

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

КРИТЕРИИ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТА ИСКУССТВ К ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЗОНАХ В УСЛОВИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Васильева Дина Николаевна

кандидат пед. наук, доцент, Института искусств, Саратовского гос. университета, г. Саратов

CRITERIA AND QUALITY INDICATORS CHECK THE EFFECTIVENESS OF TRAINING OF STUDENTS OF THE INSTITUTE OF ARTS TO TEACHING IN INTERACTIVE EDUCATIONAL AREAS IN CONDITIONS OF CONTINUOUS ART EDUCATION

Vasiliev Dina, candidate ped. sciences, associate professor, The art Institute of Saratov state University, Saratov

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема разработки некоторых критерий, отражающих такие качественные характеристики компетентного специалиста в области художественного образования, как профессиональные, общекультурные, нравственно-эстетические, творческие, коммуникативные и управленческие и качественные показатели оценки процесса подготовки студентов к работе в образовательных интерактивных зонах.

ABSTRACT

The article considers the problem of developing some measure such qualitative characteristics of a competent specialist in the field of art education, as a professional, obscuritie, moral, aesthetic, creative, communicative and managerial and qualitative indicators to measure the process of preparing students to work in educational interactive zones.

Ключевые слова: критерии, качественные показатели, диагностирование результатов, норма, оценка, подготовка студентов, художественное образование, образовательные интерактивные зоны.

Keywords: criteria, quality indicators, diagnosis results, rate, assessment, training, art education, educational interactive zone.

На данном этапе развития современного общества возникла необходимость в подготовке квалифицированных специалистов в системе непрерывного художественного образования, в том числе и в образовательных интерактивных зонах (ОИЗ), в структуру которых входят пять образовательных профилей (ОП) («Музыкальное искусство», «Изобразительное искусство», «Танцевальное искусство», «Театральное искусство», «Народное творчество»), и два образовательных пространства: (экспозиционное образовательное пространство, образовательное пространство для практической художественно-творческой деятельности детей), выполняющих культурные, воспитательно-образовательные и развивающие функции, направленных на осуществление не только познавательной деятельности подростков, но и на реализацию практической художественно-творческой деятельности подростков [1, с. 115].

В связи с данными условиями нами была разработана педагогическая система подготовки студентов (ПС) Института искусств (ИИ) к педагогической деятельности в образовательных интерактивных зонах (ОИЗ) в условиях непрерывного художественного образования (НХО), структурными элементами которой являются цель, авторская концепция организации ОИЗ (сущность, цель, структура, принципы, образовательные функции), методологические основы ПС (закономерности, принципы, формы,

методы), компоненты ПС (содержательно-целевой, мотивационно-деятельностный, проектировочно-конструктивный компонент, результативно-гностический), функции подготовки студентов (преобразовательно-интегрирующая, информационно-прогностическая, организационно-контролирующая, рефлексивно-корректировочная) и результат, и которая вписывается в общую систему художественного образования и ориентирована на конкретную цель – формирование компетентного специалиста в области непрерывного художественного образования [1, с. 117].

Логика нашего исследовательского процесса для диагностирования результативности данной системы потребовала разработку некоторых критерий, отражающих такие качественные характеристики компетентного специалиста в области художественного образования, как профессиональные, общекультурные, нравственно-эстетические, творческие, коммуникативные, управленческие и качественные показатели оценки процесса подготовки студентов к работе в ОИЗ.

С точки зрения Д.В. Зайцевой в диагностику вкладывается более широкий и более глубокий смысл, чем в традиционную проверку знаний, умений обучаемых. Проверка лишь констатирует результаты, не объясняя их происхождения. Диагностирование рассматривает результаты в связи с путями, способами их достижения, выяв-

ляет тенденции, динамику формирования продуктов обучения. Диагностирование включает в себя контроль, проверку, оценивание, накопление статистических данных, их анализ, выявление динамики, тенденций, прогнозирование дальнейшего развития событий [3, с. 45].

Поэтому разработка критериев (от греч. *Kriterion* – средство для суждения), на основании которых, по мнению многих ученых, производится оценка, определение или классификация чего-либо, мерило оценки, являются одним из основных этапов диагностирования качества подготовки студентов ИИ к педагогической деятельности в ОИЗ в условиях НХО.

Мендубаева З. А. утверждает, что выступая в роли мерила, нормы, критерий служит идеальным образцом, выражает высший, самый совершенный уровень изучаемого явления. Сравнивая с ним реальные явления, можно установить степень их соответствия, приближения к норме, идеалу, а главными характеристиками «показателя» являются конкретность, представляющая собой измеритель последнего, и диагностичность, которая позволяет показателю быть доступным для наблюдения, учета и фиксирования. Показатели делятся на качественные и количественные. Качественные показатели отражают существенные, устойчивые свойства объекта, а к количественным относятся те из них, которые образуются на основе интервальной шкалы и которые можно обработать статистическими методами.

Рассматривая систему критериев как идеальную модель, с которой сравнивается реальное явление и устанавливается степень их соответствия, можно выделить следующие основные функции их использования: проверка и оценка степени реализации поставленной цели, диагностика – установление отклонений свойств объекта от принятого образца, прогнозирование возможных результатов на основании данных о текущем состоянии объекта и планирование.

Оценка трактует результаты выявления измерения на основе принятых критериев и выражает их в форме обобщенного результата.

Уточнений требует и педагогический эквивалент понятий «качество» и «эффективность», поскольку о состоянии педагогики следует судить исходя из соответствия педагогических задач задачам, вытекающим из содержания этих понятий.

«Качество» трактуется как совокупность существенных признаков, свойств, особенностей, отличающих предмет или явление от других и придающих ему определенность. В педагогической литературе «качество» рассматривается как атрибутивный признак того или иного предмета или объекта, всецело принадлежащий результату педагогического труда, его продукту.

Объективность, как важнейший методологический принцип построения критериального аппарата, предполагает целостную и всестороннюю оценку изучаемого педагогического явления во всем многообразии и полноте, а так же реализуется через систему требований. Наиболее значимыми из которых являются: четкая определение области применения критериев, диагностичность образовательных целей на каждом этапе продвижения к конечному результату, прогнозирование конечного результата, по которому определяется степень достигнутого через построение модели должного. Перечисленные требования

распространяются на все ключевые понятия критериального аппарата «критерий», «показатель», «оценка» [5, с. 294].

Кроме того, по мнению И.Ю. Гутник, исследования которой посвящено проблемам диагностики в образовательном процессе, разработка и обоснование критериев относятся к числу наиболее сложных и неразработанных теоретических проблем, которые трактуются как зависимые переменные характеристики, предположительно являющиеся наиболее адекватными для решения практических проблем, и показателей оценки эффективности и качества образовательного процесса. Это положение объясняется отсутствием теории оценочной деятельности, несогласованностью понятийного аппарата, трудностями с определением общей стратегии разработки основ конструирования критериального аппарата, необъективностью оценки качества реальных достижений [2, с. 110].

Мендубаева З. А. предлагает следующая классификация критериев экспертизы:

- общие критерии, позволяющие оценить значимость предлагаемого проекта с точки зрения основных тенденций, целей и направлений развития и реформирования образования на разных уровнях его организации;
- специальные критерии, позволяющие оценить компетентность автора и содержательность проекта с точки зрения его полноты, соответствия нормативным и понятийным требованиям;
- частные критерии, позволяющие оценить степень обоснованности проекта с точки зрения возможностей его воплощения и жизнеспособности [5, с. 293].

Анализ научных работ по проблеме разработки критериально-диагностического аппарата позволил нам выявить следующую классификация критериев качества подготовки студентов ИИ в условиях НХО и качественные показатели оценки процесса подготовки студентов к работе в ОИЗ:

- сформированность познавательного потенциала личности будущего педагога, которая предполагает уровень освоения образовательных результатов, качества знаний, развитости мышления, познавательной активности,
- проявление нравственно-эстетических качеств – нравственная направленность личности, развитость чувства прекрасного, уровень сформированности комплекса эстетических чувств, отношения к обществу, семье, себе, природе, труду,
- владение коммуникативной компетентностью, основанной на проявлении коммуникативной культуры, знания этикета поведения, на установлении необходимых отношений между участниками педагогического процесса, которые способствуют достижению поставленной цели, и на совокупности взаимосвязанных социальных установок к организационно-педагогическому взаимодействию,
- способность к творческой деятельности характеризуется уровнем творческого саморазвития, адекватностью оценивания собственных творческих способностей и возможностей, активностью и целенаправленностью включения в творческую деятельность, результаты которой отличаются новизной и индивидуальностью решения,

- владение управленческими методами педагогического процесса, включающие в себя сотрудничество субъектов, подразумевающее демократический стиль руководства, коллективное принятие решений, самоорганизацию, самодисциплину, содружество, и нацеленную на развитие, саморазвитие и самовоспитание участников педагогического процесса, на позицию личностно-равноправного диалога.

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что, опираясь на авторскую систему подготовки студентов Института искусств к педагогической деятельности в образовательных интерактивных зонах в условиях непрерывного художественного образования, были разработаны некоторые критерии, отражающие качественные характеристики компетентного специалиста в области художественного образования, и качественные показатели оценки процесса подготовки студентов к работе в образовательных интерактивных зонах.

Литература

1. Весник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова // Научно-методический журнал. Том 20, серия №3, 2014г., С. 114-118
2. Гутник, И.Ю. Педагогическая диагностика образованности школьников. Дис. СПб., 1996 – 249 с.
3. Журнал «Инновационные проекты и программы в образовании» №5 2009, Раздел: Инновации в школе, стр.44-47
4. Лазарев, В.С. Инновационная деятельность учителя // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. –2008. №3.
5. Мендубаева, З. А. Педагогическая диагностика. Критерии и показатели экспертизы учебной книги // Молодой ученый. — 2012. — №7. — С. 291-299.
6. Сиденко, А.С. Педагогический эксперимент: от идеи до разработки. – М.: АПКППРО, 2009.

НОВЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАННЕЙ ПОМОЩИ

Выродова Ирина Анатольевна

Косинова Елена Михайловна,

кандидат пед. наук, ФГБНУ «Институт коррекционной педагогики Российской акад. Обр.», Москва;

Миникаев Владимир Борисович,

научный сотрудник, ФГБНУ «Институт коррекционной педагогики Российской акад. Обр.», Москва;

Орлова Анжела Николаевна

кандидат психол. наук, ФГБНУ «Институт коррекционной педагогики Российской академии образования», Москва

NEW PEDAGOGICAL APPROACHES IN INFANT SPECIAL NEEDS EDUCATION

Virodova Irina, Candidate PHD, Institute of Special Education, Russian Academy of Education, Moscow;

Kosinova Elena, Candidate PHD, Institute of Special Education, Russian Academy of Education, Moscow;

Minikaev Vladimir, Research assistant, Institute of Special Education, Russian Academy of Education, Moscow;

Orlova Angela, Candidate PHD, Institute of Special Education, Russian Academy of Education, Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье представлен новый научно-методический подход к использованию музыки в коррекционной практике ранней помощи.

ABSTRACT

This article contains description of new scientific-methodological approach of applying music in infant special needs education.

Ключевые слова: Ранняя помощь, дети с ограниченными возможностями здоровья, музыкальная работа, музыкальные средства.

Keywords: infant special needs education, Disable children, musical tools experience in correctional pedagogy

Роль музыки в коррекционном процессе заключается, прежде всего, в воздействии на эмоциональную сферу ребенка, развивающуюся в единстве с когнитивными процессами. Это происходит потому, что музыка обладает комплексом выразительных средств. Это ритм, темп, тембр, лад, динамика.

Предлагаемый научно-методический подход, разработанный в рамках решения задачи анализа современных результатов, тенденций и перспектив развития теории и практики ранней помощи детям с ограниченными возможностями здоровья (Проект 7.1. «Ранняя психолого-

педагогическая профилактика инвалидизации детей с ограниченными возможностями здоровья» (Государственная регистрация № 01201355195) по теме «Научно-методическое обеспечение ранней психолого-педагогической профилактики инвалидизации детей с ограниченными возможностями здоровья»), опирается на следующую методологическую базу: идеи культурно-исторической психологии Л.С. Выготского и психологической теории деятельности А.Н. Леонтьева, реализованные в современной детской психологии при изучении социально-эмоционального развития детей в норме и патологии (А.В.

Запорожец, А.Д. Кошелева, М.И. Лисина, О.С. Никольская, Е.О. Смирнова, Р.Х. Шакуров, И.И. Чеснокова); теорию об общих и специфических закономерностях аномального развития; о социальной природе вторичных нарушений в развитии у детей и теорию социальной компенсации Л.С. Выготского, лежащие в основании современной дефектологии; концепцию отношений государства и общества к людям с отклонениями в развитии и связанную с ней периодизацию развития практики помощи детям с ограниченными возможностями здоровья Н.Н.Малофеева; теорию аффективной организации развивающего взаимодействия младенца и взрослого на основе совместно-разделенного переживания Е.Р. Баенской [1, с. 26].

Дети младенческого и раннего возрастов с ограниченными возможностями здоровья требуют особого подхода в работе с ними, в том числе и средствами музыки. Поэтому мы ставим перед специалистами следующие цели:

Во-первых, профилактика вторичных отклонений в развитии у детей, которые проявляются, прежде всего, в социально-эмоциональной сфере и ведут к формированию особенностей поведения, патологических черт личности, нарушению коммуникации, затрудняя социализацию особого ребенка.

Во-вторых, коррекция имеющихся нарушений, которые могут затрагивать все области психического развития ребенка: моторную, сенсорную, речевую, мыслительную и являться причиной его социальной изоляции.

Реализация первой цели предполагает: налаживание и развитие общения ребенка с близкими взрослыми: мамой, папой, бабушками, дедушками и т.д.; формирование контактов и развитие общения ребенка с новыми взрослыми, каковыми являются дефектолог, психолог, педагог-музыкант, мамы других детей и т.д., то есть люди, которые окружают малыша, взаимодействуют с семьей и способствуют его благополучному психическому развитию; формирование предпосылок к общению со сверстниками.

Эти задачи тесно связаны между собой, решение одной, подготавливает почву для решения следующей.

Достижение второй цели, то есть успешная коррекция нарушений в развитии возможна лишь в совокупности с решением общеразвивающих задач:

1. формирование зрительных и слуховых ориентировочных реакций средствами музыки;
2. развитие слухового и зрительного восприятия с помощью музыкальных игр;
3. стимуляция двигательной активности с помощью музыкальных игр, развитие основных движений и мелкой моторики;
4. формирование и развитие слухо-зрительно-двигательных связей средствами музыки;
5. формирование предпосылок к пониманию речи и активной речи музыкальными средствами;
6. развитие понимания речи и стимуляция активной речи с помощью музыкальных игр;
7. формирование и развитие ориентировочно-исследовательских, неспецифических, специфических и культурно-фиксированных действий в процессе музыкально-игровых занятий;
8. развитие предпосылок к предметной деятельности, представлений о свойствах и качествах предметов с помощью музыкальных игр;

9. развитие внимания, памяти, наглядно-действенного мышления, произвольности средствами музыки.

Специфические, музыкальные задачи мы не ставим во главу угла, когда речь идет о детях младенческого и раннего возрастов с ограниченными возможностями здоровья. На наш взгляд, концентрация профессиональных ресурсов на развитии музыкальных способностей не является необходимостью в коррекционной работе.

Мы выделяем направления, отражающие, на наш взгляд, специфику музыкально-игровых занятий с младенцами и детьми раннего возраста с ограниченными возможностями здоровья.

Во-первых, это развитие восприятия музыки, которое представляет сложный внутренний процесс. В силу физиологической незрелости мозга, у маленького ребенка ведущим является эмоционально-двигательный компонент восприятия музыки. Малыши воспринимают музыку в целом, как сложный акустический стимул. Они реагирует в основном на ее характер и выражают отношение к музыке естественными движениями.

Во-вторых, это развитие слухового восприятия. Несмотря на то, что ребенка окружает множество различных звуков: бытовых, природных, музыкальных, для детей с ограниченными возможностями здоровья недостаточно только спонтанного накопления слухового опыта, необходима специальная работа.

В-третьих, стимуляция певческой активности, которая напрямую связана с развитием речи, начинается со стимуляции голосовой активности младенца уже с самого рождения и продолжается в течение всего раннего возраста.

В-четвертых, стимуляция двигательной активности, позволяющая любому малышу, начиная с младенчества, принимать участие в плясках, играх, упражнениях, сначала с помощью взрослого, а затем и самостоятельно, тренируясь в развитии движений.

В-пятых, развитие сюжетных действий с любимыми игрушками, что позволяет воспроизводить собственные действия малыша, отыгрывать его небольшой социальный опыт [1, с. 40].

Для успешного решения поставленных задач необходимо соблюдать ряд определенных условий:

Во-первых, готовность мамы и малыша к включению в музыкальную работу, то есть появление к концу первого началу второго месяца жизни младенца стабильных, воспроизводимых форм организации совместной жизни, в которых ребенок и мать начинают чувствовать себя уверенно.

Во-вторых, единые представления и подходы к развитию и воспитанию ребенка с ограниченными возможностями здоровья у членов семьи и специалистов, работающих с малышом.

В-третьих, медицинские показания к стимуляции музыкальными средствами.

Широкое использование средств музыки в коррекционно-развивающей работе будет способствовать успешной социализации маленького ребенка с ограниченными возможностями здоровья, что в дальнейшем создаст условия для включения его в среду нормально развивающихся сверстников [2, с.33].

Литература

1. Выродова И.А. Музыка в системе ранней помощи: новые педагогические технологии / М.: Карапуз, 2012. – 148 с.
2. Выродова И.А. Музыкально-игровые занятия как средство интеграции особого ребенка раннего возраста в среду здоровых сверстников // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития. – 2011. – № 5. – С. 27-33.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО ПЕРВИЧНОЙ ПРОФИЛАКТИКЕ НАРКОМАНИИ В УСЛОВИЯХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Заиграева Светлана Анатольевна

студентка 4 курса, ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск

ORGANIZATION OF WORK ON PRIMARY PREVENTION OF DRUG ABUSE IN SECONDARY SCHOOLS

Zaigraeva Svetlana, the 4th year student, Irkutsk state University, Irkutsk

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы профилактики наркомании. Представлен опыт решения данной проблемы.

ABSTRACT

The article considers the issues of prevention of drug abuse. Experience in decision of this problems is the content of this article.

