой или фруктовый дистиллят, либо спирт-ректификат питьевого качества. Доля спирта в готовом напитке может достигать 52–60 % (джин, коньяк, виски) и даже 75–86 % (абсенты), вследствие этого, от качества этилового спирта обуславливается и дегустационная индивидуальность, и безопасность для потребления производимых напитков.

Основные характеристики этилового спирта, требуемые при получении рассматриваемых напитков в условиях производства – содержание метанола, остаточное содержание эфиральдегидной фракции и компонентов сивушных масел, массовая концентрация сухого остатка и проба на окисляемость [6, с.5]. Исследования выявили, что чем выше содержание сухого остатка в применяемом спирте, тем ниже дегустационная оценка спирта и изготовленных на его основе напитков. Содержащиеся в спирте сложные эфиры высших жирных кислот добавляют ему легкий фруктовый аромат.

Вода, как и водные растворы этилового спирта, представляют собой основные компоненты на этапе изготовления водно-спиртовых настоев и экстрактов растительного сырья.

Особую важность представляет собой минеральный состав применяемой в производстве напитков воды, имеющий значительное влияние на их дегустационные качества.

Соответственно, ионы кальция и магния в невысоких концентрациях подчеркивают полноту вкуса, гидрокарбонат кальция слегка смягчает вкус и уменьшает «жгучесть» этанола в напитках; бикарбонаты, обладающие высокой буферностью и отчасти ослабляющие кислотность, могут привнести в напиток грубые и горькие оттенки, за-

глушающие остальные тона во вкусе напитка [7, с.145].

Обобщая вышеизложенное, можно выделить ряд рекомендаций, которых следует придерживаться при подборе сырья, как при разработке новых рецептов, так и для совершенствования технологий уже имеющихся в производстве напитков-дистиллятов:

- тщательно исследовать сведения о химическом составе растительного сырья, в целях компетентного комбинирования и недопущения эффектов антагонизма и усиления взаимодействия его компонентов между собой уже на этапе разработки напитка-дистиллята;
- для каждой партии осуществлять контроль влажности растительного сырья для правильного расчета экстракции;
- варьировать фракциями спирта-дистиллята для разработки оптимального соединения и соотношения летучих компонентов;
- придерживаться оптимальных условий экстрагирования растительного сырья;
- отслеживать качество водоподготовки и чистоту технологического оборудования, контактирующего с водой, спиртом, полуфабрикатами и готовой продукцией.

Необходимо обозначить неординарную роль интуиции разработчиков при нахождении наиболее выигрышного соотношения растительного сырья в рецептурной композиции напитка. Тем не менее, для эффективной конкуренции напитков-дистиллятов на потребительском рынке необходимо, прежде всего, научно-обоснованный подход в производственно-технологических решениях.

### Список литературы

1. Егорова, Е. Ю. Методические подходы к разработке и оценке качества новых напитков группы «Дистилляты». Часть 1. Разработка технологии нового напитка / Е. Ю. Егорова, Ю. В. Мороженко // Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – с. 4–8.
2. Егорова, Е. Ю. Производство бальзамов и сиропов / Е. Ю. Егорова, М. Н. Школьников, М. В. Гернет и др. – СПб: Профессия, 2011. – 408 с.
3. Новикова, И. В. Интенсивные технологии алкогольных и функциональных безалкогольных напитков на основе солодов и экстрактов: сырьевые источники, прогнозирование качества и проектирование рецептур: дисс. ... д-ра техн. наук / И. В. Новикова. – Воронеж, 2015. – Т. 1. – 281 с.
4. Гореликова, Г. А. Оценка качества и безопасности растительного сырья при производстве функциональных продуктов / Г. А. Гореликова, В. М. Позняковский, Н. Г. Бабанская // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – № 6. – с. 40–42.
5. ГОСТ 33880–2016. Напитки спиртные. Термины и определения. – Введ. 2017–08–01. – М.: Стандартинформ, 2016. – IV. – 11 с.
6. ГОСТ 5962–2013. Спирт этиловый ректификованный из пищевого сырья. Технические условия. – Введ. 2014–07–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – II. – 5 с.
7. Борисов, Б. А. Водоподготовка в производстве пищевых продуктов и напитков / Б. А. Борисов, Е. Ю. Егорова, Р. А. Зайнуллин. – СПб: Профессия, 2015. – 398 с.

**Ushakova N.Y.**

*Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor at the Department of automated electric drive,  
electromechanical and electrical engineering,  
Orenburg State University, Russian Federation*

**Bykovskaya L.V.**

*Candidate of Engineering Sciences,  
Associate Professor at the Department of automated electric drive,  
electromechanical and electrical engineering,  
Orenburg State University,  
Russian Federation*

## QUALITATIVE ANALYSIS OF LINEAR ELECTRIC CIRCUITS

**Ушакова Н.Ю.**

*Кандидат технических наук,  
Доцент на кафедре автоматизированного электропривода,  
электромеханическая и электротехника,  
Оренбургский государственный университет, Российская Федерация*

**Быковская Л.В.**

*Кандидат технических наук, доцент на кафедре автоматизированного электропривода,  
электромеханическая и электротехника,  
Оренбургский государственный университет, Российская Федерация*

## КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

**Summary** The simplest design models of a DC power line and a three-phase circuit are proposed. The dependences of the main characteristics of the DC electric circuit on the parameters of the load are obtained. Models can be used to diagnose and predict energy performance.

**Аннотация:** Предложены простейшие расчетные модели линии электропередачи постоянного тока и трехфазной цепи. Получены зависимости основных характеристик электрической цепи постоянного тока от параметров нагрузки. Модели могут использоваться для диагностики и прогнозирования энергетических характеристик.

*Key words:* power line model, electric dc circuit, three phase circuit, qualitative analysis, direct current, sinusoidal current.

*Ключевые слова:* модель линии электропередачи, электрическая цепь постоянного тока, трехфазная цепь, качественный анализ, постоянный ток, синусоидальный ток.

**Постановка проблемы.** В настоящее время, в связи с участвовавшими авариями в энергосистемах существует необходимость в своевременном диагностировании электрических цепей, блоков и систем, выход которых из строя может привести к тяжелым последствиям [1], в прогнозировании энергетических характеристик. Исследование вопросов диагностики и прогнозирования электрических цепей остается актуальным, так как существует необходимость в профилактике отказов электрического оборудования, ведущих к значительным материальным убыткам или угрозе человеческой жизни.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проблема диагностики или качественного анализа электрических цепей на разном уровне занимались исследователи с середины прошлого века. Под диагностикой электрических цепей понимают определение неизвестных параметров электрической цепи при известных топологии цепи, части параметров цепи и ее реакции на различные воздействия [1, 2].

Полученные результаты в [3] позволяют значительно сократить вычислительные затраты при параметрическом синтезе электрических цепей, требующем выполнения повторных анализов для различных сочетаний параметров элементов.

Подробный анализ последних достижений в области качественного анализа электрических цепей и диагностики был проведен в [4].

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Обычно подобные задачи решаются с использованием известных методов анализа электрических цепей, где при известных и неизменных значениях параметров электрической цепи, и топологии определяются искомые значения токов, напряжения и других величин. В то же время, на практике при эксплуатации различных объектов электроэнергетики возможно возникновение ситуаций, когда необходимо спрогнозировать реакцию объекта (блока) на изменение какого-то параметра. Это может быть изменение величины параметра кого-либо элемента, короткое замыкание или обрыв участка электрической цепи, изменение выходных характеристик источника и т.п. В такой ситуации необходимыми будут не точные количественные расчеты, а вывод общих закономерностей, которые позволят не только для этой, но и для аналогичных электрических цепей ответить на вопросы:

– в каких пределах и по какому закону будут изменяться токи и напряжения в исследуемой электрической цепи;

– не приведет ли их изменение к аварийному режиму;

– при каких соотношениях параметров цепи в нагрузке или на ином участке будут достигнуты требуемые уровни мощности или коэффициента полезного действия.

Если эти вопросы не касаются всех участков исследуемого объекта, то нет необходимости проводить полный расчет цепи, а можно ограничиться так называемым ее «частичным или качественным анализом».

Достоверность решения задач рассматриваемого типа зависит от объема и качества привлекаемой дополнительной информации, которая всегда есть у исследователя, главное — правильно ее формализовать.

Вопрос передачи электрической энергии обычно описывается в классической учебной и исследовательской литературе по теоретической электротехнике, однако везде он рассматривается с точки зрения передачи максимальной мощности. Мы же исследуем зависимости в цепях передачи электрической энергии в широком диапазоне изменения параметров нагрузки.

**Цель статьи.** Разработать обобщенную модель линейной электрической цепи с переменным параметром на основе основных законов теории электрических цепей.

**Изложение основного материала.** При проектировании и эксплуатации объектов электротехники и электроэнергетики иногда важно знать не конкретные значения токов и напряжений, а видеть закономерности в их реакции при изменении каких-либо параметров. Выявление таких закономерностей позволяет установить допустимые диапазоны изменения параметров электрических цепей, которые не приведут к возникновению аварийных ситуаций.

Такой так называемый «качественный анализ» некоторых электрических цепей можно сделать, используя простейшие расчетные модели. Под «качественным анализом» будем понимать группу приемов анализа электрических цепей, основанных на экспериментальном или аналитическом определении только нескольких характерных параметров цепи. Определение их позволяет судить о режиме и работе электрической цепи без

детального расчета токов и напряжений всех ее ветвей [5]. Результатом такого анализа должны стать получение энергетических характеристик и зависимостей, которые можно применять при исследовании аналогичных электрических цепей.

Постановка задачи может быть прямой, в этом случае указывается диапазон изменения параметров конкретного элемента и участки цепи, на которых требуется определить изменение токов, напряжений или мощностей, или обратной, когда по ответной реакции цепи требуется определить элемент или диапазон изменения параметров.

В качестве реализации прямой задачи рассмотрим процесс передачи энергии по линиям постоянного и синусоидального токов.

Модель элементарной линии электропередачи постоянного тока представляет собой неразветвленную электрическую цепь, рисунок 1, содержащую источник с постоянным напряжением  $U_{вх}$ , постоянное сопротивление линии  $R_{л}$ , и сопротивление нагрузки  $R_{н}$ , которое теоретически может изменяться от 0 до бесконечно большого значения [6].

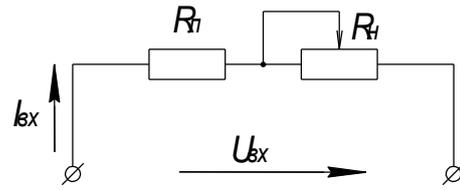


Рисунок 1. Схема электрической цепи простейшей линии электропередач постоянного тока

Токами утечки, вызванными несовершенством изоляции проводов, пренебрегаем. Чтобы исследовать зависимость основных характеристик цепи от соотношения параметров линии и нагрузки, введем понятие коэффициента нагрузки  $k = R_{н} / R_{л}$ , равного отношению сопротивления нагрузки к сопротивлению линии.

Так как цепь неразветвленная, то величину тока можно определить по закону Ома. Очевидно, что максимальное значение тока будет в режиме короткого замыкания, при  $R_{н}=0$ . Обозначим величину тока короткого замыкания  $I_{кз}$  и математически упростим выражение, в результате получим аналитическое выражение для тока:

$$I(k) = \frac{U_{вх}}{R_{л} + R_{н}} = \frac{U_{вх} / R_{л}}{1 + R_{н} / R_{л}} = \frac{I_{кз}}{1 + R_{н} / R_{л}} = \frac{I_{кз}}{1 + k} \quad (1)$$

Аналогично, используя известные в электротехнике законы, получим аналитические зависимости для расчета энергетических характеристик данной электрической цепи как функции от  $k$ :

- падение напряжения в нагрузке:

$$U_{н}(k) = I(k) \cdot R_{н} = \frac{U_{вх} \cdot \frac{R_{н}}{R_{л}}}{1 + \frac{R_{н}}{R_{л}}} = \frac{U_{вх} \cdot k}{1 + k} \quad (2)$$

- мощность, отдаваемая в цепь источником,  $P_{ист}$ :

$$P_{ист}(k) = U_{вх} \cdot I(k) = \frac{U_{вх} \cdot I_{кз}}{1 + R_{н} / R_{л}} = \frac{P_{кз}}{1 + k} \quad (3)$$

- потребляемая мощность в нагрузке  $P_{н}$ :

$$P_{н}(k) = U_{н}(k) \cdot I(k) = \frac{U_{вх} \cdot k \cdot I_{кз}}{(1 + k)(1 + k)} = \frac{k \cdot P_{кз}}{(1 + k)^2} \quad (4)$$

- коэффициент полезного действия линии (КПД)  $\square \square$

$$\eta(k) = \frac{P_{н}(k)}{P_{ист}(k)} = \frac{k}{1 + k} \quad (5)$$

Чтобы получить зависимости, которые можно применить для анализа любых подобных электрических цепей, формулы (1) – (4) преобразуем в относительных единицах (в долях) от соответствующих

величин (от  $I_{кз}$ ,  $U_{вх}$ ,  $P_{кз}$ ). Введение относительных единиц позволит избежать привязки к числовым значениям параметров электрической цепи:

$$I(k) = \frac{1}{1+k} \tag{6}$$

$$U_n(k) = \frac{k}{1+k} \tag{7}$$

$$P_{ucm}(k) = \frac{1}{1+k} \tag{8}$$

$$P_n(k) = \frac{k}{(1+k)^2} \tag{9}$$

По результатам расчетов [7], выполненных с помощью программного математического пакета Mathcad, выпускаемого фирмой Math-Soft, Inc (США), по формулам (5) – (9) были рассчитаны и построены графики, рисунок 2, на которых показаны законы изменения и величины тока, напряжения, мощности источника и потребителя, при различных коэффициентах нагрузки  $k$ .

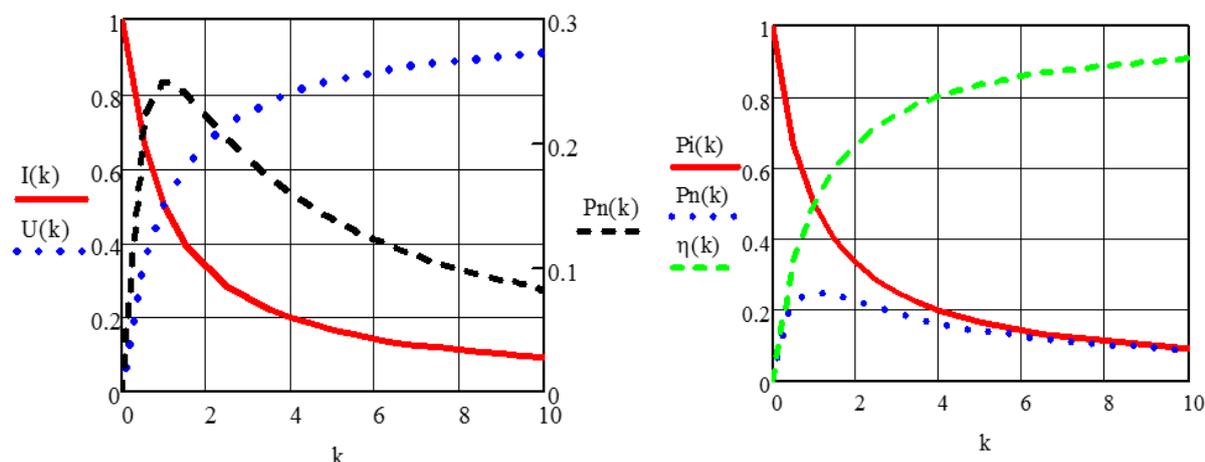


Рисунок 2. Зависимости тока, напряжения, мощностей источника и потребителя от коэффициента нагрузки  $k$ .

Коэффициент  $k$  при расчете данных характеристик варьировался в небольших пределах: от 0 до 10.

Расчеты подтверждают известный вывод о том, что максимум мощности в нагрузке выделится при  $R_n = R_l$ , то есть при  $k=1$ . Но КПД линии при этом очень низкий и равен 0,5, что приемлемо лишь в линиях связи, где требуется максимальная мощность в приемнике и не имеет значения величина КПД. Для высоковольтных линий электропередач значения коэффициента полезного действия должны лежать не ниже 0,8 – 0,9.

Используя выражение (5), определим при каком соотношении сопротивлений линии и нагрузки возможно достижение требуемого значения:

$$k = \frac{\eta}{1-\eta} \tag{10}$$

Из построенной для более широкого диапазона изменения коэффициента  $k$  зависимости, рисунок 3 видно, что для получения высокого КПД (более 0,9) должно быть  $R_n > 10R_l$ .

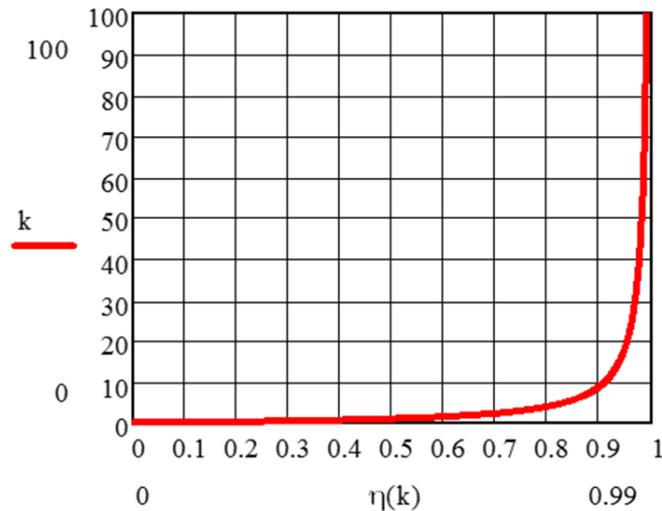


Рисунок 3. Зависимость значения КПД от соотношения сопротивления линии и нагрузки

При передаче электрической энергии на большие расстояния интерес представляют мощность потерь в линии [7]. Реальные линии электропередачи имеют сопротивление линии во много раз меньше сопротивления нагрузки, поэтому исследование энергетических характеристик линии проводилось при изменении коэффициента нагрузки  $k$  в более широких пределах.

Допустимые потери в линии, которые не должны превышать 2-10%, выразим в долях от полезной мощности  $P_n$

$$P_{nom\%}(k) = \frac{P_{уст}(k) - P_n(k)}{P_n(k)} \cdot 100\% = \frac{1}{k} \cdot 100\% \quad (11)$$

Из выражения (11) следует, что верхний предел допустимых потерь 10% будет достигнут при  $k = R_n/R_l = 10$ , нижний предел 2% - при  $k = R_n/R_l = 50$ . Отсюда следует вывод, что для минимизации потерь в линии соотношение сопротивлений линии и нагрузки следует выбирать как можно большим, рисунок 4.

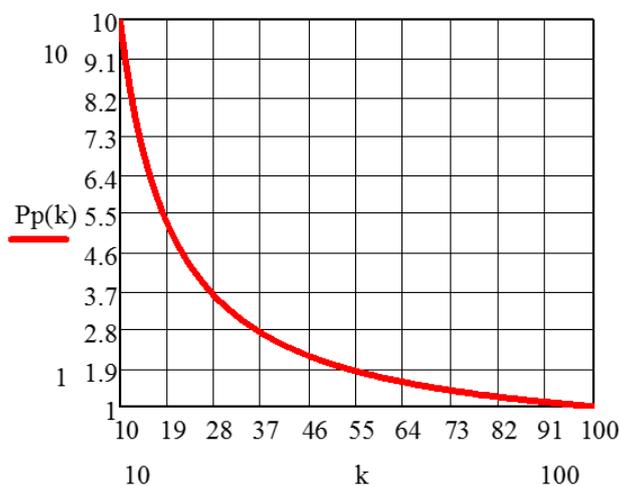


Рисунок 4 – Зависимость мощности потерь в линии от коэффициента нагрузки  $k$

Для анализа разветвленных электрических цепей с несколькими источниками при изменении одного из параметров, переход к модели неразветвленной цепи можно провести в соответствии с теоремой об активном двухполюснике. Формула (1) при этом примет вид:

$$I(k) = \frac{U_{xx}}{R_{ex} + R_n} \quad (12)$$

Подобные модели можно разработать и для трехфазных цепей синусоидального тока со статической нагрузкой. Далее представлен качественный анализ режима обрыва фазы А при соединении нагрузки звездой, рисунок 5,а.

Обычно в учебной литературе [8] этот режим рассматривается при симметричной нагрузке, таким образом, при любом характере нагрузки при обрыве, например, фазы А, на нагрузке фаз В и С будет по

половине линейного напряжения  $U_L / 2$ , напряжение между концами оборванной фазы будет равно  $1,5 \cdot U_\phi$  (рисунок 5, б).

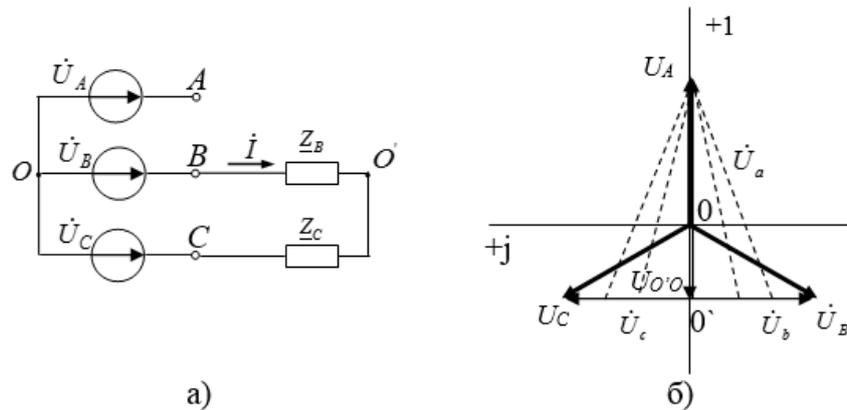


Рисунок 5. Обрыв фазы A при симметричной нагрузке

Используя простейшую модель, получим общие выражения для несимметричной нагрузки. Обозначим комплексные сопротивления нагрузки в фазах В и С -  $Z_B, Z_C$ , сопротивление  $Z_C$  переменное, его величина может меняться от 0 до  $\infty$ . Отношение модулей сопротивлений и разность фаз обозначим:

$$k = Z_C / Z_B$$

$$\varphi = \varphi_C - \varphi_B$$

Тогда, с учетом того, что ток в цепи

$$\dot{I}(k) = \dot{U}_{BC} / (Z_B + Z_C)$$

Получим следующие выражения для напряжения смещения нейтрали и фазных напряжений:

$$\dot{U}_{O'O}(k) = \dot{U}_B - \frac{\dot{U}_{BC} \cdot Z_B}{Z_B + Z_C} = \dot{U}_B - \frac{\dot{U}_{BC} \cdot Z_B \cdot e^{j\varphi_B}}{Z_B \cdot e^{j\varphi_B} + Z_C \cdot e^{j\varphi_C}} = \dot{U}_B - \frac{\dot{U}_{BC}}{1 + k \cdot e^{j\varphi}}; \quad (13)$$

$$\dot{U}_a(k) = \dot{U}_{AB} + \frac{\dot{U}_{BC}}{1 + k \cdot e^{j\varphi}}; \quad (14)$$

$$\dot{U}_b(k) = \frac{\dot{U}_{BC}}{1 + k \cdot e^{j\varphi}}; \quad (15)$$

$$\dot{U}_c(k) = -\dot{U}_{BC} \left( \frac{k \cdot e^{j\varphi}}{1 + k \cdot e^{j\varphi}} \right). \quad (16)$$

Справедливость полученных аналитических выражений можно проверить наиболее простым способом, если принять, что в фазах В и С расположена чисто активная нагрузка  $R_B$  и  $R_C$  и рассчитать по формулам (13) – (16) значения напряжений для предельных случаев:

- при  $k = 0$  (короткое замыкание нагрузки фазы С),  $U_{O'O} = U_C$ ,  $U_a = -U_{CA}$ ;
- при  $k = \infty$  (обрыв фазы С),  $U_{O'O} = U_B$ ,  $U_a = U_{AB}$ ;
- при  $k = 1$  ( $R_C = R_B$ ),  $U_{O'O} = U_\phi / 2$ ,  $U_b = U_c$ .

При анализе данных выражений было установлено, что диаграмма напряжений, подобная показанной на рисунке 5,б при обрыве фазы получается при следующей нагрузке:

- симметричная или несимметричная чисто активная, или индуктивная, или емкостная нагрузка;

- симметричная или несимметричная нагрузка  $Z_B = Z_{Be}^{j\varphi_B}$  и  $Z_C = Z_{Ce}^{j\varphi_C}$  в фазах В и С при условии, что  $\varphi_B = \varphi_C$ .

Во всех этих случаях нулевая точка  $O'$  на векторной диаграмме будет перемещаться по линии линейного напряжения  $U_{BC}$  (рисунок 5, б), напряжения  $U_b$  и  $U_c$  могут изменяться в пределах от 0 до  $U_L$ , но их сумма всегда будет равна  $U_{BC}$ . Напряжение в месте обрыва  $U_a$  может изменяться от  $1,5 \cdot U_\phi$  до  $U_L$ , варианты изменения напряжения  $U_a$  на рисунке 5, б показаны пунктиром.

При несимметричной нагрузке картина изменится, если  $\varphi_B \neq \varphi_C$ .

Рассмотрим случай, когда в фазе В останется активная нагрузка  $R_B$ , а в фазу С включено переменное индуктивное или емкостное сопротивление  $X$ .

Комплексный коэффициент  $k$  для этого случая будет равен  $k = ke^{\pm j90^\circ}$ .

На основании результаты расчетов по выше-приведенным формулам в Mathcad были сделаны следующие выводы:

– нулевая точка  $O'$  на векторной диаграмме будет перемещаться по окружности с радиусом  $U_L/2$ , центр которой располагается в центре отрезка  $BC$ ;

– при переменной индуктивной нагрузке в фазе  $C$  нулевая точка  $O'$  перемещается по верхней половине окружности, фазные напряжения  $U_b$  и  $U_c$  в зависимости от соотношения сопротивлений могут изменяться в пределах от 0 до  $U_L$ , при  $R=X_L$   $U_b$

$= U_c=1,225 U_\phi$ , напряжение в месте обрыва минимально при  $R=X_L$  и равно  $0,634 U_\phi$ , максимум его приближается к  $U_L$  (рисунок 6, а);

– при переменной емкостной нагрузке в фазе  $C$  нулевая точка  $O'$  перемещается по нижней половине окружности, фазные напряжения  $U_b$  и  $U_c$  в зависимости от соотношения сопротивлений могут изменяться в пределах от 0 до  $U_L$ , при  $R=X_C$   $U_b = U_c=1,225 U_\phi$ , напряжение в месте обрыва максимально при  $R=X_C$  и равно  $2,366 U_\phi$ , минимум его приближается к  $U_L$  (рисунок 6, б).

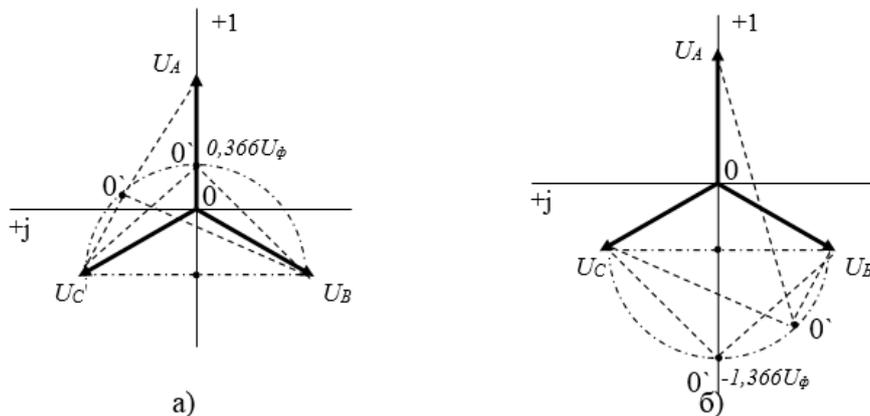


Рисунок 6. Векторные диаграммы при активной и индуктивной (а) и активной и емкостной нагрузке (б) в фазах  $B$  и  $C$

**Выводы и предложения.** Разработанная обобщенная модель линейной электрической цепи с переменным параметром позволяет получить аналитические зависимости для проведения качественного анализа энергетических характеристик цепей с произвольными параметрами, а также сделать выводы о требуемых соотношениях параметров электрической цепи.

Используя предложенную выше простейшую расчетную модель трехфазной цепи можно успешно проводить качественный анализ и прогнозирование энергетических характеристик при изменении параметров схемы в аварийных режимах.

#### Список литературы:

1. Панкин А.М., Башарин С.А. Качественное определение информативности измерений в резистивной цепи при диагностировании параметров ее элементов // Труды Международного симпозиума "Надежность и качество" / Пенза, 2000. - С.310.

2. Бутырин П.А., Васьковская Т.А. Диагностика сложных электрических цепей по частям // Изв. РАН Энергетика. — 2000. — №2. — С. 136-137.

3. Савёлов Н.С., Лебедев И.С., Повторный многократный анализ электрических цепей без увеличения погрешности // Изв. вузов. Электромеханика. -2016. - №3 (545). - С. 18 -24.

4. Быковская, Л.В. О диагностике электрических цепей / Л.В.Быковская, Ю.И. Андриянова, Е.В. Цейтер // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2013. № 12 (161). - С. 208-213.

5. Каплянский, А. Е. Теоретические основы электротехники: учеб, пособие для вузов / А. Е.

Каплянский, А. П. Лысенко, Л. С. Полотовский; под ред. А. Е. Каплянского. - 2-е изд. - М.: Высш, шк, 1972. - 448 с. : ил.

6. Ушакова, Н.Ю. Качественный анализ аварийного режима в трехфазной цепи / Н.Ю. Ушакова, Л.В. Быковская, А.А. Крупский // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: Труды IX Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2018. - с. 189-191.

7. Быковская, Л.В. Моделирование процессов передачи электромагнитной энергии в длинной линии / Л.В. Быковская, В.В. Быковский, Н.Ю. Ушакова // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: Труды IX Всероссийской научно-технической конференции. – Оренбург: ОГУ, 2018. - с. 320-322.

8. Быковская, Л. В. Трехфазные цепи: учебное пособие / Л. В. Быковская, Н. Ю. Ушакова. - Оренбург: ОГУ, 2015. - ISBN 978-5-7410-1214-7.

**Jumanova Miyasar Ortikovna,**

*Institute of General and Inorganic Chemistry Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
Doctor of Sciences, leading scientific researcher*

**Namazov Shafolat Sattarovich,**

*Institute of General and Inorganic Chemistry Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan,  
Doctor of Sciences, Professor, Academician*

## ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS BASED ON PROCESSING OF THE NITRIC-SULFURIC ACID BROWN COAL AND PHOSPHORITES

**Abstract:** The results of the study process of producing complex fertilizers by oxidation of the Angren brown coal with a mixture of nitric and sulfuric acids, and subsequent decomposition of oxidation products with mineralized mass and slime phosphorite of Central Kyzylkum. The result highly organic-mineral fertilizers were obtained. The commodity properties of the resulting product of fertilizers were defined. They are not compressed, even with a high moisture content will remain full their friability.

**Keywords:** *organic-mineral fertilizers, Angren brown coal, the oxidation of a mixture of nitric and sulfuric acids, mineralized mass, slime phosphorite.*

At present it is worsen more that world food problems determined with high rate of population growth reduction such resources as arable land suitable, fresh water reserve. One of main tasks of agriculture food industry is in securing country population with food. In this connection, fertilizer industry makes important attention.

During there are performed the wide fields activities on ensuring population by quality food. In this area special attention is given, including quality nitrogen, phosphorus and potash fertilizer productivity, growth of efficiency of mineral fertilizer and increasing humus in soil is base of its fertility. Moreover, organic fertilizer application in agriculture has singular importance, increases productivity and improvement of physico-chemical and land reclamation condition of soil [1, p. 15-16].

The soils of Uzbekistan on the content of this important element related to low income. The meter layer of black soil, for example, on one hectare 350-700 tons of humus contains, while the best cotton soil zone - gray soils contain only 65-85 tons [2, p.137-150]. The soils are in the process dehumification. It was found that the decrease of humus content in the soil by 1% leads to lower crop yields by about 5 quintals of grain units per hectare [3, p. 117-127].

Scientific research directed on processing coal and development of technology based on it organic-mineral fertilizers (OMF) and plant growth stimulant is performed in the leading research centers and high education of the world including «Concho Petroleum Co», «Scientific and Applied Processes Pty., Ltd» (USA), Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft, «Simmering-Graz-Panker AG fur Maschinen-, Kessel und Waggonban» (Austria), «Rheinische Braukohlenwerke AG» (Germany), «Kamishimo Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha», «Nihon kase Kogyo Kabushiki Kaisha», Kogyo gidzyutsu intyo (Japan), Indian Institute of Technology (India), Iran University of Science and Technology (Iran), Scientific and research institute of fertilizer and insectofungicide SRIFI (Russia), Institute of General and Inorganic Chemistry (Uzbekistan).

As a research result conducted in the world on production both the organic, organic-mineral fertilizer and plant growth stimulant based on oxidized coal with high content of humic acid and improvement there were obtained the number of findings, including: stimulator – ammonium humate has been produced based on when interaction ammonium hydroxidied with lignite («Concho Petroleum Co.», USA and «Kogyo gidzyutsu intyo», Japan), humic fertilizer has been synthesized by brown coal treated with nitric acid and subsequent neutralization of the slurry by ammonia in optimal variant («Scientific and Applied Processes Pty., Ltd», USA and «Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft», Austria), coal is oxidized preliminarily by nitric acid and nitrohumic acid then calcium cyanamide or superphosphate, melt phosphate is added into it, and the result solid organic fertilizer has been generated («Kamishimo Kagaku Kogyo Kabushiki Kaisha», «Nihon kase Kogyo Kabushiki Kaisha», Japan), there are developed the organic-mineral fertilizer by processing mixture coal and phosphorite in the disintegrator («Simmering-Graz-Panker AG fur Maschinen-, Kessel und Waggonban», Austria), there has been produced the organic-mineral fertilizer by processing mixture coal with phosphorite in presence of different mineral salt («Rheinische Braukohlenwerke AG», Germany) [2-7].

In the world scientific research for obtaining humates and development of humic containing fertilizer technology production were conducted by scientists such as W.Klempt, O.Grosskinsky, A.Amberger, F.Kortmann, E.Petzold, F.Petermeise (Germany), M.Shizunori, N.Kinsaku, H.Kodzo, N.Yutaka, S.Motohisa (Japan) D.Felix, M.Antoine, P.Echivard, G.Isambert (Франция), C.J.Karcher, L.C.Canfield, M.A.Cooley, R.C.Snively (USA), K.Entzmann (Austria), G.Zoltan, K.Laszlo, S.Agnes, S.Janos (Венгрия), S.Heng, G.J.Perry (Australia).

The soils of Uzbekistan on the content of this important element related to low income. The meter layer of black soil, for example, on one hectare 350-700 tons of humus contains, while the best cotton soil zone - gray soils contain only 65-85 tons [8, p. 137-150]. The soils are in the process dehumification. It was

found that the decrease of humus content in the soil by 1% leads to lower crop yields by about 5 quintals of grain units per hectare [9, p. 117-127].

The aim of research work is to develop a technology of organic-mineral fertilizer on the basis of oxidized brown coal from the Angren deposit using Kyzylkum phosphate.

In this study, a representative sample of fine coal grade BOMSSH (brown, walnut, small, seed, rubble) has been used, which has, after drying, to air dryness and grinding in a ball mill to a particle size of 0.25 mm, the following composition (wt.%): moisture 14.1, the ash 13.7, organics 72.2, humic acid 4.1% on organic matter. To carry out laboratory experiments the following CK phosphorites were used mineralized mass (MM) containing (wt.%):  $P_2O_{5total}$  14.68; CaO 40.80;  $Al_2O_3$  1.17;  $Fe_2O_3$  1.37; MgO 0.53; F 1.85;  $CO_2$  12.84; and slime phosphorite (SP) containing (wt.%):  $P_2O_{5total}$  11.57;  $P_2O_{5accep.}$  1.29; CaO 41.08;

$Al_2O_3$  1.84;  $Fe_2O_3$  1.42; MgO 0.61; F 1.52;  $CO_2$  20.91;  $P_2O_{5accep.} : P_2O_{5total} = 9.01\%$ .

X-ray diffraction analysis has established (fig.1) diffraction bands 2,77; 2,74; 2,69; 2,62; 2,28; 2,24; 1,93; 1,83; 1,72; 1,72A° belongs fluorine carbonatapatite. The presence of calcite confirms the interplanar distances 3,86; 3,03; 2,49; 2,28; 2,09; 1,92; 1,91; 1,87; 1,62; 1,60 A°, dolomite – 1,54A°, gypsum -3,07; 3,17; 2,77; 2,24; 1,42 A°, three calcium hosphate - 3,45 A°. Bands 3.81; 3.35; 2.49; 1.93; 1.87 A° indicate insoluble residue – quartz. X-ray diffraction analysis has established. In the SF (fig. 2) there are also diffraction bands with values of 2.77; 2.70; 2.62; 2.28; 1.93; 1.83 A°, which include fluorine carbonate apatite. There are calcite interplanar distances - 3,86; 3,03; 2,49; 2,28; 2,09; 1,91; 1,87; 1,62; 1,60 A°, gypsum -2,84; 2,77; 1,42 A°, three calcium hosphate -3,45; 2,49 A° and quartz-3,35; 2,49; 1,93; 1,87; 1,42A°.

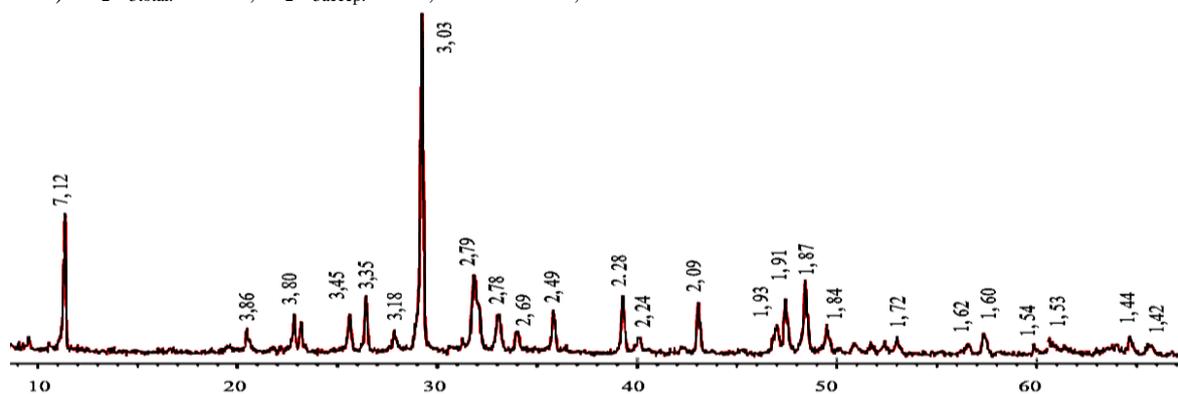


Fig. 1. X-ray structural analysis MM

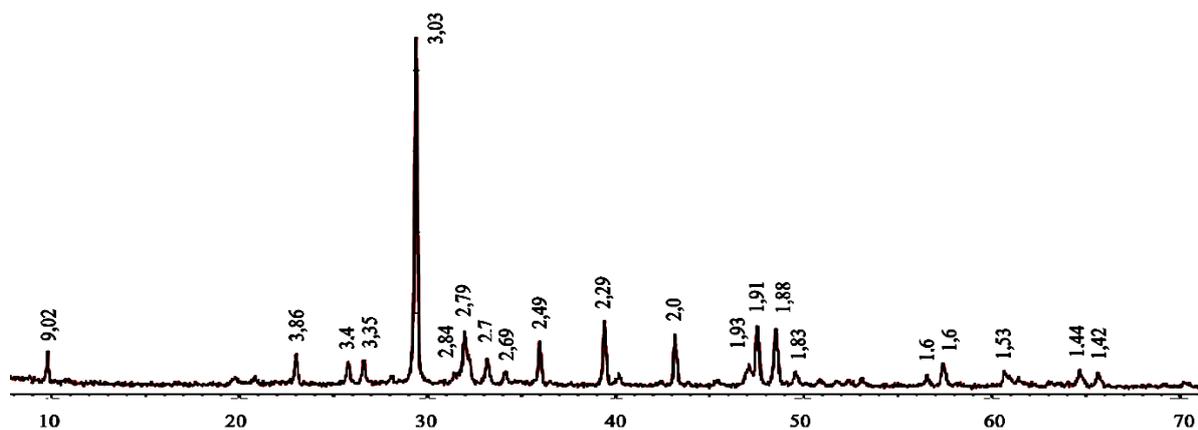


Fig. 2. X-ray structural analysis SF

Oxidation process of coal was carried out by 30% nitric acid in which sulfuric acid had been entered in an amount to its concentration in the nitric acid solution was 5%. The weight ratio of the organic portion of coal to nitric acid monohydrate was taken 1: 1.6 and 1: 2.0. Coal oxidation process was conducted at a temperature of 40°C for 2 h. The obtained samples of the oxidation products were treated by different types of Kyzylkum phosphorites. The amount of phosphate raw material (PR) was calculated based on the amount originally taken on the coal oxidation in the mixture of the nitric and the sulfuric acids. Norm of these acids

on decomposition of the phosphate raw materials were taken in the range from 40 to 80% of the stoichiometry on calcium oxide in the raw material. The decomposition was carried out at 40°C for one hour. Then the resulting acid mass was ammoniated to pH = 3.9-4.3, dried at 70-75°C to 4-6% of the moisture content in the product.

Experimental results have shown that it is independent on the ratio of the organic portion of coal:  $HNO_3 : H_2SO_4$  increase of acids norm by decomposition PR from 40 to 80% of stoichiometry leads to a decrease in content of the total form of  $P_2O_5$  in the

products and increasing the relative content of acceptable  $P_2O_5$ , nitrogen, organic substances and humic acids in the fertilizers.

In the case of using MM, highest content of humic acids (14.03%) contains fertilizer obtained at a weight ratio to the organic portion of coal to nitric acid monohydrate 1: 1.6, concentration of sulfuric acid in the nitric acid solution is 5% and acid norm on the decomposition of the phosphorite flour is 80% from stoichiometry. The result is shown in the Table 1.

This fertilizer also contains 7.37% of  $P_2O_{5total}$ , 6.71% of nitrogen, 24.86% of organic matter, and the relative content of acceptable form in it is 85.62%. It also contains 8.04% of CaO in water-soluble form is also very important as calcium is the six most essential plant nutrients.

There have been found the optimal conditions for obtaining OMF based on use of other types of SP. For SP acid norm is 80%, the composition of fertilizers (wt.%):  $P_2O_{5total}$ . 5.74; 5.03% of nitrogen, 20.62% of organic matter and humic acids 11.05%.

Table 1

**Composition of compound fertilizer, obtained by nitric-sulfuric acid processing Angren coal and mineralized mass (MM) from phosphorite of Central Kyzylkum**

The weight ratio of the coal: $HNO_3$ : $H_2SO_4$ : MM	Norm of the acids on CaO%	Chemical composition, %						
		$P_2O_{5total}$	$P_2O_{5accep}$	CaO <sub>total</sub>	CaO <sub>w.s.</sub>	N	Organic substances	Humic acid
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10:20:3,33:66,1	40	10,65	5,36	29,69	8,75	5,01	13,53	7,46
10:20:3,33:52,9	50	9,72	5,45	27,15	9,07	5,42	14,74	8,95
10:20:3,33:44,1	60	9,04	6,00	25,02	9,61	5,83	16,08	9,80
10:20:3,33:37,8	70	8,31	6,92	23,31	9,82	6,11	16,79	10,22
10:20:3,33:33,1	80	7,76	6,90	21,65	9,34	6,93	17,40	10,57
10:16:2,67:52,9	40	10,20	4,91	28,80	7,43	6,58	16,65	9,34
10:16:2,67:42,3	50	9,32	5,05	26,36	8,27	5,35	19,81	11,23
10:16:2,67:35,3	60	8,75	6,19	24,18	8,67	5,66	21,02	11,92
10:16:2,67:30,2	70	8,03	6,46	22,35	8,45	5,97	22,94	12,90
10:16:2,67:26,5	80	7,37	6,31	20,83	8,04	6,71	24,86	14,03

There have been found the optimal conditions for obtaining OMF based on use of other types of phosphorite. Commodity properties of fertilizers were defined. They are not become compressed. Even with high moisture content the fertilizer retain complete friability. The strength of the granules exceeds the requirements of GOST. Increased hygroscopicity requires packing of the product in bags.

Based on the results of laboratory experiments and experimental work in the model laboratory plant it was installed that basic technological parameters of the process of obtaining OMF. The basic technological scheme has been proposed, the material balance has been compiled and the economic indexes for production of one ton of OMF have been calculated.

Thus, the resulting organic-mineral fertilizers possess considerable advantages. In the first they are concentrated and they can be transported in the long distance and export. The second the economic effect will be not only of benefit when production organic-mineral fertilizers, and form application them in the agriculture.

When application humic containing fertilizers unconditionally will increase humic in soil, as well as the structure, physico-chemical properties of soil will improve significantly, using coefficient nutrients of applied fertilizers will increase, the crop of the agriculture plants will raise.

Thus, nitric-sulfuric acid processing of brown coal of Angren deposits and phosphorite of Central Kyzylkum allows to obtain highly effective organic-mineral fertilizers.

## References

1. Workshop on Soil / Ed. I.S.Kauricheva. - M.: Agropromizdat, 1986.
2. Patent №8658 Japan. Cl. 16 AO the method of obtaining ammonium salts of humic acids from lignite / Higuchi Kozo, Asagawa Kazuo.
3. Patent №3111404 United States. Cl. 71-24. The method of obtaining granulated ammonium humates (fertilizer) / Karcher John C., Canfield Charles L.
4. Patent №4588431 USA. Cl. SO5V 21/00. The process of obtaining fertilizer mixtures based on phosphate fertilizers / Nakamura Teruo, Kiyoto Michio, Akashi Kazuo, Hasegawa Isao.
5. Patent № 251970 GDR. Cl. CO5G 3/00, CO5G 1/00. Production of long-acting fertilizer / Naundorf Wolfgang, Kroner Helmut, Fiedler-Hans-Joachim, Wollenberg Ralf, Miller Carmen, Lange Klaus, Schieronsky Klaus, Pietschmann Edelgard, Glowna Elke.
6. Patent №3111392 Austria. Cl. 16.5, (CO5f 11/02). Obtaining humus fertilizer / Oesterreichisch - Alpine Montangesel. - Ischaft.
7. Patent №352763 Austria. Cl. 16, 011, (CO5O 003/00). The method of grinding and activating calcium salts, used as fertilizers / Entzmann Karl.
8. Sattorov D.S., Ergashev A.E., G.I. Kobzev The agrochemical research of soils in Uzbekistan and ways to improve of their fertility // Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry, Tashkent, 1990.
9. Derzhavin L.M., Sedova E.V., on the question of humus reproduction // Agrochemistry, 1988.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДСИСТЕМЫ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ ЛОКАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С РАССРЕДОТОЧЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

**Аннотация:** Обеспечение процесса оптимизации функционирования рассредоточенных источников энергии (РИЭ) в локальных электрических системах в современных условиях, предусматривает применение автоматизированных систем управления в контексте повышения качества производства и распределения электроэнергии с использованием технологии и стандартов Smart Grid [1]. Это не только ускоряет и упрощает этот процесс, но и создает условия для построения современных интегрированных систем управления. Таким требованиям наиболее соответствуют адаптивные автоматизированные системы управления (АСУ), которые позволяют поддерживать надлежащее качество технологического процесса в условиях неполной или несовершенной исходной информации по его параметрам и воздействиям окружающей среды. В современных условиях актуальным является обеспечение в автоматизированной системе управления РИЭ свойства функциональной устойчивости подсистемы обмена информацией.

**Ключевые слова:** локальная энергосистема, рассредоточенные источники энергии, функциональная устойчивость.

Предложенная в [2] структура аппаратной реализации автоматизированной системы управления схеме выдачи мощности РИЭ в локальных электрических системах состоит из совокупности взаимосвязанных и согласованно действующих аппаратно-программных средств передачи, хранения и обработки цифровой информации, соединенных коммуникационными связями и предназначенных для решения широкого класса задач контроля и управления режимами работы РИЭ [3].

Функциональная устойчивость - это свойство сложной технической системы, характеризующий возможность продолжать выполнять определенный объем функций, возможно с ухудшением качества, при воздействии внутренних и внешних дестабилизирующих факторов.

Для решения этой задачи необходимо обеспечить сбор, обработку и анализ информации с автоматическим распознаванием нештатной ситуации и формированием рекомендаций по действиям в условиях таких ситуаций.

Обеспечение функциональной устойчивости любой сложной технической системы осуществляется за счет избыточности различных видов: структурной, аппаратной, временной, информационной и тому подобное. Мероприятия, направленные на обеспечение или повышение уровня функциональной устойчивости, в первую очередь, обеспечивают улучшение характеристик отказоустойчивости и живучести, но не обязательно показатели надежности отдельных комплектующих элементов и изделий, а также тактико-технических характеристик системы [4].

Одной из причин функциональной неустойчивости сложных технических систем в нештатных ситуациях является недостаточная готовность

вычислительной системы к распознаванию и действий в непредвиденных условиях. Это проявляется в том, что в вычислительной системе не учитывается весь набор ситуаций. Одним из признаков может быть первый воспринятый сигнал о нарушении режима локальной энергосистемы или работы РИЭ, или пространственно-временной структуры конкретных особых случаев, или отсутствия алгоритмов распознавания отказа, а также в ограничении действий при нештатной ситуации.

Функционирование АСУ схемой выдачи мощности РИЭ с целью идентификации нештатной ситуации предусматривает выполнение следующих операций.

1. Выявление несоответствия фактических параметров функционирования заданным параметрам;
2. Определение наиболее вероятной группы, к которой относится отказ;
3. Воспроизведение полного образа предполагаемого отказа;
4. Осуществление активного восприятия информации на основе способа-эталона для точного распознавания ситуации.

Для выявления избыточности предложено выполнение обратной задачи, а именно синтеза чрезмерной структуры с заданными свойствами функциональной устойчивости и стоимости строительства и эксплуатации системы.

Предлагается вычислять уровень функциональной устойчивости для систем передачи данных АСУ схемой выдачи мощности РИЭ обобщенным вероятностным показателем  $F_{АСУ}$ , который рассчитывается как свертка матрицы вероятностей связности:

$$P_{CB} = \begin{bmatrix} 0 & P_{12} & P_{13} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & 0 & P_{23} & \dots & P_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ P_{n1} & P_{n2} & P_{n3} & \dots & 0 \end{bmatrix};$$

$$F_{ACV} = F(P_{CB}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij} \cdot P_{ij} \quad (1)$$

где  $n$  – количество узлов коммутации в подсистеме обмена информацией АСУ схемой выдачи мощности РИЭ;

$P_{ij}$  – вероятность связности между узлами  $v_i$  и  $v_j$ ;

$w_{ij}$  – весовые коэффициенты линий связи, которые зависят от заданной интенсивности передачи информации  $\rho_{ij}$  между узлами  $v_i$  и  $v_j$ ;

$$w_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{при } \rho_{ij} \geq M[\rho]; \\ 1, & \text{при } 0,1M[\rho] \leq \rho_{ij} < M[\rho]; \\ 1/2, & \text{при } \rho_{ij} < 0,1M[\rho]. \end{cases}$$

Математическое ожидание заданной интенсивности передачи информации  $M[\rho]$  в системе передачи данных АСУ схемой выдачи мощности РИЭ определяется на основе следующей зависимости:

$$M[\rho] = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \rho_{ij} \quad (2)$$

Вероятность связности  $P_{ij}$  определяется на основе следующих исходных данных:

1) структуры системы передачи данных АСУ схемой выдачи мощности РИЭ, заданной матрицей связей  $A_{CB}$ ;

2) коэффициента готовности передачи информации  $K_{rij}$  по линии связи  $l_{ij}$ .

Таким образом, задача синтеза функционально устойчивой подсистемы обмена информацией АСУ схемой выдачи мощности РИЭ можно сформулировать следующим образом:

Определить: оптимальную структуру графа  $G_{\xi}(V, E)$ ,  $\xi = 1, 2, \dots, N$ , что удовлетворяет требованиям:

$$\Phi_N \nabla_{\Theta} = \phi(\Pi_{I\varphi}) \rightarrow \mu \alpha \xi, \quad (3)$$

при ограничениях:

$$X_{\xi} = \sum_i \sum_j X_{i\varphi}(\lambda_{i\varphi}, \rho_{i\varphi}, \eta_{i\varphi}) \leq X_{\Theta \in \xi}; \quad i, \varphi = 1, 2, \dots, N; \quad (4)$$

$$|\Gamma| \geq 2; \quad \perp(\Gamma) \in \varepsilon; \quad \Gamma_0(\zeta, E) \subseteq \Gamma \setminus (\zeta, E).$$

В предлагаемом подходе к оптимизации структуры подсистемы обмена информацией АСУ схемой выдачи мощности РИЭ предлагается оптимизировать по критерию максимума показателя функциональной устойчивости при ограничениях на стоимость системы. Такая постановка задачи в практическом смысле интерпретируется как попытка получить структуру системы, которая за счет заложенной избыточности могла бы максимально сопротивляться внешним и внутренним дестабилизирующим факторам.

Индекс  $\xi$  в (4) предполагает нахождение нескольких структур для заданной стоимости  $C_{доп}$

для оптимизации и наращивания структуры системы.

Для возможности достижения результата в работе принято решение относительно решения нескольких однокритериальных оптимизационных задач с заданными значениями  $C_{доп}$ , так как вычисления многокритериальной задачи на графах почти недостижимы.

Предположения:

1. Искомые структуры  $G_{\xi}(V, E)$ ,  $\xi = 1, 2, \dots, 5$ , не должны иметь кратных ребер.

2. Искомые структуры не имеют запрещенных линий связи. Будем считать, что с любого узла  $v_i$

любой узел  $v_j$  можно протянуть линию связи  $e_{ij}$  ( $v_i, v_j$ ), имеющий длину  $l_{ij}$  и стоимость затрат  $C_{ij}$  на капитальные вложения и эксплуатацию линии связи.

3. Пропускная способность одиночного канала передачи информации принимается  $\rho_{ij} > h_{ij}$ , где  $h_{ij}$  - интенсивность информационного обмена между узлами  $v_i$  и  $v_j$ .

4. Стоимость капитальных вложений и эксплуатации любой структуры  $G_\xi(V, E)$  вычисляется на основе известных эмпирических зависимостей.

5. Весовые коэффициенты  $w_{ij}$  в выражении (1) при исчислении обобщенного показателя функциональной устойчивости  $F_{ACV}$  носят субъективный характер и должны определяться на основе метода экспертных оценок после ранжирования различных направлений передачи данных по важности.

Анализ значений обобщенного показателя функциональной устойчивости позволяет сравнивать различные структуры систем. Чем выше  $F_{ACV}$  ( $P_{ij}$ ), тем больше «защищенной» будет система от различных сбоях, отказов и повреждений за счет структурной избыточности.

Снижение значений  $K_g$  приводит к смягчению требований к физическим каналам передачи информации, но требует необходимости более высоких затрат на построение дополнительных линий связи для обеспечения функциональной устойчивости распределенной автоматизированной системы управления.

В свою очередь, показатель  $K_g$  сам по себе отражает как физическую природу канала связи (кабельная, радио, оптоволоконная), так и комплекс мероприятий по обеспечению необходимой живучести (надежности) этого канала. Поэтому другим направлением повышения функциональной устойчивости является повышение уровня каждого отдельного показателя  $K_g$  для каждой отдельной линии связи. Очевидно, что комплекс мероприятий по повышению живучести (надежности) также будет влиять на стоимость канала, что, в конечном итоге, приведет к необходимости решения новой проблемы выбора рационального варианта совершенствования подсистемы обмена информацией АСУ схемой выдачи мощности РИЭ.

UDK 638.264:681.18

**Вывод:** Предложен подход к определению показателей и критериев оценки функциональной устойчивости подсистемы обмена информацией АСУ схемой выдачи мощности РИЭ. Указанный подход комплексно использует принцип декомпозиции процедуры обеспечения функциональной устойчивости на более простые этапы и использует методику расчета обобщенного показателя функциональной устойчивости как сверстки матрицы связности структуры. По использованным показателям и критериям можно оценивать и сравнивать различные структуры подсистемы обмена информацией автоматизированной системы управления.

#### Ссылки:

1. Кулик В.В. Оптимальне керування розосередженими джерелами електроенергії з асинхронними генераторами засобами Smart Grid [Електронний ресурс] / В.В. Кулик, Т.Є. Магас, Ю.В. Малогулко // Наукові праці ВНТУ. Енергетика та електротехніка. – 2011. – №4. – С. 1-6. Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1404/999>. – ISSN 2307-5376.

2. Бурикін О. Б., Томашевський Ю. В., Малогулко Ю. В., Радзівєвська Н. В. Оптимальне керування відновлюваними джерелами електроенергії у локальних електричних системах Оптимальне керування відновлюваними джерелами електроенергії у локальних електричних системах [Текст] / О. Б. Бурикін, Ю. В. Томашевський, Ю. В. Малогулко, Н. В. Радзівєвська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 4. – С. 69-74.

3. O. Burykin, P. Lezhniuk, Yu. Malogulko «DISTRIBUTED ENERGY SOURCES IN THE LOCAL ELECTRICAL SYSTEMS». LAP LAMBERT Academic Publishing, Monograph, 2018, 148 p.

4. Неділько С. М. Система показників і критеріїв для формалізації процесів забезпечення функціональної стійкості систем управління повітряним рухом. Інформаційні технології управління. с. 102-105.

*Mirzakhodjaev B.A,  
PhD, Mirzakhodjaev A, PhD  
Dadajanova D.X.,*

*Junior researcher, Scientific Research Institute of Sericulture, Uzbekistan, Tashkent,*

## NEW TECHNOLOGIES OF SELECTION OF SILKWORM COCOONS FOR THE TRIBE WITH APPROPRIATE TECHNICAL MEANS

**Abstract:** The article presents three variants of advanced technologies for the selection of cocoons for the tribe, for the preparation of non-clogged hybrid Eggs of silkworm with adapted and unified to each technology appropriate technical means, as well as comparative technical and economic indicators of each technology option.

**Summary.** With the introduction of these technologies, the level of manual labor in the preparation of hybrid eggs of silkworm at eggs enterprises is reduced by 4-5 times. Labor productivity increases 7-8 times. The quality of the prepared eggs is increased by 25%, and the number of necessary tribal cocoons for the preparation

of one kg of eggs is reduced by 30%. Resulting feeding silkworm of the tracks from it get 15% more of high-quality cocoons, while unwinding output of raw silk increased by 5%. And the quality of the resulting raw silk meets the standards from A to 3A.

*Keywords: tribal cocoons, eggs of silkworm, sorting, calibration, division by sex, cutting, technology, technical means.*

### Introduction

The quality of the cocoon raw material obtained from the domestic hybrid eggs of silkworm does not meet the requirements of the silk industry and its reliability is quite high [1, 2].

In Uzbekistan, the production of silkworm hybrids started in the 40 years of the last century, but to date, has not developed the optimal technology for producing hybrid eggs of silkworm. In the preparation of hybrid eggs of the silkworm use the basic rules for the preparation of industrial eggs of the silkworm, in factories for the preparation eggs of the silkworm, as well as various educational techniques [3, 4]. These sources do not provide specific parameters of the processed materials for which the selection is carried out. At present, a method of obtaining hybrid eggs of the silkworm consisting of sorting breeding cocoons, dividing them by sex on devices of the type ADK based on dividing cocoons by sex by weight method is used. However, currently used methods and techniques of production of eggs of the silkworm based on manual labor are not very perfect and are characterized by the following disadvantages:

- the subjectivity of manual (visual) sorting of cocoons on indirect grounds, depending on the experience and qualifications of the employee;
- decrease in productive qualities of breeding breeds and increased consumption of breeding cocoons for obtaining 1 kg. eggs of silkworm.

This can be explained by the fact that the sorting of cocoons in factories for the preparation eggs of the silkworm is carried out by an organoleptic method, where the selection of cocoons according to the most qualitative characteristics - caliber and weight is not carried out.

### Materials and methods

To solve the above problem, taking into account the experience of domestic and foreign science, as well as the equipment of domestic enterprises for preparing eggs of silkworm with technical equipment, three options of technology with appropriate equipment and equipment have been developed, the scheme of which is shown in Figure 1.

**I option.** Breeding cocoons are divided by caliber with a Cocoon calibration device [5], into three fractions: small, medium and large. A medium fraction within 60-70% is selected for a tribe, which, using the dividing the cocoons by sex (ADK) machine, is divided by sex (mass) into three groups, so that the division error of heavy (females) cocoons is not more than 5%, and the minimum number of cocoons (up to 22%) fell into the light -males group, with any division error. At the in middle, the average - undefined group may reach 46-54%.

The tribe selected an undefined group of cocoons and a group of females and a group of males in the tribe do not use.

The cocoons of the female are placed on the bed and papilionage is carried out using a known technology [6]

The cocoons of an indefinite group are loaded into special cassettes [7], where, after leaving the cocoons, they enter the cells of the cassette one at a time and are isolated from each other. Then the workers visually divide them into females and males with 95% accuracy and with high productivity.

This option will significantly increase productivity and produce high-quality non-clogged hybrid eggs.

In the absence of a cassette for dividing butterflies by sex, papilionage of cocoons of an indefinite group can be carried out using the usual technology in the following sequence:

- since the group of males is not used, therefore, all workers are sent to collect male butterflies from an indefinite group. This will make it possible to effectively use workers, to eliminate as much as possible the mating of butterflies and the clogging of the hybrid eggs purebred;
- male butterflies from the group of females can be collected after the completion of work with an indefinite group, as randomly mated males in this group are insignificant, no more than 5%, which can be divided and re-used.

**II option.** The party of cocoons by the Cocoon calibration device is calibrated by caliber into three fractions, and its average fraction is selected for the tribe, which is divided by mass (sex) into three groups by the ADK machine.

The selected cocoons of the female are placed on the bed and papilionage is carried out according to the usual technology, and the cocoons of an indefinite group are cut off using the device for cutting off the shell of cocoons [8], remove the pupae, divide them visually by the sex and store them in special beds providing conditions for normal life of the pupae before turning them into butterflies.

It will require a significant number of trained workers, because their qualifications will largely determine the accuracy of the separation of pupae by sex.

**III option.** The party of cocoons are divided by the Cocoon calibration device into three fractions and its middle fraction is selected for the tribe, from which the pupae are removed from the cocoons using cutting the shell of cocoons device. Next, the pupae are visually selected by the sex and stored in beds as in the second option.

To perform this technology option, you will need a large number of qualified, temporary workers and special beds for the storage of pupae, as well as a sys-

tem for maintaining the temperature and humidity in the room.

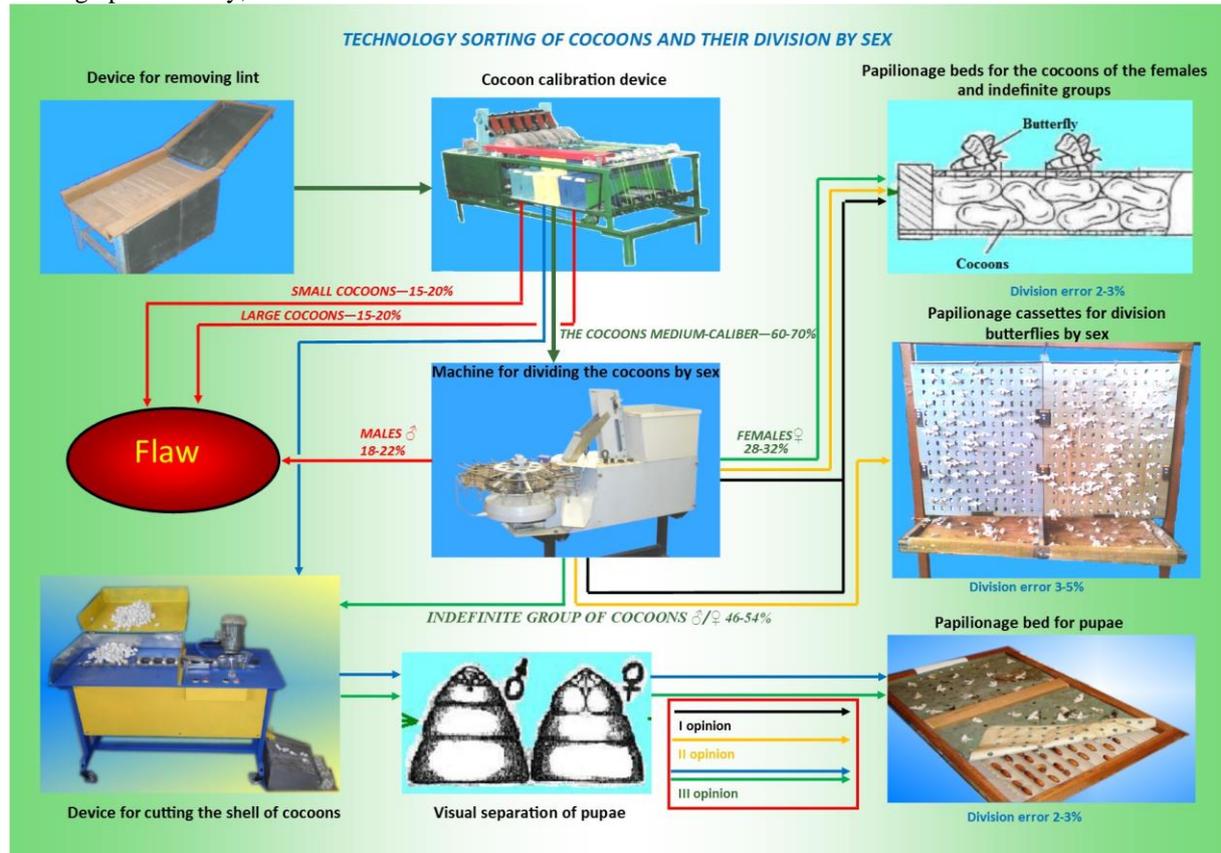
To date, drawings have been developed and prototypes of devices have been manufactured that are included in the corresponding technology options:

- the cocoon calibration device, which allows to select the average fraction of cocoons from the batch with high performance, within the required limits;
- the ADK machine that is used to divide the cocoons by sex (mass) with high precision and performance;
- a cassette for dividing butterflies by sex, which allows dividing butterflies by sex with 95% accuracy and high productivity;

- a devise for cutting the shell of cocoons with a productivity of 10-15 kg / hour;

- a bed for the storage of pupae, creating conditions for the pupae close to those in the cocoon shell.

These developments were tested in laboratory and production conditions where positive results were obtained. Technical and operational parameters of the options are given in the table. These tables show that the first option is the most effective. It allows you to produce high-quality hybrid silkworm eggs with minimal labor costs.



Table

Comparative technical and economic indicators of options of the technology of sorting cocoons and dividing them by sex from calculation the production 25 thousand boxes (1 box = 29g) of silkworm eggs.

№	Perform work	Method of work execution	Capacity, kg/h	Number of technical means	Labor costs, p/h
<b>I opinion technology</b>					
1	Sorting of cocoons (33t.)	Cocoon calibration device	70	3pcs	1000
2	Separation of cocoons of the middle fraction by sex (20t.)	Machine for dividing the cocoons by sex (ADK)	10	20pcs	2000
3	Separation of butterflies of an indefinite group of cocoons by sex (10t.)	Papilionage cassettes for division butterflies by sex	10	1000pcs	1000
<b>II opinion technology</b>					
1	Sorting of cocoons (33t.)	Cocoon calibration device	70	3pcs	1000
2	Separation of cocoons of the middle fraction by sex (20t.)	Machine for dividing the cocoons by sex (ADK)	10	20pcs	2000

3	Cutting the cocoon shell and dividing the pupae by sex (10t.)	1. Device for cutting the shell of cocoons	3,0	3pcs	2000
		2. Visually by sex	1,0	83 person.	10000
4	Storage of pupae (10t.)	Papilionage bed for pupae	5,0	1000pcs	2000
<b>III opinion technology</b>					
1	Sorting of cocoons (33t.)	Cocoon calibration device	70	3pcs	1000
2	Cutting the cocoon shell and dividing the pupae by sex (20t.)	1. Device for cutting the shell of cocoons	3,0	3pcs	2000
		2. Visually by sex	1,0	166 person.	20000
3	Storage of pupae (20t.)	Papilionage bed for pupae	5,0	2000pcs	4000

**References:**

1. Alimova X.A. Ways to improve the quality of raw silk to world standards. // J. Shelk. – Tashkent, 1996. - №1 – p.3.  
 2. Muxammedov M.M. Issues of improving the quality of raw silk. // J. Shelk. – Tashkent, 1996. - №2 -p.3-4.  
 3. Basic rules for the preparation of industrial eggs of silkworm at the eggs plants.. – Tashkent, 2007. –p. 5-8.  
 4. Kovalev P.A, Sheveleva A.A. Eggs production and selection of silkworm. – Tashkent: Uchitel, 1966. - p.29-38, 142-143.

5. Patent RUz. № IAP02756 Device for calibration of cocoons. / Mirzahodchaev B.A // Rasmiy ahborotnoma. - 2005. - №4.  
 6. Mirzahodchaev B.A, Korabelnikov A.V. An improved method for the sorting of cocoons by weight with the simultaneous division by sex.// J. Izvestiya Vuzov. Tehnologiya tekstilnoy promyshlennosti. – Ivanovo, 2011 - №1 – p.34-37.  
 7. Patent RUz № IDP05137. Cassette for isolation of butterflies and their separation by sex/ Mirzahodchaev B.A.// B.I. – 2002. - №3  
 8. Patent RUz № IAP05678. Device for cutting the shell of cocoons / Mirzahodchaev B.A., Mirzahodchaev A., Soipov B.T.// B.I. – 2018. - №4

**Miroshnikov V.Yu.**

*PhD, associate professor*

*Kharkiv National University of Construction and Architecture*

**THIRD MAIN PROBLEM OF THE THEORY OF ELASTICITY FOR THE LAYER WITH A LONGITUDINAL THICK-WALLED TUBE**

This paper proposes an approach to solving the substantially spatial problem of the theory of elasticity for the layer with a longitudinal circular cylindrical tube located therein. The layer and tube are rigidly fixed together. It is necessary to study the stress-strain state of the elastic bodies of both the layer and tube.

On the lower boundary of the layer, displacements are given; on the upper boundary of the layer and the inner surface of the tube, stresses; on the boundary of the layer and tube, conjugation conditions. The solution to the spatial problem of the theory of elasticity is obtained using the generalized Fourier method in relation to the system of Lamé's equations in the cylindrical coordinates associated with the tube, and the Cartesian coordinates associated with the boundaries of the layer. By satisfying both the boundary and conjugation conditions, we obtain infinite systems of linear algebraic equations that are solved by the truncation method. As a result, we obtain displacements and stresses at different points of both the elastic layer and elastic tube.

A numerical analysis of the stress-strain state of the elastic body of the layer and tube is carried out. Graphs of the normal stresses on the inner and outer surfaces of the tube are presented. The indicated stress-strain graphs show that the greatest stress in the tube arises on its internal surface. In addition, in comparison with the given function, there is a very slow decrease in the stresses along the z axis. The proposed method can be used to calculate tunnels in rocks and other structures and parts whose calculation schemes coincide with the statement of the problem in this paper.

The given stress-strain analysis can be used to select geometric design parameters at the initial design stage.

*Keywords: thick-walled tube in the layer, Lamé's equation, generalized Fourier method.*

**Introduction**

When designing tunnels, underground facilities and protective screens, there is a need to determine the stress-strain state in such structures. To achieve this, it is necessary to have a calculation method that matches

the calculation scheme and allows getting the result with the required accuracy.

There are papers for the layer with a transverse circular cavity or inclusion [1 - 3]. However, the methods used in them can not be applied to the layer with a longitudinal cavity or inclusion.

Papers [4-5] consider the stationary problems of wave diffraction for the layer with a longitudinal cylindrical cavity or inclusion, with the problems based both on the Fourier decomposition method and the image method.