Ключевые слова: наркомания, профилактика.

Keywords: addiction, prevention.

Стремительное распространение наркотиков и наркомании среди подростков связано с одновременным существованием нескольких групп факторов, каждая из которых, взятая в отдельности, отнюдь не является одно-значно наркопровоцирующей. Это и особенности возраста, и системный кризис общества, и снижение жизненного уровня населения и многие другие факторы. Указанные группы факторов, взятые каждая отдельно, скорее создают общую негативную социальную ситуацию развития подростков в России. Однако их одновременное воздействие и порождает необычайно благоприятные условия для возникновения подростковой наркомании.

Наркоситуация в настоящее время, как серьезная самостоятельная проблема, представляет собой реальную угрозу национальной безопасности и здоровью нации; проблема наркоманий достигла глобальных масштабов, имеет многогранный характер, включает экономический, медицинский, социальный, правовой, воспитательный аспекты. О вреде наркотиков для здоровья сказано много, однако весьма существенным является также и то, что употребление наркотических веществ способно оказать существенное влияние на психологическое развитие растущего субъекта, сделать невозможным приобретение им навыков овладения жизненными ситуациями и достижение эмоциональной зрелости. В связи с этим становится актуальным вопрос о путях профилактики наркомании в подростковом возрасте. Данный возрастной период кризисный, а, следовательно, особенно уязвимый. В этот период происходят значительные перемены не только на физиологическом уровне, но и в душевной организации взрослеющего человека. Однако многие профилактические программы не дают ожидаемого хорошего результата, в связи с чем возрастает необходимость разработки и внедрения программ первичной профилактики, направленных на превентивную работу с подростками.

Целью первичной профилактики наркомании должно быть формирование у подростков здорового образа жизни, формирование ответственного поведения, формирование устойчивости подростков к любым психоактивным веществам; это формирование определенного типа поведения подростков в масштабах всего общества.

Как показал анализ литературы, на современном этапе профилактика наркотизма осуществляется целым рядом агентов, в рамках большого числа методологических направлений, имеющих различную эффективность и зачастую не связанных между собой. Деятельность социальных педагогов по профилактике наркомании связана с работой других субъектов профилактики в условиях образовательного учреждения: медики работают с волонтерами и социальными работниками, учителя реализуют образовательную профилактику вместе с родителями, школьными психологами и т.д.

Изучение степени вовлеченности в проблему наркомании было проведено в группе учеников 8-9 классов общеобразовательной школы №3г. Усолья-Сибирского. Всего в исследовании приняло участие 70 подростков, из них 35 - девушек и 35 - юношей. При проведении исследования нами были использованы следующие методы: изучение социально-педагогической документации (паспорт класса, паспорт школы, паспорт семьи, характеристики учащихся), анкета И. П. Анохина с целью выявления уровня вовлеченности подростков о проблему наркомании.

В результате проведенного исследования было выявлено, что 70% мальчиков и 20% девочек подросткового возраста имеют друзей, знакомых, которые употребляют наркотики. В данном случае можно говорить о наличии факторов, способствующих формированию положительного отношения к наркотическим веществам. Более 70% опрошенным подросткам предлагали наркотические ве-

щества, что само по себе является фактором риска формирования наркомании как формы отклоняющегося поведения. 60% опрошенных подростков испытывают недостаток знаний или пребывают в полном неведении о вреде наркотиков, что свидетельствует об отсутствии представлений о последствиях приема ПАВ и вреде, оказываемом данными веществами на организм человека.

Проведенное исследование показало, что 93% опрошенных подростков можно отнести к группе риска, так как основным занятием данных подростков является бесцельное времяпрепровождение, в их среде присутствуют факторы, способствующие формированию положительного отношения к ПАВ, отсутствуют представления о последствиях употребления данных веществ.

Проведенное исследование показало необходимость проведения работы по первичной профилактике наркомании, которая включает в себя систему целенаправленной работы с подростками по антинаркотической пропаганде, общими целями которой должны стать: помощь в осознании собственного поведения; развитие личностных ресурсов и стратегий с целью адаптации к требованиям среды или изменение дезадаптивных форм поведения на адаптивные.

Первичная профилактика - это комплекс превентивных мероприятий, направленных на предотвращение употребления психоактивных веществ. Эта форма профилактики предусматривает работу с подростками, не знакомыми с действием наркотика. Целями первичной профилактической деятельности наркомании в образовательной среде являются:

1. Изменение ценностного отношения подростков к наркотикам, формирование личной ответственности за свое поведение, обуславливающие снижение спроса на психоактивные вещества в подростковой популяции;
2. Сдерживание вовлечения подростков в прием наркотических средств за счет пропаганды здорового образа жизни, формирования антинаркотических установок и профилактической работы, осуществляемой сотрудниками образовательных учреждений.

Задачи первичной профилактики:

1. Создание школ, свободных от наркотиков.
2. Выявление детей группы риска.
3. Работа с родителями.

Современная концепция первичного, раннего предупреждения употребления наркотиков и роста наркомании среди подростков основана на том, что в центре ее должны находиться личность и три основные сферы, в которых реализуется его жизнедеятельность - семья, образовательное учреждение и досуг, включая связанное с ними микросоциальное окружение.

Стратегия первичной профилактики предусматривает активные профилактические мероприятия, направленных на:

- формирование личностных ресурсов, обеспечивающих развитие у подростков социально-нормативного жизненного стиля с доминированием ценностей здорового образа жизни, действенной установки на отказ от приема психоактивных веществ;
- формирование ресурсов семьи, помогающих воспитанию у подростков законопослушного, успешного и ответственного поведения, а также ресурсов

семьи, обеспечивающих поддержку ребенку, начавшему употреблять наркотики, сдерживающих его разрыв с семьей и помогающих ему на стадии социально-медицинской реабилитации при прекращении приема наркотиков;

- внедрение в образовательной среде инновационных педагогических и психологических технологий, обеспечивающих развитие ценностей здорового образа жизни и мотивов отказа от «пробы» и приема наркотиков, а также технологий раннего обнаружения случаев употребления наркотиков учащимися.

Перечисленные мероприятия определяют необходимость стратегического направления профилактики употребления наркотиков и развития наркомании. Наиболее адекватной, с учетом всех моментов, является стратегия сдерживания. Ставить сегодня вопрос о полном предупреждении употребления наркотиков и избавлении от наркомании абсолютно нереально.

Стратегическим приоритетом первичной профилактики следует рассматривать создание системы позитивной профилактики, которая ориентируется не на патологию, не на проблему и ее последствия, а на защищающий от возникновения проблем потенциал здоровья - освоение и раскрытие ресурсов психики и личности, поддержку молодого человека и помощь ему в самореализации собственного жизненного предназначения. Очевидная цель позитивно направленной первичной профилактики состоит в воспитании психически здорового, личностно развитого человека, способного самостоятельно справиться с собственными психологическими затруднениями и жизненными проблемами, не нуждающегося в приеме ПАВ.

Авторская программа С.В. Горанской и О.С. Барановой «Выбираю жизнь» была апробирована и адаптирована на базе общеобразовательной школы с учащимися 8,9 классов в 2013-2014 учебном году. Программа состояла из 4 разделов: «Как противостоять отрицательному влиянию», «Профилактика социально-негативных явлений у подростков», «Наркотизм - что это такое?», «Правовые аспекты борьбы с наркоманией».

Программа была реализована и следующих сферах: в образовательной среде (учебных заведениях) - среди учащихся и педагогического состава; в семье; в досуговой сфере (отношения со сверстниками).

Апробация данной программы доказала ее эффективность. Так, подростки стали более осознанно подходить к проблеме и оценивать реальное положение в связи с развитием наркомании в обществе (рис.1).

Показателен тот факт, что на вопрос как ты относишься к наркотикам, после проведенной профилактической работы подростки отвечали совсем иначе, нежели чем при первом обследовании (см. рис. 1). Нейтральных и безразличных ответов стало значительно меньше, увеличился процент тех, кто негативно оценивает наркотики и наркоманов.

У подростков также изменилось мнение относительно того, что может помочь в решении проблем наркомании. Также на первом месте осталось просвещение подростков, но при этом процент значимости данного фактора значительно возрос (до 70%), а также более высоко оценивают подростки просвещение родителей (65%)

и педагогов (75%) - что, на наш взгляд, подтверждает значимость и важность работу социального педагога по профилактике наркомании. Также более высокие позиции занимает пропаганда в СМИ, если на констатирующем этапе, ей отводили только 25%, то на контрольном - уже 65%.

Подростки, достаточно высоко оценили деятельность социального педагога по профилактике наркомании в своей школе, о чем свидетельствуют данные рисунка 2.

Проведенное исследование показало, что в общеобразовательной школе необходима систематическая и скоординированная работа всех субъектов профилактики (социального педагога, психолога, учителей- предметников, классного руководителя, инспектора КДН, ПДН и др.), иначе проблему вовлечения подростков в наркоманию не решить. Реальный прогресс на этом пути может быть достигнут лишь через изменение отношения самих подростков к наркотикам, когда это перестанет быть модными привычным в подростковой среде.

Литература

1. Бубнова И.С. Особенности Я-образа у подростков и его формирование в условиях семейного воспитания: диссертация... кандидата психологических наук: 19.00.07/ И.С.Бубнова [Место защиты: Иркут. пед. ин-т].- Иркутск, 2004.- 157 с.

2. Бубнова И.С., Аржанова А.Н. Школьная медиация как технология разрешения конфликтов в подростковой среде// Психология в экономике и управлении, 2013. - №2. С.90-93
3. Бубнова И.С., Терещенко А.Г. Проблема виктимного поведения подростков и его социально-педагогическая профилактика//Психология в экономике и управлении. 2014. №1.С.89-93
4. Вовлечение граждан в решение местных проблем: описание модели, апробированной в городе Калуга. - М.: НППГИ "фокус", 2000.
5. Рерке В.И., Бубнова И.С. К вопросу о жизнестойкости в структуре личностных ресурсов лиц с наркозависимым поведением //Вестник Восточно-Сибирской государственной академии образования. 2012. № 17. С. 70-74.
6. Рерке В.И., Бубнова И.С. О некоторых особенностях мотивационно-потребностной сферы личности подростков-наркоманов //Вестник Бурятского государственного университета. 2010. № 5. С. 210-215.
7. Терещенко А.Г., Бубнова И.С. Диагностика индивидуально-психологических особенностей потерпевших по делам о половых преступлениях в судебно-психологической экспертизе//Психология в экономике и управлении, 2013. - №2. С.49-52

НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ В ИГРОВЫХ ВИДАХ СПОРТА

Зерэг Фатех

аспирант, Жийяр М.В., д.п.н., доцент ФГБОУ ВПО «РГУФКСМиТ», г. Москва

В современном спорте, в том числе и в игровых видах спорта, существует несоответствие между достижениями передовой спортивной науки и их практическим применением. Исследования, имеющие огромное значение для спортсменов и тренеров, часто не доходят до тех, кому они могли бы помочь в росте спортивных результатов.

Физиологи, психологи, биохимики, биомеханики, врачи, физиотерапевты, тренеры на протяжении десятилетий изучают человеческий организм и его функции [4]. Тысячи опытов, лабораторных экспериментов были посвящены научным исследованиям в спорте, в том числе и в игровых видах спорта (футболе, гандболе, баскетболе, хоккее, теннисе и других), но результаты редко доходили до потенциального потребителя. По большей части эти результаты изложены в диссертациях и рукописях, и становятся достоянием ограниченного числа научных работников и молодых ученых. Лишь малая часть результатов научных работ [2] находит путь в специальные издания, предназначенные для тренеров и преподавателей физического воспитания, но и эти работы большей частью труднодоступны для большого числа специалистов.

Пропасть между спортивной наукой и реальной практикой подготовки спортсменов, между исследованиями и внедрением их результатов столь велика, что мно-

гие тренеры, получившие специальное физкультурное образование, до сих пор пользуются устаревшими методами.

Для успешного управления процессом подготовки профессиональной команды тренер должен располагать объективной информацией о здоровье, психологическом состоянии каждого спортсмена, физической и технико-тактической подготовленности, о влиянии физических нагрузок и о вызываемых ими изменениях в функциях органов и систем, уметь оперативно оценивать эффективность соревновательной деятельности.

Данная информация важна лишь как результат систематических комплексных исследований [3, 6]. Своевременное представление её тренеру позволит правильно планировать интенсивность нагрузок, избирать наиболее эффективные средства и методы совершенствования технико-тактического мастерства, определять эффективность используемой методики и тренировочных средств с учётом индивидуальных возможностей игроков.

Получить объективную информацию о состоянии спортсмена в процессе тренировки и в матче невозможно без подключения в систему "тренер – спортсмен" нового звена - "исследователь".

Включение науки в практику подготовки спортсменов и команд в игровых видах спорта – назревшая необ-

ходимость времени, основа совершенствования спортсмена. Чтобы идти в ногу с современностью тренер должен иметь постоянную связь с наукой, совершенствовать свои знания, изменить свою психологию по отношению к тренировочному процессу, к науке.

Основной задачей научно-методического обеспечения подготовки спортсменов и команд является разработка научно обоснованной системы подготовки игроков высокой квалификации на основании обобщения отечественного и зарубежного опыта и результатов современных экспериментальных исследований.

Основные, актуальные проблемы в научно-методическом обеспечении спортсменов игровых видов спорта можно определить в следующем:

1. Определение факторов, обеспечивающих высокие результаты выступления спортсменов в соревнованиях.
2. Создание аппаратного комплекса для проведения массива научных исследований, без которого трудно выбрать генеральную линию развития и совершенствования.
3. Практика научно-методического обеспечения в игровых видах спорта пока ещё не даёт точного прогноза выступлений команды, так как часто при обследовании используются методы, которые отдалённо характеризуют готовность игрока к матчу.
4. Тесты по определению готовности двигательных качеств не отвечают специфике игры, они не прогностичны и не всегда имеют достаточное обоснование.
5. Очень важной является проблема превалирования качественной стороны тренировки над количественной.
6. Актуальным является изучение комплексных занятий, которые, к сожалению, во многих командах проводятся слишком однообразно.
7. В тренировочном процессе мало отводится времени психологической подготовке.
8. Одной из важнейших задач научно-методического обеспечения подготовки является определение состояния игрока после матча, необходимое для того, чтобы иметь объективные данные о состоянии организма каждого игрока, с учётом которых тренер может правильно строить межигровой цикл для каждого спортсмена.
9. Для тренера очень важно с помощью специальных тестов и заданий определить уровень развития физических способностей игрока, медико-биологические характеристики функциональных возможностей организма, свойства его личности, особенности характера.

Лет 20 назад высоких результатов в футболе можно было добиться за счёт постоянного увеличения объёма и интенсивности работы, хорошими методами и организацией тренировочного процесса. В современном футболе без высокого развития биологических, психологических функций организма это сделать невозможно.

Для достижения успешности подготовки профессионального спортсмена необходимо придавать большое значение:

- сбалансированному питанию с учетом действительных энергозатрат каждого спортсмена;

- оптимальной витаминизации для улучшения мышечной деятельности;
- восстановительным процедурам и оптимальному режиму тренировки;
- гигиенически обоснованному режиму жизни (режим питания, работы, отдыха, гигиена мест занятий);
- управлению состоянием спортивной формы на протяжении всего макроцикла, обеспечивающей наивысшую готовность к каждой значимой игре;
- чёткому соблюдению правил пяти компонентов тренировки (интенсивность, длительность, интервал и характер отдыха, число повторений);
- слагаемым спортивного мастерства;
- владению наиболее эффективными формами, методами и средствами подготовки спортсменов высокого класса.

Какие же проблемы существуют в тренировке команд?

Сильнейшие команды по футболу – участницы XVI чемпионата мира продемонстрировали высокий класс игры во всех компонентах футбола, что в свою очередь предъявляет более высокие требования к тренерам и игрокам, к разработке более совершенных методик тренировки.

Следует отметить, что проблемы научно-методического обеспечения тренировочного процесса футболистов высокого класса разрабатываются хуже, чем в ряде других видов спорта [3, 4].

В тренировочном процессе профессиональных команд слабо учитывается специфика игровой деятельности спортсмена, которая характеризуется:

- а) большой вариативностью в характере и степени нервно-мышечного усилия;
- б) комплексным проявлением двигательных качеств в очень короткие временные промежутки;
- в) непрерывной сменой ритмов игры;
- г) высокой интенсивностью усилия в решающие игровые моменты;
- д) высокими требованиями, как к двигательным, так и вегетативным функциям организма;
- е) многосторонней психической деятельностью на фоне высокой эмоциональной возбудимости.

Эти особенности обуславливают очень неустойчивую связь между двигательными качествами и навыками, что приводит к резким колебаниям в специфической работоспособности игроков.

Движения выдающихся футболистов (Р. Карлос, Рональдо, Зидан, Тюрам), гандболистов (Н. Карабатич, П. Нарцисс), баскетболистов (М.Джордан, Шакил О Нил, Коби Брайант) свободны от напряжения и скованности. Все они обладают высоким атлетизмом, являющимся критерием высокого уровня двигательных качеств.

Комплексный контроль в игровых видах спорта играет важную роль в управлении подготовкой.

Главная цель комплексного контроля – всесторонняя проверка уровня подготовленности каждого спортсмена. Проводят такие проверки во время этапных (углубленных) комплексных обследований: регистрируют показатели физического и психического состояния спортсменов, уровень технико-тактического мастерства, качественные и количественные характеристики соревновательной деятельности.

В программе комплексного контроля непременно предусматривается всесторонняя оценка подготовленности и минимум тестов, которые позволили бы получить оптимум требуемой информации.

Программа комплексного контроля подготовленности представителей игровых видов спорта имеет ряд специфических особенностей. Во-первых, её содержание должно отражать по возможности все двигательные и психические качества игрока. Во-вторых, результаты контроля учитываются не только для планирования нагрузок, но и для отбора, для выявления наиболее перспективных.

Выбирая тесты комплексного контроля, необходимо:

- обеспечить стандартизацию измерительных процедур,
- использовать тесты, отличающиеся высокой информативностью,
- иметь систему оценок достижений в тестах.

Для контроля физической подготовленности кроме этих условий обязательно выполнение ещё двух:

- тесты, техника которых сравнительно проста и существенно не влияет на результат,
- тесты должны быть настолько хорошо освоены, чтобы при их проведении главным стало достижение максимального результата, а не стремление выполнять движение технически правильно.