This paper uses an analytical-numerical approach, and is based on the generalized Fourier method [6]. On the basis of this method, also solved are the problems for a half-space with a cylindrical cavity or inclusion [9-11], as well as the one for a cylinder with cylindrical inclusions [12].

#### Formulation of the Problem

In an elastic homogeneous layer, parallel to its boundaries, an infinite circular cylindrical thick-walled tube with an external radius  $R_1$  and an interior one  $R_2$  is located.

The tube will be considered in the cylindrical coordinate system  $(\rho, \varphi, z)$ , and the layer, in the Cartesian coordinate system  $(x, y, z)$ , which is equally oriented and associated with the system of coordinates of the tube. The upper boundary of the layer is located at the distance  $y = h$ , the lower one, at the distance  $y = -\tilde{h}$ . It is necessary to find a solution to the Lamé equation

$$\Delta \vec{U}_j + (1 - 2\sigma_j)^{-1} \nabla \operatorname{div} \vec{U}_j = 0$$

where  $\sigma_j$  is Poisson's coefficient for the layer ( $j = 1$ ) or the tube ( $j = 2$ ).

On the lower boundary of the layer, the displacements  $\vec{U}_1(x, z)|_{y=-\tilde{h}} = \vec{U}_{\tilde{h}}^0(x, z)$  are given; on the upper boundary of the layer, the stresses  $F\vec{U}_1(x, z)|_{y=h} = F\vec{U}_h^0(x, z)$ ; on the inner surface of the tube, the stresses  $F\vec{U}_2(\varphi, z)|_{\rho=R_2} = \vec{F}_R^0(\varphi, z)$ ; on the boundary of the tube and layer, the conjugation conditions

$$\vec{U}_1(\varphi, z)|_{\rho=R_1} = \vec{U}_2(\varphi, z)|_{\rho=R_1}, \quad (1)$$

$$F\vec{U}_1(\varphi, z)|_{\rho=R_1} = F\vec{U}_2(\varphi, z)|_{\rho=R_1}, \quad (2)$$

where  $F\vec{U}_j = 2 \cdot G_j \cdot \left[ \frac{\sigma_j}{1 - 2 \cdot \sigma_j} \vec{n} \cdot \operatorname{div} \vec{U}_j + \frac{\partial}{\partial n} \vec{U}_j + \frac{1}{2} (\vec{n} \times \operatorname{rot} \vec{U}_j) \right]$  is the stress operator;  $\sigma_j, G_j, \vec{U}_j$  are the elastic constants and displacements of the layer ( $j = 1$ ) or the tube ( $j = 2$ );

$$\begin{aligned} \vec{U}_h^0(x, z) &= \tau_{yx}^{(h)} \vec{e}_1^{(1)} + \sigma_y^{(h)} \vec{e}_2^{(1)} + \tau_{yz}^{(h)} \vec{e}_3^{(1)}, \\ \vec{U}_{\tilde{h}}^0(x, z) &= U_x^{(\tilde{h})} \vec{e}_1^{(1)} + U_y^{(\tilde{h})} \vec{e}_2^{(1)} + U_z^{(\tilde{h})} \vec{e}_3^{(1)}, \\ \vec{F}_R^0(\varphi, z) &= \sigma_\rho^{(p)} \vec{e}_1^{(2)} + \tau_{\rho\varphi}^{(p)} \vec{e}_2^{(2)} + \tau_{\rho z}^{(p)} \vec{e}_3^{(2)} \end{aligned} \quad (3)$$

are known functions;  $\vec{e}_j^{(k)}$ , ( $j = 1, 2, 3$ ) are the unit vectors of the Cartesian ( $k = 1$ ) and cylindrical ( $k = 2$ ) coordinate systems.

All known vectors and functions will be considered as fast falling to zero at great distances from the origin of the coordinate  $z$  for the tube and the coordinates  $x$  and  $z$  for the boundaries of the layer.

#### Solving the Problem

Choose the basic solutions to the Lamé equation for the specified coordinate systems in form [6]

$$\begin{aligned} \vec{u}_k^\pm(x, y, z; \lambda, \mu) &= N_k^{(d)} e^{i(\lambda z + \mu x) \pm \gamma y}; \\ \vec{R}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda) &= N_k^{(p)} I_m(\lambda \rho) e^{i(\lambda z + m\varphi)}; \\ \vec{S}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda) &= N_k^{(p)} \left[ (\operatorname{sign} \lambda)^m K_m(|\lambda| \rho) \cdot e^{i(\lambda z + m\varphi)} \right]; \quad k = 1, 2, 3; \end{aligned} \quad (4)$$

$$N_1^{(d)} = \frac{1}{\lambda} \nabla; N_2^{(d)} = \frac{4}{\lambda} (\sigma - 1) \bar{e}_2^{(1)} + \frac{1}{\lambda} \nabla(y \cdot); N_3^{(d)} = \frac{i}{\lambda} \text{rot}(\bar{e}_3^{(1)} \cdot); N_1^{(p)} = \frac{1}{\lambda} \nabla;$$

$$N_2^{(p)} = \frac{1}{\lambda} \left[ \nabla \left( \rho \frac{\partial}{\partial \rho} \right) + 4(\sigma - 1) \left( \nabla - \bar{e}_3^{(2)} \frac{\partial}{\partial z} \right) \right]; N_3^{(p)} = \frac{i}{\lambda} \text{rot}(\bar{e}_3^{(2)} \cdot);$$

$$\gamma = \sqrt{\lambda^2 + \mu^2}, \quad -\infty < \lambda, \mu < \infty,$$

where  $I_m(x)$ ,  $K_m(x)$  are the modified Bessel functions;  $\bar{R}_{k,m}$ ,  $\bar{S}_{k,m}$ ,  $k=1, 2, 3$  are, respectively, the internal and external solutions to the Lamé equation for the cylinder;  $\bar{u}_k^{(-)}$ ,  $\bar{u}_k^{(+)}$  are the solutions to the Lamé equation for the layer.

The solution to the problem will be presented in the form

$$\bar{U}_1 = \sum_{k=1-\infty}^3 \int_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} B_{k,m}(\lambda) \cdot \bar{S}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda) d\lambda +$$

$$+ \sum_{k=1-\infty}^3 \int_{m=-\infty}^{\infty} \int_{m=-\infty}^{\infty} (H_k(\lambda, \mu) \cdot \bar{u}_k^{(+)}(x, y, z; \lambda, \mu) + \tilde{H}_k(\lambda, \mu) \cdot \bar{u}_k^{(-)}(x, y, z; \lambda, \mu)) d\mu d\lambda, \quad (5)$$

$$\bar{U}_2 = \sum_{k=1-\infty}^3 \int_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_{k,m}(\lambda) \cdot \bar{R}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda) + \tilde{A}_{k,m}(\lambda) \cdot \bar{S}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda) d\lambda, \quad (6)$$

where,  $\bar{S}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda)$ ,  $\bar{R}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda)$ ,  $\bar{u}_k^{(+)}(x, y, z; \lambda, \mu)$  and  $\bar{u}_k^{(-)}(x, y, z; \lambda, \mu)$  are the basic solutions given by formulas (4), and the unknown functions  $H_k(\lambda, \mu)$ ,  $\tilde{H}_k(\lambda, \mu)$ ,  $B_{k,m}(\lambda)$ ,  $A_{k,m}(\lambda)$  and  $\tilde{A}_{k,m}(\lambda)$  must be found from boundary conditions (3) and conjugation conditions (1) and (2).

To switch between the coordinate systems, we use the formulas derived from [14]:

– for the transition from the solutions  $\bar{S}_{k,m}$  for the cylindrical coordinate system to the solutions for the layer  $\bar{u}_k^{(-)}$  (for  $y > 0$ ) and  $\bar{u}_k^{(+)}$  (for  $y < 0$ )

$$\bar{S}_{k,m}(\rho, \varphi, z; \lambda) = \frac{(-i)^m}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \omega_{\mp}^m \cdot \bar{u}_k^{(\mp)} \cdot \frac{d\mu}{\gamma}, \quad k = 1, 3;$$

$$\bar{S}_{2,m}(\rho, \varphi, z; \lambda) = \frac{(-i)^m}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \omega_{\mp}^m \cdot \left( \left( \pm m \cdot \mu - \frac{\lambda^2}{\gamma} \right) \bar{u}_1^{(\mp)} - \lambda^2 \bar{u}_2^{(\mp)} \pm \right.$$

$$\left. \pm 4\mu(1 - \sigma) \bar{u}_3^{(\mp)} \right) \frac{d\mu}{\gamma^2}, \quad (7)$$

where  $\gamma = \sqrt{\lambda^2 + \mu^2}$ ,  $\omega_{\mp}(\lambda, \mu) = \frac{\mu \mp \gamma}{\lambda}$ ,  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ;

– for the transition from the solutions  $\bar{u}_k^{(+)}$  and  $\bar{u}_k^{(-)}$  for the layer to the solutions  $\bar{R}_{k,m}$  for the cylindrical coordinate system

$$\begin{aligned}\vec{u}_k^{(\pm)}(x, y, z) &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} (i \cdot \omega_{\mp})^m \vec{R}_{k,m}, \quad (k=1, 3); \\ \vec{u}_2^{(\pm)}(x, y, z) &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[ (i \cdot \omega_{\mp})^m \cdot \lambda^{-2} \left( (m \cdot \mu) \cdot \vec{R}_{1,m} \pm \gamma \cdot \vec{R}_{2,m} + 4\mu(1-\sigma)\vec{R}_{3,m} \right) \right],\end{aligned}\quad (8)$$

where  $\vec{R}_{k,m} = \vec{b}_{k,m}(\rho, \lambda) \cdot e^{i(m\varphi + \lambda z)}$ ;

$$\begin{aligned}\vec{b}_{1,n}(\rho, \lambda) &= \vec{e}_{\rho} \cdot I'_n(\lambda\rho) + i \cdot I_n(\lambda\rho) \cdot \left( \vec{e}_{\varphi} \frac{n}{\lambda\rho} + \vec{e}_z \right); \\ \vec{b}_{2,n}(\rho, \lambda) &= \vec{e}_{\rho} \cdot \left[ (4\sigma - 3) \cdot I'_n(\lambda\rho) + \lambda\rho I''_n(\lambda\rho) \right] + \\ &+ \vec{e}_{\varphi} i \cdot m \left( I'_n(\lambda\rho) + \frac{4(\sigma - 1)}{\lambda\rho} I_n(\lambda\rho) \right) + \vec{e}_z i \lambda \rho I'_n(\lambda\rho); \\ \vec{b}_{3,n}(\rho, \lambda) &= - \left[ \vec{e}_{\rho} \cdot I_n(\lambda\rho) \frac{n}{\lambda\rho} + \vec{e}_{\varphi} \cdot i \cdot I'_n(\lambda\rho) \right],\end{aligned}$$

$\vec{e}_{\rho}$ ,  $\vec{e}_{\varphi}$ ,  $\vec{e}_z$  are the unit vectors in the cylindrical coordinate system.

To fulfill the boundary conditions at the boundaries of the layer, we rewrite the basic solutions  $\vec{S}_{k,m}$  in (5), using transition formulas (7), in the Cartesian coordinate system through the basic solutions  $\vec{u}_k^{(-)}$  (for  $y = h$ ) and  $\vec{u}_k^{(+)}$  (for  $y = -\tilde{h}$ ). We equate the resulting vectors, for  $y = -\tilde{h}$ , to the given  $\vec{U}_{\tilde{h}}^0(x, z)$ , and for  $y = h$ , we find the stresses and equate them to  $\vec{F}_h^0(x, z)$ . We give the vectors  $\vec{U}_{\tilde{h}}^0(x, z)$  and  $\vec{F}_h^0(x, z)$  in advance through the double Fourier integrals.

The resulting system of 6 equations has a determinant

$$\frac{32 \cdot G^3 \cdot \gamma^5 \cdot \operatorname{ch} \bar{x} \cdot \left[ \bar{x}^2 + (3 - 4\sigma) \cdot \operatorname{ch}^2 \bar{x} + (1 - 2\sigma)^2 \right]}{\lambda^4},$$

where  $\bar{x} = \gamma(h + \tilde{h})$ ,  $G$  is the shear modulus. The square brackets of this determinant coincide with known results [15].

From the obtained equations, we find the functions  $H_k(\lambda, \mu)$  and  $\tilde{H}_k(\lambda, \mu)$  through  $B_{k,m}(\lambda)$ .

To take into account conjugation conditions (1), we decompose, in (5), the basic solutions  $\vec{u}_k^{(\pm)}$  by means of (8), turning them into the solutions  $\vec{R}_{k,m}$ . We then equate  $\rho=R_1$  therein. This will fulfill condition (1).

To take into account conjugation conditions (2), we find the vectors  $F\vec{U}_1$  and  $F\vec{U}_2$  from solutions

(5) and (6), decompose the basic solutions  $\vec{u}_k^{(\pm)}$  therein by means of (8), turning them into the solutions  $\vec{R}_{k,m}$ , and equate  $\rho = R_1$ . This will fulfill condition (2).

These two conditions give 6 equations, conjugating all the unknowns in equations (5) and (6).

To take into account the boundary conditions on the inner surface of the tube, we apply the stress operator to the right-hand side of (6), and equate (for  $\rho=R_2$ ) to the specified  $\vec{F}_R^0(\varphi, z)$  given by the integral and Fourier series.

From the resulting system of equations, we exclude the previously found functions  $H_k(\lambda, \mu)$  and  $\tilde{H}_k(\lambda, \mu)$  through  $B_{k,m}(\lambda)$ . Having gotten rid of the series  $m$  and integrals  $\lambda$ , we obtain a collection of nine infinite systems of linear algebraic equations for identifying the unknowns  $A_{k,m}(\lambda)$ ,  $\tilde{A}_{k,m}(\lambda)$  and  $B_{k,m}(\lambda)$ .

For the obtained infinite systems of equations, we will apply the truncation method. The numerical studies show that the determinant of the truncated system does not turn into zero for any  $m$ , for  $0 \leq m \leq 10$ , and, consequently, this system of equations has a unique solution.

Having solved this system of equations, we will find the unknowns,  $A_{k,m}(\lambda)$ ,  $\tilde{A}_{k,m}(\lambda)$  and  $B_{k,m}(\lambda)$ .

We substitute the functions  $B_{k,m}(\lambda)$  obtained from the infinite system of equations into the expressions for  $H_k(\lambda, \mu)$  and  $\tilde{H}_k(\lambda, \mu)$ . This will determine all unknown problems.

**Numerical Studies of the Stressed State**

A B30 grade concrete tube is located in a homogeneous isotropic clay layer in parallel with its surfaces. Layer: Poisson's coefficient  $\sigma_1 = 0.3$ , the elastic modulus  $E_1 = 10 \text{ kN} / \text{cm}^2$ . Tube: Poisson's coefficient  $\sigma_2 = 0.16$ , the elastic modulus  $E_2 = 3250 \text{ kN} / \text{cm}^2$ . The outer tube radius  $R_1 = 70 \text{ cm}$ , the internal one  $R_2 = 60 \text{ cm}$ . The layer thickness  $h + \tilde{h} = 340 \text{ cm}$ . The dis-

tance from the upper boundary of the layer to the tube center  $h = 170 \text{ cm}$ .

With the weight of the processing equipment taken into account, on the upper boundary of the layer, the stresses

$$\sigma_y^{(h)}(x, z) = -10^8 \cdot (z^2 + 10^2)^{-2} \cdot (x^2 + 10^2)^{-2},$$

$\tau_{yx}^{(h)} = \tau_{yz}^{(h)} = 0$  are given; on the lower boundary

of the layer, the displacements  $U_x^{(\tilde{h})} = U_y^{(\tilde{h})} = U_z^{(\tilde{h})} = 0$  are given. On the inner

surface of the tube, there are no stresses  $\sigma_\rho^{(p)} = \tau_{\rho\phi}^{(p)} = \tau_{\rho z}^{(p)} = 0$ .

A finite system of equations of order  $m = 8$  was solved. The accuracy of the fulfillment of the boundary conditions for the indicated values of geometric parameters was equal to  $10^{-4}$ .

Fig. 1 shows the normal stresses along the  $z$  axis at the upper point of the tube on the outer and inner surfaces.

The greatest stresses are  $\sigma_\phi$  (Fig. 1, line 2), which reach the maximum values at  $z = 0$ : on the outer surface of the tube, the compression  $\sigma_\phi = -0.5 \text{ kN} / \text{cm}^2$ ; on the inner surface of the tube, the tension  $\sigma_\phi = +0.564 \text{ kN} / \text{cm}^2$ . It should be noted that the stresses on the tube surface, along the  $z$  axis, fall very slowly (compared to the specified function at the boundary of the layer).

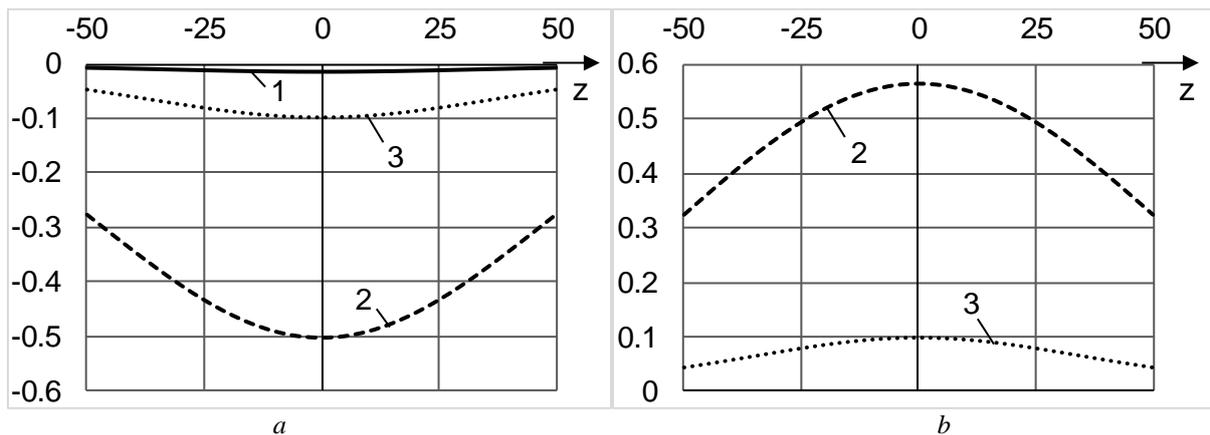


Fig. 1. Stresses on the surfaces of the tube along the  $z$  axis, at  $x = 0$  (in  $\text{kN} / \text{cm}^2$ ):

$a$  – on the outer surface ( $y = +R_1$ );  $b$  – on the inner surface ( $y = +R_2$ ); 1 –  $\sigma_\rho$ ; 2 –  $\sigma_\phi$ ; 3 –  $\sigma_z$

Fig. 2 shows the stresses on the tube surface (along the radii  $R_1$  and  $R_2$ ) in the plane  $z = 0$ .

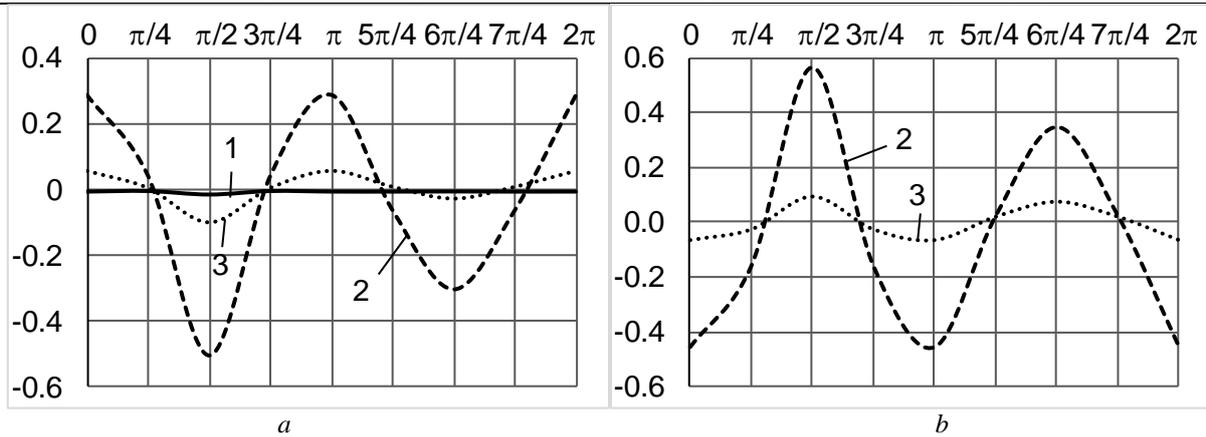


Fig. 2. Stresses on the surface of the tube along the radii  $R_1$  and  $R_2$ , at  $z = 0$  (in  $\text{kN/cm}^2$ ):

$a$  – on the outer surface;  $B$  – on the inner surface; 1 –  $\sigma_\rho$ ; 2 –  $\sigma_\varphi$ ; 3 –  $\sigma_z$

Along the radii, the stresses vary from compression to tension and vice versa. Thus, on the outer surface of the tube (Fig. 2a) at the upper and lower points, there is compression, to the right and left, tension. At the inner surface of the tube (Fig. 2b), in the upper and lower points, there is tension, on the left and right, compression. In addition, the stresses in absolute value on the inner surface of the tube are higher than on the outer one.

Along the radius  $R_1$  in the elastic body of the layer, the stresses are very small (in comparison with those in the elastic body of the tube), which is the result of the difference in the layer and tube materials.

### Conclusions

On the basis of the generalized Fourier method, the problem for the layer with a longitudinal cylindrical thick-walled tube and different boundary conditions at the boundaries of the layer and tube is calculated.

The proposed analytical-numerical calculation method allows us, with the given accuracy, to determine the stress-strain state of the elastic body, taking into account its infinite boundaries and conjugation conditions for the layer and tube.

The numerical study of the stress-strain state of the concrete tube, which is in a layer of clay under the action of loading on the surface of the layer, proves that the greatest stresses arise on its inner surface. In addition, in comparison with the given function, there is a very slow decrease in the stresses along the  $z$  axis.

The numerical studies of the algebraic system make it possible to state that its solution can be found with any degree of accuracy by the method of reduction. This is confirmed by the high accuracy of the implementation of boundary conditions.

The resulting graphs can be used to select geometric characteristics during the design of tunnels and assess the stress-strain state in other constructions with similar conditions.

A further development of this direction is possible for the layer with a longitudinal cylindrical cavity or a thick-walled tube that rests on an elastic basis.

### References

1. Vaysfel'd, N., Popov, G., Reut V. (2015) The axisymmetric contact interaction of an infinite elastic plate with an absolutely rigid inclusion. *Acta Mech*, vol. 226, pp. 797–810. DOI 10.1007/s00707-014-1229-7.
2. Popov, G. YA., Vaysfel'd, N. D. (2014) *Osesimmetrichnaya zadacha teorii uprugosti dlya beskonechnoy plity s tsilindricheskim vklyucheniym pri uchete yeye udel'nogo vesa* [Axisymmetric problem of the theory of elasticity for an infinite slab with a cylindrical inclusion, taking into account its specific weight]. *Prikladnaya mekhanika – Applied mechanics*, vol. 50, no. 6, pp. 27–38. (in Russian).
3. Grinchenko, V. T., Ulitko, A. F. (1968) An exact solution of the problem of stress distribution close to a circular hole in an elastic layer. *Soviet Applied Mechanics*, no. 10, pp. 31–37.
4. Guz, A. N., Kubenko, V. D., Cherevko, M. A. (1978) *Difraktsiya uprugikh voln* [Diffraction of Elastic Waves]. Kiyev: Naukova Dumka, 307 p. (in Russian).
5. Volchkov, V. V., Vukolov, D. S., Storozhev, V. I. (2016) *Difraktsiya voln sdviga na vnutrennikh tunnel'nykh tsilindricheskikh neodnorodnostyakh v vide polosti i vklyucheniya v uprugom sloye so svobodnymi granyami* [Diffraction of shear waves by internal tunneling cylindrical inhomogeneities in the form of a cavity and included in an elastic layer with free faces]. *Mekhanika tverdogo tela – Solid Mechanics*, vol. 46, pp. 119–133. (in Russian).
6. Nikolayev, A. G., Protsenko, V. S. (2011) *Obobshchenny metod Fur'ye v prostranstvennykh zadachakh teorii uprugosti* [The generalized Fourier method in spatial problems of the theory of elasticity]. Kharkov: Nats. aerokosm. universitet im. N.Ye. Zhukovskogo «KHAИ», 344 p. (in Russian).
7. Nikolayev, A. G., Orlov, Ye. M., (2012) *Resheniye pervoy osesimmetrichnoy termouprugoy krayevoy zadachi dlya transversal'no-izotropnogo poluprostranstva so sferoidal'noy polost'yu* [Solution of the first axisymmetric thermoelastic boundary value problem for a transversely isotropic half-space with a spheroidal cavity]. *Problemy obchyslyval'noy*

*mekhaniky i mitsnosti konstruksiy – Problems of computational mechanics and structural durability*, vol. 20, pp. 253-259. (in Russian).

8. Miroshnikov, V. Yu., (2018) First basic elasticity theory problem in a half-space with several parallel round cylindrical cavities. *Journal of Mechanical Engineering*, vol.21, no. 2, pp. 12 – 18.

9. Protsenko, V., Miroshnikov, V. (2018) Investigating a problem from the theory of elasticity for a half-space with cylindrical cavities for which boundary conditions of contact type are assigned. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Applied mechanics*, vol. 4, no. 7, pp. 43 – 50. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139567>

10. Nikolayev, A. G., Shcherbakova, A. YU., Yukhno, A. I. (2006) *Deystviye sosredotochennoy sily na transversal'no-izotropnoye poluprostranstvo s paraboloidal'nym vklyucheniym* [Action of Concentrated Force on a Transversely-Isotropic Half-Space with Paraboloidal Inclusion]. *Voprosy proyektirovaniya i proizvodstva konstruksiy letatel'nykh apparatov – Issues of Design and Production of Structures of Aircraft*, vol. 2, pp. 47-51. (in Russian).

11. Miroshnikov, V. YU. (2018) Evaluation of the stress-strain state of half-space with cylindrical cavities. *Visnyk Dniprovs'koho universytetu. Seriya: Mekhanika – Bulletin of the Dnipro University. Series: Mechanics*, vol. 26, no. 5, pp. 109 – 118.

12. Nikolayev, A. G., Tanchik, Ye. A. (2013) *Raspredeleniye napryazheniy v yacheyke odnonapravlennoy kompozitsionnoy materiala, obrazovannogo chetyr'mya tsilindricheskimi voloknami* [Stress distribution in a cell of a unidirectional composite material formed by four cylindrical fibers]. *Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Matematyka. Mekhanika – Bulletin of the Odessa National University. Maths. Mechanics*, vol. 4, pp. 101-111. (in Russian).

13. Protsenko, V. S., Ukrainets, N. A. (2015) *Primeneniye obobshchennogo metoda Fur'ye k resheniyu pervoy osnovnoy zadachi teorii uprugosti v poluprostranstve s tsilindricheskoy polost'yu* [Application of the generalized Fourier method to the solution of the first main problem of the theory of elasticity in a half-space with a cylindrical cavity]. *Visnyk Zaporiz'koho natsional'noho universytetu – Bulletin of the Zaporizhzhya National University*, vol. 2, pp. 193-202. (in Russian).

14. Protsenko, V. S., Ukrainets, N. A. (2004) The second main boundary value problem of the theory of elasticity for a half-space with a circular cylindrical cavity. *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine* vol. 12, pp. 52-58.

15. Vorovich, I. I., Aleksandrov, V. M., Babeshko, V. A. (1974) *Neklassicheskiye smeshannyye zadachi teorii uprugosti* [Non-classical mixed problems of the theory of elasticity]. *Moskov: Nauka*, 456 p. (in Russian).

UDC: 519.76

*Abdisait Norov*

*The senior lecturer of Karshi State University,*

## THE INITIAL PRACTICAL MATTERS OF CREATION FORMAL GRAMMAR OF UZBEK LANGUAGE

**Abstract:** Formal grammar of natural language is one of the important factors in “man-machine” formation of communication for intellectual systems. This formal grammar based on linguistic models in a specific natural language area. This article outlines the initial problems in formulating the formal grammar of the Uzbek language. Lingo-mathematical models relations and linguistic of the Uzbek language are investigated. There are also comments on some of the solutions as well.

*Keywords:* artificial intelligence, intelligent system, linguistic model, lingo-mathematical model, virtual expand of alphabet, formal grammar.

Formulating (modeling) long-term experiences and knowledge which accumulated by the humanity, in formal type and creating different methods of presenting this knowledge in computer have become one of the most current issues which today’s scientists have been facing. Numerous scientific research and practical works have been made by scientists over the years in order to solve these problems. As a result, new scientific concepts such as “artificial intelligence”, “intelligent system” or “expert system” have come into our society at the level of modern science in recent years [1, p. 5].

The issues of artificial intelligence in the sphere of research are various in terms of their essence and complexity; individual, specific methods are used in order to solve them. When we say about the research

model and methods of artificial intelligence, **natural language processing (NLP)** or **machine translation** is at one of the first places [2, p. 130].

In particular, issues such as understanding the text in natural language, analyzing them, reproducing and generating, also, machine translation, creating information search methods with perfection are considered as the urgent problems in recent years. In addition, issues such as differentiating various symbols, manuscript texts and even oral speech with program are included to the research list of artificial intelligence.

With one word, the ling ware needs for any intelligence machine which was created on the basis of artificial intelligence methods. For doing this, we should formulate models which are suitable to intelli-

gence systems, with step-by-step, with particular one-by-one, in particular:

**Firstly**, it is necessary to create linguistic software for ling ware;

**Secondly**, lingo-mathematical model should be created for linguistic software;

**Thirdly**, linguistic model is necessary for lingo-mathematical model.

According to its essence, any model is the scientific theory which is directed to show internal and external characters of objects or real event which are faced in the nature.

Because of being complicated and multilateral of the events of nature, it is impossible to describe fully its whole properties by single model. For this reason mathematic model of any real object has the formal appearance (without having to go beyond certain research).

For example, the alphabet is the formal model of sounds in certain language in writing form. In another word, alphabet is one of the formal linguistic models which are directed to illustrate the sounds in writing form.

In general, there are enough the concepts of linguistics which are correspond with mathematical concepts and practical issues which can be solved by applying directly to mathematical methods.

It is understood that building mathematical model of the language is to express systematically relationship between the various aspects of this language on the basis of mathematic legality.

Linguistic events which are researched in linguistics, include so much complicated aspects, thus it is worked with complicated mathematical models in the non-existent, dynamic and discrete forms in mathematical modeling of them.

Uzbek linguist A.Pulatov (2011) describes creating criteria of information method of Uzbek language, in which he emphasizes that each word must be clearly and one meaningful [3, p. 366].

The concept of “information method” forwarded by A.Pulatov can regarded as equivalent to the concept of “linguistic model”.

Indeed, linguistic model should have characters such as *accuracy and uniqueness* in order to base for the lingo-mathematical model.

Let's analyze another example, namely, whole set of symbols (or letters) which are necessary to create text in computer in Uzbek language based on Latin graphics, in order to better understand accuracy and uniqueness. In this case, we can use set concept in the meaning mathematic.

Thus, we take alphabet in Latin language as the set, we mark it such as  $\Omega_{Lat}$ . The special code is separated in computer for each letter of this set, namely, it is encrypted from “A” to “Z” and from “a” to “z”. If we write  $\Omega_{Lat}$  set on the basis of mathematic rules conforming growth order of these codes, then the following expression is appropriate:

$$\Omega_{Lat} = [A; Z] \cup [a; z] \quad (1)$$

If we write indications such as  $\Omega_{Lat}^1 = [A; Z]$  and  $\Omega_{Lat}^2 = [a; z]$  corresponding to [A; Z] set which contains 26 Latin capital letters and [a; z] set which contains 26 Latin small letters, in the (1) expression, then we can write (1) expression in the following:

$$\Omega_{Lat} = \Omega_{Lat}^1 \cup \Omega_{Lat}^2 \quad (2)$$

Then we try to illustrate the Uzbek language alphabet in Latin letters on the basis of (2) as separate set. For doing this, we use “difference two set” concept in the mathematics.

According to this, we have the followings:

$$\Omega_{Uz} = \Omega_{Lat}^1 \setminus \{W\} \cup \Omega_{Lat}^2 \setminus \{w\} \cup \{‘\} \cup \{’\} \quad (3)$$

It can be seen from (3) expression, “W” and “w” letters are divided from alphabet in Latin language and two symbols are added in order to create national alphabet. If we write expressions such as  $\Omega_{Lat}^1 \setminus \{W\} = \Omega_{Uz}^1$  and  $\Omega_{Lat}^2 \setminus \{w\} = \Omega_{Uz}^2$  for simplicity, then (3) expression will be in the following:

$$\Omega_{Uz} = \Omega_{Uz}^1 \cup \Omega_{Uz}^2 \cup \{‘\} \cup \{’\} \quad (4)$$

It should be noted that, (4) set can be considered the union of two subsets: *set of letters* and *set of symbols*. But according to the point of Uzbek language, it

cannot be considered  $\Omega_{Uz}^1 \cup \Omega_{Uz}^2$  set as the set of letters in full meaning, because corresponding to “C” and “c” symbols exist in them, but they do not exist as the letter in our alphabet, and they are auxiliary symbols which participate to illustrate “CH” and “ch” letters in computer.

Doing thus, (4) expression (namely  $\Omega_{Uz}$  set) is considered **lingo-mathematical model** of Uzbek national alphabet.

In order to be clear of our opinions, (in order to clear and understandable of our opinions) let's compare each of two models specific to alphabet, namely linguistic ( $\Omega_{Uz}^*$ ) and lingo-mathematical ( $\Omega_{Uz}$ ) models:

**According to the linguistic model:**  $\Omega_{Uz}^* = \{A, B, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, X, Y, Z, O', G', SH, CH, NG, a, b, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, x, y, z, o', g', sh, ch, ng, ' \}$  – total  $29+29+1=59$  symbols.

**According to the lingo-mathematical model:**  $\Omega_{Uz} = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, X, Y, Z, a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k,$

l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, x, y, z, ‘, ’} – total 25+25+2=52 symbols.

As we can see that, according to the linguo-mathematical model there are 52 symbols in  $\Omega_{Uz}$  alphabet, it is less 7 symbols than the linguistic model in  $\Omega_{Uz}^*$  alphabet. We can explain that with the following two reasons:

First of all, there is a statement as “every element of a set must be unique; no two members may be identical” in mathematics. According to that, if we add “s” and “sh” letters to (4), then “s” element will repeat twice, it is contrast to the mathematic rule which is accepted against to the set.

Secondly, it can be creating any words related to pure lexicology of Uzbek language with aid of combination of letters existed in (4) expression. Doing thus, the elements of set (4) are enough to insert optional text in Uzbek national alphabet into computer.

It should be noted that, reflecting scientific opinions on the basis of phonograms specific to national alphabet, taking part in international scientific circles, activating intellectually specific to information society are difficult issue in recent years which the technical progress has been developing. It should be required to be widened again its research sphere in order to add Uzbek language to automated information system which is the central syllable of today’s modern development. The methods directed to solve this problem are various, one of them is the method of virtual expand of alphabet.

#### What does virtual expand of alphabet mean?

It is known necessity of additional alphabet which is used as the auxiliary program to create linguistic software specific to modern equipments for programmers. Additional alphabet may consist of set of letters, symbols and different phonetic marks existed in another language.

Thus, if existed orthographic opportunities of being researched language are not enough for new research works, main alphabet will be filled on account of elements of additional alphabet. This alphabet is only alphabet for scientific purposes; it serves as the base for settling some shortcomings belonging to lexicology, phonetics, morphology and syntax fields of language and creating new models in terms of science.

Then we give attention to necessary aspects and practical importance to virtual expanding the alphabet.

#### 1. The practical importance of virtual alphabet of Uzbek language in the lexicology.

In the recent years we can see that the lexica of Uzbek language have been expanding by volume because of technical progress. For instance, the assimilated words (they are not divided) such as “Daewoo”, “Windows”, “Word” and “PowerPoint” as the proper noun to our lexica have already become publicly terms for recent years. It is required to add “W” and “w” letters, also, if there is necessity, “alien” letters participated in another words like that to our alphabet.

#### 2. The practical importance of virtual alphabet of Uzbek language in phonetics.

The great share of necessity to virtual expands of alphabet fits to its phonetics of Uzbek language.

It is known that concepts such as *letter, number, and punctuation marks* are unknown for the computer, with one word all of them are recognized as the symbol. The special code for each of these symbols are separated only one, these codes are expressed with decimal or sixteen counting system numbers. For instance, number 51 in the sixteen counting system is separated for writing number 3, number 65 for writing capital letter “A” in Latin language, number 97 for writing small letter “a” in Latin language, number 32 for remove the space and so on.

According to that, each of them should be expressed with unrepeated symbols on the basis of transcription principles in order to be pronounced clearly all phonemes in “clear” manner in computer.

In order to clear of our opinion, we give 3-4 problems with exact examples related to that:

1) it is not expedient to use only one letter “ж” in our alphabet for “журнал” and “жйда” words, but it is expedient to use symbols existed correspondingly in computer such as “ж” and “ж” (if it is in Latin language, it will be “j” and “j”) for this;

2) if we are going to create software which can read with right pronunciation the text or separate syllable, it is difficult to use two letter combination (grapheme) which means one sound;

3) if symbols such as “š” which has one code, use instead of “sh” phoneme which is expressed with two codes, or “č” instead of “ch” phoneme, “ğ” instead of “g” phoneme in order to not appear excessive problem in computer-modelling of meaning and pattern relations of words (in particular, such as omograph or omophon), the programming process will be easy (*it does not have to be exactly these characters, this is the issue to be solved on the basis of mutual agreement, instead of them it may be received any other symbols which are represented by one code*);

4) Vowel “o” is pronounced according to its place in the structure of words, sometimes as “h” (*директор – директир*), sometimes as “a” (*океан – акеан*), and sometimes as “y” (*электр токи – электр тўки*) in words assimilated from Russian language. Thus, it is useful to create modification of fonts (or accepting existed transcription symbols) which are suitable for them, for various pronunciations of one letter in order to avoid speech rudeness.

In this case, we consider giving some opinions belonging to vowel and consonant sounds which have been causing many debates among the linguists.

In particular, M.Mirtojiev emphasized that the number of speech sounds in Uzbek language are 48 (the number of unlabeled vowel sounds – 10, the number of labial vowel sounds – 6, the number of sonant – 6, and the number of consonants – 26) and noted each of them with transcription symbols, gave their characters [5, p. 128].

Uzbek linguist H.Jamalkhanov (2009) pauses to issue of expanding alphabet with expense of vowel sounds and pointed following ideas [6, p. 106]:

“There are two opinions by issues about the amount of vowel sounds of current Uzbek literature language in Uzbek linguistics. According to the first opinion, the number of vowel sounds of literature language is 6: **и, э, а, у, ў, о**. (The supporters of this opinion are the followings: E.D. Polivanov, A.K. Borovkov, V.V. Reshetov, A.G. Gulamov, Sh. Shoabdurakhmonov, F. Kamalov, A. Makhmudov, S. Otamirzaeva, A. Abduazizov, A. Nurmonov, Sh. Rakhmatullaev and others). According to the affirmation of supports of the second opinion (X. Doniyorov, B. Tuychiboev, M. Valiev), there is contrast pairs specific to old Uzbek literature language and current kipchak dialects in current Uzbek literature language vocalism, out of it, vocalism of literature language and alphabet issues should be review and should be added additional letters into alphabet”.

### 3. The practical importance of virtual alphabet of Uzbek language in Morphology.

It is known that when the indicator of the third person of possession affixes add to words which the last sound are consonant, any phonetic variant will not create, namely

*китоб + и = китоби.*

Let's analyze this by using the words which **и** phoneme participates. For instance, the word “жанги” of the III rd form of word “жанг” is separated syllable such as “жа-нги” according to the criterions of literature language. When it is read by syllable, it will give formal pronunciation which is not exact. Doing thus, it may be separated syllable in formal form such as “жан-ги”! We are going to give opinion that if it should be necessary to pronounce clearly, it should be written as the form “жанг-нги”. In this case, if we adjust **нг** phoneme with **ң** symbol (letter) which has one code, then this word will become the form such as “жаң-ңи” in terms of orthographic and it is suitable for the pattern “CVC-CV” in the separating syllable algorithm.

In this meaning, writing words such as word “кўнғил” in the form “кўнғнғил” or “кўңғил”, the word “тонғи” in the form “тонғнғи” or “тоңғи”, the word “инға” in the form “инғнға” or “иңға”, the word “дўнғалак” in the form “дўнғнғалак” or “дўңғалак” and others, is not rude error for formal grammatics. For this purpose, it may be add “**ң**” instead of “**нг**”, if it is in Latin language, for example, it will be “**й**” instead of “**нг**” in contradistinction to “**н**” and “**г**”.

The above mentioned opinions are the only points belonging to virtual expand of alphabet, we can say that punctuation mark is not enough only in one place in syntax. For instance, let's take a sample such as “мен бугун ҳам хизматда, ҳам иззатда” which is participated conjunction “**ҳам**” used in the meaning to emphasize parts of sentence we consider that there necessary to be only one punctuation mark which expresses the intonation, after word “бугун”. Because it is required attentiveness, effectiveness, grammatical

knowledgeable from the reader who is unaware of text, in order to pronounce intonation with accuracy in this sentence.

In general, the alphabet which we refer, it serves for the task as the “product” for creating new formal grammar by that and lingo-mathematical modeling which is embodied sounds, punctuation marks, numbers, ligature and diacritic signs which are necessary for speech, therefore, it is considered as the necessary event.

The base essence of “man-machine” communicative system is dependent on machine translation system in the end. There is reproducing and generating issue of natural language on the basis of machine translation. In related to this case, the level of quality of machine translation is marked, from one point, with unerring of syntactic structure of the sentence, by using it in its place.

**Affirmation 1:** According to the formal model the lexical, phonetic, semantic characters and characters in whole spectrum of the sentence join syntactic structure.

**Affirmation 2:** Because this formal model is only intended for artificial intelligence systems.

**Affirmation 3:** The natural intelligence invents the world with the chain of sounds, images, and overall, events which have been happened in reality, in first time, the artificial intelligence is only based on the symbolism which is expressed in the mnemonic codes in that case.

**Affirmation 4:** The syntactic structure of the sentence is the chain of symbols which are concatenated with known legalities in formal model.

Every specific linguistic model which will be created by applied and structural linguistics will be reformed as the lingo-mathematical model on the basis of such rules by mathematical linguistics.

In conclusion, we can say that the formal grammar of Uzbek language based on virtual alphabet above proposed, will serve as the base for creating “man-machine” intelligent communicative system in the future.

### References:

1. Павлов С.Н. Системы искусственного интеллекта: учеб, пособие. В 2-х частях. – Томск: Эль Контент, 2011. – Ч. 1. – 176 с.
2. Павлов С.Н. Системы искусственного интеллекта: учеб, пособие. В 2-х частях. – Томск: Эль Контент, 2011. – Ч. 2. – 194 с.
3. Пўлатов А.Қ. Компьютер лингвистикаси. – Т.: “Akademnashr”, 2011. – 520 б.
4. Partee, B.H., Meulen, A., and Wall R.E. (1993). Mathematical Methods in Linguistics. Kluwer Academic Publishers.
5. Миртожиев М.М. Ўзбек тили фонетикаси. – Т.: “Фан”, 2013. – 424 б.
6. Жамолхонов Ҳ. Ўзбек тилининг назарий фонетикаси. – Т.: “Фан”, 2009. – 224 б.

**Odamov U.O.**

*Candidate of Technical Sciences, Senior Scientific Collaborator  
Scientific and Technical Center, JSC "Uzbekenergo"*

**Hushiev S.M.**

*junior scientific associate  
Scientific and Technical Center, JSC "Uzbekenergo"*

## ANALYSIS OF CERTAIN ELECTRIC CONSUMPTION OF CEMENT PRODUCTION

**Одамов Умарбай Оманович**

*Кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Научно-технический центр, Акционерное общество "Узбекэнерго"*

**Хушиев Сирожиддин Мейлиевич**

*Младший научный сотрудник  
Научно-технический центр, Акционерное общество "Узбекэнерго"*

## АНАЛИЗ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА

**Annotation:** The article discusses the issue of specific electricity consumption of cement production at the enterprise Akhangarancement JSC. The energy characteristics of the units, the group energy characteristics of the workshops and production as a whole, which are the basis for the calculation of specific power consumption, are obtained. An electric power assessment of the effect of the scheme for grinding raw materials, a quiet run, changes in the amount of raw materials processed per ton of finished products and the specific energy consumption is given, and appropriate corrections are developed for analyzing and calculating these indicators. Structural formulas of specific energy consumption for the production of clinker and cement are obtained, which enable a more complete analysis and detailed calculation of this indicator and the determination of its minimum value.

*Key words: fuel and energy resources, energy saving, energy characteristics, specific energy consumption, pipe mills, rotary kilns, grinding bodies, clinker, pamol, cement.*

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается вопрос удельного расхода электроэнергии производства цемента на предприятии АО "Ахангаранцемент". Получены энергетические характеристики агрегатов, групповые энергетические характеристики цехов и производства в целом, являющиеся основой для расчета удельного электропотребления. Дана электроэнергетическая оценка влияния схемы помола сырья, тихого хода, изменения количества перерабатываемого сырья на тонну готовой продукции и на удельный расход электроэнергии и разработаны соответствующие поправки для анализа и расчета этих показателей. Получены структурные формулы удельного расхода электроэнергии на производство клинкера и цемента, которые дают возможность более полного анализа и детального расчета этого показателя, и определения его минимального значения.

**Ключевые слова:** топливно-энергетических ресурсов, энергосбережения, энергетических характеристик, удельных расходов электроэнергии, трубные мельницы, вращающиеся печи, мелющих тел, клинкер, памол, цемент.

Для регулирования энергосбережения и повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в цементном производстве необходимо упорядочить расход энергоресурсов и перевести энергопотребление на нормативную базу. Правильная организация нормирования расхода энергоресурсов имеет решающее значение для осуществления режима их экономии. Одним

из важных факторов является наличие норм расхода топливно-энергетических ресурсов на выпускаемую промышленными предприятиями продукцию.

В данной статье рассматривается анализ удельного электропотребления производства цемента на предприятии АО "Ахангаранцемент".

Для анализа этого показателя по предприятию в целом нами проведено дифференцирование исследования по отдельным агрегатам, цехам и производствам.

Анализ проводился методом расчета и построения энергетических характеристик, представляющих собой зависимость удельных расходов электроэнергии от производительности  $d=f(A)$  и позволяющих энергетически оценить экономичность работы оборудования при различной производительности.

### 1. Анализ энергетических характеристик основных энергоемких агрегатов

#### а) Трубные мельницы

В настоящее время в цементной промышленности для определения потребляемой мощности трубных мельниц пользуются следующей формулой

$$P = P_6 + \xi \cdot e^{-\alpha A} + \frac{K \cdot R \cdot n [G_m - (G - \Delta G)]}{\eta} \quad (1)$$

$$\Delta G = \gamma_{из} \cdot A \cdot t \quad (2)$$

где,  $A$  – часовая производительность трубной мельницы, т/час

$\gamma_{из}$  – удельный расход мелющих тел на 1 тонну продукции (для АО «Ахангаранцемент»)  $\gamma_{из} = 0,008$  т/т;

$t$  – количество часов работы мельницы от последней догрузки, час;

$\Delta G$  – снижение веса мелющих тел в результате износа, т;

$G, G_m$  – номинальный вес мелющих тел загруженных в мельницу и вес материала одновременно находящегося в мельнице, т;

$K$  – коэффициент, зависящий от скорости вращения мельницы, от угла отрыва шаров и т.д. (для мельниц АО «Ахангаранцемент»  $K$  принят равным 0,4);

$P_6$  – мощность, необходимая для вращения пустого барабана мельницы, (для мельниц размерами 3,0 x 14 м и 3,2 x 15 м составила 75 – 100 кВт);

$\xi$  – дополнительная мощность, потребляемая трубной мельницей в период работы на холостом ходу, кВт;

$\alpha$  – коэффициент степени показательной функции.

Для построения энергетической характеристики  $d=f(A)$  трубных мельниц может быть получена с использованием формулы (1), и могут быть описаны следующей предлагаемой формулой:

$$P' = P_6 + \frac{KR_n [G_m + (G_m - \Delta G)]}{\eta} \quad (3)$$

а удельный расход электроэнергии при среднем весе шаров между догрузками  $\Delta G = 0,5 \gamma_{Пн}$

$$d = \frac{P}{A} \quad (4)$$

здесь,  $P_n$  – нормированный выпуск продукции между догрузками, (т).

Для мельничных агрегатов с энергетической точки зрения наилучшим режимом работы является режим с максимально-возможной производительностью, соответствующий минимальному удельному расходу электроэнергии.

Из формулы (3) видно, что мощность зависит от геометрических размеров мельничного агрегата: чем больше его габариты, тем больше его производительность и величина потребляемой мощности. Однако, нужно заметить, что рост происходит не в прямой пропорции благодаря конструктивным особенностям агрегата. Поэтому уровни удельного расхода электроэнергии для различных типоразмеров довольно разнообразны. На рисунке 1-2 представлены энергетические характеристики  $d=f(A)$  сырьевых мельниц размерами: 1) 2,6x13,0 м 2) 3,0x14,0 м 3) 3,2x15 м

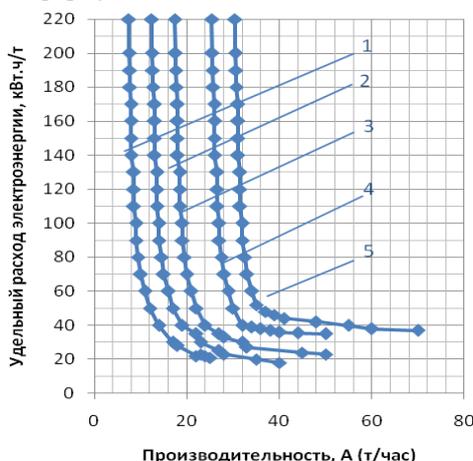


Рисунок 1. Энергетические характеристики  $d=f(A)$  сырьевых мельниц размерами: 1) 2,6x13,0 м 2) 3,0x14,0 м 3) 3,2x15 м.

Так, при максимально возможной производительности удельный расход электроэнергии для цементных мельниц размерами 2,0x10,5 м и 3,2x15 м и выше, соответственно, на 9 и 12%, чем для мельниц размерами 3,0x14,0 м и 2,6x13 м, которые при разных размерах имеют одинаковый уровень удельного электропотребления.

Таким образом, если для исследуемой группы мельничных агрегатов, величина мощности имеет определенную тенденцию роста с увеличением габаритов цементных мельниц, то этого нельзя сказать о величине удельного электропотребления, изменение которого практически не связано с габаритами, а зависит от соотношения потребляемой мощности и производительности. Для указанных выше типоразмеров цементных мельниц величина

удельного электропотребления колеблется в пределах от 0,9 до 1,13% на каждый процент изменения их производительности.

Не столь ощутима разница в уровне удельных расходов электроэнергии для сырьевых мельниц. Так, для сырьевых мельниц размерами 3,0x14 и 3,2x15 м величина удельного расхода электроэнергии при максимальной производительности выше на 2,5-3% чем для мельниц размерами 2,6x13 м.

Следовательно, при параллельной работе сырьевых мельниц различных типоразмеров отключение и включение мельничных агрегатов может осуществляться произвольно.

Снижение производительности сырьевых мельниц размерами 2,6x13 м; 3,0x14 м; 3,2x15 м на 1,0% связано с увеличением их удельного элек-

тропотребления, соответственно на 1, 14:1,17 и 1,22%.

Из сопоставления энергетических характеристик  $d=f(A)$  (рисунок 1) видно, что энергоёмкости процесса помола клинкера с добавками (у агрегатов с одинаковыми размерами) в результате различной их производительности.

### б) Вращающиеся печи

Выбор мощности главного привода печи обычно [1,2] осуществляют по формуле

$$P_{гл} = \frac{1}{\eta} (0,55LR_{cb}^3 \cdot n \cdot \sin^3 \alpha + 1,19f \cdot r_{ц} G \cdot n \cdot \frac{D_{\delta}}{D_p}) \quad (5)$$

где,  $\eta$  - коэффициент учитывающий мощность, которая расходуется на преодоление трения в приводном механизме;

$L$  - длина печи, м;

$R_{cb}$  - радиус в свету, м;

$n$  - число оборотов печи, об/мин;

$f$  - коэффициент скольжения между цапфами роликов и вкладышами и подшипников;

$r_{ц}$  - радиус цапф подшипников, м;

$G$  - общий вес вращающейся части печи, т;

$D_{\delta}$  - диаметр бандажей, м;

$D_p$  - диаметр опорных роликов, м;

Как видно из формулы (5) изменение оборотов вращающейся печи вызывает изменение величины потребляемой мощности агрегата. Так, при переводе печи на тихий ход, при котором прикры-

вается шибер дымососа. Снижение мощности главного привода составляет 21% (40 кВт), а дымососа – 35% (260 кВт).

Расчетную формулу удельного расхода электроэнергии  $d=f(A)$  агрегата вращающейся печи можно получить из формулы (5)

$$d_0 = \frac{P_1(1-\varepsilon) + P_2(1-\varepsilon') + P_3}{A} \quad (6)$$

Из рисунка 2 видно, что уровень удельного расхода электроэнергии зависит от типоразмеров печного агрегата. Для печных агрегатов отклонения удельных показателей электропотребления более значительны, чем для мельничных агрегатов. Эти отклонения при полной производительности печей достигают 50% (рисунок 2).

Так как мощность, потребляемая печным агрегатом, как уже отмечалось, не зависит от производительности ( $\delta=0$ ), то числитель уравнения (6) является постоянной величиной ( $P_0'$ ) и рекомендуемая расчетная формула удельного расхода электроэнергии приобретает следующий упрощенный вид:

$$d_0 = \frac{P_0'}{A} \quad (7)$$

Из рисунка 2 видно, что наименьший удельный расход электроэнергии наблюдается у печного агрегата 4,0x150м.

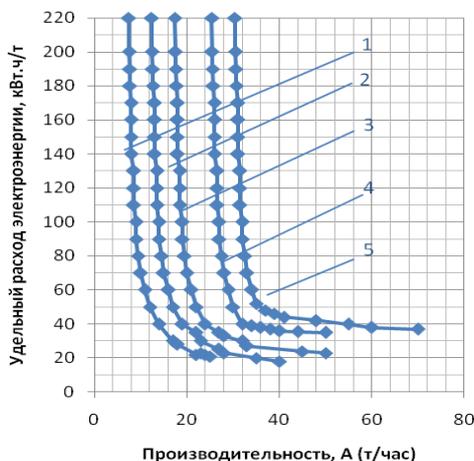


Рисунок 2. Энергетические характеристики  $d=f(A)$  вращающихся печей различных типоразмеров: 1) 3,6x150м; 2) 4,0x150м; 3) 4,5x170м; 4) 4,5x170м; 5) 5,0x185м.

Очевидно, его геометрические размеры, электрические мощности, а также производительности этих печей находятся в оптимальных соотношениях. Этого нельзя сказать с другими типоразмерами: печные агрегаты, имеющие размеры ниже и выше 4,0x150м при максимально-возможной производительности имеют повышение удельного расхода электроэнергии.

Таким образом, уровень удельного расхода электроэнергии для большинства энергоёмких агрегатов цементного производства зависит, кроме производительности, от их типоразмеров. Здесь

надо заметить, что в ряде случаев агрегаты одного и того же типоразмеров могут иметь различные удельные расходы вследствие некачественного монтажа, сборки, тепловых деформаций и т.д.

### в) Анализ энергетических характеристик сырьевого цеха

Количество работающих в сырьевом цеху агрегатов определяется производительностью цеха.

На ряде предприятий установлены мельничные агрегаты, различных типоразмеров или однотипные, но с различной потребляемой мощностью,

а соответственно, и с различными удельным расходом электроэнергии.

В этом случае рациональный режим параллельной работы технологических агрегатов может быть представлен в виде групповой энергетической характеристики  $d=f(A)$ .

По этой групповой характеристике видно, что удельные расходы электроэнергии, соответствующие максимально возможной производительности агрегатов, практически постоянны (точки  $a'$ ,  $b'$ ,  $v'$ ,

на графике рисунок 3). Разница между удельным расходом электроэнергии самой экономичной сырьевой мельницей №1 и менее экономичной мельницей №6 составляет 2,7%.

Режим работы с пониженной производительностью любого из мельничных агрегатов приводит к увеличению удельного электропотребления по гиперболической кривой ( $aa'$ ,  $bb'$ ,  $vv'$ , и т.д.) в зависимости от количества работающего при этом технологического оборудования.

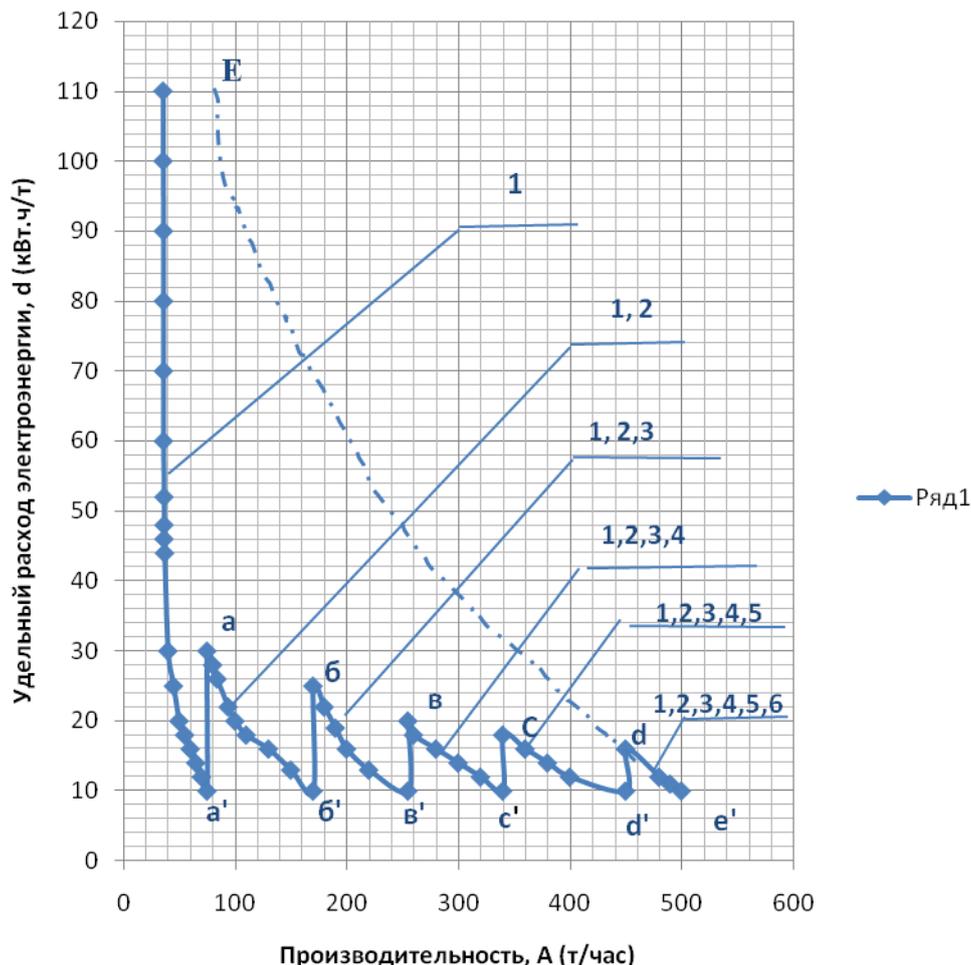


Рисунок 3 Групповые энергетические характеристики  $d=f(A)$  агрегатов сырьевых цехов.  
1,2,3,4,5,6 - номера сырьевых мельниц.

При режиме работы всех сырьевых мельниц с пониженной производительностью удельный расход электроэнергии изменяется по пунктирной кривой  $e'eE$ .

При режиме работы мельничных агрегатов с пониженной и максимально возможной производительностью значения удельного расхода электроэнергии располагаются выше пилообразной кривой и заключено в область, ограниченную этой и пунктирной кривой.

Зона энергетической характеристики, ограничена и пилообразной кривой ( $aa'$ ,  $bb'$ ,  $cc'$ ,  $dd'$ ,  $ee'$ ) дает нам минимум удельного расхода электроэнергии при изменении производительности. Этот минимум сам может отклоняться по кривым  $aa'$ ,  $bb'$ ,  $vv'$  и т.д. в зависимости от изменения произво-

дительности агрегатов, связанной с принятой схемой помола, титром известняка и другими различными причинами.

В условиях эксплуатации изменение удельного расхода электроэнергии носит случайный характер, связанный с технологическими процессами и случайными воздействиями.

Вследствие этого фактического значения удельного электропотребления располагаются выше пилообразной кривой.

Нами предложено влияние на удельные показатели цехов химического (титр) и гранулометрического состава сырья, стабилизации его подачи, конструктивных отличий сырьевых мельниц износа бронеплит, схемы корректировки, тонкости помола сырья и т.д.

Рассмотрим влияние некоторых из перечисленных факторов на удельный расход электроэнергии.

**Гранулометрический состав и стабилизация подачи сырья, конструктивные отличия мельничных агрегатов.**

Производительность сырьевой мельницы зависит от гранулометрического состава (крупности) размалываемого материала, чем мельче размалываемый материал и однородные по крупности, тем выше производительность и соответственно меньше удельный расход электроэнергии на единицу продукции.

Повышению производительности способствует стабилизация подачи сырья. Одним из способов стабилизации подачи сырья является применение универсальной системы автоматического регулирования мокрого помола, позволяющей повысить производительность мельниц на 4%. Установка гидроклассификаторов на сырьевых мельницах также приводит к увеличению производительности на 40%. Нами установлено, что при этом удельный расход электроэнергии снижается, соответственно, на 0,7 кВт.ч/т (3,8%) и 5,6 кВт.ч/т (30%).

**Соотношение различных видов мелющих тел в мельнице**

В процессе эксплуатации наблюдались случаи работы сырьевых мельниц, с загрузкой в качестве мелющих тел только шарами. По данным АО "Ахангаранцемент" это вызывает снижение производительности на 26,8 т/час по сравнению с производительностью мельницы, загруженной шарами и цельпесом. К тому же, при этом согласно выполненному анализу удельный расход электроэнергии увеличивается на 9,7 кВт.ч/т или 54%.

**с) Схема помола сырья**

Для получения готового шлама с заданным химическим составом производят корректировку шлама в основном путем титрования. Существует

две схемы корректировки, в соответствии с которым работа сырьевых мельниц может быть разделена на два режима:

а) режим работы по схеме совместного помола известняка и глины (глиняного шлама);

б) режим работы по схеме отдельного помола известняка с последующим добавлением глины в вертикальных шламбассейнах.

По схеме совместного помола предусмотрено определенное соотношение известково глиняных компонентов, что приводит к получению готового шлама с нормальным титром, ( $T_n=75 \pm 1\%$ ), с незначительной добавкой глины в вертикальных шламбассейнах (докорректировка). Очевидно, что при этом практически не увеличится количество готового шлама.

В тех случаях, когда добавка лессового шлама для корректировки осуществляется непосредственной подачей его в шламбассейны, минуя сырьевые мельницы, удельный расход электроэнергии на получение готового шлама сокращается.

**2) Анализ энергетических характеристик цеха обжига**

Основными технологическими оборудованиями цехов обжига являются вращающиеся печи одного или разных типоразмеров.

Как показано на рисунке 2 каждой печи соответствует своя энергоёмкость. Кроме того как было указано выше, в зависимости от качества монтажа, сборки, а в процессе эксплуатации тепловых деформаций, неравномерного износа подшипниковых опор и т.д., потребляемая мощность однотипных печных агрегатов может быть различной.

Учитывая вышеизложенное целесообразно соблюдение соответствующей очередности отключения печных агрегатов при изменении производительности цеха согласно групповой энергетической характеристике (рисунок 4).

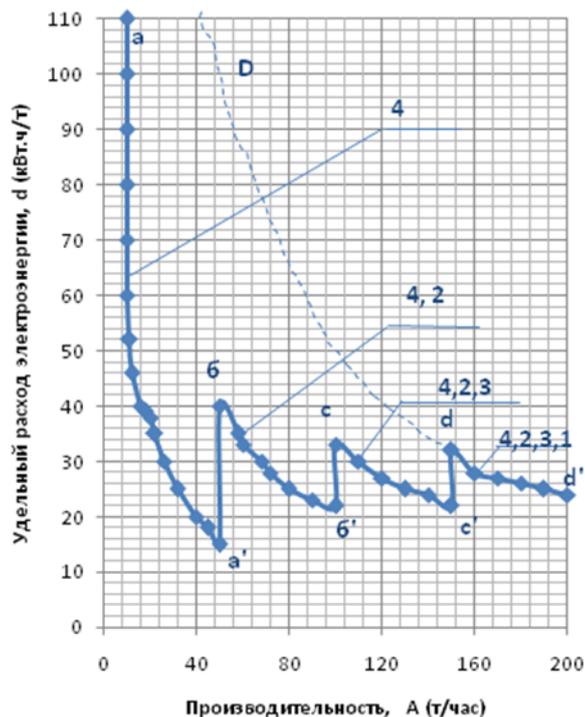


Рисунок 4. Групповые энергетические характеристики  $d=f(A)$  агрегатов цеха обжига (1,2,3,4,5,6 - номера вращающихся печей).

Режим работы любого из печных агрегатов с пониженной производительностью приводит к увеличению удельного электропотребления по гиперболической кривой (aa', bb', и т.д), которая является нижней границей значений удельного электропотребления.

Минимальные значения удельных расходов электроэнергии (точки a',b',c',d'), соответствующие максимально-возможной производительности печных агрегатов, в отличие от агрегатов сырьевых мельниц у вращающихся печей по мере включения возрастают от 15 до 24 кВт.ч/т клинкера, т.е. на 60%.

При режиме работы всех печных агрегатов с пониженной производительностью удельный расход электроэнергии изменяется по гиперболе dd'D (пунктирная линия на рисунок 4).

При ограничении топлива, электроэнергии, отсутствии шлама и др. рекомендуется, согласно групповой характеристики, в первую очередь, отключить наименее экономичный печный агрегат №1, при дальнейшем снижении производительности - печь №3 и т.д.

В производственных условиях производительность, мощность, а следовательно и удельный расход электроэнергии подвержены воздействию многообразных случайных факторов, которые, в конечном счете, приводят и вариации

удельного электропотребления. Поэтому их фактические значения располагаются выше пилообразной кривой и заключены в область, ограниченную указанной и пунктирной кривой.

### 3. Анализ энергетических характеристик цеха помола

Основные технологические оборудования цехов помола-цементные мельницы одного или разного типоразмеров, выпускающие готовый цемент различных видов и марок.

С энергетической точки зрения цементная мельница аналогична сырьевой, т.е., она характеризуется постоянством потребляемой мощности (в рабочей зоне характеристики), независимо от производительности ( $\delta=0$ ) при неизменном количестве мелющих тел.

Наилучшим режимом работы цеха является режим работы мельничных агрегатов с максимально возможной производительностью, что соответствует минимальному удельному расходу электроэнергии.

Групповая энергетическая характеристика  $d=f(A)$  определяет рациональный режим работы мельничных агрегатов цеха помола (рисунок 5), служит руководством для персонала цеха, помогает определить очередность отключения цементных мельниц и т.д.

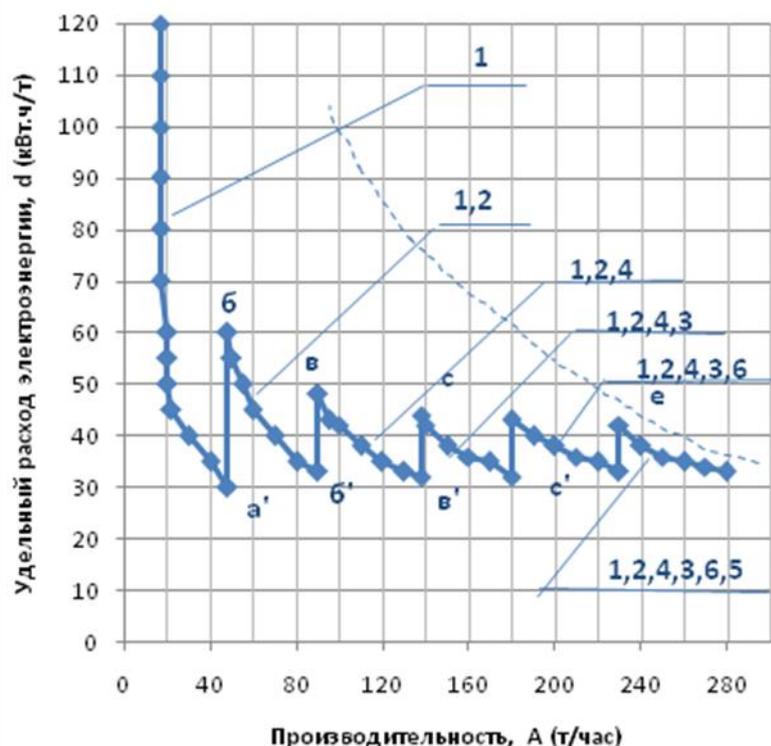


Рисунок 5. Групповые энергетические характеристики  $d=f(A)$  агрегатов цеха помола. 1,2,3,4,5,6 номера цементных мельниц.

Пилообразная кривая  $aa', bb', \dots ee'$  является нижним пределом значений удельного расхода электроэнергии при данной конструкции мельничных агрегатов.

Увеличение проектной (или максимальной, выше проектной) производительности, связанное с изменением технологии помола, конструкции цементных мельниц и др., вызывает снижение этих минимальных значений удельного электропотребления.

При изменении производительности в пределах ниже проектной или максимальной, по вышеуказанным причинам удельный расход электроэнергии изменяется согласно групповой энергетической характеристике (рисунок 5).

#### **Влияние технологических и конструктивных особенностей**

Интенсивность аспирации рабочего пространства цементных мельниц. На действующих цементных мельницах АО "Ахангаранцемент" скорость воздуха в полости барабана мельницы, по данным актов испытаний, составляет 0,3-0,5 м/сек.

Данная скорость поддерживает производительность мельниц при помоле портландцемента марки М-400 на уровне 39 т/час.

По данным [3,4] скорость воздуха в полости барабана мельницы может быть повышена до 0,7 м/сек. При этом часовая производительность мельниц возрастает на величину до 25%.

Приращение удельного расхода электроэнергии от изменения скорости воздуха в полости барабана мельницы выражается формулой

$$\pm \Delta d = \frac{P}{A_0} \left( \frac{1}{K_0} - 1 \right) \quad (7)$$

где,  $A_0$  - производительность цементной мельницы при помоле портландцемента марки М-400 с 10% остатком на сите №1008 и скорость воздуха в полости барабана 0,3 м/сек, (т/час);

$K_0$  - коэффициент аспирации [2].

#### **Интенсификация помола**

При одной и той же конструкции цементных мельниц возможны изменения удельного электропотребления за счет ввода в небольших количествах интенсифицирующих добавок ПАВ (поверхностно-активных веществ)

ПАВ устраняет налипание на мельнице тела, на бронеплиты мельчайших частиц цемента и агрегирование их, т.е. повышают эффективность процесса измельчения с последующим увеличением производительности мельничных агрегатов. Однако, нужно отметить, что, несмотря на большой эффект от добавок ПАВ, на предприятии они применяются от случая к случаю, что ведет к снижению производительности агрегатов и к увеличению энергозатрат.

#### **4. Энергетические характеристики прочих участков цементного производства**

На каждом цементном предприятии имеется целый ряд вспомогательных участков производства, состав которых отражает их специфические особенности.

Нами рассмотрены, в частности, горный и глиняный цеха, а также компрессорные установки.

Объем потребляемой электроэнергии горным и глиняным цехами незначителен (2-3%), поэтому доля их в общезаводской величине удельного расхода электроэнергии также мала.