Информативным считается тест, позволяющий определить именно то качество, для оценки которого он разрабатывался. Например, для измерения стартовой

скорости информативным будет бег на 15-25м (здесь футболист набирает максимальную для себя скорость), и неинформативным будет бег на более длинные дистанции (60-100м).

Выбор показателей комплексного контроля зависит от цели тестирования. Цель тестирования определяет критерии, при помощи которых проверяют надёжность и информативность комплекса тестов. В практике спорта критериями становятся результаты соревнований, а также показатели, характеризующие особенности соревновательной деятельности в конкретном виде спорта.

Главной целью контроля технического мастерства (Рисунок 1), проводимого

тренером, является получение информации, которая могла бы помочь скорректировать построение игры, подготовку отдельного спортсмена и команды в целом в плане организации конкретных упражнений и многолетней подготовки. Если рассматривать контроль, прямо или косвенно имеющий отношение к действиям игроков с мячом, можно выделить три основных направления:

- 1) контроль игровой деятельности, позволяющий проследить динамику проявления спортсменами своих возможностей в матчах;
- 2) контроль подготовленности игроков, который позволяет оценить их возможности действовать с мячом в разных условиях и выдерживать тренировочные нагрузки, может быть использован для корректировки амплуа спортсменов и при комплектовании команды.
- 3) контроль построения упражнений с мячом и качество их выполнения.

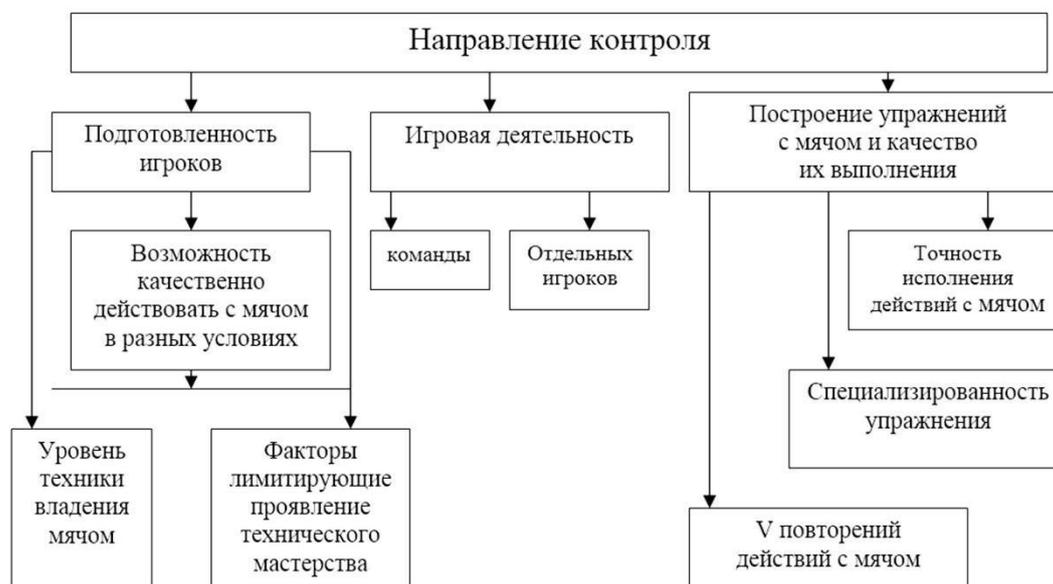


Рисунок 1 – Схема контроля технического мастерства спортсменов в игровых видах спорта

Таким образом, подготовка спортсменов и команд должна основываться на данных объективного контроля, иметь четкое научно обоснованное планирование тренировочных нагрузок, основание для выбора применяемых тренировочных средств и методов.

Список литературы

1. Алешин И.Н. Условия обеспечения эффективности системы подготовки в командных спортивных играх: учебное пособие /И.Н.Алешин. – Челябинск: УралГУФК, 2010. – 126 с.

2. Андружейчик М.Я., Семкин А.А., Шукан В.И. Некоторые показатели быстроты и скоростно-силовых качеств у футболистов //Вопросы теории и практики физической культуры. – Минск. – 1979. – с. 14-19.
3. Базилевич О.П., Гаджиев Г.М., Волков Н.П. Повышение физической подготовленности и улучшений функциональных возможностей у футболистов высокой квалификации //Футбол: ежегодник. – М.: Физкультура и спорт. – 1984. – с. 23-26.

4. Годик М.А., Скоморохов Е.В. Критерии и величина анаэробных возможностей у футболистов // Теория и практика физической культуры. – М.: - 1978. - № 8. – с. 24-26.
5. Голомазов С.В., Чирва Б.Г. Модельные характеристики игры в штрафной площадке / Теория и практика футбола. – М.: - 2000.
6. Золотарев А.П. Структура и содержание многолетней подготовки спортивного резерва в футболе: Автореферат дис. док. пед. наук. – Краснодар. – 1997. – с. 50.
7. Игнатъева В.Я. Подготовка гандболистов на этапе высшего спортивного мастерства: учебное пособие / В.И. Тхорев, И.В. Петрачева. – М., Физическая культура, 2005. – 265 с.
8. Сахарова М.В. Проектирование макроциклов подготовки в игровых видах спорта: значение, сущность, технология. – М.: Спутник+, 2005. – 309 с.
9. Черемисин В.П. Лекции по теории и методике спортивных игр. – Малаховка, 1997.

РАЗВИТИЕ КРЕАТИВНОЙ ЛИЧНОСТИ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПОТРЕБНОСТЬ ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОЙ ЭПОХИ

Злобина Светлана Николаевна

кандидат пед.наук, доцент, Брянский государственный университет им.ак.И.Г.Петровского, г.Брянск

Глушач Наталья Николаевна

кандидат псих.наук, доцент, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, г.Москва

DEVELOPMENT OF THE CREATIVE PERSONALITY AS REQUIREMENT OF THE POST-INDUSTRIAL ERA

Zlobina Svetlana, candidate of pedagogical sciences, assistant professor Bryansk State University named after Academician I.

G. Petrovsky, Bryansk

Glushach Natalya, candidate of psychological sciences, assistant professor, Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics, Moscow

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена необходимости подготовки креативных специалистов для наступающей постиндустриальной эпохи. В работе представлены общие направления решения проблемы подготовки креативных личностей в мировом образовании, показана недостаточная системная готовность отечественного образования как среды для развития креаторов

ABSTRACT

Article is devoted to need of training of creative employees for a post-industrial era. In work the directions of a solution of the problem of training of creative people in world education are shown, insufficient readiness of Russian education is reflected

Ключевые слова: постиндустриальное общество, креативная личность, креативные специалисты, опыт мирового образования, отечественное образование

Keywords: post-industrial society, creative personality, creative employees, experience of world education, Russian education

Наступающая постиндустриальная эпоха формирует иную социально-экономическую и управленческую реальность. Постиндустриальный мир вносит в жизнь каждого множественность и динамизм, высокую неопределенность и непредсказуемость, нелинейность и сложность, инновационность и креативность.

Новая эпоха определяет в качестве ключевого фактора развития цивилизации самого человека, создает объективные условия его освобождения и трансформации в полноценную творческую личность, обладающую свободной волей, творчески осознающей себя, понимающей и принимающей свое преобразующее и созидательное предназначение.

В постиндустриальном обществе все ярче и требовательнее заявляют о себе креативные специалисты, лидеры, управленцы, способные находить множество решений для неоднозначных задач, преодолевая нормативность и рациональность, уходя от негативного опыта

прежней стабильности, умеющие быстро запускать все ресурсы и средства для реализации различных проектов и идей, бизнес-моделей и инновационных концепций.

Современные молодые люди как потенциальные кандидаты на рынке труда ясно понимают, что без творческих и креативных способностей в условиях инновационной экономики специалисту, нацеленному на успешный профессиональный рост и развитие, уже не обойтись. Наличие творческих качеств, креативности входят в число наиболее важных требований при трудоустройстве вне зависимости от профильности специалиста – менеджера, маркетолога, инженера, программиста, преподавателя.

С.Н. Дегтярев и О.А. Карлова, ссылаясь на данные социологических исследований, отмечают, что более половины студентов ставят на первый план образовательные услуги, развитие креативных способностей, подготовку интеллектуальных профессионалов, тогда как формирование личностных качеств рассматривают как менее

значимую задачу современного образования, которую можно эффективно решать за счет самообучения и саморазвития [3], [4].

Тем самым, все более остро перед всеми образовательными институтами ставится проблема подготовки людей нового типа – людей, обладающих не только набором необходимых знаний, но и умением генерировать их в течение всей жизни, создавать новое знаниевое поле, осуществлять инновационные преобразования, постоянно внедрять креативные идеи и проекты.

Проблема развития креативности в мировом образовательном пространстве решается по ряду магистральных направлений, связанных с признанием на уровне государства необходимости развития креативности как важного условия становления современного общества, пониманием ее культурной и социальной обусловленности, разработкой современных методов и форм, позволяющих осуществлять работу по развитию креативного потенциала личности и внедрять их в учебный процесс, формированием грамотной профессиональной позиции педагога как полноценного участника креативного процесса.

Мировой опыт образования [2] дает нам примеры реализации образовательных программ, направленных на раскрытие творческого и инновационного потенциала студентов гуманитарных и естественнонаучных специальностей (США, Китай, Польша), внедрения в образовательные программы государственных школ занятий, направленных на развитие творческого потенциала детей, подготовку нового класса педагогов, ориентированных на креативные занятия со школьниками (Польша).

Зарубежные программы подготовки преподавателей все более направлены на формирование у них компетенций в области разработки методов стимулирования творческих способностей и оценку их эффективности, умение воспринимать креативных людей, развитие их творческого воображения, особой индивидуальности, создание атмосферы креативности, развитие интуиции, творческого потенциала, чувства успешности [2], [10].

Отечественная образовательная практика формирования креативных и самостоятельных личностей находится практически в стадии зарождения и не отличается глубиной и системностью ответа на потребности постиндустриального общества.

По-прежнему сохраняется негативное отношение к проявлению креативности, начиная с дошкольного обучения и воспитания, особенно остро проявляясь в системе школьного образования. А ведь именно здесь, в школе, должна закладываться первооснова творческого тяготения к преобразовательной деятельности, проявлению креативной инициативы и самостоятельности. Однако существующая в системе школьного обучения установка на результат определяет, как правило, ту систему поощрений и наказаний, которая скорее демотивирует стремления детей к проявлению творчества, активному исследовательскому поиску. Учителями чаще всего ценятся исполнительность, самоконтроль, отсутствие критичности, конформность – те качества, которые не способствуют творческой самореализации растущей личности.

Креативные личности подвергаются дискриминации в школе из-за ориентации обучения на усредненные результаты, унификации программ, преобладания жесткой регламентации мышления, поведения и деятельно-

сти, преклонения перед авторитетами, лимитированности времени, стереотипного и консервативного отношения учителей, часто критики творческих проявлений ребенка, неодобрительного отношения к нему, отсутствия свободы в выборе.

По данным В.Н. Козленко, 70% случаев непонимания и конфликтов учителя с учениками приходится на долю креативов, которых педагоги оценивают, как «выскочек», демонстративных, истеричных, упрямых. Сопротивление креативов репродуктивным работам, их большая чувствительность к монотонии расценивается как лень, упрямство или глупость [1], [7], [8].

Сохраняется система образования, направленная на развитие левополушарных навыков, конвергентных способностей, линейность знаний и умений, принятие однозначных решений или ответов, доминирование воспроизводящего характера обучения.

Отсутствие полноценных условий развития творческих и креативных личностей сказывается на их качестве, заметном снижении талантов детей. Отечественные исследования показывают, что оригинальность мышления у детей начинает падать уже с детского сада. В школе даже у отличников выявляются низкие показатели продуктивности при сохранении высокого уровня эрудированности [9].

В сфере высшего профессионального образования также наблюдается отсутствие широкой обучающей практики, специализированных педагогических технологий, системно внедряемых в учебный процесс и направленных на повышение креативности обучающейся молодежи – будущих специалистов.

Недостаточно и понимание преподавательским составом необходимости формирования в вузе креативного мышления, развития творческих способностей и качеств креативной личности. Сохраняются стереотипы формирования послушных, нормативных студентов.

Такое состояние низкого развивающего начала креативности в вузе делает существующие образовательные программы малоэффективными с позиции обеспечения реализации требований профессионального стандарта и высокой конкурентоспособности на рынке труда выпускаемых практических специалистов, бакалавров и магистров [11].

Преодоление сложившихся негативных установок в системе отечественного образования связано с принципиальным выходом за пределы ограниченности, преодолением предписанных установок, разрушением сложившихся стереотипов, уходом от инструктивности и чрезмерного образовательного бюрократизма. Нужно отказываться от стандартизации образовательного процесса, делать открытым, вариативным, адаптивным, динамичным в содержании, формах и методах совместной деятельности педагогов и обучающихся [6].

Первоочередное внимание должна получить проблема актуализации творчества как способа самопознания, самореализации и саморазвития личности, креативности как необходимой составляющей любого специалиста, подготовки людей с нестандартным мышлением, высокой степенью социально-преобразовательной активности, глубокой духовностью и нравственностью [5].

Пришло время понимания необходимости перехода от безликой педагогики, к адресной, с реализация

функций креативной школы в качестве «матери общества» (Н.И.Пирогов), соориентированной на конкретного субъекта учебного процесса с его генетической, функциональной предрасположенностью (Т.И. Иванюк, Ю.М. Орлов, Г.А. Цукерман) к самовоспитанию и саморазвитию, креативному видению окружающего мира, его постоянному конструктивному преобразованию.

Литература

1. Богоявленская, Д. Б. Пути к творчеству [Текст] / Д. Б. Богоявленская. — М.: Знание, 1981. — 96 с.
2. Ваулина, Т.А., Зуева, Д.Е. Проблема развития креативности в мировом образовательном пространстве [Текст] / Т. А. Ваулина, Д. Е. Зуева // Вестник Томского государственного университета. - 2011. - N 351 (октябрь). - С. 121-123.
3. Дегтярев, С.Н. Развитие субъективных представлений о креативной личности и факторах креативной среды у гимназистов [Текст] / С. Н. Дегтярев // Вестник Тюменского государственного университета. - 2011. - N 9. - С. 108-114.
4. Карлова, О.А. Креативная лаборатория: диалог творческих практик: Монография [Текст] / Ред.-сост. О.А. Карлова. — М.:Академический Проект, 2009. — 476 с.
5. Лобанов, Н.А., Наумов, Д.И. Непрерывное образование в контексте становления креативной экономики [Текст]/Н.А.Лобанов, Д.И.Наумов//Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2013. №3. С.45-55.
6. Меретукова, З.К. Теория и практика подготовки учителя к развивающему обучению [Текст] / З.К. Меретукова. — Майкоп: Изд-во АГУ, 1997. - 244 с.
7. Образование. Наука. Творчество. Теория и опыт взаимодействия: монография. Научная школа В.Г.Рындак/под общ.ред В.Г. Рындак, Уральское отделение РАО. — Екатеринбург. — Оренбург: Орлит — А, 2002. — 352 с.
8. Ожиганова, Г.В. Диагностика и формирование креативности у детей в процессе учебной деятельности [Текст] / Г.В. Ожиганова // Психологический журнал. - 2001. — № Т.22, № 2. - С. 75-85.
9. Шпинова А.Р. О творческом потенциале и его реализации [Текст] / А.Р. Шпинова // МНКО. 2008. №3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/o-tvorcheskom-potentsiale-i-ego-realizatsii>.
10. Karwowski M., Gralowski J., Lebuda I. Creative teaching of creativity teachers: Polish perspective // Thinking Skills and Creativity. 2007. Vol. 2. P. 57–61.
11. Zlobina S.N., Eliseeva E.V., Glushach N.N. From innovative education to innovative leaders // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 5th International Academic Conference Publishing House Science and Innovation Center. St. Louis, USA, 2014. С. 176-180.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ СУДОВ НАНЕСЕНИЕМ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Абачараев Муса Магомедович

профессор, доктор технических наук, Заведующий отделом физико-технических проблем машиноведения, Института физики Дагестанского научного центра Российской Академии Наук, г.Махачкала

Абачараев Ибрагим Мусаевич

профессор, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник отдела физико-технических проблем машиноведения, Института физики Дагестанского научного центра Российской Академии Наук, г.Махачкала

EXPERIMENTALLY THE THEORETICAL JUSTIFICATION FOR INCREASING PERFORMANCE OF COURTS APPLYING PROTECTIVE COATINGS

Abacharaev Musa Magomedovich, Professor, doctor of technical Sciences, leading researcher of the Department of physical-technical problems of mechanical engineering, Head of Department of physical and technical problems of mechanical engineering, Institute of physics, Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences g.Mahachkala

Abacharaev Ibrahim Musaevich, Professor, doctor of technical Sciences, Institute of physics, Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences, g.Mahachkala

АННОТАЦИЯ

В статье изложены результаты обширных научно-практических исследований авторов по разработке эффективных направлений и технологий повышения пропульсивных качеств судов за счет снижения износа и кавитационного разрушения основных элементов их судоподвижной системы.

Впервые в мировой практике предложен параметр кавитационной стойкости материалов и покрытий, отражающий требуемые физико-механические свойства кавитационно-стойких конструкций и позволяющий повысить межремонтные сроки судов при их сочетании.

Практическая ценность представленного параметра подтверждена натурными испытаниями гребных винтов скоростных судов, деталей дизелей и узлов гидромашин, эксплуатируемых в условиях интенсивного кавитационного воздействия.

ABSTRACT

The article presents the results of extensive scientific and practical research of the authors on the development of effective ways and techniques to improve propulsive qualities of the courts by reducing wear and cavitation destruction of the basic elements of their sudopedia system.

For the first time in world practice offered the option of cavitation resistance of materials and coatings that reflects the required physical and mechanical properties of cavitation-resistant structures that help to improve turnaround time of vessels when they are combined.

Practical value the parameter is confirmed in field tests of propellers of high-speed vessels, parts of diesel engines and components of hydraulic machines operating in conditions of intense cavitation exposure.

Ключевые слова: кавитация; стойкость; параметр; процессы; технологии; грибные винты; втулки цилиндров; композиции; требуемые; свойства; микротвердость; упрочнение; математическая модель; коррозия; активность.

Keywords: cavitation; durability; parameter; processes; technologies; mushroom screws; cylinder liners; composition; required properties; microhardness; hardening; mathematical model; corrosion; activity.