На каждом предприятии прочие участки цементного производства имеют свои особенности. На рисунок 6 приводится энергетическая характеристика горного цеха АО "Ахангаранцемент" с ленточным транспортером большой протяженности, обеспечивающим непрерывную подачу сырья непосредственно в сырьевой цех. Полученная математическая модель удельного расхода электроэнергии, имеет вид

$$d = \frac{350}{A_{\text{из}}} + 0,003A_{\text{из}} \quad (9)$$

Конфигурация характеристики (рисунок 6) показывает, что рациональный режим работы данного цеха, с точки зрения расхода электроэнергии, соответствует экономической производительности ( $A_{\text{эж}}$ ) меньшей максимальной ( $0,8 A_{\text{макс}}=360$  т/час). Если допускает производственная программа, то с энергетической точки зрения, целесообразно перейти на работу с производительностью ниже максимальной, т.е. при этом режим работы может быть, как непрерывным, так и прерывистым.

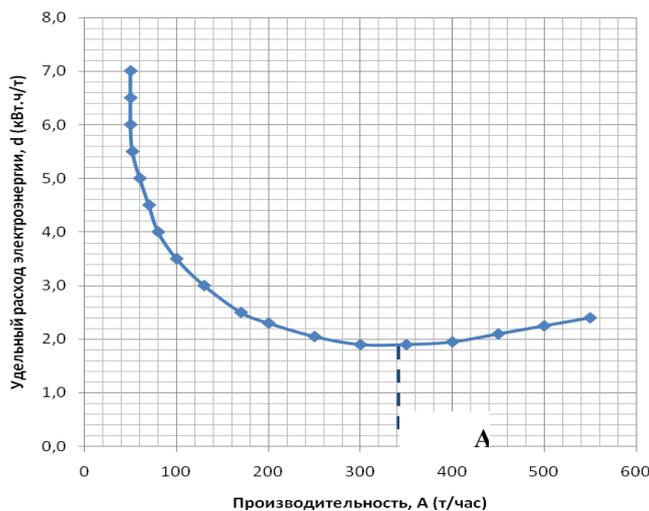


Рисунок 6. Энергетическая характеристика  $d=f(A)$  горного цеха

Электроэнергетические показатели компрессорных установок широко освещены в литературе, поэтому здесь они не приводятся. В общем производстве цемента доля удельного расхода электроэнергии, приходящаяся на выработку сжатого воздуха, составляет 15-18%.

## 5. Анализ общезаводских показателей удельного расхода электропотребления

### Производство клинкера

Потребляемая мощность на производство клинкера складывается из потребляемой мощности цехов- горный, глиняный, сырьевой, обжига и соответствующей доли общезаводских вспомогательных нужд.

Мощность общезаводских вспомогательных нужд, приходящаяся на производство клинкера, определяется, исходя из величины потребляемого сжатого воздуха, поступающего в шламбассейны и цех обжига, объема воды подаваемого в сырьевые мельницы и вращающиеся печи, а также соответствующей доли расхода энергии на другие нужды.

Сжатый воздух расходуется постоянно на перемещение шлама вертикальных и горизонтальных шламбассейнах, а также пневмонасосами вращающихся печей для непрерывной транспортировки уловленной электрофильтрами пыли.

Электрическая энергия для нужд водоснабжения расходуется главным образом на перекачку воды внутри системы оборотного водоснабжения

завода. Эта энергия также, как и энергия, затраченная на выработку сжатого воздуха, распределяется согласно объему воды и воздуха, потребляемых цехами и агрегатами. Расход электроэнергии на прочие вспомогательные нужды - склады, железнодорожный, механический цеха и т.д. может быть отнесен на производство клинкера пропорционально потреблению электроэнергии.

На основании вышеизложенного уравнение энергетической характеристики  $d=f(A)$  производства клинкера может быть представлено в следующем виде:

$$d_{\text{кл}} = \frac{P_{\Gamma} + P_{\text{гл}} + \sum_{i=1}^m (P_{\text{ci}} + P_{\text{vi}}) + \sum_{i=1}^n (P_{\text{oi}} + P_{\text{с.в.и}} + P'_{\text{vi}}) + P_{\text{всп}}}{n \cdot A_{\text{k}}} \quad (10)$$

где,  $P_{\Gamma}$ ,  $P_{\text{гл}}$  - соответственно, средняя мощность горного и глиняного цехов, (кВт);

$P_{\text{ci}}$ ,  $P_{\text{oi}}$  - мощность  $i$ - того агрегата сырьевого цеха и цеха обжига, соответственно, (кВт);

$P_{\text{с.в.и}}$  - мощность компрессора на выработку такого количества сжатого воздуха, которое необходимо для транспортировки пыли в одну вращающуюся печь, (кВт);

$P_{\text{vi}}$ ,  $P'_{\text{vi}}$  - часть мощности насосной обратной воды приходящаяся соответственно, на одну сырьевую мельницу и на одну вращающуюся печь, (кВт);

$P_{всп}$  - мощность общезаводских, цеховых вспомогательных нужд, не зависящая от количества работающих агрегатов, (кВт);

$A_k$  - часовая производительность вращающейся печи, (т/час);

$n, m$  - число работающих вращающихся печей и сырьевых мельниц, соответственно.

Энергетическая характеристика  $d=f(A)$ , построенная по формуле (10) приведена на рисунке 7.

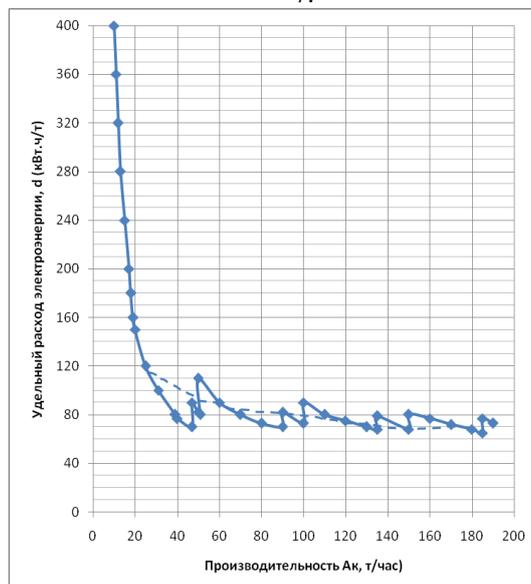


Рисунок 7. Зависимость удельного расхода электроэнергии от производительности

Полученное уравнение (10) и рисунок 7. позволяют определить нижний предел удельных расходов электроэнергии на производство клинкера, который может быть достигнут при максимальном использовании включенных агрегатов.

#### Производство цемента

При определении удельных расходов электроэнергии на производство цемента по существующей практике в основу расчета берется суммарный расход электроэнергии и суммарный выпуск продукции.

Вследствие того, что цементные заводы обычно выпускают однородную продукцию с большим ассортиментом видов и марок цемента удельный расход электроэнергии подвержен большим колебаниям.

При анализе режимов электропотребления причина данного явления, оценка его (экономия или перерасход), определение истинной картины происходящего представляются нам крайне необходимым.

Нами установлено, что возможная максимальная производительность цементной мельницы различна при помоле различных видов и марок цемента. Учитывая, что потребляемая мощность цементной мельницы в рабочей зоне не зависит от её производительности, уровень удельного расхода электроэнергии будет различным при помоле различных видов и марок цемента.

В результате анализа удельного электропотребления при производстве цемента можно сделать следующие выводы:

1. Получены энергетические характеристики агрегатов, групповые энергетические характеристики цехов и производства в целом, являющиеся основой для расчета удельного электропотребле-

ния. Показано, что наиболее выгодным режимом работы агрегатов, цехов и завода в целом является режим работы с максимально-возможной производительностью.

В рабочей зоне средняя величина удельного электропотребления мало меняется, т.к. определяющим, в данном случае, являются удельные расходы основных агрегатов -сырьевых, цементных мельниц и вращающихся печей - загруженных практически равномерно.

2. Дана электроэнергетическая оценка влияния схемы помола сырья, тихого хода, изменения количества перерабатываемого сырья на тонну готовой продукции и т.д. на удельный расход электроэнергии и разработан соответствующие поправки для анализа и расчета этих показателей.

3. Получены структурные формулы удельного расхода электроэнергии на производство клинкера и цемента, которые дают возможность более полного анализа и детального расчета этого показателя, и определения его минимального значения.

#### Список литературы:

1. Боганов А.И. Вращающиеся печи цементной промышленности. Изд. "Машиностроение", М., 1985.
2. Дешко Ю.И., Крейнер М.Б., Крихтин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. Стройиздат, М. 1986г. с.214.
3. Гофман И.В. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий. Изд. "Энергия", 1996г. с.169
4. Одамов У.О., Юсупов Д.Т. Энергосбережения на предприятиях цементной промышленности узбекистана на основе энергоаудита.// журнал "Энергосбережение и водоподготовка" Россия, 2017. №6 с.45-49.

## **РИСК ПРЕДЫСТОРИИ $Q_{\text{ПРЕДИСТ.}}$ , ОСНОВНОГО РИСКА $Q$ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ, ОПРЕДЕЛЕННОГО МЕТОДОМ ПАТТЕРНЫ, ВО ВРЕМЕННОЙ ПРОМЕЖУТКЕ, НАЧИНАЯ С ПЕРИОДА 0,5 - МЛРД. ЛЕТ ДО Н.Э. И ДАЛЕЕ ДО 21 СТОЛЕТИЯ Н. Э. В ТРИ ЭТАПА.**

**Аннотация:** Цель работы изучить взаимосвязи и взаимозависимости риска предистории  $Q_{\text{предист.}}$  основного риска  $q$  технической системы, определённой методом теории паттерн, соответствующего закону хроноцельности природы. Риск  $q_{\text{предист.}}$ , основного риска проектируется рассматривать, начиная с временного периода от 0,5 - млрд. лет до н.э. и далее до 21 столетия н. э. в три этапа :

Часть 1. Общий риск предистории риска биосферы  $q_{\text{биосф.1}}$  - 1 в исторический период времени 0,5 - млрд. от появления хордовых до появления «приматов» и первобытного человека; риска биосферы и техносферы  $q_{\text{предист1}}$  - 11, начиная с исторического периода времени появления «приматов» и первобытного человека позднего неолита до появления *Homo Sapiens*, и риска техносферы  $q_{\text{предист1}}$  - 111 в период от раннего неолита и до 19,5 в н. э.

*Ключевые слова:* риск, биосфера, паттерн, «Техносферная безопасность», предистория риска, первобытный человек, «приматы», *Homo Sapiens*.

### **Общие положения**

Жизнь на Земле возникла благодаря удивительной способности углерода образовывать гигантские молекулы с водородом, кислородом, азотом и другими атомами. В изменяющейся термодинамической обстановке сохранялись те молекулы, которые ускоряли окислительно-восстановительные реакции и побудили одно из химических соединений, Ученые выделяют особо значимые события в формировании жизни на Земле в отдельные отрезки времени – эры, которые делятся на периоды. Многие ученые, начиная с древних философов, ставили своей целью выявление общих закономерностей исторического развития общества, скрытых за сложным сплетением исторических событий.

Парадигма универсального эволюционизма включает представление о познаваемости нашего мира, который существует независимо от человека, но отражает его присутствие в мире и креативные возможности его сознания. Мир познаваем, поскольку человек сам является эволюционным продуктом этого мира - большие этапы эволюции заканчиваются критическими точками – точками сингулярности, пройдя через которые система вступает в качественно новую фазу.

Анализ эволюции общества с позиции теории риска является очень полезным и позволяет дать объективную оценку устойчивости поворотного момента истории и риска, в котором мы сейчас находимся, а также наметить наиболее вероятные пути дальнейшего развития. Человеческое общество можно рассматривать как информационную систему и на этом пути выявить много закономерностей развития.

Наиболее известными являются вековые циклы, продолжающиеся примерно 200-300 лет, и длинные цивилизационные волны, длительность которых составляет несколько тысяч лет. Последние связаны с возникновением больших культурно-исторических формаций, таких как древнеегипетская культура, шумеровавилонская культура, греко-римская (античная) культура, западно-

христианская цивилизация и др. Три глобальных исторических цикла, имеющих глубочайшие и всеобъемлющие последствия для развития общества, запустили так называемые «производственные революции»:

- 1) аграрная, или неолитическая;
- 2) промышленная;
- 3) научно - информационная.

Все они были связаны с переходом к новому принципу хозяйствования не только в технологиях, но и во взаимоотношениях природы и общества. При этом заметно повышалась производительность труда (земли), увеличивался объем продукции, а, следовательно, и численность населения. Три производственные революции разделяют четыре крупные ступени развития. Все сложные структуры по мере приближения к моменту обострения начинают распадаться. Это происходит потому, что в любой сложной системе случайно возникают те или иные возмущения. Но, на ранних стадиях развития время течет медленно, и преобладают диффузионные процессы, возмущения не развиваются или разглаживаются [1].

### **Цель работы**

Дать качественную оценку рискам предистории временных этапов биосферы и техносферы во взаимосвязи и взаимозависимости риска биосферы  $Q_{\text{предист.}}$ , а далее техносферы, на основе риска [2], определённого методом паттерн соответствующего закону хроноцельности природы и состоящего из риска предистории риска  $q_{\text{предист.}}$ , начиная с временного периода от 0,5 - млрд. лет до н.э. и далее до 21 столетия н. э. Общий риск предистории риска Часть 1 состоит из трёх частей риска: риска биосферы  $q_{\text{предист1}}$  - 1 в исторический период времени появления хордовых «приматов» и первобытного человека [3]; риска биосферы и техносферы  $q_{\text{предист1}}$  - 11, начиная с исторического периода времени появления первобытного человека, позднего неолита до появления *Homo Sapiens* [3] и риска техносферы  $q_{\text{предист1}}$  - 111 в период от раннего неолита и до 19,5 в н. э. [7].

Для того чтобы иметь полные знания, осмыслить проблему достоверности знаний, необходимо изучать их во взаимосвязи, взаимозависимости, когда ошибки одной подсистемы общей системы знаний преобразуются, видоизменяются другой. Уничтожение одной из подсистем создает условия для усиления ошибок другой. При этом возрастают потери не только отдельных подсистем, но и системы в целом. Задача состоит в оценке имеющихся или вновь накопленных знаний, их достоверности, в разработке критериев, с помощью которых можно количественно оценить потери, сопутствующие применению полученных недостоверных знаний при создании при дальнейшем рассмотрении риска биосферы и техносферы. Ведущая роль при этом принадлежит пониманию духа, сознанию, мышлению и информации [6].

И.П. Павлов отмечал: «Человек есть, конечно, система, как и всякая другая в природе, подчиняющаяся неизбежным и единым для всей природы законам... С этой точки зрения метод изучения системы человека такой же, как и всякой другой системы: разложение на части, изучение каждой части, изучение связи частей, изучение соотношения с окружающей средой и, в конце концов, понимание на основании всего этого её общей работы и управления ею, если это в средствах человека» [5].

### 1. Исследования риска биосферы в исторический период времени с момента появления «приматов» и первобытного человека

Рассматриваемый в статье отрезок времени относится к кайнозойской эре и Нижнетретичному периоду или палеогену (65 – 24 млн. лет назад), когда появляются «приматы» — один из наиболее прогрессивных отрядов млекопитающих, позднее Парапитёк — род древнейших вымерших обезьян и Дриопитёки — род вымерших человекообразных обезьян, и, наконец, Homo Sapiens [3].

Ученые выделяют особо значимые события в формировании жизни на Земле в отдельные отрезки времени – эры, которые делятся на периоды.

Чтобы выжить и сохранить развитие Человечество вынуждено будет пройти через «критические точки». Таким образом, прорыв научной мысли подготовлен всем прошлым биосферы и имеет эволюционные корни. Именно законы природы и есть то, что не зависит от точки зрения того или иного человека, являясь, по выражению В. И. Вернадского, общеобязательной частью научного мировоззрения [7].

В данной статье рассмотрены вопросы глобальные и локальные, предшествующие неолиту с момента появления вида Homo Sapiens, когда свершилась первая техническая революция.

**Локальный процесс** (пространство условной точки отсчёта зарождения всего живого). Любая живая система (клетка, растение, животное, человек, государство) в процессе своего существования проходит определенный "жизненный цикл": рождение, рост, развитие, стагнация, деградация, смерть. На этапах рождение, рост и развитие лю-

бой живой объект ведет себя как неравновесная система, удаляющаяся от состояния равновесия. На этапах любой живой объект ведет себя как неравновесная систем (деградация и смерть). И, тем не менее, жизнь существует всю геологическую историю Земли, насчитывающую 4 миллиарда лет [4].

Полезная мощность  $P$  системы - это активный поток энергии. Калорийность потребляемых продуктов питания, в зависимости от возраста и физической нагрузки человека, колеблется от 2500 до 6000 ккал в сутки, что соответствует мощности примерно 125 Вт. При этом социальное время: 1 миллион чел. в год; за 1 год в расчёт принимается 8760 млн. человеко-часов в год [5].

**Глобальный процесс** (пространство, начиная с условной точки отсчёта зарождения всего живого около 4-х млрд. лет). Около 4-х млрд. лет тому назад на Земле сложились такие материально-энергетические условия, когда возникло неустойчивое динамическое равновесие первого рода: доминирование на поверхности планеты процессов рассеяния энергии сменилось все более возрастающим во времени и пространстве влиянием процессов концентрации свободной энергии. Произошла первая планетарная перестройка - качественный скачок от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию, - возникла планетарная система живого вещества.

В начале верхнего палеолита, около 40 тысяч лет назад человек в покое в условиях физиологически нормальной среды, расходует на обмен веществ (работа сердца, легких, печени и т.д.) около 90 Вт в сутки, («обмен веществ»), максимальный расход мощности на одну пару приматов приходится 250 Вт. Определим годовую полезную мощность современного человека в покое:

- для локального процесса пары первобытных человек до перехода их из горизонтального в вертикальное положение, причём потребность особей в это время только в питании :

$$P_{1,1} = 8760 \cdot \tau_{\text{лок}} \cdot 2 \cdot P_1, \text{ кВт-год}; \quad (1)$$

- и после перехода пары первобытных людей в вертикальное положение; соответствующие потребности особей в питании для локального процесса, когда возникает потребность человека к труду, личной и общественной защите:

$$N_{\text{лок}} = P_{1,2} = 8760 \cdot \tau_{\text{регион}} \cdot [(2 \cdot n_2 \cdot 2 \cdot P_2) + \Delta], \text{ кВт-год}; \quad (2)$$

где  $P_1, P_2, P_{1,1}, P_{1,2}$  – соответственно полезная мощность годового потребления парой «примат» до перехода в вертикальное положение: ( $P_1$ ) - полезная мощность годового потребления парой первобытных людей до перехода в вертикальное положение; ( $P_2$ ) - время воздействия «приматами» на биосферу в течение года  $\tau$ ; ( $P_{1,1}$ ) - полезная мощность годового потребления парой первобытных людей после перехода в вертикальное положение. Дополнительные энергозатраты на единицу

получаемой мощности для одной пары составляют  $\Delta = 0,36$  [5]:

Подставим числовые значения для  $P_{1,1}$  и  $P_{1,2}$  в выражения (1) и (2): после перехода в вертикальное положение:

$$P_{1,1} = 8760 \cdot 5,65 \cdot 10^5 \cdot 250 = 1,24 \cdot 10^{11} \text{ кВт} \cdot \text{год}; \quad (3)$$

$$N_{\text{лок}} = P_{1,2} = 8760 \cdot 5,65 \cdot 10^5 \cdot 340 = 1,68 \cdot 10^{12} \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (4)$$

Смена одних видов другими в ходе естественного-исторического процесса всегда сопровождалась переходными периодами (циклами), которые фиксировали пространственно-временную границу доминирования одних видов над другими. На этих границах происходит качественный скачок - ускорение развития: заканчивается один цикл и наступает новый: заканчивается "жизненный" цикл (волновой элемент) одного вида и на смену приходит "жизненный" цикл нового вида (другой волновой элемент).

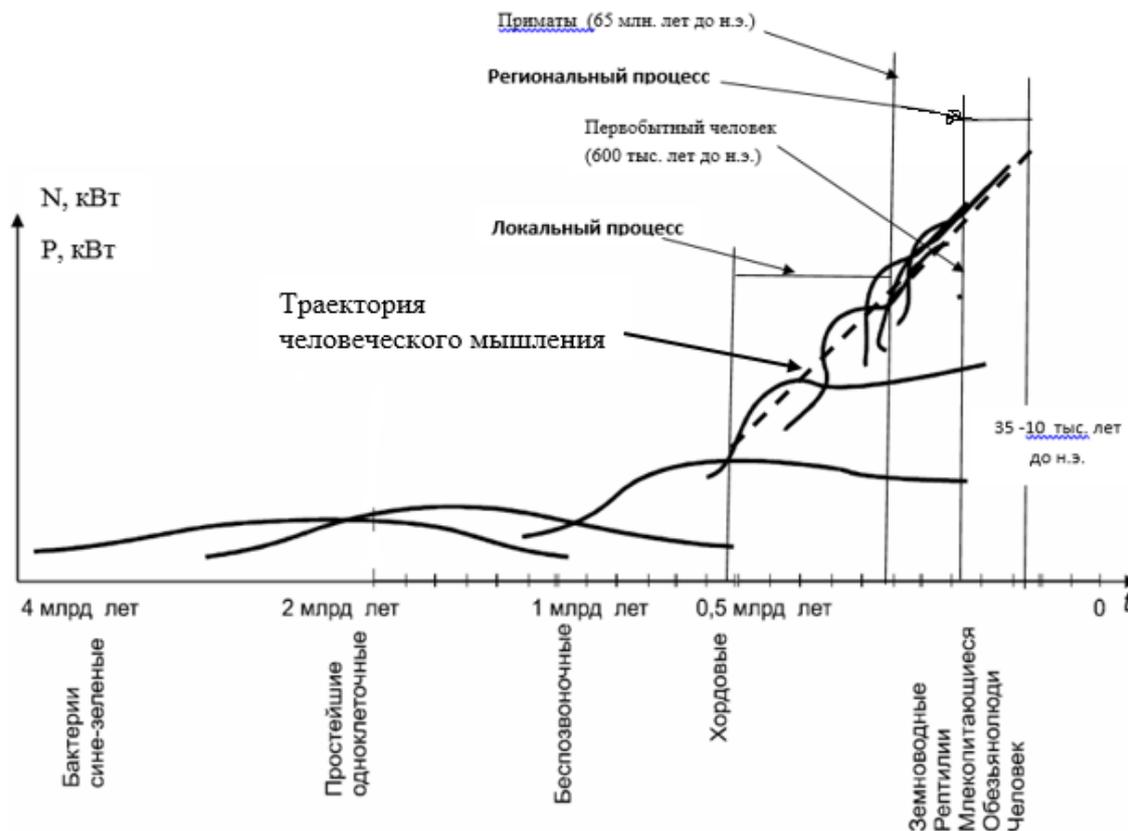


Рис. 1. Цикличность в эволюции живого обладает четырьмя волновыми динамическими свойствами

На рис.1 представлена схема цикличности в эволюции живого, обладающего четырьмя волновыми динамическими свойствами [5]. Автором показана траектория человеческого мышления (пунктирная линия). Искомую функцию трассы можно определить не сложным методом регрессивного анализа. [8].

Принимаем за основу наибольшие значения в локальном процессе численности хордовых, «приматов» и первобытных людей -100000000, и для регионального процесса - человека Homo Sapiens – 50000000, что позволит определить наихудшие варианты деформации биосферы [3], при этом рассматриваемое время появления и проживания людей прямоходящих составляет соответственно: для локального  $\tau_{\text{лок}} = 5,65 \cdot 10^4$  лет и регионального  $\tau_{\text{лок}} = 6,5 \cdot 10^7$  процессов:

$$N_{\text{пок}} = 8760 \cdot 6,5 \cdot 10^7 \cdot 10^8 \cdot 340 = 9 \cdot 10^{19} \text{ Вт} \cdot \text{год}; \quad (5)$$

$$N_{\text{рег}} = 8760 \cdot 5 \cdot 10^7 \cdot 5,65 \cdot 10^4 \cdot 340 = 3,0 \cdot 10^{18} \text{ Вт} \cdot \text{год}. \quad (6)$$

В рассматриваемый период времени местные угрозы для биосферы были со стороны появившихся прямоходящих пар приматов в основном в поисках пищи во время природных неурожаев растительности, а в региональном процессе потребности прямоходящих пар людей возросли. Стали образовываться племена, появилась потребность в защите людей, люди стали изобретать средства защиты, используя камни, дубины и пр. Таким образом, в локальном процессе риск деформации биосферы со стороны прямоходящих приматов и первобытных людей практически отсутствовал. Риск деформации биосферы  $q_{\text{предст.}1-1}$  можно выразить в виде:

$$q_{\text{предст.}1-1} = \frac{q_1 \cdot P_{1,1}}{P_{2,2}} = \frac{10^{-9} \cdot 9 \cdot 10^{19}}{3 \cdot 10^{18}} = 3 \cdot 10^{-8} \quad (7)$$

где  $q_1 \sim 10^{-9}$  - риск биосферы при местных угрозах приматов и прямоходящих пар людей;  $P_{1,1}$  - полезная мощность годового потребления парой первобытных людей до перехода в вертикальное положение;  $(P_{1,1})$  - полезная мощность годового потребления парой первобытных людей после перехода в вертикальное положение. [5]:

Подставим числовые значения для  $q_1$ ,  $P_{1,1}$  и  $P_{1,2}$  в выражение (7).

Полученный результат риск  $q_1 = 3 \cdot 10^{-8}$  показывает, что прямоходящие люди практически сразу с момента перехода в вертикальное положение стали использовать природу в процессе своей жизненной деятельности, деформируя Биосферу.

### Заключение

Поставленная цель для этапа в Части 1 риска  $Q_{предист.1} - 1$  (одна из нескольких целей, представленных автором по изучению взаимосвязи и взаимозависимости общего риска биосферы  $Q_{предист.}$  [2] на основе метода паттерн, соответствующей закону хроноцельности природы выполнена.

В основе исследования риска в рассматриваемый период были приняты материально-энергетические условия, когда возникло неустойчивое динамическое равновесие первого рода: доминирование на поверхности планеты процессов рассеяния энергии, которое сменилось все более возрастающим во времени и в пространстве (под влиянием процессов концентрации свободной энергии). Произошла первая планетарная перестройка - качественный скачок от неустойчивого равновесия к устойчивому неравновесию, - возникла планетарная система живого вещества.

Рассмотренные процессы эволюции общества с позиции теории риска в период неолита до н. э. позволили построить трассу мышления развития прямоходящего первобытного человека вида *Homo Sapien* и дать объективную оценку устойчивости поворотного момента истории в новой эре в

уравнении универсального риска на основе метода паттерны.

Перспективными задачами будущего в решении поставленной цели являются показать представленную на рис. 1 трассу мышления, которая вписывается в общую закономерность остальной части предистории универсального уравнения риска  $Q_{предист.}$ , начиная с временного периода от 0,5 - млрд. лет до н.э. и далее в н. э.

Риск  $Q_{предист.1} - 11$  для исторического периода времени появления первобытного человека, позднего неолита до появления *Homo Sapiens* будет показан в следующей статье в ближайшем номере.

### Литература

1. Живетин В.Б. Человеческий риск (системные основы...) MyBook.ru>author/vladimir-zhivetin/chelovecheskij...
2. Тарабанов В.Н. Управление технологическими рисками сложных технических систем. //Вопросы оборонной техники. Научно – технический журнал. Серия 16, выпуск 1 – 2. Технические средства противодействия терроризму. – М.:, 2014, с. 1 1.
3. Эры и периоды в развитии жизни на Земле. animals-world.ru>delenie-istorii...na-ery-i-periody/
4. Динамика численности населения. StudFiles.net>preview/3176151/page:7/.html
5. Большаков Б. Е., Кузнецов О. Л., Кузнецов П. Г. Проблема устойчивого развития Человечества в системе «природа-общество-человек». Доклад - Москва, 2001.
6. Павлов И. П. О мышлении - a\_gorb-gorb.livejournal.com>2836.html
7. Вернандский В.И. MyBook.ru>author/vladimir-zhivetin/chelovecheskij...
8. Регрессионный анализ. hse.ru>data/2014/08/29/1313619461/лекция 5.pdf

# ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Filippov E.S.

National Research Technological University "MISA", Russia.

## A SIZE QUANTIZATION OF ATOMIC SPACE IN METALS UNDER HIGH TEMPERATURE.

**Abstract:** It is considered proofs of a size quantization (linear and bulk) in processes of phase transformations from polymorphic to a boiling at high temperature.

It is shown that atomic space between atomic and ionic radii is divided into the ready  $K\lambda$  cells (where  $K$  - nearest neighbors,  $\lambda = h/mc$ ), that is - the atomic coordination space is discrete for the placing  $K\lambda$ . It is shown also, that cell-  $K\lambda$  is the result of exchange interaction photon + electron  $\rightarrow \lambda$  between emitter and absorber of photons. The model  $\pm K\lambda$  may be employed both the nontransition metals and transition and also its has been employed into the analysis of the formed of the amorphous structure by the freezing of the liquid metals. It is shown also particularity of the model  $K\lambda$  for noble metals and the formation of the hexagonal structure and also phase transformations: ordinary crystallization and bcc - fcc and also bcc - hcp. It is considered processes the melting, the boiling and the formed of clusters.

**Keywords:** ionic and atomic radii, electronic density, fluctuation density, volume of melting and boiling, cluster heat transfer, amorphous structure, photon.

### Introduction and problem formulation.

It is considered new nontraditional approach into analysis of processes at high temperature from the recrystallization for solid state to the boiling for liquid state. The reason - it is not possible to use the band theory. Because nontraditional approach was chosen: We go around this theoretical difficulty by considering the probability distribution of the electron density in the coordinate space. It is allowed to determine reasons of the formation different structures ( bcc, fcc and hcp ) at the crystallization and the polymorphic transformations and processes of a melting and a boiling and also it has been employed into the analysis heat transfer [1,2]. Two theoretical problems are analyzed by using a review of research works [1,2]: a structure of liquid metals and principle of a size quantization both continual approximation (factor 0,65) and solid spheres (factor  $4/3\pi$ ), connecting with average-statistical number shorts neighbors (6,5) in chaotic packing by using simplest ratio:  $4/3\pi/6,5 = 0,65$ . These geometrical factors have been correlated with the wave space  $\lambda_F/2\pi$  and atomic-ionic space, which is divided into the ready  $K\lambda$  cells (where  $\lambda = h/mc$ ,  $K$  - nearest neighbors)[1,2]. Thus it is the essence of given article: the combination of all relationships ratios by means of analysis of all phases transformations from polymorphic (fcc-bcc, bcc-hcp) to a boiling.

### Initial data.

A pseudo - potential approximation of the electron - ion interaction has been by the initial premise for model - theoretical studies. This is allowed to research the electron density fluctuations in the coordinate space between radii atom ( $r_a$ ) and ionic ( $r_i$ ).

We took advantage of the results presented in [1,2], where the calculation ( in limits of the model free electrons) parameter  $R$  ( the half-width on the probability distribution over the coordinate of interatomic distance), corresponding to the maximum of the electron density fluctuation, was revealed based on the assumption on the electron density fluctuation.

The parameter  $R$  is determined in interatomic space from combinations and shapes caused by the uncertainty principle and the best use of the interatom-

ic space, that is predetermined by values  $r_a$ ,  $r_i$  and  $\lambda_F/2\pi$  [1,2]. This conclusively may write as  $R = f(\lambda_F/2\pi)$ :

$$2\pi r = 2\pi r_i + n\lambda_F/2\pi \quad (1)$$

Where at  $n=1$   $r = R_c$  and  $n=2$   $r = R$  ( $r_i$  - is crystal - chemical radius).

Here values  $R$  and  $R_c$  are determined by the standing wave arising during the formation of the self-closing orbital  $2\pi r = n\lambda$  ( a circle of radius  $r$  comprises an integer number of wave lengths).

Main assumption is a follows: the value  $R$  is a coordinate per  $r$  of maximum probability at the electron density distribution between  $r_a$  and  $R_c$  in pseudo-potential approximation, that is:

$$R = [(r_a + R_c)/2] \quad (2)$$

Here we have on the one hand geometrical values ( $R, R_c$ ) and with other - the function of wave length ( $\lambda_F$ ). Besides we have empirical simplest correlations:

$$R_c = r_i + K\lambda/Z \pm n\lambda, \quad (3)$$

where  $n = 0,1,2$ . and where  $K$  - nearest neighbors,  $\lambda = h/mc$ ,  $Z$  is number of valence electrons.

This relation is associated with the electron - photon interaction in the coordinate atomic space in the interaction mode photon + electron  $\rightarrow \lambda$ . If values  $R$ ,  $R_c$  and  $K\lambda$  are considered as main dimensional features, then (according to [1,2]) a chain of interactions can be obtained for coordinate space:

A volume of a sphere in pseudo- potential field:  $4/3\pi (r_a^3 - r_i^3)/K = R^3$  (4) (and also  $4/3\pi R^3 = 4/3\pi r_i^3 + r_s^3 Z$ , where  $r_s = 1,92 \lambda_F/2\pi$ ); A surface of sphere in pseudo- potential field:

$$4\pi R^2(K\lambda) = (r_a^3 - r_i^3)Z^{1/3}. \quad (5)$$

Here we must note adiabatic approximation: atomic sphere can have not the ideal form but the atomic volume is remained constant.

Thus coordinate space between ions can be represented by values  $r_a$ ,  $r_i$ ,  $R$ ,  $R_c$  and  $\lambda$ ,  $\lambda_F$ ,  $Z$  by using all variants: as an orbital, as spheres, as a surface. Besides we have grounded assumption - the discrete of atomic space per  $K\lambda$ , although in empirical form. Hence there are grounds to the analysis of the high temperature processes, a name – to heat transfer.

Modeling of the heat transfer.

1. Linear relations.

High temperature is associated with contact of atomic spheres in vibration mode: its maximal number is  $K$ - neighbors; minimal distance of an interaction is  $\lambda$  (smaller then  $\lambda$  can't be). The heat energy is associated with electron + photon interaction in atomic space has an excess ( $+K\lambda$ ) or a deficit ( $-K\lambda$ ) in the mode: photon + electron  $\rightarrow \lambda$  between emitter and absorber photons.

Since the parameter  $R$  has been determined by bond energy (according to [1] we have:  $U(r) = e^2/4\pi\epsilon_0 (Z/KR)$ ), then the value  $R$  should to establish the equilibrium between an emitter and an absorber in vibration mode ( $R - K\lambda \leftrightarrow R + K\lambda$ ):

$$R + K\lambda = r_a - K\lambda/Z ; \quad (6)$$

$$R - K\lambda = R_c + K\lambda/Z ; \quad (7)$$

$$R_c - r_i = K\lambda/Z . \quad (8)$$

Were the value  $1/Z$  is the restriction of the absorber of photons.

Here the accurate to (1,2)  $\lambda$  has been for 14 of metals ( alkali and alkaline earth, Pb, Al, In, Cd and Zn ).

These data allow us to conclude that the value of  $K\lambda$  corresponds to the maximum level of probability for the exchange interaction of conduction electrons of  $K$  atoms according to the scheme: electron + photon  $\rightarrow \lambda$  . Combining Eqs.(2-8) and using the relation for determined  $R$ , we get:

$$\begin{aligned} R - R_c &= K\lambda(1/Z + 1); R - r_i = K\lambda(2/Z + 1); r_a - R_c = \\ &= 2K\lambda(1/Z + 1); r_a - R = K\lambda(1 + 1/Z); \\ R_c - r_i &= K\lambda/Z. \end{aligned}$$

Th ese data are confirmed by line correlation between  $r_a$ ,  $r_i$  and  $K\lambda$ :

$$r_a = r_i + K\lambda(1/Z + 1) + K\lambda(1/Z + 1) + K\lambda/Z \pm n\lambda, \quad (9)$$

where  $n = 0,1,2$  for 14 metals ( alkali, alkali-earth, Pb,Al,In, Cd and Zn).

Thus, it can be assumed that the atomic space between  $r_a$  and  $r_i$  is divided into the ready  $K\lambda$  cells. Its number must be discrete for  $K\lambda$ . Therefore, the heat energy transfer (the change in the intensity of the atomic-vibrational mode) in this space is represented in the model of two fluxes exchanging by fluctuations of the electron density in the  $\pm K\lambda$  mode .

Here  $R$  is determined by the bond energy  $U(r) = (e^2 / 4\pi\epsilon_0)(Z/K)1/R$ .

Liquid State.

A liquid states fits precisely into model of heat transfer of solid state.

Here two values are determined the model of the heat transfer:  $\sigma/2$  – semi-diameter of hard sphere (Perkus-Yevic) and  $K = K_{SP}$ , where  $K_{SP} = 6,5 = 1/12(1+2+\dots+12)$  (the average statistical number of nearest neighbors [1,2]).

According to [1,2] we have:

$$\sigma/2 - r_i = r_a - R_c$$

and according to Eqs.(2-8):  $r_a - R_c = 2 K\lambda(1/Z + 1)$ . Hence we have:  $\sigma/2 - r_i = 2 K\lambda(1/Z + 1)$  and for the value  $\sigma/2$  we are obtained:

$$\sigma/2 = K \lambda + R \quad (10)$$

where clusters have  $K = 12,8$  for not overheated liquid nearly  $T_{melt}$ ;

$$\sigma/2 = \lambda K_{12} + R_{sp} \quad (11)$$

where  $R_{SP}^3 / 0,65 = (0,65r_a^3 - r_i^3)$  and  $\lambda K_{12} = 12\lambda$  is maximal number ready cells ( $K\lambda$ ) for placing theirs in atomic continuum (not neighboring) superheating liquid at  $T$  boil with an accuracy less than 3% for 14 research metals.

Here, factor  $0,65 \approx 0,643 = 4/3\pi / 6,5$  is the transition from atomic spheres  $4/3\pi r_a^3$  to atomic continuum  $0,65 r_a^3$ , where  $0,65r_a^3 = (\sigma/2)^3$ . Consequently, factor  $0,65$  is a constant similar to  $4/3\pi$  and  $6,5 = 1/12(1+2+\dots+12) = K_{sp}$  statistical average number of nearest neighbors.

Hence, it follows:  $\sigma/2 = R + \lambda K$  ;

$$\sigma/2 = R_{sp} + \lambda K_{12},$$

These data allow to make conclusion about adequate approach to modeling of heat transfer via the exchange – fluctuation interaction between atomic spheres per  $K\lambda$  ready cells.

Bulk

The volume of the liquid metal at the melting temperature can be calculated in two variants: for absolutely chaotic packing ( or SP-statistical packing):

$$V_{melt} = 4/3\pi r_a^3 / 0,65 \quad (12)$$

and with allowance for maximum possible fluctuations (clusters) of the atomic density  $V_o$  (at 0K) and  $V_{boil}$  (at  $T_{boil}$ )

$$V_{melt} = 0,65 V_o + 0,35 V_{boil}. \quad (13)$$

Here all three reference points ( $V_o$ ,  $V_{melt}$  and  $V_{boil}$ ) lie on one strait line with  $V_{melt}$  in the center. From here it follows that there are grounds to accept the value  $0,65/0,35$  for the ratio cluster / SP.

According to experimental data [1,2] we have  $V_{boil} / V_o = 1,23 \pm 0,03$  and  $V_o = V_a + 0,35V_a$  and  $V_{boil} = 1,23V_o = 1,23(V_a + 0,35 V_a) = 1,67 V_a \approx 1,70 V_a$ , where  $0,35 V_a$  is a void volume at  $K = 12$  and other part  $0,35V_a$  is the result of the thermal wide. Thus atomic system have two volume of a void. Hence it follows:  $V_{boil} = 1,70V_a$ .

As a whole, the model cluster / SP is represented by  $0,65 \approx 0,643$  part of clusters and  $0,35$  part SP can be write as:  $0,643 (0,74) \approx 0,47$ , where  $0,74$  is the fac-

tor of maximal packing into a cluster and  $0,643 = 4/3\pi / 6,5$  is the probability of random cluster packing. Here the calculated value  $0,47$  coincides with  $\eta = 0,44 - 0,47$  obtained by numerical solution of the Percus – Yevic equation [1,2].

Electronic subsystem.

The approximation of the liquid metal structure by atomic density fluctuations allow us to consider the balance of interatomic voids in the model cluster / SP in according to parts  $0,65 / 0,35$ . For cluster  $0,65(0,35)$  at  $K=12$ . For SP  $0,35(0,65)$  at  $0,65r_a^3 = (\sigma/2)^3$ . Here we obtain in fact the equality of volumes interatomic voids:

$$0,65(0,35)r_a^3 \approx 0,35(0,65)r_a^3 = (\lambda_F / 2\pi)^3 z, \quad (14)$$

Where  $z$  – a valence.

It is the equality of densely packed clusters and of absolutely disorderly packing (SP) in the continual approximation Eq.( 13) is satisfied for the solid spheres  $(\sigma/2)$  approximation:

$$0,35 (4/3\pi r_a^3) / K_{sp} = (\lambda_F/2\pi)^3 z \quad (15)$$

Where  $4/3\pi / K_{sp} = 0,65$  and it corresponding  $0,65r_a^3 = (\sigma/2)^3$ .

Hence it follows the dynamic equilibrium  $r_a \leftrightarrow \sigma/2$  which is confirmed by fluctuation SP as an emitter of the excessive energy and cluster as the energy receiver. This energy (E) can be transferred by radiation from SP is attained under condition  $h\nu_{max} / kT_{boil} = 2,82$  ( the emission law):

$$E = (e^2/4\pi\epsilon_0) ( 1 / \sigma/2 - 1 / r_a ) z^{1/3} \quad (16)$$

Where  $0,35 E = 2,82 kT_{boil}$ .

Further, electronic subsystem of the boiling is connected with the value  $V_{boil} = 1,70 V_a = (1,70 4/3\pi) r_a^3 = 7,1 r_a^3$ , where the value  $7,1$  is  $(1,92)^3 = (2\pi r_s / \lambda_F)^3$ .

Consequently the value  $V_{boil}$  is determined by the values of atomic radius and  $\lambda_F$ .

Modeling of processes the melting and the boiling.

The grown the value of thermal expansion  $\Delta V_t$  from OK to  $T_{melt}$  should have a limit. Its yields the following relationship:  $\Delta V_t^{1/3} = r_a - r_i$  at  $T_{melt}$  [1,2]. On the other hand ( liquid phase) we have :

For metals with bcc structure:  $\Delta V_t = (V_{melt} - V_o)_8 = R_{12}^3$ ,

where  $V_o$  (at OK) is determined at  $K=8$  and  $R_{12}$  at  $K=12$  from Eq. (2).

For metals with fcc structure:  $\Delta V_t = (V_{melt} - V_o)_{12} = R_{12}^3$ ,

where both  $V_o$  and  $R_{12}$  are determined at  $K = 12$  from Eqs.(2,4).

Thus, for metals with bcc structure we have:

$$R_8^3 = R_{12}^3 + \Delta V_t. \quad (17)$$

For hexagonal layer-by-layer packed (6+6) Cd and Zn:

$$\Delta V_t = (V_{melt} - V_o)_6 = R_8^3 \quad (18)$$

where  $V_o$  is determined at  $K=6$  and  $R_8^3$  at  $K= 8$ .

Analogous process is also reproduced in polymorphic fcc(hcp)  $\rightarrow$  bcc transformations in the solid phase:

$$\Delta V_t + R_{12}^3 = R_8^3 \quad (19)$$

The process of the boiling is determined by the value  $R_{12}$ , as well as, the melting with fcc structure:

$$\Delta V_t + R_{12}^3 = 2R_{12}^3, \text{ (or } \Delta V_t = R_{12}^3) \quad (20)$$

where the value  $\Delta V_t$  is corresponded by the value interatomic void  $0,35 V_a$  at  $K=12$ . The general tendency is toward an increase in the number of the nearest neighbors during thermal expansion [1,2], or cells for a placing  $\lambda K_{12}$  (as for the boiling). Thus all points of phase transformations are connected with grand value R.

Volume correlations for heat transfer.

Here we have the ground for the examination of the model of high temperature heat transfer in two forms: both fixed orbital ( $R, R_c, r_a$ ) and a sphere, having variable radius but in limits from  $r_a$  to  $r_i$ .

Using assumption of ready cells-  $K\lambda$  into the coordinate space, we may write a chain of correlations in according to the principle uncertainty:

$$4\pi R^2 K\lambda = (r_a^3 - R_c^3) Z^{1/3}; \quad (21)$$

$$4\pi R_c^2 K\lambda = R^3 Z^{1/3} \quad (22)$$

$$4\pi[1/2(r_a + r_i)]^2 K\lambda ( 1/Z + 1 ) = r_a^3 / k_p = r_a^3 + R^3 \equiv V_2 ; \quad (23)$$

$$4\pi[1/2(r_a + r_i) - K\lambda/Z]^2 K\lambda/Z = R^3 ; \quad (24)$$

$$4\pi[1/2(R + r_i)]^2 K\lambda (1/Z + 1) = r_a^3 \equiv V_3 ; \quad (25)$$

$$4\pi[1/2(R + r_a)]^2 K\lambda (1/Z + 1) = 2r_a^3 \equiv V_1 ; \quad (26)$$

$$4\pi r_i^2 K\lambda (1/Z + 1) = R^3 / k_p = R^3 + R_c^3 \quad (27)$$

Eqs.(21-27) are established per 14 metals with an accuracy  $\pm 5\%$  in average.

Where:  $4\pi[1/2(r_a + r_i)]^2 K\lambda = \Delta V_{emitter}$  ;  $4\pi[1/2(r_a + r_i)]^2 K\lambda/Z = \Delta V_{absorbent}$  . Hence we obtain:

$\Sigma \Delta V = \Delta V_{emitter} + \Delta V_{absorbent} = 4\pi[1/2(r_a + r_i)]^2 K\lambda (1/Z + 1)$  and also for other relations (24-27).

Here the value  $1/Z$  (it is into relations as  $K\lambda/Z$ ) is the limitation in an absorption of photons by conduction electrons (a valence).

Further we have:  $r_a^3 / k_p$  and  $R_c^3 / k_p$ , where  $k_p$  is the coefficient of the packing (0,68-0,74);

$k_p = V_a / (V_a + V_{voids}) = r_a^3 / (r_a^3 + R^3) = R^3 / (R^3 + R_c^3)$ , where  $V_a$  is atomic volume.

Here we have the value  $V_{voids}$  is coincided with values  $R^3$  and  $R_c^3$ .

Hence:  $R^3 / r_a^3 = (1 - k_p) / k_p = R_c^3 / R^3$  and we obtained:  $R = r_a(0,78-0,705)$  and  $R_c = R(0,78-0,705)$ .

Hence it follows that a placing of  $K\lambda$ -cells into coordinate space from  $r_a$  to  $r_i$  must be connected with relation:

$$R = [\Delta V_{\text{voids}}]_R^{1/3} \quad (28)$$

$$R_c = [\Delta V_{\text{voids}}]_c^{1/3}$$

On the basis of Eq.(21-27) where  $R - R_c = K\lambda(1/Z + 1)$ , we may write:

$$[\Delta V_{\text{voids}}]_R^{1/3} - [\Delta V_{\text{voids}}]_c^{1/3} = K\lambda(1/Z + 1). \quad (29)$$

Hence we can assume that elementary distance of thermal vibration has been corresponded to the fluctuation - exchange cell  $\pm K\lambda$ .

Here the geometrical volume ( $r_a^3/k_p$ ) has been corresponded to the physical ( $R$  and  $R_c \sim f(\lambda_F/2\pi)$ ) and to the electron- photons interaction in any point of the atomic space between  $r_a^3/k_p$  and  $R^3/k_p$  simultaneously. Thus we may assume that geometrical interatomic space is a continual, having different forms in according to the principle uncertainty. We may conclude also that heat transfer is connected with the transition and the exchange voids volumes into the interval from  $r_a$  to  $r_i$  and ves in the mode heating – cooling.

Besides, we should be noted relationships in Eq.(23,25,26) between values  $V_1, V_2, V_3$  and the packing factor  $k = 0,74(0,68)$ , which is corresponded to normal values of the lattice (bcc and fcc) -  $V_2$  and the reciprocal lattice in relationships ( in wave aspect) between  $V_1/V_2$  and  $V_3/V_2$  (i.e. for alkali, alkali-earth metals it is 0,74 and Mg,Al,Pb...it is 0,68):

$$V_1/V_2 \approx k; V_3/V_2 \approx k \quad (30)$$

The following relations between  $2r_a^3, r_a^3/k$  and  $1r_a^3$  correspond to the value of  $k$  of the reciprocal lattice ( in geometric aspect) :

$$2/1,35 \approx 1,47; 1/1,35 = 0,74;$$

$$2/1,47 \approx 1,35; 1/1,47 = 0,68.$$

Thus two forms of the atomic- ion interaction (the geometric and wave) are corresponded to the model of heat transfer, which is represented by the model of two fluxes exchanging by fluctuations of the electron density in the  $\pm K\lambda$  mode [2]. Heating mode is the fluctuation flux from the atomic periphery ( $r_a$ ) to the ionic core ( $r_i$ ). Cooling mode - vise versa. The equilibrium state is the compensation of electron density fluctuation ( $\pm K\lambda$ ) and it is corresponded to the compensate values packing factor  $k$  (wave and geometric) by reciprocal and normal lattice accordingly.

Consequences from the model of heat transfer.

#### 1. Principle uncertainty.

Seven relations in Eqs.(21-27) have been by main idea of all combinations: emitter  $K\lambda$  + absorber  $K\lambda/Z$  of electron - phonon interaction must exist in frames of values  $\lambda_F/2\pi$  and in frames principle uncertainty only. The latter is cleared up in follows moments: in Eq.(22) values  $R$  and  $R_c$  are const. by the spread of electronic charge  $Z$  to  $Z^{1/3}$  per atomic sphere and contrary if  $Z$  is const. then value of the radius is var. that is average value between  $R, R_c, r_a$  and  $r_i$  as it shown in Eqs. (21,22).

Thus principle uncertainty may present in the following scheme: If atomic radius is const, then  $Z^{1/3}$  and if atomic radius is var. then  $Z$  is const.

#### 2. Peculiarity of heat transfer for Cu, Ag and Au.

Here we get the degradation of values  $R$  and  $R_c$ , as we have:

For Cu and Ag:  $r_a - r_i = 0,32 - 0,28 \text{ \AA}$ , then it is corresponded to  $\lambda K = 0,29 \text{ \AA}$ ;

For Au:  $r_a - r_i = 0,045 \text{ \AA}$ , then it is corresponded to  $2\lambda = 0,048 \text{ \AA}$ .

Consequently we have the distance  $r_a - r_i = n\lambda$  from  $n=2$  for Au to 12 for Ag and Cu, escaping of  $R_c$  and  $R$ . This is a justification of superior heat transfer of these metals, as

$r_a - r_i = n \lambda$  directly and  $n$  is minimal possible value.

#### 3. Peculiarity of hexagonal structure (6+6) Cd and Zn.

For Cd :  $r_a^{\text{max}} - r_a^{\text{min}} = 0,152 \text{ \AA} \approx K\lambda$ ;

For Zn :  $r_a^{\text{max}} - r_a^{\text{min}} = 0,140 \text{ \AA} \approx K\lambda$ ,

where  $K\lambda = 6\lambda = 0,145 \text{ \AA}$  and  $r_a^{\text{max}}$  and  $r_a^{\text{min}}$  are determined from the lattice parameters  $[a]$  and  $[c]$  and where average value  $1/2 (0,152 + 0,140) = 0,146 \text{ \AA}$  is very near value to  $K\lambda = 0,145 \text{ \AA}$ .

#### 4. Transition metals.

Here we have limits in the determining and the calculating of values  $R$  and  $R_c$  so s-d zone and d- zone of electronic system have the influence on  $k_F$ . For example for Ni it is  $k_F \approx 0,55a.u.$ (s-d zone) and  $k_F \approx 0,81a.u.$ (d-zone), that is  $k_F \neq \text{const}$ .

However it can be assumed that  $R_c \rightarrow r_i$ . This assumption allow us to determine both  $R = (r_a + r_i) / 2$  and the equality of fluxes fluctuations ( an excess  $+K\lambda$  with a deficit -  $K\lambda$  ) as:

$$R - r_i = nK\lambda \pm \lambda, \text{ and also } r_a - R = nK\lambda \quad (31)$$

where  $n = 1,2$ . For example Ni (  $\text{\AA}/\text{atom}$ ): :  $R = (1,26 + 0,72)/2 = 0,99$ ;

$$R - r_i = 0,99 - 0,72 = 0,27;$$

$$K\lambda = 12 \cdot 0,024 = 0,29,$$

where  $0,27 \approx 0,29$  at  $n = 1$ .

For example Y:  $R = (1,64 + 0,88)/2 = 1,26$ ;

$$R - r_i = 1,26 - 0,88 = 0,38;$$

$$2K\lambda = 2 \cdot 8 \cdot 0,024 = 0,38,$$

where  $n = 2$ .

Eq. (31) is fulfilled accurate in limits  $\pm 4\%$  for: Ni,Cu,Mo,Nb,Y,Ti ... similarly Eq.(6-9) for nontransition metals.

#### 5. Amorphous state.

According to data [ 3 ] the value  $(r_a - r_i)/K$  is the dimensional criterion for the analysis of the formation of amorphous intermetallic combinations at diffusion heating of films (dusty materials) pure metals  $A_xB_yC_z$ , where  $x,y,z$  are combination parts.

Main approximation: it is the freezing of atomic exchange between fluctuation states of clusters ( $K=12,8$ ) and statistical packing atomic ( $K_{SP} = 6,5 = 1/12(1+2+3 + \dots 12)$ ) . This state may to determine as frozen crystallization, where cannot carry out the development neither crystallization from SP state (fluctuation) nor from cluster state (fluctuation). This mo-

mentary a freezing can be realized in ideal conditions of heat transfer only. According to Eq.(9) these conditions may create on a distance  $r_a - r_i$ , where a cell  $K\lambda$  has been comprised by integer number  $n$ , namely:

$$(r_a - r_i) = n\lambda K \quad (32)$$

where  $K = 12,8$  for a cluster and  $K_{SP} = 6,5$  for SP ; integer number  $n = 1,2,3$ . However integer number  $n$  has the limit ( $n=3,0$ ) so according to Eq.(9):

$$r_a - r_i = 2K\lambda(1/Z + 1) + K\lambda/Z,$$

where we have  $r_a - r_i = 3,5 K\lambda$  at  $Z_{\min} = 2$  and  $r_a - r_i = 2,6 K\lambda$ , if  $Z_{\max} = 5$ .

Therefore conditions of a freezing for atomic exchange may write in the following way:  $n_{\text{cluster}} = n_{SP} \approx 3,0$ .

Hence ideal condition - this is the equality of cells ( $n\lambda$ ) of cluster state with absolute chaotic packing. This equality of cells ( $n\lambda$ ) may carry out by using coefficients  $x, y, z$  ( composite parts) in dusty films at an joint of their layers of pure metals  $A_x B_y$  and  $A_x B_y C_z$ . For example it is for pair metals  $A_x B_y$ :

$$x [(r_a - r_i)/\lambda K_{12,8}]_A + y [(r_a - r_i)/\lambda K_{12,8}]_B = (x, y) [(r_a - r_i)/\lambda K_{SP}]_{A, B} \quad (33)$$

Hence we have:  $\sum n_{\text{cluster } A, B} = n_{SP, A, B} = n$  (integer: 1,0-3,0).

Adequacy of the Equality (33) may demonstrate by using experimental data taken from a review article of Johnson W.L. [ 4 ].

$$1) Ni_{0,31}Y_{0,69} \quad (0,69\Delta r_Y^{(8)} + 0,31\Delta r_{Ni}^{(12)}) / \lambda = (0,69\Delta r_Y^{(6,5)}) / \lambda \quad 3,2 \approx 3,1$$

Where  $\Delta r_Y^{(8)} = (r_a - r_i)/8$ ;  $\Delta r_Y^{(6,5)} = (r_a - r_i)/6,5$  and ets.

$$\sum n_{\text{clusters } Y, Ni} \approx n_{SP Y} \approx n \quad 3,2 \approx 3,1 \approx 3,0.$$

$$2) Ti_{31}Nb_{22}Cu_{47}.$$

$$\text{First variant: } (0,31\Delta r_{Ti}^{(12)}) / \lambda = (0,22\Delta r_{Nb}^{(8)}) / \lambda = (0,47\Delta r_{Cu}^{(6,5)}) / \lambda.$$

$$0,91 \approx 0,92 \approx 0,96 \approx 1,0$$

$$n_{\text{cluster } Ti} \approx n_{\text{cluster } Nb} \approx n_{SP Cu} \approx n$$

$$\text{Second variant: } (0,31\Delta r_{Ti}^{(8)} + 0,22\Delta r_{Nb}^{(12)}) / \lambda = (0,47\Delta r_{Cu}^{(6,5)} + 0,22\Delta r_{Nb}^{(6,5)}) / \lambda$$

$$2,0 \approx 2,07 \approx 2,0$$

$$\sum n_{\text{clusters } Ti, Nb} \approx \sum n_{SP Cu, Nb} \approx n$$

$$3) Al_{55}Nb_{45}$$

$$(0,45\Delta r_{Nb}^{(12)} + 0,55\Delta r_{Al}^{(12)}) / \lambda = (0,55\Delta r_{Al}^{(6,5)}) / \lambda$$

$$3,0 \approx 3,2 \approx 3,0$$

$$\sum n_{\text{clusters } Nb, Al} \approx n_{SP Al} \approx n$$

$$4) Ni_{40}Nb_{60}$$

$$(0,40\Delta r_{Ni}^{(12)} + 0,60\Delta r_{Nb}^{(8)}) / \lambda = (0,60\Delta r_{Nb}^{(6,5)}) / \lambda$$

$$3,2 \approx 3,15 \approx 3,0$$

$$\sum n_{\text{clusters } Ni, Nb} \approx n_{SP Nb} \approx n$$

Thus the equality  $n_{\text{clusters}} = n_{SP} \approx 1,0 - 3,0$  is the ground to take into consideration as ideal condition for momentary freezing of atomic exchange between clusters and chaotic SP. Here we have successful combination of metals at minimal and maximum values ( $r_a - r_i$ ). For instance:  $Cu, Ni \rightarrow (r_a - r_i) = 0,32 - 0,54 \text{ \AA}$  (it is min.) and  $Al, Ti \rightarrow (r_a - r_i) = 0,94 - 0,86 \text{ \AA}$  (it is max.). In this case a probably is increased for equalize  $n_{\text{cluster}}$  to  $n_{SP}$ , using coefficients  $x, y, z$ .

Usual crystallization.

Analysis of the crystal nuclei appear is founded to model of the liquid state: clusters, having ordered packing of atoms and a completely chaotic packing or statistical packing (SP) in the correlation 0,65/0,35 [2]. Main calculation parameter  $R$  (corresponds to the maximum level of the electron density fluctuation in pseudo - potential approximation) is determined by a model of the thermo-vibration atomic spheres, leading to the separating on cluster and SP in the fluctuation mode:

$$\text{For cluster } R^3 = 4/3\pi (r_a^3 - r_i^3)/K \text{ and for SP } R_{SP}^3 = 4/3\pi[(\sigma/2)^3 - r_i^3]/K_{SP} \quad (34)$$

Where  $K=12, 8,6$  and  $K_{SP} = 1/12(1+2+\dots+12) = 6,5$  is an average statistical number of nearest neighbors at equation -probably occurrences of all of the dispositions from 1 to 12 [1-3]. The value  $\sigma$  (diameter hard sphere) is defined both using the experimental diffraction data ( Perqus-Yevic) and in theoretical models of liquid state as  $(\sigma/2)^3/r_a^3 = 0,65$  or  $\sigma/2 = 0,867 r_a$  [1-3].

Here we make main assumption: at the phase transition point, the same level of the maximum electron density fluctuation is reached. This means the same level of values of  $R$  calculating in Eqs.(1,2,4). Hence one may write the basic equation of crystallization or a condition of equilibrium of two phases - the solid and liquid:

$$R_{12,8,6} = R_{SP} = R_F \quad (35)$$

An analysis of these values  $R$  indicates that Eq.(34) is fulfilled for metals with bcc - structure (alkaline and alkaline-earth metals) at  $R_{SP}/0,65^{1/3}$  (or  $R_{SP}/0,867$ ), i.e. at  $K=8$  in Eq.(23) and it fulfilled at  $K=12$  :

$$R_{SP}/0,867 = R_8 = R_F ; R_{SP} = R_{12} = R_F \quad (36)$$

The transition from SP to crystal nuclei ( $\sigma/2 \rightarrow r_a$ ) is connected with coefficient  $0,65^{1/3}$  [1-3]. These data give reason to assume that the crystal lattice , having  $K=8$ , is formed from SP at  $\sigma/2 \rightarrow r_a$  and on the contrary: the crystal lattice with  $K=12$  is formed from clusters with  $K=12$  without the preliminary transition  $\sigma/2 \rightarrow r_a$ .

This choice of a mechanism for a process of the crystallization is determined by the value  $R_F$  in Eq.(1) and only probably.

Metals having a structure bcc (alkaline and alkaline- earth) have clusters  $K=12$  at the melting [2]. Hence we may write:

1. For the dynamic equilibrium of crystal nuclei (bcc) - SP:  $R_8^3 = R_{SP}^3/0,65$ .

2. For the dynamic equilibrium of cluster ( $K=12$ ) - SP:

$$R_{12}^3 = R_{SP}^3.$$

3. For the dynamic equilibrium of crystal nuclei (bcc,  $K=8$ ) - cluster ( $K=12$ ):  $R_8^3 = R_{12}^3/0,65$ .

Here it should be noted the balance of volumes between crystal nuclei (and cluster) and SP at their dynamic equilibrium:

$$4/3\pi r_a^3 = K_{SP}(\sigma/2)^3 \quad (37)$$

Hence may write:  $4/3\pi/K_{SP} = (\sigma/2)^3/r_a^3 = 0,643 \approx 0,65$ . (38)

Therefore a factor 0,65 is the grounded physical value perfectly. Values  $\pi$  and  $K_{SP} = 6,5$  are const. Therefore 0,65 and the ratio 0,65/0,35 is const., determining the ratio cluster/SP [1,2].

For Cd and Zn having a hexagonal layered structure (6+6) Eq.(35) fulfilled with the correction of the  $R_{SP}$  values by a factor 0,867, i.e.:  $R_6 = R_{SP}/0,867$ , according to [1].

Here we may to conclude that a structure of the liquid state of any metals is the dynamic equilibrium state clusters with  $K=12$  and SP at their ratio 0,65/0,35 [1-3].

Probably clusters with  $K=8$  and  $K=6$  can't exist in equilibrium conditions for the liquid metals.

Polymorphic transformation  $bcc \leftrightarrow fcc$ .

The process of polymorphic transformation can be represented as a result of a change of  $r_i$  for  $R_c$  and the volume of spheres  $4/3\pi(r_a^3 - r_i^3)/K$  for the continuum  $(r_a^3 - R_c^3)/K$  caused by a decrease in the fluctuation processes and an increase in the tendency to restoration of the band structure. Hence, taking into account Eqs.(1,4,5,11) we can write the phase equilibrium condition:

$$R_8 = R_{12} = R_F \quad (39)$$

Where  $R_8 = [4/3\pi(r_a^3 - r_i^3)/8]^{1/3}$  and  $R_{12} = [Z^{1/3}(r_a^3 - R_c^3)/4\pi\lambda 12]^{1/2}$  and  $R$  from Eq.(1).

Polymorphic transformation  $bcc \leftrightarrow hcp$ .

A large number of metals is crystallized in the bcc lattice with a subsequent transition to the hcp with a very small compression along the [c] axis at  $[c]/[a] < 1,633$  ( where 1,633 corresponds to the close sphere packing). The magnitude of compression should be in limits  $n\lambda$  according to Eq.(9) ( where  $n=0,1,2$ ).

The deformation of a lattice along [c] axis in  $n\lambda$  is led to same value of the deformation along [a] axis in according to the uncertainty principle.

Compressing an atomic sphere by  $\lambda$  from above and below along the [c] axis, we obtain [c] -  $2\lambda$  (flattening along the [c] axis). The elongation [a] +  $2\lambda$  along the [a] axis by  $\lambda$  from both sides corresponds to this value [c] -  $2\lambda$  in accordance with the principle of uncertainty (total volume has not changed for 12 neighbors). Here we obtain inverse ratio  $([c] + 2\lambda)/([a] - 2\lambda) \approx 1,633$  ( an ideal ratio  $[c]/[a] = 1,633$  of a cubic close sphere packing). It is fulfilled for 12 metals from Re, Os... to Hf ,Gd... , using the model  $2\lambda$  and experimental data [c] and [a] for these metals.

It is supposed that the appearance of the structure hcp and the transformation  $bcc \rightarrow hcp$  at a very small changes in  $n\lambda$  (where  $n = 1,2$ ) is connected with relations  $R_c \leftrightarrow r_i$  and  $r_a \leftrightarrow r_i$  in Eqs.(3,9) where the imprecision of the calculation  $R_c$  and  $r_a$  is corresponded to a same small value  $n\lambda$  (where  $n = 1,2$ ).

Thus, based on the analysis of the electron-ion interaction within the consideration of the probability distribution of electron density in the coordinate space can be concluded that there is a size quantization over  $n\lambda$  and a bulk quantization over  $4\pi R^2\lambda$  under high-temperature for any phase transformations and heat transfer.

#### Reference.

1. Filippov E.S. Model of High Temperature Phase Transitions in Metals. Russ. Phys.J. (2015), 58, №12, 72-76 and (2017), № 5, 126-130.
2. Filippov E.S. Model of Melting and Heat Transfer in Metals. Applied Physics Research, (2017), vol.9, № 2, 1-4.
3. Filippov E.S. Quantomization by number nearest neighbors in metals. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Chern. Metallurg., №5,(2009); №9,(2008).
4. Johnson W.L. Thermodynamic and kinetic aspects of the crystal to glass transformation in metallic materials // Progress material science. 1989, v.30, №2, p. 81-134. (Pergamon Precc).

**Bulatova L.M.**

*Student 1 course, faculty "Mathematics and Information Technology"  
Bashkir State University, Russia, Sterlitamak*

**Kozhevnikova L.M.**

*Scientific director, Professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor  
Bashkir State University, Russia, p. Sterlitamak*

#### THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL INTERNET PLATFORM "E-GAME SCHOOL" IN THE PROCESS OF LEARNING MATHEMATICS IN HIGH SCHOOL

**Булатова Л.М.**

*Студент 1 курс, факультет «Математики и информационных технологий»  
Башкирский государственный университет,  
Россия, г. Стерлитамак*

**Кожевникова Л.М.**

*Научный руководитель, профессор, доктор физико-математических наук, доцент  
Башкирский государственный университет,  
Россия, с. Стерлитамак*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ИНТЕРНЕТ-ПЛАТФОРМЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ ИГРОВАЯ ШКОЛА» В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

**Annotation:** this article discusses the place of distance learning in the subject of mathematics, distance learning opportunities, shows a thematic plan for a distance course in the subject of mathematics by modules. It also describes in detail the possibilities of the electronic educational Internet platform "Electronic Game School" for both teacher and learner and planning to use this online platform for distance education on the subject of algebra in the 7th grade.

**Аннотация:** в данной статье рассматривается место дистанционного обучения в предмете математика. Возмозжия дистанционного обучения. Показан тематический план дистанционного курса по предмету математика по модулям. Также подробно изложены возмозжности электронной образовательной интернет-платформы «Электронная игровая школа» как для учителя и обучающегося, и планирование применения данной интернет-платформы для дистанционного обучения по предмету алгебра в 7 классе.

*Keywords: distance learning, opportunities, student, "Electronic game school", mathematics.*

*Ключевые слова: дистанционное обучение, возмозжности, обучающийся, «Электронная игровая школа», математика.*

Образовательная система, как и новые технологии, развивается год за годом. В нее, уже не первый год, внедряют компьютерные технологии и новые формы образования. Из традиционного обучения вышло множество ветвей новых форматов образования, например, электронный. Электронное образование дает возможность в любое время и в любом месте получать знания, консультации, советы у удаленного эксперта (преподавателя), т.е. дает возможность дистанционного обучения. Эта форма обучения на данный момент не очень широко используется в общеобразовательных школах.

Математика как дисциплина имеет свою специфику. Математика изучает математические модели – логические структуры, у которых описан ряд отношений между их элементами. Понятия математики отвлечены от конкретных явлений и предметов; они получены в результате абстрагирования от качественных особенностей, специфических для данного круга явлений и предметов. Обучение учащихся математике направлено: на овладение ими системой математических знаний, умений и навыков, необходимых для дальнейшего изучения математики и смежных учебных предметов решения практических задач; на развитие логического мышления пространственного воображения, устной и письменной математической речи; на формирование навыков вычислений, алгебраических преобразований, решения уравнений и неравенств, а также инструментальных и графических навыков.

Процесс построения системы дистанционного обучения математике строится так, что идет

трансформация методической системы традиционного обучения математике с учетом специфики условий ДО, так же трансформация дидактической системы ДО с учетом специфики учебного предмета «математика». Для представления учебной информации в основном подойдут две группы средств: зрительные, аудиовизуальные. К средствам зрительного представления информации относят рисунки, таблицы, презентации, чертежи, модели. В качестве аудиовизуальных средств, как правило, используют обучающие видеоролики, мультимедии, видеолекции. При разработке видеолекций необходимо четко ставить цели и формулировать задачи, обязательно надо учитывать принцип «от простого к сложному» [1, 76 стр.].

Кроме представления информации необходимо грамотно продумать закрепление и контроль знаний по математике. Наиболее часто в дистанционных курсах применяют: проектные задания, тестовые задания, лабораторные, практические работы. Большое значение в процессе обучения имеет оценивание полученных знаний. При дистанционном обучении очень часто в качестве методов контроля используют тестирование [4, 104-105 стр.].

Формирование и развитие системы дистанционного обучения математике в школе представляет сложный многосторонний процесс, связанный с решением комплекса проблем социального, функционального и организационного характера. Ее создание возможно при условии необходимого ресурсного обеспечения: нормативного, информа-

ционного, кадрового, методического и материально-технического [2, 71 стр.].

В соответствии с рассмотренными требованиями к планированию, разработке и организации дистанционного курса обучения школьному курсу математики можно выделить следующие его основные структурные элементы:

1. общие сведения о дистанционном курсе;

2. содержательные модули курса (модуль 1, модуль 2 и т.д.);
3. итоговые задания по курсу;
4. итоговый тест по курсу;
5. глоссарий.

Раздел «Общие сведения о дистанционном курсе» является мотивационным и включает аннотацию (проблематика курса, на какую аудиторию он рассчитан), тематический план.

Таблица 1.

**Тематический план дистанционного курса по математике**

Название модуля	Общий объем часов	Количество учебных часов			
		в том числе:			
		Количество часов на выполнение контрольных, практических, лабораторных работ	Количество часов на индивидуальную работу	Количество часов на самостоятельную работу	Количество часов на контрольные мероприятия (тест, проектная работа и т.д.)
....					
....					

Подразделы «Модуль 1», «Модуль 2» и т.д. могут иметь следующую структуру: теоретический материал «Тема № 1 ...», «Вопросы для самопроверки знаний», «Тест», «Задание или контрольная работа», «Список литературы».

Раздел «Итоговое задание по курсу» может содержать методические указания по его выполнению и тематику (итоговая контрольная работа, проект, исследовательская работа и т.д.)

Раздел «Итоговый тест по курсу» представлен в виде комплексного теста, включающего вопросы по всем модулям курса.

Раздел «Глоссарий» включает перечень понятий, которые используются в дистанционном курсе по математике.

Данная структура является универсальной для дистанционных курсов обучения, что способствует быстрой адаптации к овладению материалом и навигации по содержанию [3, 133 стр.].

Реализация данного курса планируется осуществляться на 2019 – 2020 учебный год на базе МБОУ СОШ № 19 г. Ишимбай Республики Башкортостан, на электронной образовательной платформе «Электронная игровая школа» для учащихся 7 класса по предмету алгебра, для учебно-методического комплекса под руководством авторов А.Г. Мерзляк, В.Б. Полонский, М.С. Якир.