Досрочный выход из строя отдельных узлов судов, деталей их машин и механизмов различного функционального назначения происходит в основном из-за воздействия коррозии, кавитации, гидроабразивного износа /1/.

При изучении процессов, вызывающих разрушение втулок цилиндров дизелей, деталей гидронасосов, гребных винтов судов, узлов трения машин и механизмов, становятся понятным, что сопротивление соответствующему разрушению определяется в первую очередь комплексом

физико-механических, электрохимических свойств их поверхностных - рабочих зон.

Поэтому для повышения ресурса их эксплуатации не следует тратить на создание дорогой объемной композиции с требуемыми свойствами, а достаточно заложить их в ограниченном объеме - поверхностных зон. Это экономически и технологически целесообразный подход, дающий заметную экономию ввиду уменьшения вынужденного докового простоя судов, ремонта машин и механизмов по замене преждевременно изношенных позиций и сокращения парка запчастей.

Практики широко используют различные приемы решения этих проблем, которые принимаются в основном без надежного теоретического обоснования.

Одной из сложнейших Задач в судостроении является проблема повышения кавитационной стойкости гребных винтов судов и элементов их гидро- и энергосистем. По этой тематике нет еще единого научно-обоснованного подхода ее реализации. Общие вопросы кавитации и кавитационной эрозии широко освещены в отечественных [1,2,3,8] и иностранных [4,5,6] научных источниках.

Борьбой с кавитационной эрозией первыми занялись судостроители, обнаружившие на сверхскоростных турболайнерах необычно сильное разрушение гребных винтов за короткий срок эксплуатации [7].

Исследователи кавитационной эрозии в течение длительного периода пытаются установить отдельные свойства или группы свойств материалов, объективно отражающих их склонность к сопротивлению кавитационной эрозии. Одну из первых попыток связать кавитационную стойкость материалов с их твердостью предпринял Г. Шредер [8], который считал, что между этими параметрами существует обратно порциональная связь. Работами авторов [4,9] и других, эта гипотеза опровергается.

На базе обширных лабораторных и эксплуатационных исследований нами предложен совершенно новый параметр кавитационной стойкости, в модели которого впервые наиболее полно учтены структурные, физико-механические и электрохимические критерии качества материалов и покрытий /1/.

Математическая модель этого параметра представлена как:

$$Q = 1g(H_0 \times \Delta H_b) - \alpha V \quad (1)$$

b - табличная величина склонности металла к деформационному упрочнению (например, хрупкие, слабо деформационно-упрочняемые сплавы имеют $b=1,0...1,2$ у высоко деформационно-упрочняемых сталей типа Гадфильда $b=1,6...1,8$)

$H_0, \Delta H$ - исходная микротвердость, и величина деформационного упрочнения $\Delta H = H_{max} - H_0$

H_{max} - микротвердость насыщения;

V - аргумент электрохимической активности среды и металла.

Преимущество этой модели перед известными в том, что она имеет широкий диапазон прогнозирования кавитационной стойкости материалов.

Нами были проведены обширные исследования по определению основных коэффициентов предложенной модели кавитационной стойкости, на базе которых установлено, что коэффициент « α » можно представить, как

$$\alpha = q1g(H_0 \times \Delta H_b) \quad (2)$$

где $q = \frac{V_{к\alpha B}^{кор}}{V_{к\alpha R}}; V_{к\alpha B}^{кор}$ и $V_{к\alpha B}$ - объемные или массовые потери материалов от коррозии в кавитирующей среде и те же потери от кавитационной эрозии.

Для выявления количественного соотношения этих показателей нами выполнены исследования при раздельном кавитационном и коррозионном испытании материалов в кавитирующей среде [1]. Показано, что потери массы от коррозии в кавитирующей среде (воде) на 20...25% превышают эти потери в обычной среде, что является убедительным подтверждением химической активности кавитирующей среды.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что в качестве параметра коррозионной активности металла и среды может быть представлена величиной поляризационного сопротивления $\Delta\phi$.

Тогда параметр кавитационной стойкости Q имеет окончательный вид (для краткосрочных испытаний)

$$Q = (1-q) 1g(H_0 \times \Delta H_b) \frac{1}{\Delta\phi} \quad (3)$$

Аналитические расчеты и статистическая обработка результатов исследований по установлению поправки к критерию, определяющей роль длительности испытаний, позволяют представить эту модель в виде Q_τ [2].

$$Q_\tau = Q - 1g\tau \frac{1}{\Delta\phi}, \quad (4)$$

где τ - время эксплуатации, $\Delta\phi$ - величина поляризационного сопротивления.

Такая корректировка имеет существенное практическое значение и позволяет объяснить наблюдаемое несоответствие результатов лабораторных и натуральных испытаний.

Например, при расчете по уравнению (3) величины Q сталей 30X10Г10 (деформационно-упрочняемая сталь) и 12X18Н10Т (нержавеющая сталь) их значения отличаются значительно (8,97 и 7,98 соответственно), что правильно отражает ситуацию краткосрочных лабораторных испытаний.

Расчеты для этих же материалов по уравнению (4) показывают, что после 10000 часов эксплуатации более кавитационностойкая по кратковременным испытаниям деформационно-упрочняемая сталь 30X10Г10 уступает (6,97) по этому параметру нержавеющей стали 12X18Н10Т (7,18). Подобные случаи часто наблюдались на практике, но аналитически нами объясняются впервые.

Приведенные модели параметра кавитационной стойкости требуют определенной корректировки для напыленных покрытий. Вводом соответствующих коэффициентов, отражающих влияние их пористости, толщины, адгезионной прочности, модель Q_η можно представить как:

$$Q_\eta = Q \cdot \eta \quad (5)$$

η - плотность покрытия.

Из анализа предложенной модели вытекает, что кавитационностойкими будут материалы и покрытия с высокой исходной микротвердостью, склонностью к деформационному упрочнению и положительным электрохимическим потенциалом.

Экспериментальные исследования по определению кавитационной стойкости нитиноловых плазменных покрытий, отвечающих указанным требованиям, подтвердили состоятельность модели параметра Q_η [3].

Практическая ценность представленного параметра кавитационной стойкости подтверждена также натурными испытаниями деталей дизелей и узлов гидромашин, эксплуатируемых в условиях интенсивного кавитационного воздействия.

Так, например, для защиты водоохлаждаемой поверхности втулок цилиндров быстроходных судовых дизелей 48,5/11 и 49,5/11, взамен дорогостоящего и экологически неблагоприятного гальванического хромирования нами предложена технология плазменного напыления нитиноловых покрытий.

Эти же покрытия были апробированы на закрывках экранопланов интенсивно изнашиваемых от гидроэрозии. Испытания показали, что закрывки с нитиноловыми

покрытиями выдерживают 10 береговых посадок-выходов экранопланов против одного у штатных позиций.

Разработаны также технологии диффузионного хромирования и хромтитанирования для упрочнения пальцев карданного вала винтового насоса, повышения срока службы технологической оснастки и деталей изделий судового машиностроения [2].

Приведенные данные свидетельствуют о состоятельности исследований авторов и целесообразности интенсификации их промышленного использования.

Литература

1. Абачараев М.М. Кавитация и защита металлов от кавитационных разрушений. - Махачкала, 1992.-140с.
2. Абачараев И.М., Чулкин С.Г., Абачараев М.М., Лысенков П.М., Черненко В.И. Оптимальные технологии повышения эксплуатационных качеств судов. С-Пб; Издательство Политехнического университета, 2012. – 196 с.
3. Абачараев М.М., Абачараев И.М., Санаев Н.К. Перспективные технологии нанесения защитных покрытий на детали судовых машин и механизмов. Махачкала, 2013. – 96с.
4. Кнепп Р., Дейли Дж., Хеммит Ф. Кавитация. - М: Мир, 1974.-687 с.
5. Ёст Т., Уэда К. Катодная защита гребных винтов из мартенсито-стареющих сталей. - Босеку гдзюцу. 1973, т. 22, №6, с. 228-235.
6. Мидзутаний, Имгура И., Накидзама К. Поверхностные нарушения, обусловленные кавитационной эрозией в металлах.- Нихон кинд-зокуТакканси. 1971, 35, №4, с. 319-323.
7. Георгиевская Е.П. Кавитационная эрозия гребных винтов и методы борьбы с ней - Л: Судостроение, 1970.-120 с.
8. Богачев И.Н. Кавитационное разрушение и кавитационностойкие сплавы. М: Металлургия, 1972.-232 с.
9. Перник А.Д. Проблемы кавитации. -Л: Судостроение, 1966.-439 с.

АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ

Акинин Дмитрий Вячеславович
Казначеева Наталья Игоревна
Борисов Вячеслав Алексеевич

к.т.н., доценты. Московский Государственный Университет леса, г. Мытищи

ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION of SERVICE CONDITIONS of FOREST ROAD TRAINS

Akinin Dmitry Vyacheslavovich, Cand.Tech.Sci., associate professor

Kaznacheeva Natalya Igorevna, Cand.Tech.Sci., associate professor

Borisov Vyacheslav Alekseevich Cand.Tech.Sci., associate professor

The Moscow State University of wood

АННОТАЦИЯ

Повышение эффективности производства в лесозаготовительной промышленности тесно связаны с улучшением технико-экономических показателей лесозаготовительного транспорта. Под типизацией условий эксплуатации по режимам работы автопоездов понимается получение обобщенных (типовых) скоростных и нагрузочных режимов агрегатов ЛАП, статистических характеристик распределений отдельных параметров в данных условиях эксплуатации с учетом фактов, влияющих на формирование этих режимов

Ключевые слова: теория автомобиля, расчет автопоезда, повышения эффективности, условия эксплуатации.

THE SUMMARY

Increase of production efficiency in the logging industry are closely connected with improvement of technical and economic indicators of logging transport. Typification of service conditions on operating modes of road trains is understood as receiving the generalized (standard) high-speed and load modes of PAWS units, statistical characteristics of distributions of separate parameters in these service conditions taking into account the facts influencing formation of these modes

Keywords: theory of the car, calculation of the road train, efficiency increase, service conditions.

Повышение эффективности производства в лесозаготовительной промышленности тесно связаны с улучшением технико-экономических показателей лесозаготовительного транспорта, основным видом которого является автомобильный транспорт. Работы по созданию перспективных лесовозных автопоездов (ЛАП) необходимо вести на основе анализа их условий эксплуатации. Как показывает практика, эти условия многообразны, и, следова-

тельно, необходимо определить характерные типизированные условия и режимы движения лесовозных автопоездов.

Под типизацией условий эксплуатации по режимам работы автопоездов понимается получение обобщенных (типовых) скоростных и нагрузочных режимов агрегатов ЛАП, статистических характеристик распределений отдельных параметров в данных условиях эксплуатации с

учетом фактов, влияющих на формирование этих режимов (масса перевозимого груза: коэффициент сопротивления качению колеса; условия эксплуатации: равнинные, холмистые, горные; времена года: зима, лето; сложность дороги в плане: количество поворотов на единицу пути; т.д.).

Так как около 90% всей площади, покрытой лесами, находится на территории пяти регионов России: Север, Урал, Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Дальний Восток. На их долю приходится более 70% плановой вырубке леса. Конструкция лесовозного автопоезда должна отвечать условиям его эксплуатации преимущественно в районах с умеренным и холодным климатом, так как продолжительность устойчивых морозных дней в ряде рассматриваемых нами регионов составляют 130-180 дней. Необходимо также отметить, что объём вывозки леса в зимний период (декабрь – март) составляет более 55% и эта тенденция всё время увеличивается, объясняется это тем, что в зимнее время становятся проезжими практически все лесовозные дороги.

Автомобильные лесовозные дороги согласно нормам проектирования СНиП 2.05.07-91 Промышленный транспорт делятся на следующие категории:

1. категория I-B с расчетным объемом перевозок более 0,7 млн. т нетто в год;
2. категории II-B с расчетным объемом перевозок более 0,35 до 0,7 млн. т нетто в год;
3. категории III-B с расчетным объемом перевозок до 0,35 млн. т нетто в год;
4. категории IV-B с расчетным объемом перевозок до 0,1 млн. т нетто в год, а также лесовозные ветки, обеспечивающие вывозку леса с лесосек или отдельных участков разрабатываемого лесного массива и служебные патрульные дороги;
5. лесовозные усы проектируются согласно ВСН 01-82 [1,2,4,5,6].

Типы покрытий дорожные одежды приводятся в табл.1.

Дорожные условия характеризуется коэффициентами сопротивления качению колеса и сцепление с дорогой, планом и профилем пути, ровностью покрытия.

Значения коэффициента сопротивления движению автопоездов для различных дорожных покрытий приведены в табл.2. В табл.3 приведены значения радиусов кривых в плане при вывозке леса, а в табл.4 величины наибольших подъемов в грузовом направлении при движении в различной местности. Следует так же отметить, что при оценки рельефа местности можно воспользоваться данными, распределение лесопокрытых площадей (в процентах) по крутизне склонов, см. табл.5.

Как показывают статистические данные, средняя длина вывозки леса варьируется от 30 – 120км. Причем средние расстояние вывозки леса в 2000 году составляло порядка 45.2км, а уже в 2010 году уже 52.1км в связи с дальнейшим углублением в лесные массивы. Среднее расстояние вывозки леса S состоит из длины магистрали S_m , длина ветки S_v и длина уса S_y :

$$S = S_m + S_v + S_y \quad (1)$$

Известно также, что средняя дальность движения по магистрали составляет 70% от среднего расстояния вывозки леса S , а по веткам и усам 30%.

Средняя длина уса принимается равной 1.3км, а протяженность ветки и уса не более 20км.

$$S_m = 0,7 * S; S_y = 1,5 \text{ км} \quad (2)$$

$$S_m + S_y = 0,3 * S \leq 20 \text{ км} \quad (3)$$

Следует также отметить, что ветки и усы принимаются однопутными. На среднюю скорость движения автопоезда влияет такие факторы, как количество поворот (особенно закрытых) в пути, количество подъёмов и спусков (процент спусков, его длительность), количество остановок в пути в связи с выездом на дороги общего пользования, стоянкой у светофора или у железнодорожного переезда.

Рассмотрим более подробнее влияние этих факторов на скорость ЛАП.

Отмеченные ранее пять регионов страны можно условно разделить на два, в один («Центр») входит Европейская часть России и Западная Сибирь, а в другую («Восток») Восточная Сибирь и Дальний Восток. Такие разделения необходимо сделать, потому что в них значительно отличаются лесовозные дороги, как по расстоянию средней длины вывозки леса, так и по рельефу местности.

Проведя анализ, видим, что для «Центра» среднюю длину вывозки леса можно принять равной 50 км, а для «Востока» среднюю длину вывозки леса принимаем равной 100 км. Согласно формуле (1) [2] определим длины магистралей, веток и усов для районов «Центр» и «Восток».

$$\text{«Центр»}: S = 50\text{км}: S_m = 35\text{км}: S_v = 13.5\text{км}: S_y = 1.5\text{км}$$

$$\text{«Восток»}: S = 100\text{км}: S_m = 80\text{км}: S_v = 18.5\text{км}: S_y = 1.5\text{км}$$

Применяя программы для автоматизированного проектирования и анализируя некоторые лесовозные дороги «Центра и Востока», то есть количество поворотов на 1км пути, количество подъёмов и спусков на трассе, величины максимальных подъёмов на различных участках (магистраль, ветка, ус), их длина и другая информация. Для «Центр» количество поворотов составляет 2 – 3 на 1км пути, кроме некоторых районов Пермского края и Вологодской области (5 – 7 поворотов на 1км пути). Для района «Восток» количество поворотов составляет 4 – 6 на 1км пути.

Следует отметить, что только закрытые повороты с малым радиусом влияют на среднюю скорость движения. Для района «Центр» характерна равнинная местность с участками пересечённой и в некоторых областях горной местности. Максимальный угол подъёма составляет 90‰ при небольшой его длине, не более 50 – 70 метров. В основном подъёмы 30 – 40‰ на длине 100 – 350 метров. Максимальные углы подъёма в основном приходятся на ветки и усы. Количество спусков и подъемов, лесовозных дорог находятся в отношении 1:1 к длине вывозки леса. Для района «Восток» характерна эксплуатация лесовозных поездов в пересечённой и горной местности. Максимальные углы подъёмов уже достигают 100 – 160‰ (160‰ - для усов) на длине 200 – 600метров. В горной местности есть затяжные подъёмы и спуски 30 – 80‰ на длине нескольких километров.