«Электронная игровая школа» представляет собой электронную образовательную интернет-платформу для учителей и учащихся школ, так же является новой геймифицированной моделью образования.

Для начала работы с интернет-платформой необходимо ввести в адресной строке Интернет: <https://eplayschool.ru>, после пользователю представляется главная страница «Электронной игровой школы» Далее необходимо иметь свой личный логин и пароль для работы. Главная страница представлена на рисунке 1.

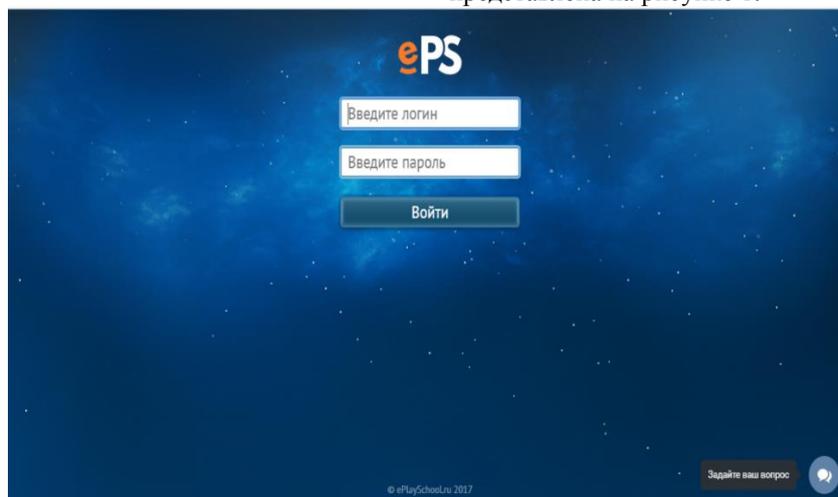


Рис.1. Стартовая страница электронной образовательной платформы «Электронная игровая школа»

Для «Электронной игровой школы» был создан игровой персонаж – Элис, сопровождающего

учащихся во время образовательного процесса. Разработанный персонаж обладает способностями

комментировать слайды, давать подсказки учащимся и отмечать, верно ли выполнено задание.

Конструктор разработки уроков очень напоминает конструктор презентации Microsoft PowerPoint, поэтому больших трудностей с ним не возникает. На главном меню платформы расположены клавиши создания, удаления слайда, которые находятся во вкладке главное, вставка слайда, демонстрация урока, справка.

Удобный конструктор интернет-площадки позволяет создавать разные интерпретации формы урока, что позволяет внести что-то новое в тради-

ционный урок. В возможности конструктора входит внесение необходимого наглядного материала, ими могут быть таблицы, изображения, анимации, видеоролики.

Теоретический слайд достаточно прост в своей разработке. Данные слайды подходят для передачи теоретической информации соответствующего урока, которая может сопровождаться различными иллюстративными элементами. Разработку слайда, содержащего теоретическую форму можно посмотреть на рисунке 2.

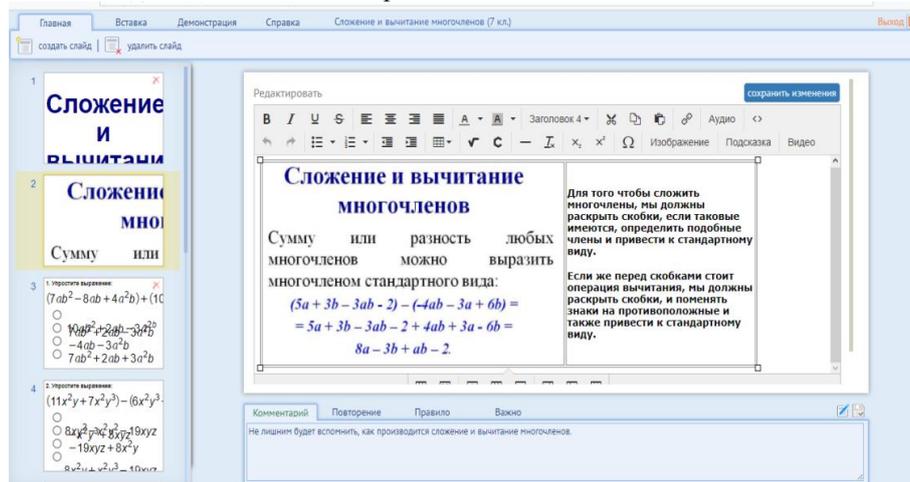


Рис.2. Разработка теоретического слайда для электронной образовательной платформы

Для слайда, содержащий форму вопроса, учитель забывает соответствующий вопрос для самопроверки, где учащийся может выбрать правильный ответ. Варианты ответов могут задаваться следующим образом:

1. выбирать из предложенного списка;
2. на расстановку;
3. на соответствия;
4. самостоятельный ввод.

Слайд, который представляет вопрос можно увидеть на рисунке 3.

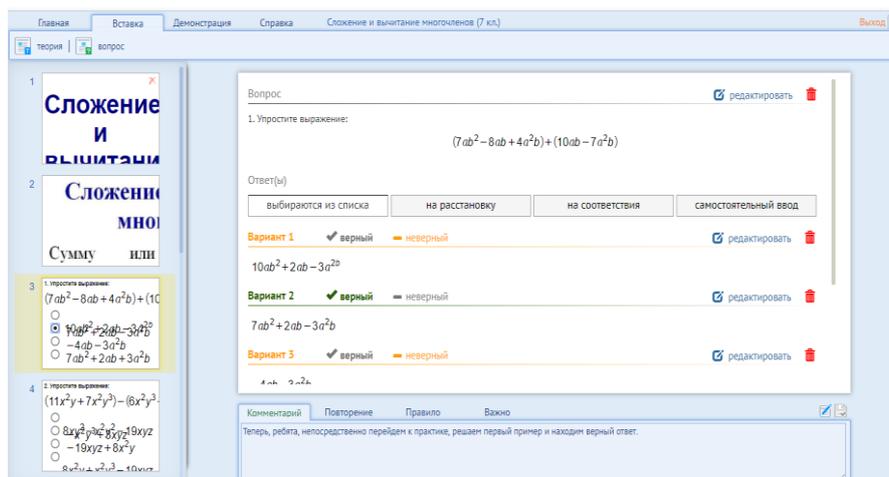


Рис.3. Слайд, содержащий вопрос для самопроверки учащихся

После разработки всех слайдов учитель может реализовать демонстрацию урока, которая продемонстрирована на рисунке 4.

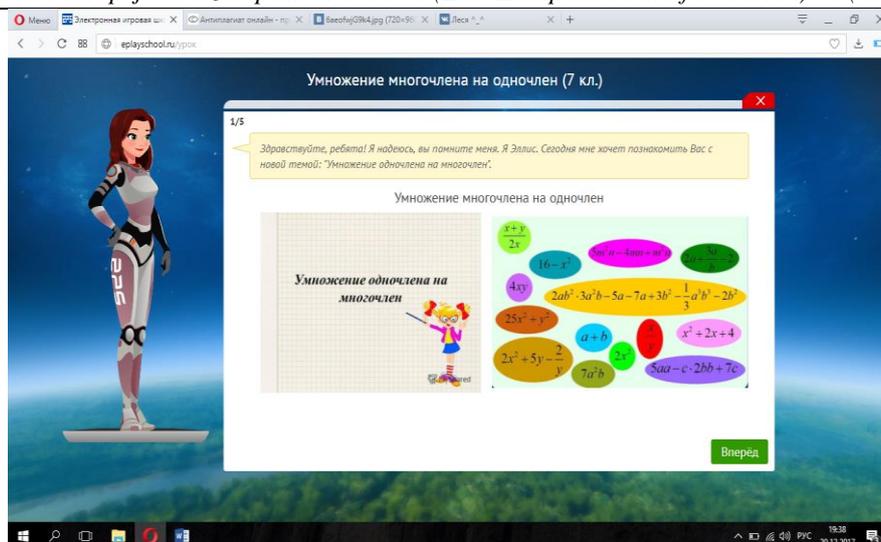


Рис.4. Демонстрация урока в интернет-платформе «Электронная игровая школа»

Для ученика начальная страница представлена в виде планет, каждая из которых представляет школу Республики Башкортостан. Стартовая страница ребенка изображена на рисунке 5.

На стартовой странице представлены все школы, которые зарегистрированы на интернет-площадке, на данный момент зарегистрировано 48 школ Республики Башкортостан. Каждая школа имеет свой рейтинг, который располагается на самих планетах.



Рис.5. Стартовая страница обучающегося в электронной образовательной платформе «Электронная игровая школа»

В верхнем левом углу представлены иконы «Локация» - позволяет перейти на стартовую страницу обучающегося, при нажатии на «Школа» платформа перемещает обучающегося на его планету, т.е. школу, в которой он обучается, и раздел «Обучение», представляет обучающему, предметные области, по которым он может проходить уроки в «Электронной игровой школе». В нижней части экрана представлен список всех школ, зарегистрированных на интернет-площадке, также данная платформа определяет «Лучшего учителя» и «Лучшего ученика», следующими представлены те школы, которые являются «Лидерами», т.е. школы, набравшие наибольшее количество очков, за работу с электронной образовательной платформой.

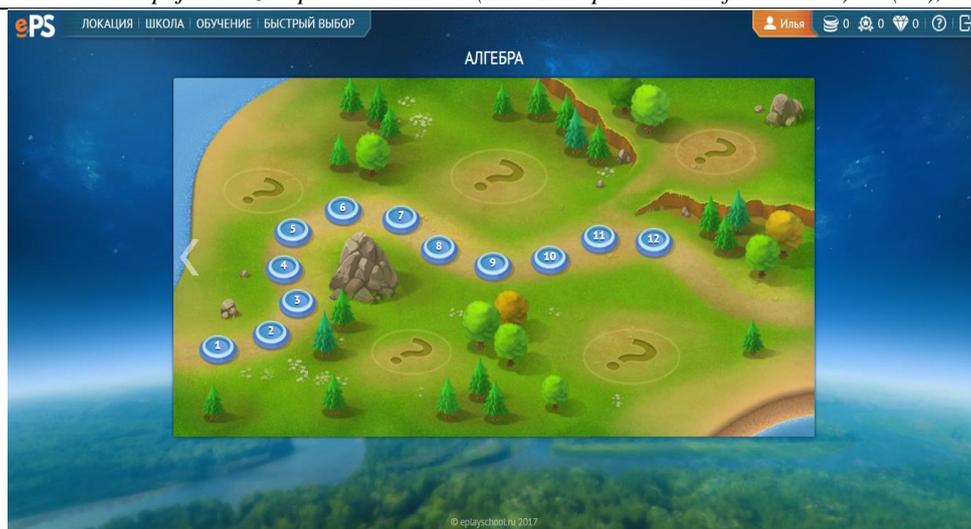


Рис.6. Расположение уроков в электронной образовательной платформе «Электронная игровая школа»

После прохождения определенного количества уроков, ребенок застраивает свою территорию и на месте больших вопросов появляется фундамент, и затем и целые здания. Также в правом верхнем углу рисунка 6 можно увидеть дополнительные награды, которые обучающийся получает во время прохождения уроков.

Электронная образовательная платформа «Электронная игровая школа» разрабатывается по всем требованиям ФГОС всеобщего образования. Однако возникает трудность только в одном – большинство учителей близки к традиционной модели образовательного процесса, поэтому данные модели обучения воспринимают с трудом. Все дело в стереотипах, избавиться от которых довольно трудно, но наш современный мир меняет с каждым днем, и будущее именно за электронным образованием.

Таким образом, проанализированная на основе имеющихся научно-педагогических трудов, и представленная универсальная структура дистанционных курсов обучения математике на модуль-

ной основе будет являться эффективным инструментом при овладении математическими знаниями, умениями и навыками.

#### Список литературы:

1. Абрамова, И.В. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: учебно-методическое пособие / И.В. Абрамова. – Соликамск: Соликамский государственный педагогический институт, 2017. – 76 с.
2. Большакова М.Д., Целищева И.И., Румянцев И.Б. Интеграция в математической подготовке ребёнка к школе // Начальная школа. 2011. № 12. С.70-73.
3. Гузев, В.В., Дахин А.Н., Кульбеда Н.В., Новожилова Н.В. Образовательная технология XXI века: деятельность, ценности, успех. — М.: Педагогический поиск, 2004. – 241 с.
4. Лавров, О.А. Дистанционное обучение. Классификация проблем, термины и определения // Телекоммуникации и информатизации образования. – 2004. - № 5. – С. 101-112.

**Lankin V. S.**

*Doctor of physical and mathematical Sciences, Professor of the Department of physics, Blagoveshchensk state pedagogical University*

### THE ELECTRICAL PROPERTIES OF CLINOPTILOLITE

**Ланкин Сергей Викторович**

*Доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики, Благовещенский государственный педагогический университет*

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛИНОПТИЛОЛИТА

**Summary:** Clinoptilolite is a natural zeolite. The relevance of the study is due to the following: this microporous material is an excellent adsorbent, has low electrical and thermal conductivity, is used in all spheres of industry. Zeolites – dielectric matrix are currently being explored with the aim of creating nanocomposite materials. In this article, the electrical and dielectric properties of natural clinoptilolite of the Amur region are experimentally studied. The temperature dependence of the permittivity, conductivity and tangent of the dielectric loss angle is shown. Features dependencies related to the nature of the release of water molecules from the matrix of zeolites. The decrease in the grain size of clinoptilolite on the studied properties is not reflected.

**Аннотация:** Клиноптилолит – природный цеолит. Актуальность исследования обусловлена следующим: это микропористый материал отличный адсорбент, обладает низкой электро- и теплопроводностью, используется во всех сферах промышленности. Цеолиты – диэлектрические матрицы в настоящее время исследуются с целью создания нанокпозиционных материалов. В данной статье экспериментально изучаются электрические и диэлектрические свойства природного клиноптилолита Амурской области. Показана температурная зависимость диэлектрической проницаемости, проводимости и тангенса угла диэлектрических потерь. Особенности зависимостей связаны с характером выхода молекул воды из матрицы цеолитов. Уменьшение размера зерна клиноптилолита на изучаемые свойства не отражается.

*Key words:* zeolites, clinoptilolite, dielectric properties, mechanical treatment, ionic conductivity.

*Ключевые слова:* цеолиты, клиноптилолит, диэлектрические свойства, механическая обработка, ионная проводимость.

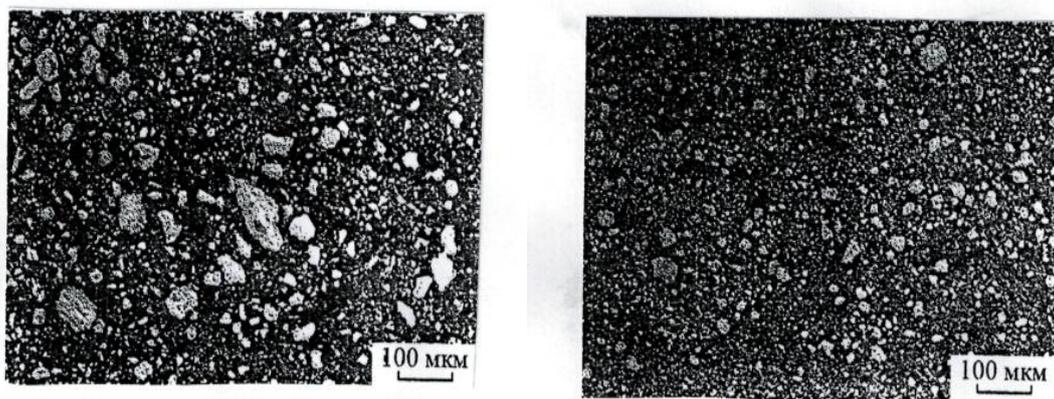
Цеолиты – кристаллические водные алюмосиликаты, структура которых имеет однородные поры молекулярных размеров, вмещающие слабо связанные с каркасом различные катионы и молекулы воды. Вода может быть удалена при нагреве или вакуумировании цеолита, что мало влияет на алюмосиликатный жесткий каркас [2, 3, 9, 13, 15]. Передвижение слабо связанных катионов металлов и молекул воды в порах приводит к изменению электрических свойств цеолита, которые полностью определяются онами металлов [2, 11].

Природные цеолиты выходят на первое место по востребованности среди полезных ископаемых. 70-е годы прошлого столетия человечество вступило в «цеолитовый» век в связи с большой актуальностью проблемы всемирного оздоровления и охраны окружающей среды. Природные месторождения цеолитов не были хорошо известны. Поэтому мировая промышленность базировалась на их синтетических аналогах. В прошлом столетии высокая стоимость, небольшие объемы производства цеолитов определяли узкие области их использования (нефтехимическая промышленность). По целому ряду свойств [1, 5, 15] природные цеолиты (клиноптилолит, морденит) не уступают и превосходят синтетические, при стоимости в 20-100 раз меньшей. Исследования последних десятилетий показали, что природные цеолиты обладают хорошей адсорбцией, избирательностью, прочностью гранул, фильтрацией, регенерацией, каталитической активностью, низкой электропроводностью и теплопроводностью, большой удельной поверхностью и т.д. Цеолиты и цеолитоподобные регулярные диэлектрические матрицы широко используются в химии, технике (газоанализатор с изменяющейся электропроводностью), в современной физике наноструктур для создания нанокпозиционных материалов [1-5].

Целью данной работы являлось исследование электрических свойств (диэлектрическая проницаемость, электропроводность, тангенс угла диэлектрических потерь) природного клиноптилолита Вангинского месторождения Амурской области. Это исследование продиктовано необходимостью обнаружения корреляции между указанными свойствами и структурными изменениями при нагревании поликристаллических образцов, а также для углубления теоретических и практических представлений физических процессов.

В качестве исходного минерала применялся природный клиноптилолит Вангинского месторождения Амурской области [9-13]. Петрографические исследования показали, что основная масса цеолита представлена клиноптилолитом с примесью гейландита. Состав элементарной ячейки  $(\text{Na}_{0,5}\text{K}_{1,5}\text{Mg}_{1,0}\text{Ca}_{2,0}\text{Al}_{8,0}\text{Si}_{37,0}\text{O}_{90,0})21\text{H}_2\text{O}$ . Усредненный химический состав клиноптилолита по атомно-адсорбционному анализу приведен в работах [8, 11, 12]. Цеолитовую породу измельчали в шаровой мельнице до удельной поверхности  $5 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Затем отмывали от глинистых минералов гидрослюд, высушивали, модифицировали 0,5 М растворами NaCl в течение суток. Порошок клиноптилолита (гранулы класса 0,15-0,05 мм) прокаливались в печи в течение часа при температуре от 100 до 300 °С и помещались в эксикатор для дегидратации. Для измерения микрокристаллы клиноптилолита прессовались с помощью гидравлического пресса при давлении 20 МПа в виде таблеток диаметром 10 мм и толщиной 2 мм. Измерения электрофизических характеристик образцов с графитовыми электродами на переменном токе проводились с помощью RLC – измерителя Е7-14 на частоте 1 кГц с использованием параллельной схемы замещения. Температурные зависимости ионной проводимости и емкости исследовались в динамическом режиме со скоростью от 2 до 3 градусов в минуту. Методика электрических измерений приведена в работах [11-13]. Общая экспериментальная погрешность не превышала 10 %.

Гранулометрический анализ показал, что порошок цеолита имел широкий диапазон распределения частиц по размерам от 3,0 до 100 мкм. С увеличением времени механической обработки в мельнице происходят изменения среднего размера частиц порошка цеолита. На рисунке 1 приведены СЭМ – изображения поверхностей измельченных гранул клиноптилолита: *a* – порошок после механической обработки в течение 15 минут (средний размер зерна 50 мкм); *b* – порошок цеолита после механической обработки в течение 30 минут (средний размер зерна 30 мкм). В результате механической обработки анализ показал, что большинство частиц потеряли первоначальную форму и преобразовались в частицы с формой, близкой к сферической. Некоторые гранулы «слиплись». Дальнейшая механическая обработка (через 60 минут) привела к небольшому увеличению размера зерна, к росту удельной поверхности  $20 \cdot 10^4$



a

b

Рис. 1. СЭМ – изображения a – порошок цеолита после механической обработки 15 минут, b – порошок цеолита после механической обработки 30 минут

Температурная зависимость ионной проводимости гидратированного поликристаллического клиноптилолита ( $\sigma$ , мкСм/м) приведена на рисунке 2 (кривая 2). Измерения были выполнены в атмосферных условиях. Как видно из рисунка при нагревании электропроводность в начале возрастает, достигая максимума при температуре 340 К, затем заметно уменьшается и при температуре более 400 К – вновь увеличивается. Такой ход электропроводности можно объяснить тем, что для гидратированного клиноптилолита (морденита) специфично «двухфазное состояние» цеолитной воды. Одна часть молекул воды может свободно перемещаться в цеолитовых трехмерных порах (каналах), другая же – жестко связана с каркасом

цеолита [7, 11, 13]. Связанные молекулы воды могут закупорить каналы и тем самым перекрыть путь к перемещению катионов. В клиноптилолите даже при температуре 380 К остается около 10 % жестко связанной с каркасом воды. Полная дегидратация для клиноптилолита появляется в интервале температур 650-720 К. Поэтому можно предположить, что зависимость проводимости от температуры обусловлена устранением такой блокировки.

Зависимость действительной части диэлектрической проницаемости ( $\epsilon'$ ) от температуры прессованного образца клиноптилолита на частоте 1 кГц, приведена также на рисунке 2 (кривая 1).

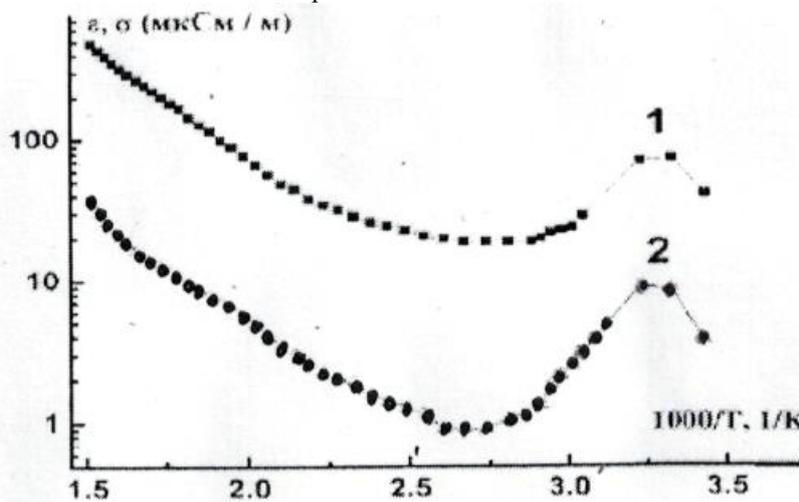


Рис. 2. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости (1) и удельной проводимости (2) поликристаллического клиноптилолита на частоте 1 кГц

Обе кривые показывают аналогичные характерные особенности. Аррениусовые температурные зависимости кривых позволили оценить энергию активации ( $E \leq 0,4$  эВ). Полученные значения энергии близки к литературным данным [7, 10, 13].

Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь ( $\tan\delta$ ) от температуры для исследуемых образцов клиноптилолита при частоте переменного тока 1 кГц представлено на рисунке 3.

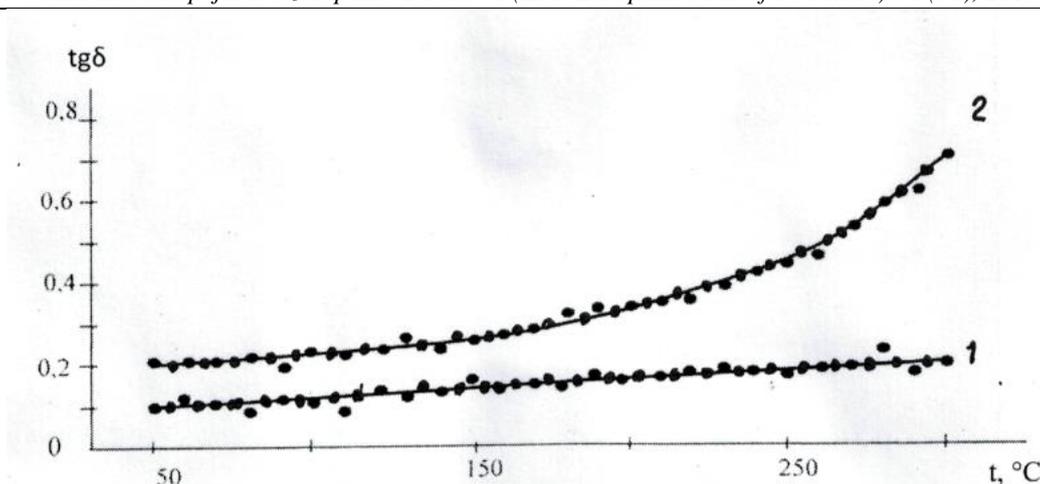


Рис. 3. Температурная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь для поликристаллических образцов:  
 1 – клиноптилолит без примесей;  
 2 – клиноптилолит с содержанием нитрата висмута (1 вес. %)

На этом рисунке кривая 1 отражает изменение  $\text{tg}\delta$  в интервале температур 50-300 °С для исходного (беспримесного) образца. Функциональная зависимость почти линейная, значение  $\text{tg}\delta$  находится в интервале 0,1-0,15. Кривая 2 отражает изменение тангенса угла диэлектрических потерь с ростом температуры для примесных образцов (клиноптилолит + 1 вес. % нитрата висмута). Введение молекул соли висмута в поры матрицы цеолита можно рассматривать как наночастицы. Функциональная зависимость второй кривой нелинейная. Вблизи температур 250 ° наблюдается резкий рост  $\text{tg}\delta$ . Такую зависимость можно качественно объяснить выходом молекул воды из каркаса цеолита и разложением соли висмута, внедренных в поры матрицы клиноптилолита.

В заключении можно отметить. Особенности температурных зависимостей диэлектрической проницаемости, ионной проводимости и тангенса угла диэлектрических потерь поликристаллического клиноптилолита связаны с характером выхода молекул воды из каналов матрицы цеолитов. Уменьшение размера зерна и увеличение удельной поверхности особенно на электрические свойства клиноптилолита не отражаются. Тангенс угла диэлектрических потерь показывает, что клиноптилолит является плохим изолятором. Для получения керамических изделий из этого класса природных цеолитов требуются дополнительные химические и физические исследования.

#### Список литературы:

1. Fanda X. Methodologies for shortening test period of coupled head-moisture transfer in building envelopes / X. Fanda, A.K. Athienitis, P.P. Fazio // Applied Thermal Engineering. – 2009. – V. 29. – p. 787-792.
2. Gottardi G. Natural Zeolites / G. Gottardi, E. Galli // Berlin Springer Verlag. – 1985. – 409 p.
3. Korkina O. Structural and physicochemical properties of natural zeolites: clinoptilolite and morденite / O. Korkina, R. Lebeda, Y. Skubiszewska-

Zieba, T. Vrublevska, V.M. Gunko // Microporos and Mesoporos Materials. – 2006. – V. 87. – p. 243-254.

4. Lin C.H. Evolving applications of zeolite molecular sieves / C.H. Lin, K.A. Dambrowitz, S.M. Kuznicki // The Canadian Journal of Chemical Engineering. – 2012. – V. 90. – № 2. – p. 207-216.

5. Zhou C.H. Fundamental and applied research on clay minerals: From climate and environment to nanotechnology / C.H. Zhou, J. Keefing // Applied Clay Science. – 2013. – V. 74. – p. 3-9.

6. Бузимов А.Ю. Влияние механической обработки на структуру и свойства природного цеолита // А.Ю. Бузимов, С.Н. Кульков, Л.А. Гомзе, R. Geber // Перспективные материалы. – 2018. – № 4. – 31-36.

7. Гусев К.В. Оптические и электрические свойства морденита // К.В. Гусев, М.С. Иванова, Т.Г. Кастрюлина // Вестник Псковского государственного университета. – 2015. – № 6. – С. 125-133.

8. Евдокимова В.А. Особенности электрических свойств природных цеолитов обогащенных нитратом висмута / В.А. Евдокимова, С.В. Ланкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 1. – С. 14-18.

9. Евдокимова В.А. Структурные изменения клиноптилолита в процессе его дегидратации / В.А. Евдокимова, С.В. Ланкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 2. – 19-23.

10. Карачедов Г.Р. Электропроводность натриевой формы цеолита А / Г.Р. Карачедов // Известие СО АН СССР. Сер. хим. наук. – 1985. – Вып. 6. – № 17. – С. 79-88.

11. Колесникова Л.Г. Ионный перенос в клиноптилолите: монография / Л.Г. Колесникова, С.В. Ланкин, В.В. Юрков. – Благовещенск: Изд-во БГПУ. – 2007. – 113 с.

12. Ланкин С.В. Электрические методы исследования адсорбции ПАУ природным цеолитом. – LAPLAMBERT Academic Publishing. – Berlin. – 2013. – 94 с.

13. Ланкин С.В. Электропроводность клиноптилолита и его ионообменных форм / С.В. Ланкин, В.В. Юрков // Перспективные материалы. – 2006. – № 5. – С. 59-62.

14. Никишина В.А. Влияние механической активации на свойства природных цеолитов / В.А.

Никишина, А.Н. Стрелецкий, И.Н. Мешков, И.В. Колбанев // Неорганические материалы. – 2011. – Т. 47. – № 12. – С. 1470-1475.

15. Юрков В.В. Цеолиты Амурской области / В.В. Юрков, С.В. Ланкин, С.В. Барышников // Вестник ДВО РАН. – 2004. – № 1. – С. 69-79.

**Mehtiyev R.K.**

*candidate of Physical and Mathematical sciences, professor  
cathedral of mechnology of materials, Azerbaijan Technical University*

### LONGITUDINAL SHIFT OF CONNECTING AND INCLUSION IN COMPOSITES, DECOMPOSED BY TWO-PERIODIC RECTANGULAR CRACKS

**Summary:** The crack problem is an important problem in the theory of strength. The formulation of the problem of crack formation significantly expands the original concept of A. Griffiths. As the intensity of the external load increases in the fiber, a pre-failure zone arises, which is modeled by a region with weakened inter-partial bonds in the material. The interaction of the coasts of this zone is modeled by introducing between the coasts of the pre-breaking zone of bonds with a given deformation diagram. The physical nature of such bonds and the size of the pre-fracture zones depend on the type of material. Since this zone is small compared to the rest of the fiber section, it can be mentally removed by replacing it with a slit, the surfaces of which interact with each other according to some law corresponding to the effect of the material removed.

The relevance of such research is due to the widespread use in engineering of structures and products made of composite materials. Studies on the development of mathematical models of the theoretically described stress-strain state of the reinforced composite near shear inclusion and cracks are practically absent.

**Abstract:** A doubly periodic lattice with circular apertures of a plane filled with washers without tension from an isotropic elastic material whose surface is uniformly covered with a uniform film is considered. Each fiber and medium (binder) is weakened by straight-line cracks. Each washer has a centrally located crack, the length of which is less than the diameter of the washer. The presented stresses and their displacements are expressed in terms of the analytical function.

The solution is based on the well-known proposition that the displacement in the case of anti-plane shear is a harmonic function. The well-known representation of the solution in each area is applied through the corresponding complex analytic function. Three analytic functions are represented by Laurent series. Satisfying the boundary condition on the contours of the holes and the cracks, the problem reduces to two infinite algebraic systems with respect to the desired coefficients and two singular integral equations with a Cauchy – type kernel. Then the singular integral equation by the Multhopp – Qalandia method is reduced to a finite algebraic system of equations. The procedure for calculating the stress intensity factors is given. For the numerical implementation of the described method, we took the cases of the location of the holes at the vertices of the triangular and square grids. The numerical implementation of the above method is given at IBM. The results of calculations of the critical load depending on the crack length and elastic geometric parameters of the perforated medium are presented.

*Keywords: isotropically elastic material, doubly periodic lattice, rectilinear cracks, stress intensity factor, average stress, critical load, circular hole, longitudinal shift:*

**Formulation of the problem.** Let a doubly periodic lattice with circular holes, has a radius  $\lambda$  ( $\lambda < 1$ ) and centers at points:

$$P_{mn} = m\omega_1 + n\omega_2; (m, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots); \\ \omega_1 = 2; \omega_2 = \omega_1 \cdot h e^{i\alpha}; h > 0; \text{Im}\omega_2 > 0;$$

The circular holes of the lattice are filled with washers (fibers) from an isotropic elastic material

whose surface is uniformly covered with a uniform cylindrical film. Representing the voltage and displacement through unknown analytic function  $\varphi(z)$ , the boundary conditions will be written [1] in the form:

whose surface is uniformly covered with a uniform cylindrical film.

The banks of the cracks are free from external forces (fig. 1). In the lattice, the average stresses  $\tau_y = \tau_y^\infty$ ,  $\tau_x = 0$  (shift at infinity) take place. By virtue of the symmetry of the boundary conditions and the geometry of the domain S occupied by the coupling medium, the stresses are doubly periodic functions with the main periods  $\omega_1$  and  $\omega_2$ .

$$\varphi_b(\tau_1) + \overline{\varphi_b(\tau_1)} \Big|_{\omega_{mn}} = \varphi_t(\tau_1) + \overline{\varphi_t(\tau_1)} \Big|_{\omega_{mn}}; \\ \mu_b d[\varphi_b(\tau_1) - \overline{\varphi_b(\tau_1)}] \Big|_{\omega_{mn}} = \mu_t d[\varphi_t(\tau_1) - \overline{\varphi_t(\tau_1)}] \Big|_{\omega_{mn}};$$

$$\varphi_t(\tau) + \overline{\varphi_t(\tau)} \Big|_{\Omega_{mn}} = \varphi_s(\tau) + \overline{\varphi_s(\tau)} \Big|_{\Omega_{mn}}; \\ \mu_t d[\varphi_t(\tau) - \overline{\varphi_t(\tau)}] \Big|_{\Omega_{mn}} = \mu_s d[\varphi_s(\tau) - \overline{\varphi_s(\tau)}] \Big|_{\Omega_{mn}};$$

(1)

$$\begin{aligned} & (m, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm \infty); \\ & \varphi'_s(\bar{t}) - \overline{\varphi'(\bar{t})} = 0; \varphi'_b(\bar{t}) - \overline{\varphi'(\bar{t})} = 0. \end{aligned} \tag{2}$$

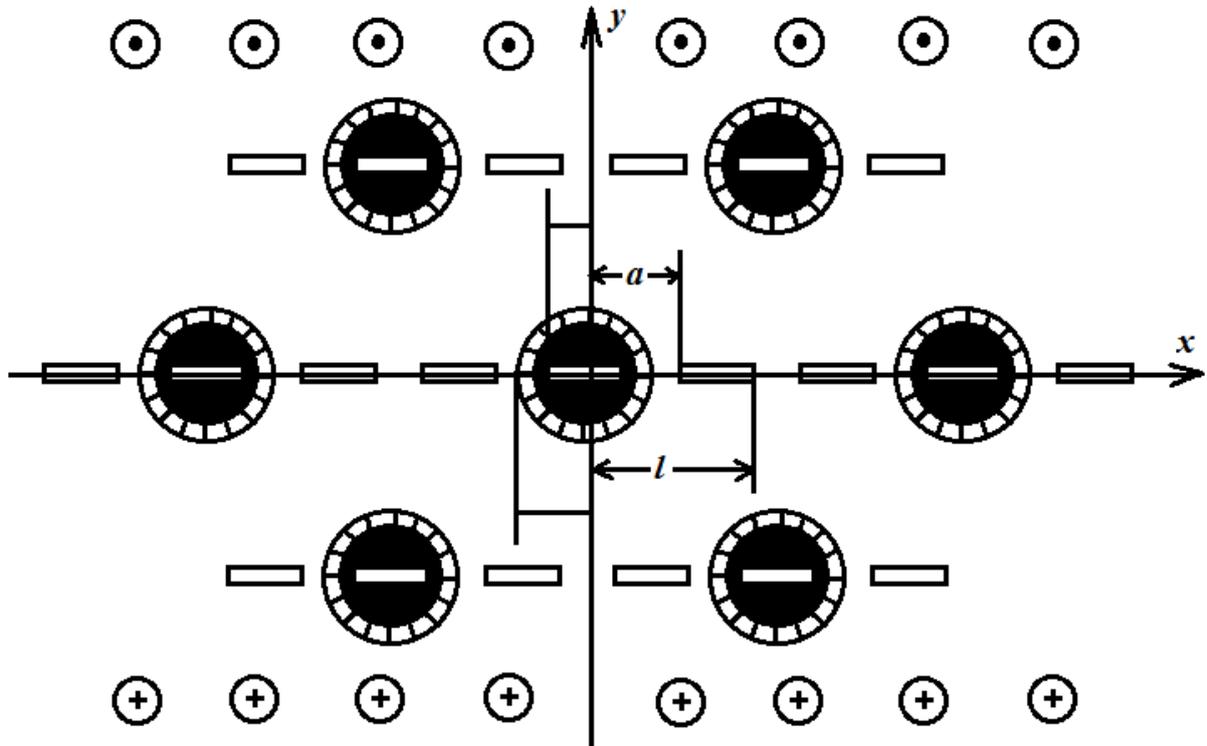


Fig. 1. Lattice scheme of a weakened doubly periodic system of rectilinear cracks.

The functions entered must satisfy the boundary conditions at the fiber – coating borders  $\omega_{mn}$  and the coating–binder  $\Omega_{mn}$ , where the indices  $m, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm \infty$  determine the conditions on the contour  $m, n$ -th fiber, whose coordinates are equal to  $P_{mn} = m\omega_1 + n\omega_2$ . In the case of an ideal contact, the displacements and voltages on the mating sites are equal to each other.

Since the problem of fracture mechanics about cracks in a fiber is reduced to solving a homogeneous harmonic equation, the problem is reduced to finding three analytical functions  $\varphi_s(z), \varphi_t(z), \varphi_b(z)$  of a complex variable in the region occupied by the composite section [1].

$$\left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \varphi_b(\tau_1) + \left(1 - \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \overline{\varphi_b(\tau_1)} = 2\varphi_t(\tau_1); \tag{3}$$

$$\begin{aligned} & \left(1 + \frac{\mu_t}{\mu_s}\right) \varphi_t(\tau) + \left(1 - \frac{\mu_t}{\mu_s}\right) \overline{\varphi_t(\tau)} = 2\varphi_s(\tau); \\ & \varphi'_s(\bar{t}) - \overline{\varphi'(\bar{t})} = 0; \varphi'_b(\bar{t}) - \overline{\varphi'(\bar{t})} = 0. \end{aligned} \tag{4}$$

The coordinates of points on the outer surface of the coating are hereinafter referred to as  $\tau = \lambda e^{i\theta} + m\omega_1 + n\omega_2, m, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots;$  and on the inside,  $\tau_1 = (\lambda - h^*)e^{i\theta} + m\omega_1 + n\omega_2, m, n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

$\mu_t, \mu_b$  and  $\mu_s$  – elastic permanent coating material, fibers and binder, respectively,  $t$  – is the affix of points of cracks on the abscissa axes,  $h^*$  – is the coating thickness, the value related to the coating, the fiber and the binder, are subsequently marked with the subscripts  $t, b$  and  $s$ , respectively.

The solution of the boundary value problem is written in the form

$$\begin{aligned} & \varphi_s(z) = \varphi_1(z) + \varphi_2(z); \varphi_b(z) = \varphi_{1b}(z) + \varphi_{2b}(z); \\ & \varphi_{1b}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} a_{2k} \frac{z^{2k+1}}{2k+1}; \varphi_t(z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_{2k} z^{2k+1}; \end{aligned} \tag{5}$$

$$\varphi_1'(z) = \tau_y^\infty + \sum_{k=0}^{\infty} \alpha_{2k+2} \frac{\lambda^{2k+2} \gamma^{(2k)}(z)}{(2k+1)!}; \quad (6)$$

$$\varphi_2'(z) = \frac{1}{\pi i} \int_L g(t) \xi(t-z) dt + A; \quad (7)$$

$$\varphi_{2b}(z) = \frac{1}{\pi i} \int_{-1}^1 \frac{g(t) dt}{t-z};$$

where the integrals in (7) are taken along the line  $L = \{[-l, -a] + [a, l]\}$ ,  $\gamma(z)$  and  $\xi(z)$  – Weierstrass functions [2],  $A$  – is a constant,  $g(t)$  – is the function

$$g(x) = \frac{\mu_x}{2} \frac{d}{dx} [W^+(x, 0)W^-(x, 0)] \text{ на } L.$$

To the relations (5)–(7), an additional condition should be added, which follows from the physical meaning of the problem

$$\int_{-1}^{-a} g(t) dt = 0; \int_a^1 g(t) dt = 0; \int_{-1}^1 g(t) dt = 0. \quad (8)$$

The condition of constancy of the principal vector of all forces acting on an arc connecting two congruent points in  $S$ , taking into account (8) and the properties of the functions  $\gamma(z)$  and  $\xi(z)$  at congruent points, leads to the relation

$$\text{Im}[A\omega_j + i\delta_j b - \alpha_2 \lambda^2 \delta_j] = 0; \quad (j = 1, 2);$$

$$b = -\frac{1}{\pi} \int_L \text{tg}(t) dt.$$

The solution of the boundary problem. The unknown function  $g(t)$  and the constants  $a_{2k}$ ,  $b_{2k}$ ,  $\alpha_{2k}$  must be determined from the boundary conditions (3) - (4).

To compose equations for the coefficients  $\alpha_{2k}$ , the function  $\varphi_1'(z)$  will represent the boundary condition (3) in the form

$\varphi_1'(z)$  представим граничное условие (3) в виде

$$\left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \varphi_{1b}(\tau_1) + \left(1 - \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \overline{\varphi_{1b}(\tau_1)} = 2\varphi_t(\tau_1) + i\varphi_2^*(\theta); \quad (9)$$

where

$$i\varphi_2^*(\theta) = -\left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \varphi_{2b}(\tau_1) - \left(1 - \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \overline{\varphi_{2b}(\tau_1)}; \quad (10)$$

$$\left(1 + \frac{\mu_t}{\mu_x}\right) \varphi_t(\tau) + \left(1 - \frac{\mu_t}{\mu_x}\right) \overline{\varphi_t(\tau)} = 2[\varphi_1(\tau) + i\varphi_2(\theta)]; \quad (11)$$

where

$$i\varphi_2(\theta) = \varphi_2(\tau). \quad (12)$$

With respect to the function  $i\varphi_2^*(\theta)$  and  $i\varphi_2(\theta)$ , we assume that it decomposes  $|\lambda| = \lambda$  into a Fourier series. Due to symmetry, this series has the form:

$$i\varphi_2^*(\theta) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} B_{2k} e^{2ki\theta}; \quad \text{Re} B_{2k} = 0; \quad i\varphi_2(\theta) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_{2k} e^{2ki\theta}; \quad \text{Re} C_{2k} = 0; \quad (13)$$

$$B_{2k} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i\varphi_2^*(\theta) e^{-2ki\theta} d\theta;$$

$$C_{2k} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i\varphi_2(\theta) e^{-2ki\theta} d\theta; \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

Substituting the hostilities here (10) and (12) with regard to (7) and changing the order of integration, after calculating the integrals using the residue theory, we find

$$B_{2k} = -\frac{1}{\pi i} \int_{-1}^1 g(t) \varphi_{2k}^*(t) dt; \tag{14}$$

$$\begin{aligned} \varphi_0^*(t) &= -\frac{1}{t}; \quad \varphi_{2k}^*(t) = \left(1 - \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \frac{\lambda^{2k}}{(2k)! t^{2k}} + \left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \frac{\lambda^{2k}}{(2k)! t^{2k}}; \\ \varphi_{-2k}(t) &= -\left(1 - \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \frac{\lambda^{2k}}{2t^{2k+1}}; \quad C_{2k} = \frac{1}{\pi i} \int_L \varphi_{2k}(t) g(t) dt; \end{aligned} \tag{15}$$

$$\varphi_{2k}(t) = \frac{\lambda^{2k}}{(2k)!} \xi^{(2k)}(t); \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

Substituting in the boundary conditions (3) instead of  $\varphi_b(z), \varphi_t(z), \varphi'_1(z)$  expansions into Laurent's series, and instead of  $\varphi_2(z), \varphi_{2b}(z)$  – the Fourier series is  $|\tau| = \lambda$  and comparing the coefficients with the same powers of  $\exp(i\theta)$ , we obtain an infinite system of linear algebraic controls:

$$\begin{aligned} b_{2k} &= \left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \frac{a_{2k}}{2(2k+1)!} - \frac{B_{2k}}{2(\lambda-h)^{2k+1}}; \\ b_{-2k-2} &= \left(1 - \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \frac{a_{2k}}{2(2k+1)!} - \frac{B_{-2k-2}}{2(\lambda-h)^{-2k-2}}; \\ \frac{a_0}{4} [g_1 + f^2 h_1] &= \tau_y^\infty + A + C_0 + \sum_{k=1}^\infty \alpha_{2k+2} \lambda^{2k+2} A_{0,k} + \frac{B_0}{2\lambda_*}; \end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned} \frac{\overline{a_0}}{4} [h_2 f^2 + g^2] &= -\alpha_2; \\ \frac{\overline{a_{2k}}}{4} \lambda^{2k} [g_2 + f^{4k+2} h_2] &= -\alpha_{2k+2}; \\ \frac{a_{2k}}{4} [g_1 + f^{4k+2} h_1] &= \lambda \alpha_2 A_{k,0} + \sum_{p=1}^\infty \alpha_{2p+1} \lambda^{2p+2} + \frac{C_{2k}}{\lambda_{2k}} + \frac{B_{2k}}{2\lambda_*^{2k+1}}. \end{aligned}$$

Here

$$\begin{aligned} g_1 &= \left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \left(1 + \frac{\mu_t}{\mu_s}\right); \quad g_2 = \left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \left(1 - \frac{\mu_t}{\mu_s}\right); \\ h_1 &= \left(1 - \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \left(1 - \frac{\mu_t}{\mu_s}\right); \quad h_2 = \left(1 + \frac{\mu_b}{\mu_t}\right) \left(1 - \frac{\mu_t}{\mu_s}\right); \\ A_{p,k} &= \frac{(2p+2k+1)! g_{p+k+1}^*}{(2p)!(2k+1)! 2^{2p+2k+2}}; \quad A_{0,0} = 0; \quad \lambda_* = \lambda - h^*; \\ g_{p+k+1}^* &= \sum_{mn} \frac{1}{T^{2p+2k+2}}; \quad T = \frac{1}{2} P_{mn}; \quad f = \frac{\lambda - h^*}{\lambda}. \end{aligned}$$

Requiring that functions (5) satisfy the boundary condition on the bank of the cut L, we obtain a singular integral equation for  $g(x)$

$$\frac{1}{\pi} \int_L g(t) \xi(t-z) dt - \text{Im}[A + f'_1(x)] = 0 \text{ на } L; \tag{17}$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{g(t) dt}{t-x} - \text{Im}[f'_{1b}(x)] = 0. \tag{18}$$

The system (16) together with the singular equation (17) and (18) are the basic equations of the problem allowing to determine  $g(x)$  and the coefficients  $a_{2k}, b_{2k}, \alpha_{2k}$ . Recall that system (16) contains the coefficients  $C_{2k}, B_{2k}$  and depending on the desired function  $g(x)$ . The system (16) and the equation (17) and (18) turned out to be related should be solved together.

Knowing the functions  $\varphi_s(z), \varphi_b(z), \varphi_t(z)$ , one can find the stress-strain state of the plate. By changing the ratio of the stiffness of the fiber to the stiffness of the bonding medium, you can get all the options, starting from the free from the forces of the circular opening and ending with the absolutely rigid fibers.

Taking advantage of the expansion of the function  $\xi(z)$ , taking into account  $g(x) = -g(-x)$  and applying the change of variables, control (17) and (18) holds to the standard form

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{P(\tau) d\tau}{\tau - \eta} + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 P(\tau) B(\eta, \tau) d\tau - \operatorname{Im}[A + \varphi'_1(\eta)] = 0; \quad (19)$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{P(\tau) d\tau}{\tau - \eta} - \operatorname{Im} \varphi'_{1b}(\eta) = 0. \quad (20)$$

Here

$$P(\tau) = g(t); B(\eta, \tau) = \frac{1 - \lambda_1^2}{2} \sum_{j=0}^{\infty} g_{j+1} \left(\frac{1}{2}\right)^{2j+2} U^j A_j;$$

$$A_j = \left\{ (2j+1) + \frac{(2j+1)(2j)(2j-1)}{1 \cdot 2 \cdot 3} \left(\frac{U}{U_0}\right) + \dots + \left(\frac{U}{U_0}\right)^j \right\};$$

$$U = \frac{1 - \lambda_1^2}{2} (\tau + 1) + \lambda_1^2; U_0 = \frac{1 - \lambda_1^2}{2} (\eta + 1) + \lambda_1^2; \lambda_1 = \frac{a}{1};$$

$$x = \eta_0 l; t = \eta l; \eta_0^2 = U; \eta^2 = U; (j = 1, 2, \dots).$$

Imagine the solution (19) and (20) in the form:

$$P(\eta) = \frac{P_0(\eta)}{\sqrt{1-\eta^2}} \quad (21)$$

the function  $P_0(\eta)$  is replaced by the Lagrange interpolation polynomial constructed from Chebyshev nodes. Using quadrature formulas

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-1}^1 \frac{P(\tau) d\tau}{\tau - \eta} = \frac{1}{n \sin \theta} \sum_{v=1}^n P_v^0 \sum_{m=0}^{n-1} \cos m\theta_v * \sin m\theta; \quad (22)$$

$$\frac{1}{2\pi} \int_{-1}^1 P(\tau) B(\eta, \tau) d\tau = \frac{1}{2n} \sum_{v=1}^n P_v^0 B(\eta, \tau_v); \tau_v = \eta_v;$$

$$C_{2k} = -\frac{1 - \lambda^2}{2} \frac{1}{2n} \sum_{v=1}^n P_v^0 f_{2k}^*(\tau_v); \quad (23)$$

$$B_{2k} = -\frac{1 - \lambda_1^2}{2} \frac{1}{2n} \sum_{v=1}^n P_v^0 f_{2k}^*(\tau_v).$$

Here

$$f_{2k}^{**}(\tau) = f_{2k}^{**}(\xi^2); \xi f_{2k}^*(\xi^2) = l f_{2k}(t); f_{2k}^{**}(\tau) = f_{2k}^{**}(\xi^2); \xi_{2k}^*(\xi^2) = l f_{2k}^*(t).$$

The formulas (22), (23) allow replacing the basic equations (19) and (20) with an infinite system of linear algebraic equations for the approximate values  $g(t)$  of the unknown function at the nodal points, as well as the coefficients  $\alpha_{2k} = \alpha'_{2k} + \alpha''_{2k}$ . In this case, by successively excluding the constants  $a_{2k}$  in relations (16) and determining the real parts of the imaginary, we obtain two systems of equations for  $\alpha'_{2k}$  and  $\alpha''_{2k}$

$$\sum_{v=1}^n a_{mv} P_v^0 - \frac{1}{2} [A + \varphi'_1(\zeta_m)] = 0; \sum_{v=1}^n b_{mv} P_v^0 - \frac{1}{2} \operatorname{Im} \varphi'_{1b}(\zeta_m) = 0. \quad (24)$$

Here

$$a_{mv} = \frac{1}{2n} \left[ \frac{1}{\sin \theta_m} \operatorname{ctg} \frac{\theta_m + (-1)^{|m-v|} \theta_v}{2} + B(\eta_m, \tau_v) \right]; \tau_m = \eta_m;$$

$$b_{mv} = \frac{1}{2n} \left[ \frac{1}{\sin \theta_m} \operatorname{ctg} \frac{\theta_m + (-1)^{|m-v|} \theta_v}{2} \right].$$

To system (24) it is necessary to add an additional condition, which in the discrete form has the form

$$\sum_{v=1}^n \frac{P_v^0}{\sqrt{\frac{1}{2}(1-\lambda_1^2)(\tau_v+1)+\lambda_1^2}} = 0. \quad (25)$$

System (23) - (25) is connected (closed) by infinite systems (16), in which instead of  $C_{2k}$  and  $B_{2k}$ , relation (23) is substituted. The three systems noted completely determine the solution to the problem. After finding the values of  $P_v^0$ , the stress intensity factor  $K_{III}$  is determined on the basis of relations (15), (18), (19), (21):

$$K_{III}^a = \sqrt{\frac{\pi l(1 - \lambda_1^2)}{\lambda_1}} \frac{1}{2n} \sum_{v=1}^n (-1)^{v+n} P_v^0 \operatorname{ctg} \frac{\theta_v}{2};$$

$$K_{III}^l = \sqrt{\pi l(1 - \lambda_1^2)} \frac{1}{2n} \sum_{v=1}^n (-1)^v P_v^0 \operatorname{ctg} \frac{\theta_v}{2};$$

$$K_{III}^{-1_1} = \sqrt{\pi l} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (-1)^{k+n} P_k^0 \operatorname{ctg} \frac{\theta_k}{2};$$

$$K_{III}^{1_1} = \sqrt{\pi l} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (-1)^k P_k^0 \operatorname{ctg} \frac{\theta_k}{2}.$$
(26)

**Analysis of the decision.** For numerical calculations, we took the case of the location of the hole at the vertices of the triangular  $\omega_1 = 2, \omega_2 = 2e^{\frac{1}{2}i\pi}$  and square  $\omega_1 = 2, \omega_2 = 2i$  lattices. The calculations were performed on the IBM computer using the MATLAB program. It was assumed that  $n=10$  and  $n=20$ , which corresponds to dividing the interval into 10 and 20 Chebyshev nodes, respectively. The resulting systems were solved by the Gauss method with the choice of the main element.

It is believed that the law of deformation between partial bonds in the pre-failure zone is linear for  $(W^+ - W^-) \leq \delta^*$ . The nonlinear part of the bond deformation curve was approximated by a bilinear dependence [9], the ascending part of which corresponded to the deformation with the maximum bond force. When  $(W^+ - W^-) > \delta^*$ , the law of deformation was described by a nonlinear dependence determined by points  $(\delta^*, \tau^*)$  and  $(\delta_c, \tau_c)$  and with  $\tau_c \geq \tau^*$  there was an increasing linear dependence (linear hardening corresponding to elastoplastic deformation of bonds).

To determine the limiting state at which the crack growth occurs, the deformation fracture criterion was used [16].

Using the solution obtained, the conditions determining the limiting external load at which a crack forms at the point  $\mathbf{x} = \mathbf{x}_0$  are the following:

$$C(\mathbf{x}_0, q_x(\mathbf{x}_0)) q_x(\mathbf{x}_0) = \delta_c, \tag{27}$$

where  $\delta_c$  – is the characteristic of the material resistance to cracking.

Prefailure zones are in a binder; therefore, the dimensions of the holes are taken. The quantity  $\lambda$  is related to the radius  $\lambda_1$  of the isotropic inclusion  $\lambda = \lambda_1 + h^*$ .

Based on the results obtained in fig. 2, 3 and 4 graphs of the critical (maximum) load are plotted  $\tau^* = \tau_y^* \sqrt{\omega_1} / K_{IIIc}$  for both crack tips from the crack length  $l_* = (l - a) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6$  (curves 1–5).

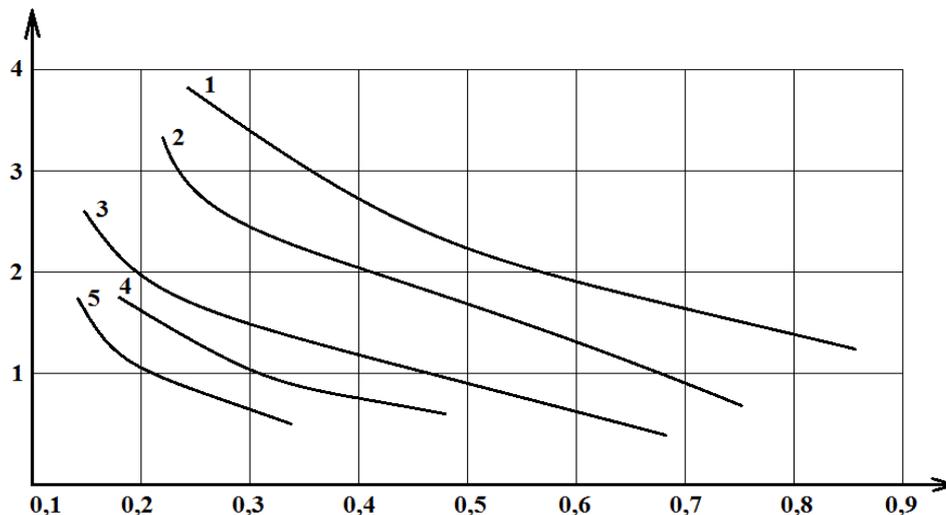


Fig. 2. Dependences of the critical load  $\tau^* = \tau_y^* \sqrt{\omega_1} / K_{IIIc}$  on the crack length  $l_* = (l - \lambda) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6$  (curves 1–5)

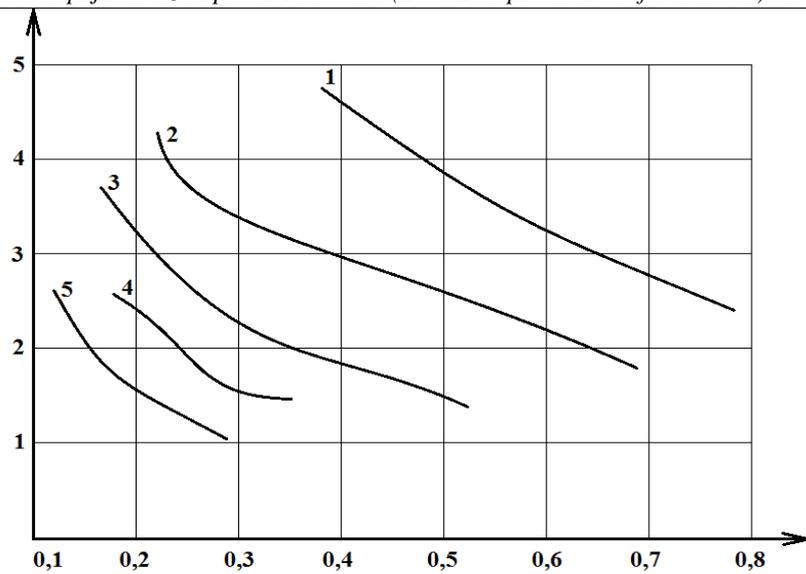


Fig. 3. Dependences of the critical load  $\tau^* = \tau_y^{\infty} \sqrt{\omega_1} / K_{III c}$  on the crack length  $l_* = (l - \lambda) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  (curves 1–5)

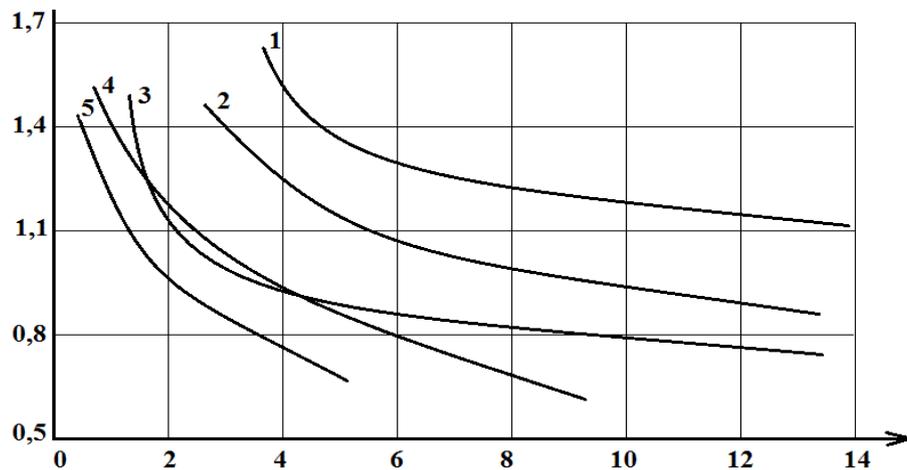


Fig. 4. Dependences of the critical load  $\tau^* = \tau_y^{\infty} \sqrt{\omega_1} / K_{III c}$  on the crack length  $l_* = (l - \lambda) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  (curves 1–5)

In fig. 5, 6 and 7, a similar dependence is shown for a square lattice.

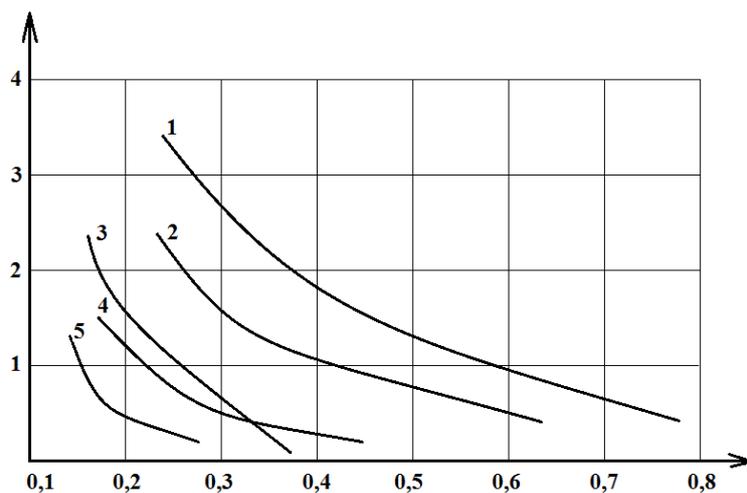


Fig. 5. Dependences of the critical load  $\tau^* = \tau_y^{\infty} \sqrt{\omega_1} / K_{III c}$  on the crack length  $l_* = (l - \lambda) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  (curves 1–5)

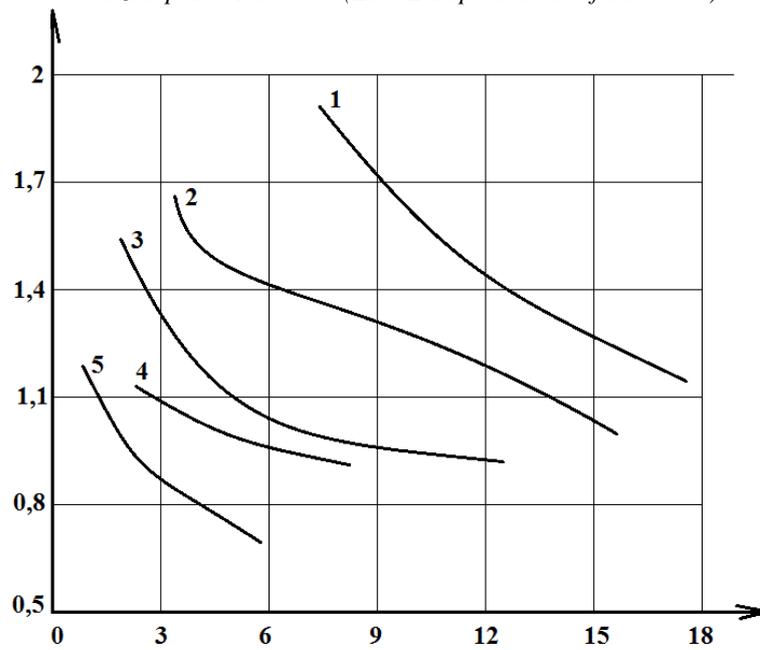


Fig. 6. Dependencies of the critical load  $\tau^* = \tau_y^* \sqrt{\omega_1} / K_{IIIc}$  on the crack length  $l_* = (l - \lambda) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  (curves 1–5)

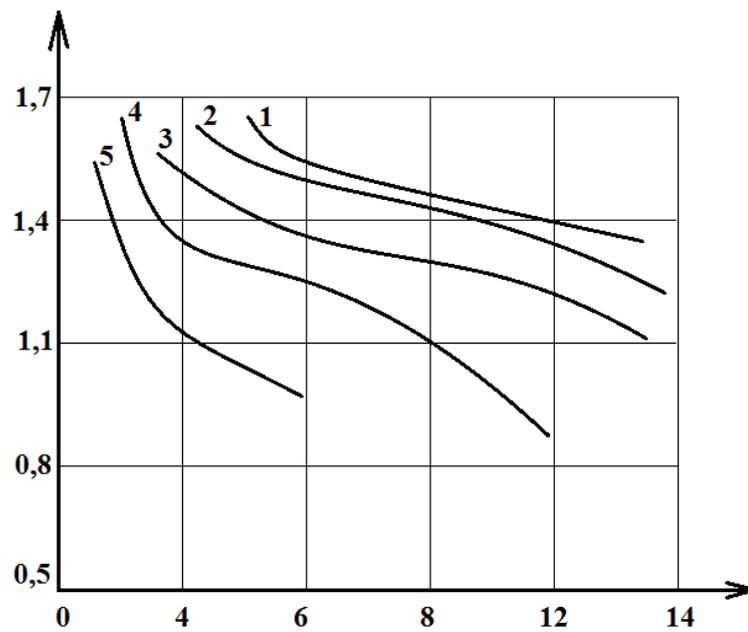


Fig. 7. Dependencies of the critical load  $\tau^* = \tau_y^* \sqrt{\omega_1} / K_{IIIc}$  on the crack length  $l_* = (l - \lambda) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  (curves 1–5)

The case when the cracks are only in the inclusion is considered.

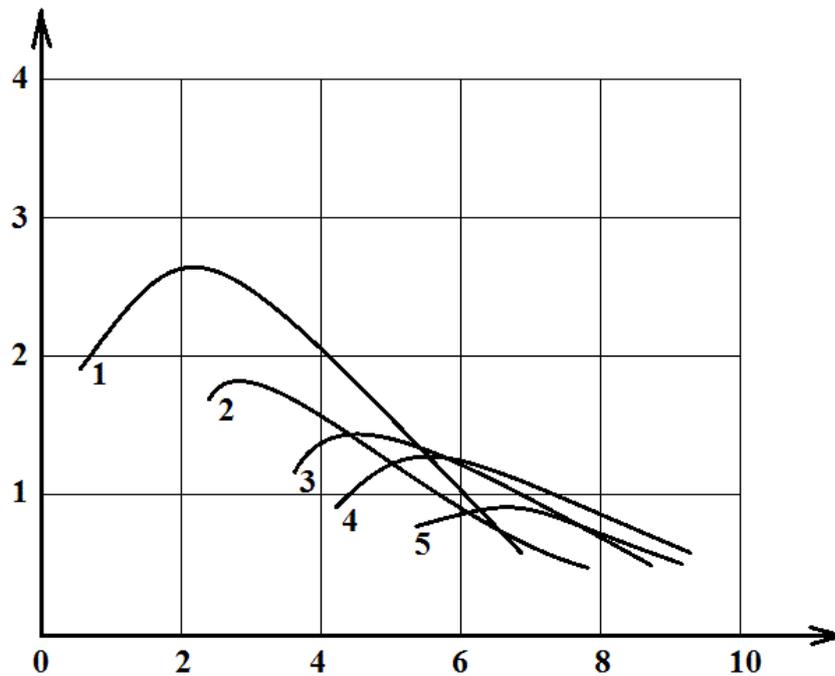


Fig. 9. Dependencies of critical load  $\tau^* = \tau_{\gamma}^{\infty} \sqrt{\omega_1} / K_{IIIc}$  on the crack length  $l_* = (l - \lambda) / l$  for some values of the hole radius  $\lambda = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  (curves 1–5)

In fig. 8 for a square lattice, the results of calculations of the critical (maximum) load  $\tau^* = \tau_{\gamma}^{\infty} \sqrt{\omega_1} / K_{IIIc}$  depending on the crack length  $l = \frac{a-D}{l}$  are presented for some values of the hole radius  $\lambda = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$  (curves 1–5). In fig. 9 a similar relationship is shown for a triangular lattice.

Calculations were carried out for fiberglass EDC – B with parameters  $\frac{\mu_b}{\mu_s} = 25, \frac{\mu_b}{\mu_t} = 50$ .

### Findings

The problem of longitudinal fracture cracks in composites with a doubly periodic structure was solved for the first time.

Analysis of the critical equilibrium state in a composite with a doubly periodic structure, at which cracks appear, reduces to a parametric study of the combined algebraic system (16), (24) – (26) and the crack appearance criterion (27) with different laws of deformation of bonds, elastic constant materials and geometric characteristics of the composite. Directly from the solution of the obtained algebraic systems, the tangential stresses in the connections and the displacement of the banks of the pre-failure zones are determined. The relations obtained allow us to investigate the cracking in the composite composite under longitudinal shear.

### References

1. Wang Fo. Fe G.A. The theory of reinforced materials with coatings. –Kiev, Nauk. Dumka, 1971, 230s.
2. Lekhnitsky S.G. The theory of elasticity of an anisotropic body. –M.,; Science, 1977,416 p.
3. Grigolyuk E.I., Filshtinsky L.A. Perforated plates and shells. - M., Science, 1970, 556s.
4. Bolotin, V.V. Mechanics of nucleation and initial development of fatigue cracks / V.V. Bolotin // Physical – chemical. mechanics of materials. –1986. – T. 22, № 1. –C. 18–23.

5. Muskhelishvili, N.I. Some basic problems of the mathematical theory of elasticity / N.I. Muskhelishvili. – M. : Nauka. 1966. – 707 p.

6. Mekhtiev R.K. Dzhafarova S.A. Abdulazimova E.A. Interaction of a doubly periodic system of orthotropic inclusions and rectilinear cracks under transverse shear Miedzynarodowe czasopismo naukowe, Colloquium-journal, No. 2 (13), 2018 Czesc 1 Warszawa, Polska

7. Hasanov F.F. Modeling the initiation of shear cracks in a body weakened by a periodic system of circular holes / F. F. Hasanov // Probl. mechanical engineering.– 2013. – T. 16, No. 3, –C. 29–37.

8. Hasanov F. F. Cracking in a perforated body with a longitudinal shift / F.F. Hasanov // Mechanics of machines, mechanisms and materials. - 2013. - № 2 - P. 46–52.

9. Goldstein R.V. Simulation of crack resistance of composite materials / R.V.V. Goldstein, M.N. Perelmutter // Vychisl. Mekh.splo.sred. –2009. –T.2, No. 2. - P. 22–39.

10. Mirsalimov V.M. Destruction of elastic and elastoplastic bodies with cracks. Baku: Elm, 1984. 124 p.

11. Calandia A.I. Mathematical methods of two-dimensional elasticity. M. : Science, 1973. 304 p.

12. Mehtiyev R.K. The longitudinal shift of bodies with a complex structure weakened by straight-line cracks // Construction mechanics and the calcula-

tion of structures issn 0039-2383 № 5 2017. Pp. 69-72.

13. Vaghari, A. R. Nucleation of cracks in a perforated heart – releasing material with temperature-dependent elastic properties / A. R. Vaghari, V.M. Mirsalimov // J. Appl.

14. Zolgharnein E. Nucleation of the underworld under compression of cylindrical bodies / E. Zolgharnein, V. M. Mirsalimov // Acta Polytechnica Hungarica. – 2012. - Vol. 9, No. 2. - P. 169-183. Mech. Tech. Phys. – 2012. – Vol. 53, No. 7. - P. 589-598.

15. Mamedov A.T., Mekhtiev R.K. Modeling of a fibrous composite reinforced with unidirectional orthotropic fibers weakened by rectilinear cracks under longitudinal shear / Mamedov A.T., Mekhtiev R.K. // Mechanics of composite materials and structures. October-December 2017, VOLUME 23, No. 4, p. 579-591

16. Panasyuk, V.V. Mechanics of quasi-brittle fracture of materials / V.V. Panasyuk. – Kiev: Naud.dumka, 1991. – 416c.

17. Cherepanov G.N. Mechanics of brittle fracture. –M: Nauka, 1974, 640s.

#6 (46), 2019 część 1

**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.

**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)**

#6 (46), 2019 part 1

**East European Scientific Journal**

(Warsaw, Poland)

**The journal is registered and published in 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

**Editorial**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

**The scientific council**

**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 Dzedzic (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](mailto:info@eesa-journal.com) ,

**<http://eesa-journal.com/>**

**Igor Dzedzic (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)**  
**Editor in chief - Adam Barczuk**

**1000 copies.**

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»**

**East European Scientific Journal**

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland

**E-mail:** [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com) ,

**<http://eesa-journal.com>**