Табл. 1

Тип дорожных покрытий	Основные типы покрытий	Область применения
Усовершенствованные капитальные	Цементобетонные (монолитные и сборные) Асфальтобетонные	На магистралях категории I-B; II-B
Усовершенствованные облегченные	Асфальтобетонные, покрытия из битумных смесей и из крупнообломочных (до 40мм) песчаных и супесчаных грунтов	На магистралях категории II-B; III-B
Переходные	Щебеночные, гравийные, грунтощебеночные, колеиные из особых железобетонных, керамзитобетонных плит	На магистралях категории III-B; IV-B и ветках
Низшие	Грунтогравийные, грунтовые улучшенные, деревогрунтовые	На магистралях категории IV-B, ветках и других дорогах

Табл. 2

Тип дороги	Коэффициент сопротивления движению
Асфальтобетон	0,013-0,02
Гравийные и щебеночные	0,030-0,040
Лежнёвая (деревянная)	0,02-0,03
Грунтовая	0,04-0,06
Песчаная	0,1-0,3
Снежно-ледяная дорога	0,020-0,035
Снежная укатанная дорога	0,02-0,035

Табл. 3

Виды дорог	Минимальный радиус кривых в плане при вывозке, м					
	Хлыстов и деревьев			Сортиментов		
	Основные	В трудных условиях	В особо трудных условиях	Основные	В трудных условиях	В особо трудных условиях
Магистраль категории I-B	200	125	60	200	135	60
II-B	125	100	60	125	100	60
III-B	100	60	50	100	60	30
IV-B	60	50	40	60	30	20
Ветки	50	40	30	30	20	15
Усы	30	30	30	20	15	15

Табл. 4

Виды дорог	Наибольшая величина в грузовом направлении в ‰ при рельефе местности		
	Основные нормы	В трудных условиях	В особо трудных условиях
Магистрали категорий			
I-B	30	50	80
II-B	30	50	80
III-B	30	50	80
IV-B	40	60	90
ветки и усы	30	40	50

Табл. 5

Регион, область	Крутизна склонов		
	До 30 ‰	30-50 ‰	Более 30 ‰
Север	100	-	-
Урал	93	6	1
Западная Сибирь	90	7	3
Восточная Сибирь	75	17	8
Дальний Восток	70	23	7

Библиографический список

- Сухопутный транспорт леса: Учебник для вузов/В.И. Алябьев, Б.А. Ильин, Б.И. Кувалдин, Г.Ф. Грехов.-М.: Лесная промышленность, 1990.-416 с. ISBN 5-7120-0370-8.;
- Курьянов, В.К. Обследование автомобильных дорог в районах лесозаготовок [Текст] / В.К. Курьянов,

- Е.В. Кондрашова, Ю.В. Лобанов. – М.: ИД «Академия Естествознания». – 130 с.;
3. Лесотранспорт как система водитель-автомобиль-дорога среда/В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, В.А. Борисов; под общ.ред. А.А. Камусин.-М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010.-370с. ISBN 978-5-8135-0501-0.;
 4. Лесовозные автопоезда: учеб. пособие / А.А. Камусин и другие. –М.:МГУЛ,2012.-268с. ISBN 978-5-8135-0574-4.;
 5. Транспорт леса в 2-х томах. Т.1. Сухопутный транспорт леса/ Под ред. Салминена Э.О. – М.: ИЦ “Академия”, 2009. – 368 с.
 6. Ларионов В.Я. Проектирование лесных дорог: Учеб. пособие. – М.: МГУЛ, 2009. – 93 с.
 7. Тюрин Н. А. Сухопутный транспорт леса. Автоматизированное проектирование лесных автомобильных дорог на примере CREDO: учебное пособие / Л. Я. Громская, В.В. Артемьев. – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – 110с.
 8. Камусин А.А., Казначеева Н.И., Борисов, В.А., Акинин Д.В. Некоторые критерии устойчивости автопоезда / А.А. Камусин и другие. // Вестник Моск. Гос. Ун-та леса. – Лесной вестник.–2014.–№ 2-5.– С. 122-126.;
 9. Камусин А.А., Казначеева Н.И., Борисов, В.А., Акинин Д.В. Устойчивость движения прицепов лесовозных автопоездов / А.А. Камусин и другие. // Вестник Моск. Гос. Ун-та леса. – Лесной вестник.–2014.–№ 2-5.–С. 143-144.;
 10. Борисов, В.А. Исследование движения лесовозных автопоездов на горизонтальных кривых / В.А. Борисов. // Вестник Моск. Гос. Ун-та леса. – Лесной вестник.–2009.–№ 2(65).–С. 73-80.
 11. Борисов, В.А. Учет параметров движения и анализ устойчивости лесовозных автопоездов при торможении / В.А. Борисов. // Вестник Моск. Гос. Ун-та леса. – Лесной вестник.–2009.–№ 2(65).–С. 80-86.
 12. Резникова, Н.Е. Особенности расчета скорости с применением ЭВМ при проектировании трассы дороги. / Н.Е. Резникова, В.А. Борисов // Научный журнал "В мире научных открытий". – Красноярск: "Научно-информационный издательский центр", 2009., ISSN 2072-0831 №2.–С.13-19.
 13. Резникова, Н.Е. Применение ЭВМ для анализа основных режимов движения лесовозных автопоездов / Н.Е. Резникова, В.А. Борисов // Научный журнал "В мире научных открытий". – Красноярск: "Научно-информационный издательский центр", 2009., ISSN 2072-0831 №2.–С.20-26.
 14. Камусин, А.А. Определение парка лесовозных машин с гидроманипуляторным оборудованием и выбор наиболее эффективного парка машин / А.А. Камусин, В.А. Борисов // Вестник Моск. Гос. Ун-та леса. – Лесной вестник.–1999.–№ 4(9).–С. 90-92.

МЕТОД ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ КОРРОЗИОННОГО ПОРАЖЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛАХ

Балькова Татьяна Ивановна

кандидат техн.наук, доцент, Московский государственный машиностроительный университет(МАМИ), г.Москва

Balkova Tatyana

Candidate of Science, assistant professor of Moscow State Machine Building University, Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье представлена методика определения пористости гальванических покрытий с помощью электронного микроскопа. Получены количественные данные по влиянию дополнительной обработки цинковых, кадмиевых и никелевых покрытий на зависимость их пористости от продолжительности эксплуатационных испытаний на судах неограниченного района плавания.

ABSTRACT

A method of determining porosity of galvanic coatings with an electron microscope and image processing system is presented in article. Quantitative data on the effect of additional processing of zinc, cadmium and nickel coatings on the dependence of the porosity on the duration of performance tests on ships of unlimited navigation area were received.

Ключевые слова: пористость; гальванические покрытия; электронная микроскопия; эксплуатационные испытания.

Key words: porosity; electroplating; electronic microscopy; field tests.

Введение

Гальванические покрытия (ГП) находят широкое применение в различных областях производства. Часто ГП подвергают дополнительной обработке, которая заполняет поры в покрытии, создает на поверхности защитную пленку и этим уменьшает скорость коррозии. Согласно ГОСТ 9.308 [1,приложение 2] оценку степени коррозионного поражения покрытий производят путем подсчета

длин отрезков или квадратов наложенной сетки, содержащих ржавчину, к общей сумме длин или квадратов на поверхности образца. При этом влияние дополнительной обработки оказывается неучтенным. В данной работе предлагается методика определения пористости ГП, позволяющая оценить влияние различных видов обработки покрытий на срок службы покрытий. Характеристики пористости- количество и размер пор в покрытии определяли с помощью электронного микроскопа.

Целью работы является установление количественной взаимосвязи между пористостью и сроком службы ГП.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- опробовать методику оценки пористости покрытий с помощью электронного микроскопа;
- установить зависимость числа и размера пор гальванических покрытий от продолжительности эксплуатационных испытаний на судах неограниченного района плавания.

Исследуемые гальванические покрытия.

В судостроении для защиты деталей и изделий от коррозии наиболее широко применяют анодные цинковые и кадмиевые, и катодные химические никелевые покрытия. Анодные покрытия осаждают электрохимическим способом, а их дополнительную обработку проводят преимущественно химическим способом. Аналогичным способом получают и химические никелевые покрытия, представляющие собой сплав Ni – P, с массовой долей фосфора от 2 до 15%. Вследствии меньшей пористости, Ni – P осадки обычно лучше защищают от коррозии, чем электролитический никель. Кроме того, технология их получения более проста, а покрытия равномерны по толщине, что важно при применении их для изделий сложной конфигурации. Пассивирование цинковых и кадмиевых покрытий осуществляли в растворе Na 2Cr 2O7 – (140-160) г/л, H 2SO 4– (10- 20) г/л при комнатной температуре и времени выдержки 5-15с. Никелевые покрытия термообработывали в течение часа при температуре 350-400 0С. Гидрофобизацию проводили в два этапа: первый – выдержка образцов в течение 15 минут в 10% растворе ГФЖ 136-41 в бензине, второй этап-полимеризация, которая осуществляется в три ступени. Затем покрытия термообработывали аналогично химическим никелевым покрытиям без дополнительной обработки.

Образцы с покрытиями подвергли натурным испытаниям на судах неограниченного района плавания. Периодически, через каждые 2 тысячи часов испытаний, часть образцов снимали с испытаний и определяли их пористость по предложенной методике. Максимальная продолжительность испытаний составила 14 месяцев.

Приборы и оборудование

Для реализации методики использовали:

- сканирующий электронный микроскоп модели АВТ-55 производства японской фирмы «AKASHI». Основные технические данные: разрешающая способность – 45 ангстрем, диапазон увеличений от 10 до 150000;

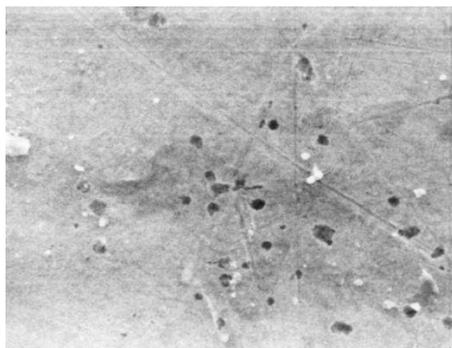
- компьютер модели Lenovo T60, процессор Intel(R) Core(TM) Duo CPU 2.00 GHz;
- систему обработки изображений VIDEOLAB версии 2.1 и 2.2 фирмы «VNI EXPORT».

На подготовительных стадиях для контроля качества поперечных шлифов применяли оптический микроскоп NEOPHOT-2.

Методика оценки пористости гальванических покрытий

Методика оценки пористости предусматривает исследование поверхности покрытий и их поперечных шлифов и состоит из следующих этапов:

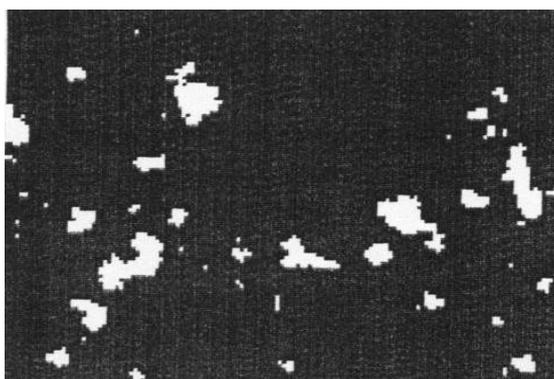
- общий просмотр шлифа или поверхности при 100-200-кратном увеличении для поиска наиболее представительных участков покрытия, их фотографирование (при необходимости). Количество исследуемых участков (полей) – не менее пяти (рис.1 а);
- ввод исходного, так называемого полутонового изображения исследуемого участка с растрового электронного микроскопа через видеointерфейс в компьютер. Изображение появляется на экране монитора;
- коррекция полутонового изображения: установка оптимальной яркости, контрастности и фокусировки, уменьшение шумов, выделение границ путем вычисления градиента или преобразований Лапласа или Собела, коррекция неравномерности освещенности, вывод, при необходимости, полутонового изображения на принтер (рис.1 б). Изображение выводится в 32 градациях яркости;
- преобразование полутонового изображения в бинарное по одному порогу или в яркостном окне (дискриминация изображения), вывод, при необходимости, бинарного изображения на принтер (рис.1 в);
- обработка бинарного изображения методами математической морфологии: эрозия, дилатация, открытие, закрытие, деагломерация частиц и удаление объектов (пор), искаженных обрезкой краями кадра;
- полный морфологический анализ на основе индивидуального измерения параметров каждой поры с определением полной и относительной площади, периметра, коэффициента формы одной поры, построение гистограмм распределения по размерам, по площадям, коэффициентам формы, по суммарным площадям в интервалах размеров пор, вычисление матриц распределения одновременно по двум параметрам (рис.1г).



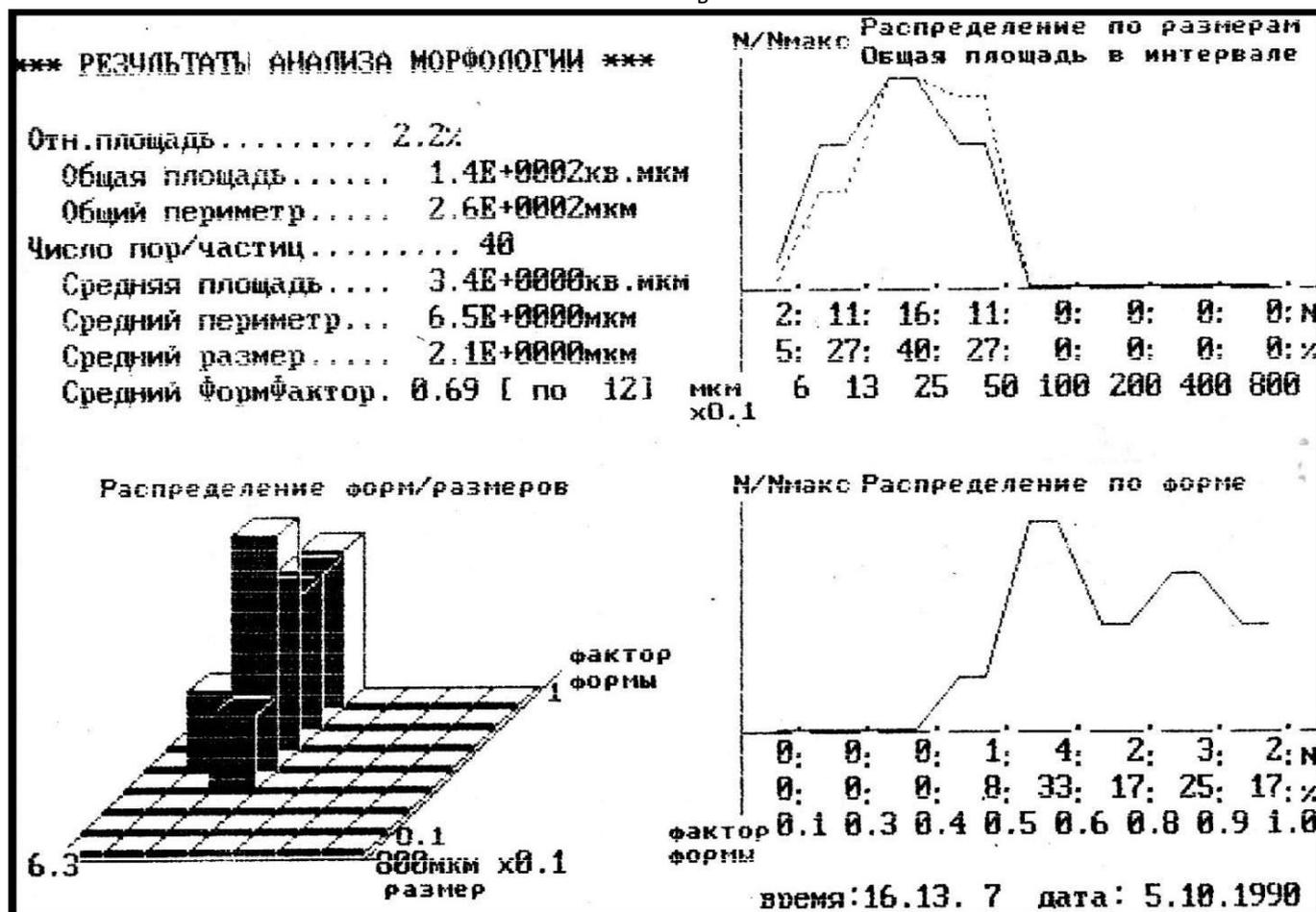
а



б



В



Г

Рисунок 1. Этапы оценки пористости ГП:

а – фотографии интересующего участка, увеличение 4500х; б – его исходно и полутоновое изображение, распечатанное на принтере; в – бинарное изображение участка ГП; г – результаты оценки пористости покрытия.

Результаты исследований пористости гальванических покрытий

Зависимость характеристик пористости ГП от продолжительности натуральных испытаний представлена на рисунке 2. В качестве характеристик выбраны: N- количество пор на см² и D- средний диаметр, мкм. Полученные данные по пористости позволяют проследить влияние дополнительной обработки покрытий на их исходную пористость и изменение характеристик пористости в процессе натуральных испытаний.

Количество и размер пор на исходных образцах совпадают, то есть не зависят от наличия хроматной

пленки. Примерно до 3-4 тысяч часов испытаний количество пор в непассивированных и пассивированных образцах близки, а размеры пор в последних примерно в 1,5-2 раза меньше. При дальнейших испытаниях наблюдается торможение процесса появления и роста пор в хроматированных покрытиях по сравнению с нехроматированными в среднем в полтора раза.

Следовательно, пассивирование приводит к уменьшению скорости коррозии исследуемых покрытий примерно в полтора раза, что подтверждается экспериментальными данными [2, с.85; 3, с.789].

Выводы

Используя методику определения пористости покрытий с помощью электронного микроскопа получены

количественные данные по изменению характеристик пористости цинковых, кадмиевых и хим.никелевых покрытий с дополнительной обработкой и без нее в условиях морской атмосферы.

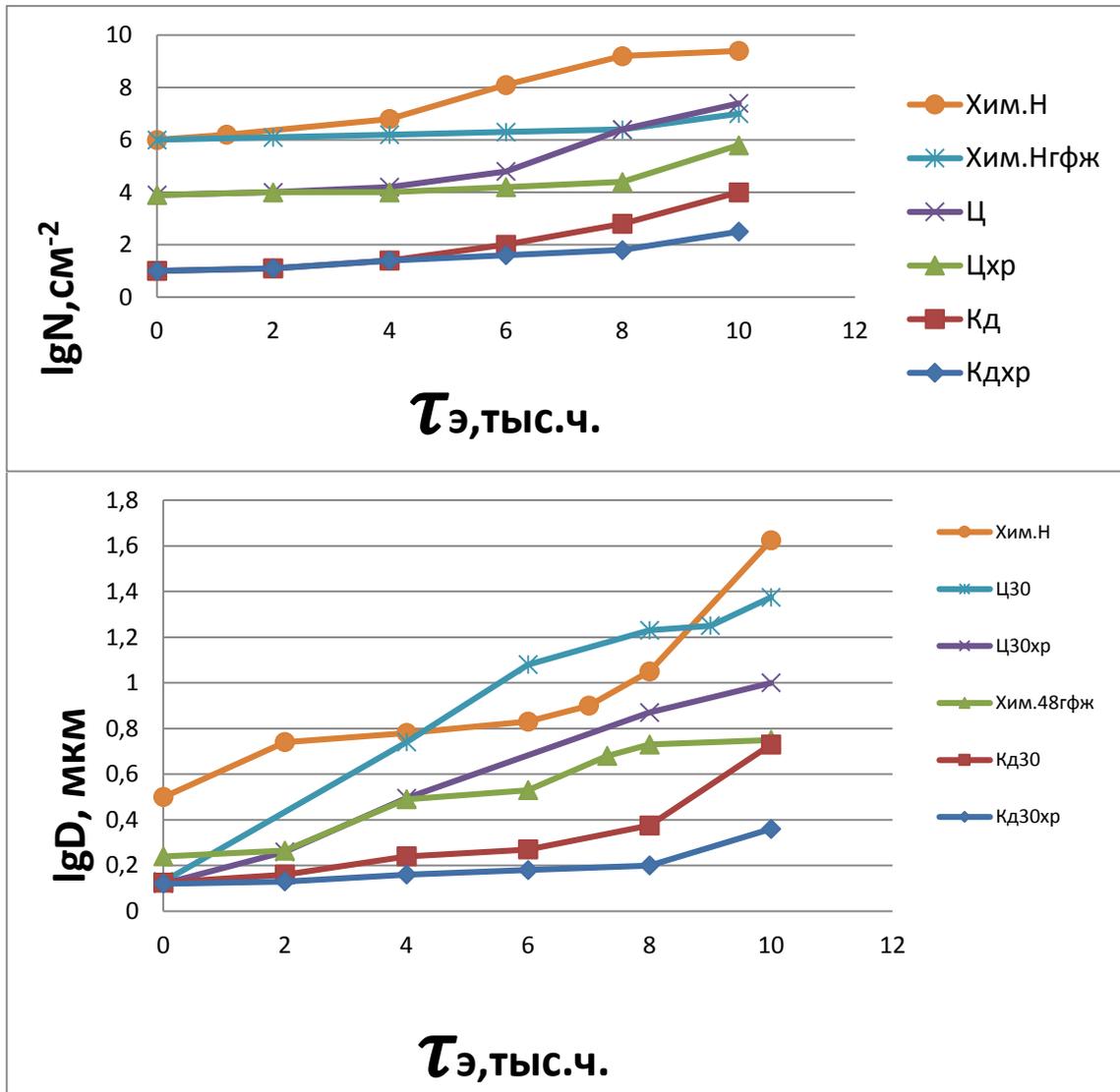


Рисунок 2. Зависимость количества сквозных пор в покрытиях (N) и среднего диаметра пор (D) от продолжительности испытаний.

Произведена количественная оценка влияния дополнительной обработки покрытий на характеристики пористости. Установлено, что в процессе испытаний значения характеристик пористости пассивированных покрытий в среднем в полтора раза меньше, следовательно, и срок службы этих покрытий в полтора раза больше. Для получения более точных математических зависимостей между характеристиками пористости и сроком эксплуатации покрытий необходимо проведение дополнительных натурных испытаний с целью увеличения объема данных для статистической обработки.

Предложенная методика перспективна для оценки пористости известных и новых видов покрытий, в том числе гальванических, изучения влияния новых видов дополнительной обработки покрытий на их пористость, а

также исследования механизма разрушения покрытий в различных средах.

Литература

- ГОСТ 9.308-85.ЕСЗКС. Покрытие металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний. Введ. С 01.01.87. – 64с
- Погребнюк Л.П., Акимов В.Я. Исследование коррозии цинковых и кадмиевых покрытий в условиях эксплуатации морских судов с неограниченным районом плавания. - Технология судостроения, 1986, №1, с.85-99.
- Хунцария Э.М., Сарафов С., Григорев Б. Коррозия цинковых и кадмиевых гальванических покрытий в атмосфере различных районов Черного моря. - Защита металлов, 1982, т. 18, №5, с. 789-791.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СЛОЖНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УПОРНЫХ РУД

Кенжалиев Б.К.

Сулейменов Э.Н.

Докторы технических наук, профессоры, "Казахстанско-Британский технический университет", Республика Казахстан, 050000, г. Алматы

Досымбаева З.Д.

Исхакова Р.Р.

научные сотрудники, "Казахстанско-Британский технический университет", Республика Казахстан, 050000, г. Алматы

АННОТАЦИЯ

В данной работе исследованы сорбционные характеристики выбранных сорбентов в процессе сорбции цветных (медь, железо, кобальт, цинк, никель, марганец, свинец) и благородных (золото, серебро) металлов из многокомпонентных технологических растворов химического и электрохимического выщелачивания концентратов с применением в качестве растворителя тиосульфата натрия. В качестве сорбентов применялись анионообменные смолы АВ-16, БНА-1 и PuroliteA500U/4994, а также анионит АМ-2Б. Изучены скорости сорбции благородных и цветных металлов из технологических растворов. Показано, что на скорость сорбции металлов влияет исходные концентрации металлов и вероятно тип анионита.

Ключевые слова: сорбция, сорбенты, тиосульфатные растворы, выщелачивание.

ABSTRACT

In this paper was investigated absorption characteristics of the selected sorbents during the sorption process of non-ferrous (copper, iron, cobalt, zinc, nickel, manganese, lead) and noble (gold, silver) metal processing solutions from multicomponent chemical or electrochemical leaching of the concentrate using as solvent thiosulphate sodium. As sorbents used anion resin AV-16, BNA-1 and PuroliteA500U / 4994, as well as the anions of AM-2B. Studied rate of sorption of noble and non-ferrous metals from technological solutions. It is shown that the rate of sorption of metals affect for the initial metal concentration and probably type of anion exchanger.

Keywords: sorption, sorbents, thiosulphate solutions, leaching.

Весьма важным в комплексе мероприятий по обеспечению высоких темпов роста золотодобычи и сокращению материальных затрат является совершенствование ионообменных процессов извлечения золота из технологических растворов и пульп. Высокое извлечение благородных и цветных металлов из продуктивных растворов многокомпонентного состава и его высокое качество можно получить, осуществляя предварительную очистку растворов от примесных металлов или применяя селективные сорбенты к благородным и сопутствующим металлам.

На сегодняшний день большой интерес для исследования представляет применение сорбционного метода извлечения цветных металлов и золота из тиосульфатных растворов, который позволяет повысить общее извлечение ценных металлов из сложного сырья и исключает образование токсичных отходов, загрязняющих окружающую среду. Сорбционные методы приобретают в этом случае важное значение, особенно с применением селективных ионитов, обладающих высокой обменной емкостью и комплексобразующей способностью при извлечении ионов благородных и цветных металлов.

В данной работе исследованы сорбционные характеристики выбранных сорбентов в процессе сорбции цветных (медь, железо, кобальт, цинк, никель, марганец, свинец) и благородных (золото, серебро) металлов из многокомпонентных технологических растворов химического и электрохимического выщелачивания концентратов с применением в качестве растворителя тиосульфата натрия [1]. В качестве сорбентов применялись анионообменные смолы АВ-16, БНА-1 и PuroliteA500U/4994, а также анионит АМ-2Б. Сорбционные свойства анионитов оценивались по отношению к каждому металлу в зависимости

от их концентрации в смешанных растворах и от продолжительности времени контакта фаз. Эксперименты проводили при перемешивании со скоростью 500 об./мин., при объемном соотношении анионита и растворов 1:500 и температуре 250С. Концентрацию металлов в растворах определяли с помощью атомно-абсорбционного спектрометра ContrAA 300. По результатам экспериментов рассчитывали обменную емкость по металлам, процент извлечения и коэффициенты распределения.

В практических целях при одинаковых равновесных характеристиках ионообменных материалов выбирают такой ионообменник и такой режим процесса сорбции, которые обеспечивают максимально возможную рабочую сорбционную или ионообменную емкость и необходимую степень удаления примесей из очищаемой среды при высокой скорости потока, определяющей производительность анионита [2].

В таблице 1 приведены сорбционные свойства ионитов при извлечении тиосульфатных комплексов цветных металлов из технологических растворов №1 и №2 химического выщелачивания. Как видно, составы растворов разные: раствор химического выщелачивания концентрата месторождения «А» (раствор №1) содержит меньшее количество металлов, чем раствор химического выщелачивания концентрата месторождения «М» (раствор №2). Максимальная степень сорбции у кобальта на ионитах БНА-1 и Purolite A500U/4994 (51,9%; 54,3%), на АВ-16 у никеля – 57,3%. Высокая обменная емкость у анионитов по меди. Хорошие сорбционные показатели у анионита Purolite A500U/4994 – высокий коэффициент распределения по кобальту из технологического раствора №1.

Таблица 1

Сорбционные свойства ионитов при извлечении тиосульфатных комплексов цветных металлов из технологических растворов №1 и №2

Марка ионита	Сорбция цветных металлов	Раствор №1			Раствор №2		
		E, %	OE, ммоль/г·10-2	D	E, %	OE, ммоль/г·10-2	D
AB-16	Au	-	-	-	4,32	0,0009	32
	Ag	21,6	1,42	200	8,08	0,44	63
	Cu	27,3	48,0	272	9,64	20,4	77
	Co	27,14	0,11	270	8,74	0,059	151
	Zn	-	-	-	21,50	0,55	69
	Ni	57,32	0,97	973	17,31	0,43	198
	Mn	24,1	1,79	230	50,18	6,22	730
	Pb	-	-	-	25,26	7,87	245
БНА-1	Au	-	-	-	6,17	0,0013	47
	Ag	12,43	0,81	103	4,42	0,24	33
	Cu	7,06	12,43	55	9,81	20,74	78
	Co	51,9	0,21	782	23,83	0,08	226
	Zn	-	-	-	32,04	2,03	341
	Ni	31,16	0,53	327	54,31	1,09	861
	Mn	25,6	1,89	249	50,21	6,23	730
	Pb	-	-	-	23,33	7,27	220
AM-2Б	Au	-	-	-	6,79	0,0024	86
	Ag	14,43	0,27	200	9,40	0,72	104
	Cu	4,3	0,086	53	12,88	44,75	176
	Co	16,05	0,003	227	14,26	0,08	198
	Zn	-	-	-	28,39	2,96	472
	Ni	2,66	0,002	32	5,50	0,18	69
	Mn	7,9	0,006	102	51,21	10,43	1249
	Pb	-	-	-	24,91	12,76	395
Purolite A500U/4994	Au	-	-	-	2,47	0,0008	30
	Ag	13,8	1,5	192	9,62	0,86	126
	Cu	6,87	19,8	88	14,28	49,62	198
	Co	54,3	0,37	1413	7,63	0,04	98
	Zn	-	-	-	35,37	3,69	651
	Ni	15,9	0,4	226	1,53	0,05	18
	Mn	18,65	2,27	273	48,28	9,83	1111
	Pb	-	-	-	22,54	11,54	346

Как следует из данных таблицы 1, максимальную степень извлечения благородных металлов из раствора №2 при их совместном присутствии с цветными металлами составляет на AM-2Б 6 - 9% для золота и серебра соответственно, БНА-1 6,17% - Au, Purolite A500U/4994 9,62% - Ag. Из цветных металлов высокая степень сорбции у марганца на всех анионитах. Емкость анионитов по золоту при сорбции из многокомпонентных растворов очень низкая. Это можно объяснить более сложным составом раствора, содержащего большое количество комплексных ионов цветных металлов (Cu, Co, Fe, Zn, Ni, Mn, Pb), поглощаемых анионитами и таким образом уменьшающих емкость смол

По сродству к ионитам металлы из технологических растворов химического выщелачивания №1 можно расположить в таком ряду:

AB-16: Ni > Cu > Co > Mn > Ag

БНА-1: Co > Ni > Mn > Ag > Cu

AM-2Б: Co > Ag > Mn > Cu > Ni

Purolite A500U/4994: Co > Mn > Ni > Ag > Cu

Высокая сорбционная емкость у всех ионитов по меди до 49·10⁻² ммоль/г. По сродству к ионитам металлы

из технологических растворов химического выщелачивания №2 можно расположить в таком ряду:

AB-16: Mn > Pb > Ni > Co > Cu > Zn > Ag > Au

БНА-1: Ni > Mn > Zn > Co > Pb > Cu > Au > Ag

AM-2Б: Mn > Zn > Co > Cu > Ag > Au > Ni

Purolite A500U/4994: Mn > Zn > Pb > Cu > Ag > Co > Ni > Au

Увеличение коэффициентов распределения и степени извлечения металлов на исследуемых анионитах может быть связано с уменьшающейся конкуренцией между комплексными анионами металлов и тиосульфат ионами в процессе ионного обмена. Для анионита AM-2Б и анионита Purolite A500U-4994 увеличение сорбционных характеристик также может происходить ввиду депротонирования атомов азота их функциональных групп, приводящего к росту комплексобразующей способности таких сорбентов [3]. Таким образом, при сорбции металлов из технологических многокомпонентных растворов из исследуемых сорбентов хорошие сорбционные показатели проявляют аниониты Purolite A500U/4994 и БНА-1. Как видно из таблицы, все иониты извлекают марганец не менее 48% при одинаковых концентрациях цветных металлов. По значениям коэффициента распределения можно предположить, что сродство ионитов к ионам свинца больше.

Также следует отметить, что иониты AM-2Б и Purolite A500U/4994 обладают высоким сродством к ионам марганца.

При таких же условиях изучены сорбционные свойства ионитов при извлечении тиосульфатных комплексов цветных металлов из технологических растворов электрохимического выщелачивания концентратов (таблица 2).

Таблица 2

Сорбционные свойства ионитов при извлечении тиосульфатных комплексов цветных металлов из технологических растворов №3 и №4 электрохимического выщелачивания концентратов

Марка ионита	Сорбция цветных металлов	Раствор №3			Раствор №4		
		Е, %	ОЕ, ммоль/г·10-2	D	Е, %	ОЕ, ммоль/г·10-2	D
AB-16	Ag	29,46	0,009	302	21,69	0,0089	200
	Cu	25,62	3,46	249	7,10	6,38	55
	Zn	88,64	0,038	5652	28,4	0,17	316
	Ni	49,44	0,075	708	35,8	0,27	404
БНА-1	Ag	14,94	0,0048	127	23,7	0,011	262
	Cu	19,78	2,6	178	13,7	12,31	115
	Zn	95,20	0,042	14378	50	0,38	1515
	Ni	91,37	0,14	7673	46,9	0,75	41263
AM-2Б	Ag	5,60	0,0029	70	42,4	0,017	533
	Cu	17,43	3,8	251	84,2	75,7	3880
	Zn	15,40	0,011	216	75,2	0,66	3659
	Ni	15,97	0,041	226	39,2	0,30	467
Purolite A500U/4994	Ag	91,37	0,024	1051	75,0	0,029	2164
	Cu	41,26	9,16	836	19,0	16,9	169
	Zn	100,00	0,066	14523	39,2	0,22	467
	Ni	56,61	0,14	1553	23,8	0,17	211

Из раствора №3 степень извлечения цинка достигает практически 100% на анионите Purolite A500U/4994, 95% на БНА-1, 88% - AB-16. По степени извлечения худшие показатели у анионита AM-2Б. Все аниониты имеют более высокие значения ОЕ по меди. По значениям коэффициента распределения сорбированные металлы из раствора №3 можно расположить в таком ряду:

AB-16: Zn > Ni > Ag > Cu
 БНА-1: Zn > Ni > Cu > Ag
 AM-2Б: Ni > Cu > Zn > Ag
 Purolite A500U/4994: Zn > Ni > Ag > Cu

Состав раствора №4 аналогичен составу раствора №3. При сорбции ионов металлов из раствора №4 электрохимического выщелачивания максимальное значение степени извлечения по серебру на анионите PuroliteA500U/4994 – 75%, AM-2Б хорошо сорбирует медь – 84% и цинк – 75%, у AB-16 высокие показатели по никелю (35%), у БНА-1 по цинку (50%). Высокие значения по СОЕ анионитов по меди. По результатам экспериментов можно сказать, что статическая обменная емкость анионитов по анионам зависит от их исходных концентраций.

По значениям коэффициента распределения сорбированные металлы можно расположить в таком ряду:

AB-16: Ni > Zn > Ag > Cu
 БНА-1: Ni > Zn > Ag > Cu
 AM-2Б: Cu > Zn > Ag > Ni
 Purolite A500U/4994: Ag > Zn > Ni > Cu

Изучены скорости сорбции благородных и цветных металлов из технологических растворов химического и электрохимического выщелачивания концентратов тиосульфатом натрия. Изменения скорости в ходе сорбции в статических условиях изучали для каждого ионита. В данном этапе работы предполагалось выявить тип анионита, который при хороших кинетических показателях обладает достаточно высокой сорбционной емкостью в отношении цветных металлов. Скорость сорбции благородных и цветных металлов рассчитывали по массе сорбированного металла, выраженной в мг-экв за 1 секунду объемом ионита 1 см3.

Удельные скорости сорбции из технологических растворов №3 и №4 электрохимического выщелачивания приведены в таблице 3.

Таблица 3

Скорости процесса сорбции благородных и цветных металлов из технологического раствора №3 и №4 электрохимического выщелачивания

Марка анионита	Время мин	Раствор №3				Раствор №4			
		WAg·10-6, мг-экв/с	WCu·10-6, мг-экв/с	WZn·10-6, мг-экв/с	WNi·10-6, мг-экв/с	WAg·10-6, мг-экв/с	WCu·10-6, мг-экв/с	WZn·10-6, мг-экв/с	WNi·10-6, мг-экв/с
AB-16	60	0,1218	48,56	0,1495	0,4344	0,1416	342,9	2,1073	2,8535
	120	0,0603	22,4	0,0724	0,1455	0,0682	170,9	0,9347	1,2351
	240	0,0295	10,97	0,0359	0,0724	0,0322	81,96	0,4386	0,5536
	420	0,0167	6,115	0,0203	0,0704	0,0176	45,71	0,2154	0,2691
БНА-1	60	0,1164	47,78	0,0259	0,0667	0,1416	342,9	2,1682	2,8535
	120	0,0560	22,12	0,0059	0,0062	0,0682	170,9	0,9616	1,2351
	240	0,0269	10,79	0,0022	0,0016	0,0322	81,96	0,4513	0,5536

Марка анионита	Время мин	Раствор №3				Раствор №4			
		WAg-10-6, мг-экв/с	WCu-10-6, мг-экв/с	WZn-10-6, мг-экв/с	WNI-10-6, мг-экв/с	WAg-10-6, мг-экв/с	WCu-10-6, мг-экв/с	WZn-10-6, мг-экв/с	WNI-10-6, мг-экв/с
AM-2Б	420	0,0151	5,941	0,0012	0,0072	0,0176	45,71	0,2216	0,2691
	60	0,1218	48,56	0,1495	0,4344	0,1416	339,6	1,4021	2,2525
	120	0,0602	22,4	0,0724	0,1455	0,0682	164,4	0,6373	1,0174
	240	0,0295	10,97	0,0359	0,0724	0,0322	77,37	0,2867	0,4685
	420	0,0167	6,115	0,0203	0,0704	0,0165	42,46	0,1001	0,2548
Purolit e A500U/4994	60	0,1040	46,29	0,0127	0,4637	0,0515	292,4	2,0394	2,6342
	120	0,0437	21,44	0	0,2021	0,0225	143,6	0,8497	1,2321
	240	0,0205	9,903	0	0,0772	0,0096	71,25	0,3526	0,5948
	420	0,0094	4,35	0	0,0364	0,0054	39,9	0,1881	0,2913

Как видно из таблицы 3, в раствор при выщелачивании концентратов перешли не все металлы. Скорость сорбции металлов из многокомпонентных растворов на всех анионитах возрастает наиболее интенсивно в начальный период процесса сорбции и замедляется по мере увеличения времени контакта фаз. При этом скорость сорбции каждого элемента существенно зависит от начальной концентраций ионов. На всех анионитах максимальная скорость сорбции из имеющихся металлов у меди, соответственно исходная концентрация меди в растворах намного выше остальных. Из данных таблицы видно, что экстремальными точками удельных скоростей извлечения металлов из растворов являются точки 60 минут и 120 минут, далее наблюдается равновесное состояние. Следует отметить, что скорость сорбции всех элементов в отличие от их извлечения закономерно замедляется с увеличением продолжительности контакта фаз, что объясняется уменьшением их концентрации в растворах.

Таким образом, исследование скорости сорбции цветных и благородных металлов из многокомпонентных технологических растворов анионитами разной основности показало, что на скорость сорбции металлов влияет

исходные концентрации металлов и вероятно тип анионита.

Проведенные исследования являются инновационными в плане разработки перспективных наукоемких гидрометаллургических технологий. Эти данные позволяют разработать инновационные эффективные технологии извлечения металлов из упорных и особо упорных руд и другого минерального сырья; разработать технологию селективного выделения металлов из растворов выщелачивания.

Литература

1. Кенжалиев Б.К., Исхакова Р.Р., Досымбаева З.Д., Сулейменов Э.Н. Сорбционное извлечение цветных металлов из многокомпонентных модельных и сложных технологических растворов выщелачивания / Scientific and educational journal. The international scientific association "science & genesis". Prague (Czech Republic). - 2014. -Vol. 160.
2. Гельферих Ф. Иониты. – М.: ИИЛ, 1962. – 490 с.
3. Лебедев К.Б., Казанцев Е.И. и др. Иониты в цветной металлургии. – М.: Металлургия, 1975. – 372 с.

СЕКЦИОНИРОВАНИЕ ЛИНИЙ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕГРУЗОК И КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

Галимова Акиля Анверовна

Кандидат технических наук, самарский государственный технический университет, г. Самара

*SECTIONING OF LINES OF EXTERNAL LIGHTING OF HIGHWAYS FOR PROTECTION AGAINST OVERLOADS AND SHORT CIRCUITS
Galimova Akilya Anverovna, Candidate of Technical Sciences, Samara state technical university, Samara*

АННОТАЦИЯ

В статье приведена методика выбора аппаратов защиты в линиях электропередачи 0,4 кВ имеющих при большой протяженности небольшую нагрузку, распределенную по всей длине. Такую особенность имеют линии наружного освещения автомобильных магистралей. Методика основана на принципе секционирования линии наружного освещения с установкой защитных аппаратов в узлах по всей протяженности. Узлы, в которых установка защитных аппаратов эффективна, можно выбрать расчетным путем или графически. Применение методики позволяет также сохранять освещение основной части автомагистрали при коротких замыканиях в конечных секциях.

Ключевые слова: проектирование линии электропередачи, защитные аппараты, распределенная нагрузка, режим короткого замыкания, токи короткого замыкания, секционирование.

ABSTRACT

In article the technique of a choice of devices of protection is given in power lines of 0,4 kV having the small loading distributed on all length at the big extent. Lines of external lighting of automobile highways have such feature. The technique is based on the principle of sectioning of the line of external lighting with installation of protective devices in knots on all extent.

Knots in which installation of protective devices is effective, can be chosen in the settlement way or graphically. Application of a technique allows to keep also illumination of the main part of the highway at short circuits in final sections.

Key words: power line design, distributed load, safeguard devices, short-circuit regime, short-circuit current, sectioning.

Для систем электроснабжения низкого напряжения 0,4 кВ согласно п. 1.4.5. ПУЭ обязательным условием выбора автоматических выключателей является проверка срабатывания выключателя при коротком замыкании. В сетях низкого напряжения критерием выбора защитного аппарата является однофазное короткое замыкание в наиболее удаленной точке системы электроснабжения, так как при таком замыкании ток имеет минимальное значение. Время срабатывания автоматических выключателей в соответствии с рекомендациями ПУЭ достигается, если ток короткого замыкания по отношению к номинальному току имеет кратность в соответствии с характеристиками срабатывания автоматического выключателя. Минимальную кратность относительно тока короткого замыкания имеют выключатели с характеристикой А.

Методика выбора проводников в линиях высокого и низкого напряжения известна и изложена в литературе [1]. Однако, приведенная методика эффективна для систем электроснабжения непротяженных линий, линий соединяющих трансформаторную подстанцию (ТП) с нагрузкой. В протяженных линиях с распределенной нагрузкой, особенно небольшой мощностью, такая методика не позволяет выбрать эффективную защиту от коротких замыканий. В качестве примера можно привести линию наружного освещения автомобильных магистралей. Такая линия электропередачи, как правило, достаточно протяженная, до нескольких километров, имеет небольшую мощность, распределенную по всей длине. Режим короткого замыкания в такой линии имеет особенность – ток короткого замыкания в конце линии, как правило, меньше или близок по значению току нагрузки в конце линии. В этом случае автоматические выключатели, установленные в распределительном устройстве 0,4 кВ на ТП, не отключат нагрузку при возникновении короткого замыкания в конце линии.

В основе методики, описанной в статье, лежит секционирование линии. Вся линия электропередачи делится на участки, каждый из которых защищен своими предохранителями.

При разработке методики ставилась следующая задача: рассчитать ток короткого замыкания в *i*-той точке линии на расстоянии *li* от ТП и найти *j*-узел подключенной нагрузки на расстоянии *lj* от ТП, в котором можно установить аппарат для эффективной защиты участка линии *lj* – *li*. При этом должны выполняться два условия:

- ток короткого замыкания должен быть не менее заданной кратности номинального тока защитного аппарата

$$I_{кз} \geq KI_{нз} \quad (1)$$

- номинальный ток защитного аппарата должен быть не менее номинального тока нагрузки в *j*-том узле

$$I_{нз} \geq I_{нj}$$

Ток короткого замыкания рассчитывается в соответствии с ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока до 1 кВ» [2]. В сетях 0,4 кВ минимальные

токи возникают при несимметричных коротких замыканиях, поэтому в качестве критерия для выбора аппарата защиты принимается ток однофазного короткого замыкания:

$$I_{кз}^{(1)} = \sqrt{3}U_{cp} / \sqrt{(2R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2X_{\Sigma} + X_0)^2}$$

где U_{cp} – среднее значение низкого напряжения, для сети 380 В среднее напряжение равно 400 В;

R_{Σ} – суммарное активное сопротивление прямой последовательности схемы замещения системы электроснабжения, Ом;

R_0 – суммарное активное сопротивление обратной последовательности схемы замещения системы электроснабжения Ом;

X_{Σ} – суммарное реактивное сопротивление прямой последовательности схемы замещения системы электроснабжения, Ом;

X_0 – суммарное реактивное сопротивление обратной последовательности схемы замещения системы электроснабжения, Ом.

Для определения *j*-того узла для установки защитного аппарата воспользуемся условием выбора аппарата (1). Подставив в левую часть формулу для определения тока однофазного короткого замыкания, получим:

$$\sqrt{3}U_{cp} / \sqrt{(2R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2X_{\Sigma} + X_0)^2} \geq KI_{нз}$$

В правую часть неравенства подставим номинальный ток нагрузки и выразим его через мощность в *j*-том узле:

$$\sqrt{3}U_{cp} / \sqrt{(2R_{\Sigma} + R_0)^2 + (2X_{\Sigma} + X_0)^2} \geq (3P_{нj}) / \sqrt{3}U \cos\varphi \quad (2)$$

где $P_{нj}$ – мощность в *j*-том узле, Вт;

n – количество узлов от точки подключения в ТП до *j*-того узла;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности, при проектировании коэффициент мощности принимается равным 0,85;

U – номинальное напряжение системы электроснабжения, *U* = 380 В.

В результате решения неравенства, подставив параметры системы электроснабжения и схемы замещения, можно определить узел нагрузки *n*, в котором необходимо установить защитный аппарат. Расстояние от точки короткого замыкания в *i*-том узле до *j*-того узла с защитным аппаратом при таком расчете будет минимально допустимым, исходя из условия решения неравенства. При выборе узла для установки защитного аппарата с помощью неравенства (2) получаем погрешность, обусловленную следующим. Номинальный ток защитного аппарата выбирается из стандартного ряда токов автоматических выключателей или предохранителей, выпускаемых для применения в электрических сетях. Если разница между номинальным током нагрузки в *j*-том узле $I_{нj}$ и стандартным номинальным током защитного аппарата $I_{нз}$ существенна, значение $K_{нз}$ может превышать ток короткого замыкания. Подставляя в неравенство (2) в правую часть номинальный ток защитного аппарата также нецелесообразно, так как в формуле не будет связи с параметрами

нагрузки. В приведенной методике автором предлагается следующее решение проблемы. Количество узлов от ТП до узла j , в котором необходимо установить защитный аппарат, определяется по формуле:

$$n = \left(P_{\Sigma} - I_{нз} \sqrt{3} U_n \cos \varphi \right) / P_{нj}, \quad (3)$$

где P_{Σ} - суммарная нагрузка системы электроснабжения Вт.

Номинальный ток защитного аппарата выбирается следующим образом. Рассчитывается ток короткого замыкания в конце линии. Номинальный ток защитного аппарата выбирается не более чем $1/K$ тока короткого замыкания. Подставив в формулу (3) выбранное значение номинального тока защиты, определяем значение n . Оконча-

тельный выбор узла j производится после проверки условий неравенства (2). Если неравенство (2) не выполняется, корректируется значение n . Практический опыт решения подобных задач показал, что если неравенство не выполняется, следует уменьшить значение n , выбрав узел $j-1$. Далее рассчитывается ток короткого замыкания в узле j , выбирается узел для установки защитного аппарата и определяется диапазон защиты. Таким образом, выполняется расчет для всей линии электропередачи. Последний узел для расчета и установки защитного аппарата – распределительное устройство низкого напряжения в ТП.

Задача выбора узла для установки защитного аппарата участка линии электропередачи может быть решена графически.



Рисунок 1. Распределение токов короткого замыкания и токов нагрузки в узлах линии электропередачи

На рис. 1 представлены токи короткого замыкания, трехкратные номинальные токи в узлах распределенной нагрузки (для автоматических выключателей с характеристикой срабатывания А). На рис. 1 также представлены линии, соответствующие трехкратным номинальным токам защитных аппаратов. Точка пересечения линии трехкратного номинального тока защитного аппарата и зависимости трехкратного тока нагрузки в узлах соответствует значению узла n , который является нижней границей, в котором целесообразно устанавливать аппараты защиты. Максимально допустимый узел установки защитного аппарата - точка пересечения линии, соответствующих трехкратным номинальным токам защитных аппаратов с линией токов короткого замыкания. Диапазон действия защитного аппарата, установленного, например, в точке $n1$ – до точки $n2$, и т.д. Целесообразно выбирать узел нагрузки для установки защиты между двумя зависимостями, чтобы иметь запас надежности по срабатыванию при коротком замыкании и запас для возможной небольшой перегрузки в узле. В общем случае, возможна корректировка узла установки мачтового рубильника, если необходимо применить автоматические выключатели с характеристиками В или С.

Методика применялась при проектировании линии наружного освещения автомобильной дороги, принадлежащей к категории общегородской магистрали про-

тяженностью 6 км. Линия наружного освещения имеет четыре магистральных участка, протяженностью около 3 км каждый. В результате секционирования каждая магистраль разделена на 4-5 участков, каждый участок защищен группой предохранителей с номинальными токами, соответствующими условиям срабатывания. Соединение участков выполнено с помощью мачтовых рубильников, в каждом из которых установлены предохранители с параметрами, выбранными по приведенной методике. При этом каждый участок светильников линии наружного освещения защищается от токов короткого замыкания своими предохранителями. Кроме того, при возникновении коротких замыканий в середине или конце линии, основная часть светильников будет работать, так как отключится только часть светильников, оказавшихся в зоне действия токов короткого замыкания.

Литература

1. Ф.Ф.Карпов, В.Н.Козлов. Справочник по расчету проводов и кабелей. Изд. второе. – М., Изд. «Энергия», 1964.
2. ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока до 1 кВ»
3. Электротехнический справочник.Т.1. Под общ. ред. П.Г. Грудинского и др. Изд.5-е, испр. М., «Энергия», 1974.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРОЛИЗА ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ

Герке Лариса Николаевна

кандидат тех. наук, доцент, Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет, г. Казань

STUDY HYDROLYSIS PROCESS CELLULOSIC FEEDSTOCKS

Gerke Larisa, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Technological University, Kazan

АННОТАЦИЯ

Целью является исследование процесса гидролиза целлюлозного сырья, в том числе влияние кислотного катализатора на протекание этого процесса; также были проведены исследования структуры материала целлюлозного сырья методом просвечивающей электронной микроскопии. Можно сделать вывод о том, что чем выше концентрация кислоты, тем процесс гидролиза протекает интенсивнее. В результате проведения процесса получают фракции микрофибриллированной целлюлозы.

ABSTRACT

The purpose is to study the hydrolysis of cellulosic materials, including the influence of the acid catalyst on the course of the process; studies were also performed cellulosic feedstock material structure by transmission electron microscopy. It can be concluded that the higher the acid concentration, the hydrolysis proceeds readily. As a result of the process, a fraction microfibrillated cellulose.

Ключевые слова: гидролиз.

Keywords: hydrolysis.

Древесина представляет собой уникальный, постоянно возобновляемый источник химической сырья. И квалифицированное комплексное использование всей биомассы является важнейшей задачей с точки зрения экономики и экологической безопасности. Для химической переработки древесина интересна своим комплексом природных органических полимеров – целлюлозы, нецеллюлозных полисахаридов, лигнина, а также разнообразных низкомолекулярных соединений экстрактивных веществ.

Древесина - это ткань древесных и кустарниковых растений, придающая им механическую прочность и участвующая в их питании. Она состоит из клеток (волокон, сосудов) с одревесневшими (пропитанными лигнином) оболочками и составляет основную часть ствола, корней и ветвей растений. Между корой дерева и самой древесиной находится слой живых клеток (камбий), при делении которых, с одной стороны, образуется кора, с другой - новый слой древесины.

По своей природе древесина является клеточным биокomпозитом. Это полукристаллические целлюлозные микрофибриллы, армированные в аморфные матрицы из гемицеллюлозы, лигнина, восков, экстрактивных веществ и микроэлементов.

Среди процессов химической переработки древесины, а также и отходов древесного производства большое распространение получили процессы каталитической переработки [1]. Для ускорения процесса в реакцию вводят различного рода катализаторы. Этим и обуславливается многообразие этих самых каталитических методов. Поиск всё новых катализаторов и новые методы проведения самого процесса представляют научный интерес. В данном случае используется серная кислота. Целью исследования является изучение влияния кислотного катализатора на процесс гидролиза целлюлозного сырья. Для проведения опытов в качестве основного материала использовалась хлопковая целлюлоза – стерильная медицинская вата.

Хлопковая целлюлоза - продукт переработки хлопкового линта. Хлопковая целлюлоза является исходным сырьём для производства пороха, лакокрасочной продук-

ции, микрокристаллической целлюлозы, карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), коллоксилина, пластмасс, высококачественных сортов бумаги и других видов продукции. Это рыхлая масса белого цвета, не содержащая посторонних включений в виде щепы, песка, кусочков резины, металлических включений и других примесей нецеллюлозного характера [2]. Исследования проводились на экспериментальной установке (см. рис. 1).

Экспериментальная установка состоит из трех основных узлов. В данном случае это - реактор (1), в котором протекает реакция; термостат (2) для подачи теплоносителя в рубашку реактора и поддержания тем самым определённого теплового режима и верхнеприводная мешалка (3) для перемешивания содержимого реактора. Теплоноситель из термостата в реактор перемещается по теплоизолированным трубкам. В качестве теплоносителя используется жидкость ПМС-100. Контроль температуры осуществляется при помощи термометра сопротивления (4), подключённого к терморегулятору ТРМ 1. Учёт давления не производится, однако подключен манометр (6) по умолчанию. Реактор необходимо предварительно нагреть до определенной температуры. Нагрев теплоносителя осуществляется термостатом. Температура, поддерживаемая в термостате, должна быть заведомо выше необходимой в реакторе. Эта разница температур между реактором и термостатом составляет около 200С. Макромолекулы целлюлозы построены из элементарных звеньев D-глюкозы, соединённых 1.4-β-гликозидными связями в линейные, неразветвленные цепи. Целлюлоза - типичный аморфно-кристаллический полимер, в котором наряду с аморфными областями существуют упорядоченные области с трехмерным дальним порядком (кристаллиты). Доля кристаллических областей (индекс кристалличности) и размеры кристаллитов зависят от происхождения целлюлозы.

Суть проводимого процесса гидролиза заключается в воздействии на целлюлозу сильной кислоты в контролируемых условиях процесса, таких как: концентрация кислоты, температура, скорость перемешивания и время реакции [3]. Для проведения процесса берутся несколько образцов исследуемой серной кислоты различной кислотности (см.табл.).

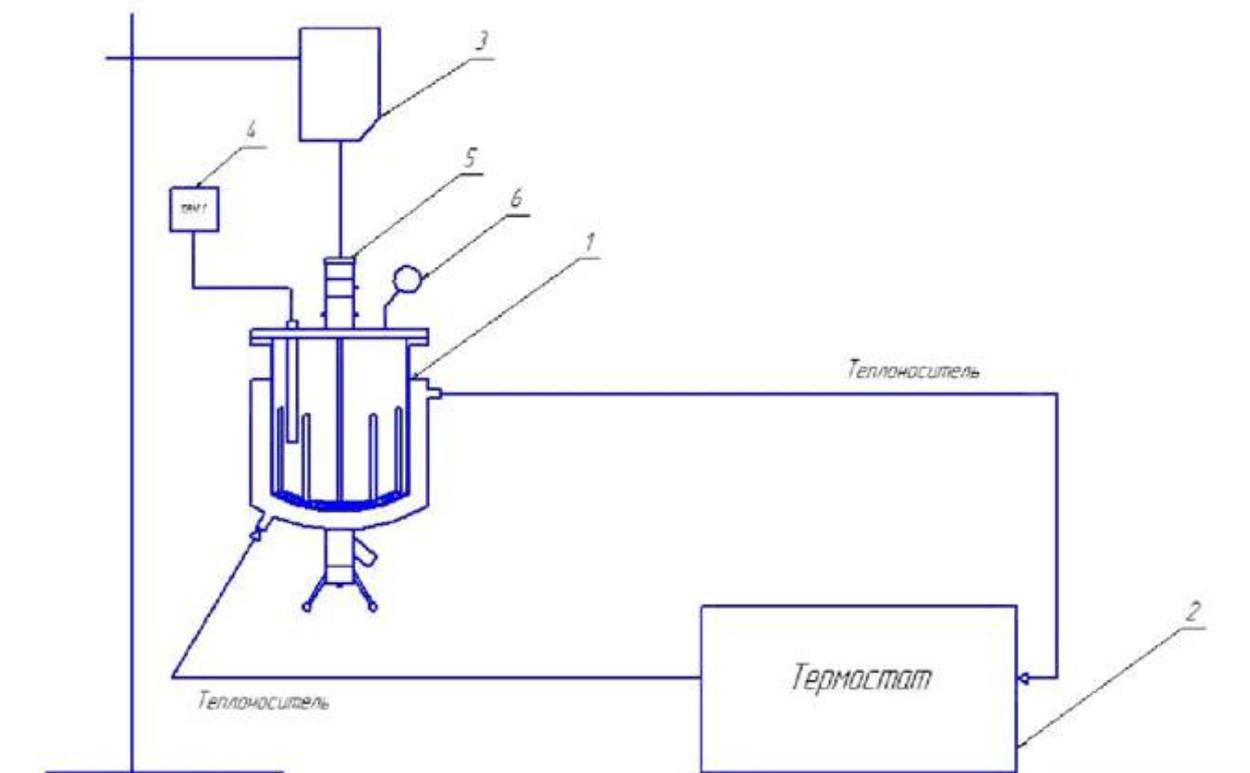


Рисунок 1. Экспериментальная установка.

Таблица

Исследуемые образцы		
Номер образца	Вес образца, г	Количество р-ра кислоты, мл
Образец 1 (20%)	9,35	187,5
Образец 2 (30%)	6,75	135
Образец 3 (40%)	6,13	122
Образец 4 (60%)	4,85	97

Процесс проходит следующим образом. В реактор загружается навеска целлюлозы и после заливается раствором кислоты. Начинается процесс набухания. Реактор закрывается крышкой. Привод мешалки устанавливается на значение 56~112 об/мин, и через определённые промежутки времени это значение увеличивается. Таким образом, в начале опыта обороты делаются минимальными, чтобы процесс набухания протекал более полно. С переходом целлюлозы в раствор обороты поднимаются, пока не установятся на одном определённом значении – 198 об/мин. Общее время реакции для каждого опыта отличается. Сам же процесс гидролиза для каждого опыта длится порядка 30 минут. Потом в реактор заливается 100-200 мл воды, чтобы нейтрализовать реакцию. И в оставшееся время получающаяся при этом смесь перемешивается. Затем содержимое реактора сливается и промывается дистиллированной водой. Так как в смеси остаётся кислота, её необходимо промыть. Поэтому суспензию неоднократно промывают водой при помощи процесса центрифугирования. Надосадочная жидкость отбирается, и добавляется новая порция воды. После каждого цикла замеряется pH жидкости и смеси. Центрифугирование прекращается после 10-15 промывок. Каждый цикл длится 20

минут при 5000 об/мин. Результаты проведения исследования и анализ четырех взятых образцов показывают, что наиболее быстро процесс гидролиза целлюлозного сырья проходит при концентрации серной кислоты 60% (образец № 4). Также можно сделать вывод о том, что чем выше концентрация кислоты, тем процесс гидролиза протекает интенсивнее. Кислотный катализатор способствует разрушению надмолекулярной структуры целлюлозного волокна за достаточно короткий промежуток времени (порядка 30 минут). В том числе, это дополнительно доказывает эффективность применения кислотных катализаторов в процессах гидролиза.

Также были проведены исследования структуры материала целлюлозного сырья методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) (см.рис. 2).

Судя по полученным снимкам процесс гидролиза приводит к получению фракции микрофибриллированной целлюлозы. Этот результат также подтверждается данными гранулометрического анализа. Больше всего в образце содержится частиц размерами порядка 50 – 100 мкм, а наноразмерные частицы (порядка 200 нм) отсутствуют.

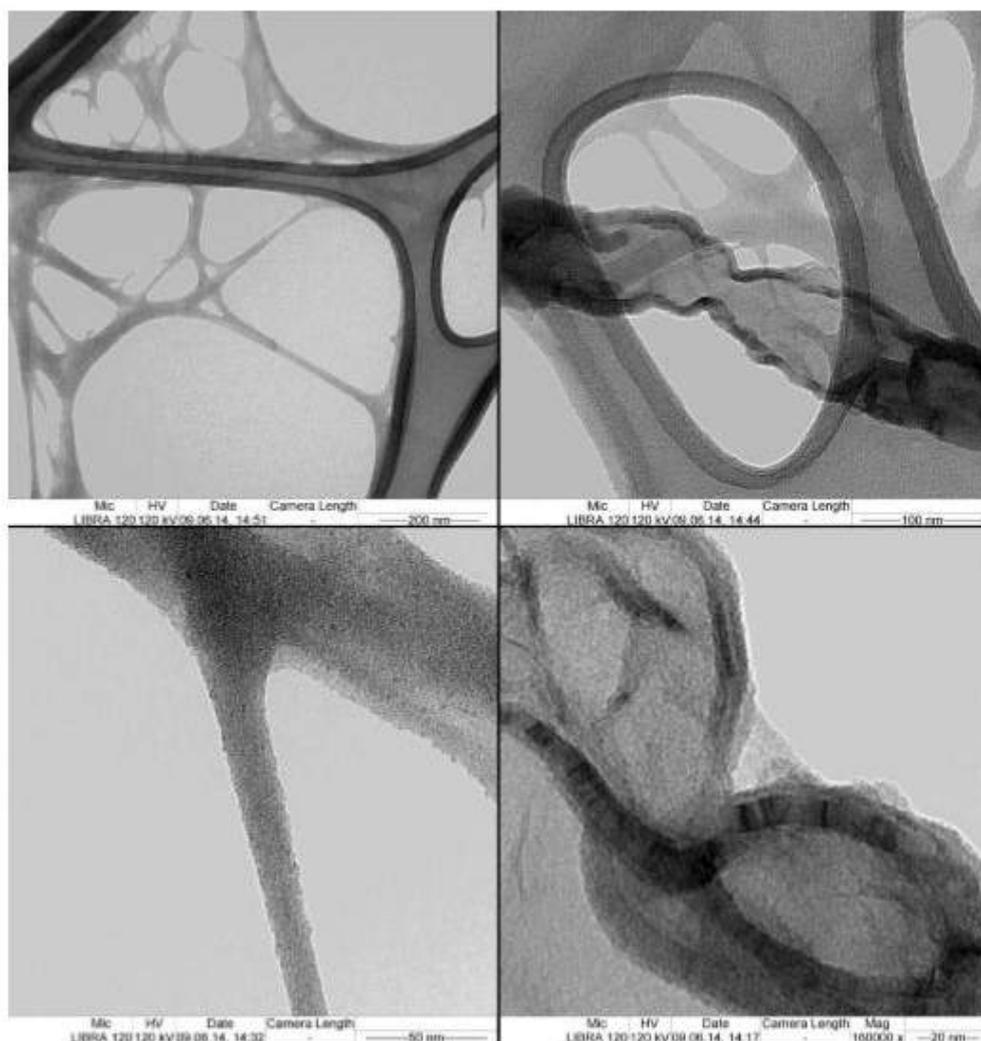


Рисунок 2. Структура материала целлюлозного сырья.

Литература

1. Мосягин В. И. Вторичные ресурсы целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности. - Москва: Наука, 1987.

2. ГОСТ 595-79 «Целлюлоза хлопковая. Технические условия»
3. Роговин З. А. Химия целлюлозы. - Москва: Наука, 1978.

БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Герке Лариса Николаевна

кандидат тех. наук, доцент, Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет, г. Казань

BIOCHEMICAL METHODS OF WOOD PROCESSING

Gerke Larisa, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Technological University, Kazan

АННОТАЦИЯ

Ферментативная делигнификация древесной биомассы, биологический метод воздействия на древесину сосны грибом *P. gigantea*, который может принести существенную выгоду в процессе целлюлозно-бумажного производства. Раскрыта разработка в области глубокой переработки древесины, направленная на изготовление высококачественной клееной продукции на основе нанотехнологий, а также технология биохимической переработки отработанных щелоков.

ABSTRACT

Enzymatic delignification of wood biomass, the biological method of influence on the wood of pine fungus *P. gigantea*, which can bring substantial benefits in the process of pulp and paper production. Disclosed the development in the field of deep

processing of wood aimed at the production of high quality laminated products based on nanotechnology and biochemical technology for processing waste liquors.

Ключевые слова: древесная биомасса, целлюлоза, лигнин, биохимия.

Keywords: woody biomass, cellulose, lignin, biochemistry.

Древесина – наиболее распространённый лигнино-целлюлозный источник. Целлюлоза и лигнин – два наиболее распространенных биополимера нашей планеты, представляющие собой огромные углеродо-нейтральные возобновляемые ресурсы для производства биоматериалов и биоэнергии. Вот почему извлечение подобных компонентов из древесной биомассы приобретает в последнее время все больший интерес.

Устойчивая структура клеточной стенки древесины является наибольшей преградой в технологической переработке древесной биомассы на биоматериалы и биокомпозиаты. В этой связи, разработаны и продолжают совершенствоваться методы делигнификации древесной биомассы с целью экстракции целлюлозы, а также переработки побочных продуктов технологической цепи.

Биохимическое воздействие на древесную биомассу представляет собой ферментативная (биологическая) предварительная обработка древесной биомассы с целью разрушения лигнина (использование в этих целях ароматических полимеров), которая характеризуется как сравнительно экологически безопасная. Однако, данный метод разрушения лигнина – очень длительный, в ходе которого порой требуются месяцы ожидания. Чтобы снизить длительность данного процесса, исследователи из Департамента химической инженерии и Технологического университета PETRONAS (Малайзия) и Высшей школы естественных наук и технологий города Окаяма (Япония) предложили новый подход расширенной ферментативной делигнификации древесной биомассы с использованием специфичных ионных жидкостей (RTILs) – позиционирующихся как «экологичные», в то же время обладающие способностью как растворителя, так и агента предварительной обработки.

Особенность предлагаемого метода – в предварительной обработке древесной биомассы химически активными соединениями (ионными жидкостями) перед ее ферментативной делигнификацией в жидкой среде. Заявлена цель преодоления низкой делигнификационной способности водной смеси, которая в то же время сопрягается сложностью ферментативной активности используемых полимеров относительно твердых тел (таких как древесина).

Результаты ученых показали, что из испытанных ионных жидкостей ацетат 1-этил-3-метилимидазолиум оказался лучшим агентом предварительной обработки для делигнификации древесины. Экспериментальные продукты, богатые целлюлозой (с наименьшим количеством содержанием лигнина), получены в результате комплексного применения ионных жидкостей и биологической обработки [1].

Богатые целлюлозой конечные продукты были проанализированы рядом современных методов: кислотным гидролизом, FTIR ИК-спектроскопией, SEM электронной микроскопией, XRD дифрактометрией. Методы SEM и XRD показали значительное микроструктурное и кристаллическое изменение индекса целлюлозы в комплексно-обработанных продуктах древесной биомассы [1].

Исследователи надеются, что разработанная ими технология сыграет большую роль в переработке целлюлозосодержащих материалов в биоматериалы, такие как: биополимеры, биотопливо, биопластик и гидрокарбонаты.

Оригинальную методику биологической обработки сосновых сортиментов для целлюлозно-бумажного производства предложили ученые университета Миннесоты (США). Предложение исследователей базируется на биологии гриба Флебия гигантская.

Флебия гигантская (*Phlebiopsis gigantea* (Fr.) (синонимы, *Phanerochaete gigantea* и *Peniophora gigantea*) – это сапрофитный гриб, который заселяет свежесрезанную древесину хвойных пород. Грибы *P. gigantea* распространяются по трахеидам и лучевым паренхимам клеток заболони, используя легкодоступные питательные вещества.

Лабораторные и полевые опыты исследователей показали, что заселение стволов сосны смолистой (*Pinus resinosa*) культурой *P. gigantea* снижает содержание смолы в древесине, способствует удалению коры, модифицирует клетки древесины. Изучение фрагментов сосновых стволов, воздействованных культурой *P. gigantea* показало 100 и 80% распространение гриба в заболонной древесине через 8 недель в полевых условиях и 32 дня – в лабораторных соответственно. Фрагменты ствола, заселенные *P. gigantea* (как в лабораторных, так и в полевых условиях) показали снижение уровня смол на 9-71%, а также интенсивное отделение коры. Изучение древесных волокон методом Симонса в опытных сегментах древесины показало увеличение пропускной способности клеточных стенок. Эти результаты, а также дополнительные исследования показывают, что биологический метод воздействия на древесину сосны грибом *P. gigantea* может принести существенную выгоду в процессе целлюлозно-бумажного производства [2].

Следует также отметить, что несколько десятилетий назад этот гриб был подробно изучен для использования в качестве антагониста одному из наиболее распространенных в хвойных лесах патогену – корневой губке (*Heterobasidium annosum* (Fr.)), которая явилась объектом ряда исследований зарубежных [3,4] и отечественных ученых [5,6]. Было установлено, искусственное заселение грибом *P. gigantea* пней деревьев после рубок может препятствовать последующей колонизации патогена *H. annosum* в хвойном насаждении, что очень важно для лесохозяйственной практики.

В последнее время гораздо шире используются природные полимеры для придания древесине дополнительных качеств.

Очень перспективная разработка в области глубокой переработки древесины представлена отечественными учеными и производственниками, направленная на изготовление высококачественной клееной продукции на основе нанотехнологий.

Известно, что синтез наноразмерных частиц осуществляется за счет применения широкого ряда процессов: химического восстановления; термолиза; фотолиза; радиационной химии; обработки высоким давлением и

вакуумом. Для стабилизации процесса синтеза используются различные наностабилизирующие материалы, в основном синтетического происхождения, такие как: твердые матрицы; водно-органические эмульсии; растворы макромолекул. Особая роль в этой работе отводится природному полисахариду – арабиногалактану (Е-409), входящему в состав древесины Лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.).

Высокое содержание, достигающее 15% от веса сухой массы *L.sibirica*, позволяет характеризовать арабиногалактан как легко доступный природный полимер, способный образовывать различные сложные соединения с нерастворимыми молекулами металлов и оксидов. Арабиногалактан при определенных условиях создаёт сложные макромолекулы и превращает такие молекулы из нерастворимых или трудно растворимых в легко растворимые в водной среде. Эти ценные свойства арабиногалактана позволяют использовать его в нанотехнологии глубокой переработки древесины хвойных пород.

Водорастворимость, невысокая молекулярная масса, способность к трансмембранному переносу, иммуномодуляторные свойства выгодно отличают арабиногалактан от других распространенных полисахаридов. Особенности надмолекулярной структуры, оптическая активность, обилие гидроксильных групп, стабилизирующий эффект полимерной молекулы обеспечивают данному биополимеру значительный потенциал в процессах формирования наноструктур. Свойство арабиногалактана создавать полимерную матрицу с неорганическим ядром, а также высокая текучесть идеально служат для проникновения через мембрану растительных клеток и в микро, и макропоры с размером от 3 до 100 нм и адсорбции приносимых веществ на стенках пористой структуры натуральной древесины [7]. Он разрешен для применения (согласно СанПиН 2.3.2.1078–01) как загуститель, желеобразующий агент, стабилизатор.

Новая нанотехнология обработки древесины включает в себя, как составную часть, использование нового подхода к синтезу гибридных неорганно-органических нанобиокомпозитов на основе природных полимеров, основанное на эффекте самоорганизации неорганно-органических полимерных структур. Данный подход, разработанный в Сибирском отделении РАН, включает в себя регуляцию размеров гибридных фрагментов на наноразмерном уровне за счет специфической адсорбции макромолекул биополимеров на растущем (в результате стимулированной агрегации из водного раствора) неорганическом наноядре. Этот эффект приводит к инкапсулированию наночастиц в объемный биополимерный экран, ограничивающий дальнейший процесс агрегации на наноразмерном уровне. В качестве биополимерных матриц используются гемицеллюлозы арабиногалактан, галактоманнан, карбоксиметилцеллюлоза, гепарин. Эти и другие исследования в области образования, свойств и поведения в различных средах, а также для различных нужд многофункциональных саморегулирующихся гибридных нанобиокомпозитов на основе природных полимеров применительно к технологии глубокой переработки древесины позволили создать целостную промышленную технологию нанообработки и получения нанокомпозита древесины [7].

На начальном технологическом этапе глубокой переработки древесины при вакуумной сушке лиственницы

Сибирской получают «вытяжку», в её состав входит лиственничная смола, лиственничное масло, арабиногалактан, дигидрокверцетин. На стадии пропитки и нанообработки натуральной древесины арабиногалактан используется в качестве:

- 1) наностабилизирующей матрицы и восстановителя для синтеза наноразмерных металлических или оксидных соединений с нерастворимыми или слабо-растворимыми компонентами с последующим образованием пропиточных составов водных растворов;
- 2) биологически активного агента для пропитывающих составов из растворимых и нерастворимых веществ, который стимулирует и ускоряет процессы движения водного раствора в микро и макропоры древесины, а также усиливает проникновение компонентов в наноразмерные поры размером от 3-5 нм;
- 3) способствует адсорбции и структурированию компонентов на поверхностях стенок микро- и макропор, формируя процесс образования нанодревесины.

Вакуум-гидротермальные технологические приёмы процессов извлечения арабиногалактана, последующий синтез наноразмерных комплексных молекул на основе арабиногалактана с биозащитными и антипиреновыми свойствами, а также пропитка древесины модифицированными комплексными растворами, которые содержат арабиногалактан, антисептик и антипирен, легко вписываются в общую технологическую цепочку глубокой переработки хвойного сырья на стадии сушки и пропитки. Последующая вакуумная нанообработка за счёт совокупности физико-химических превращений компонентов древесины и пропиточного состава завершает технологический цикл. Данный комплекс мероприятий позволяет на практике в промышленных масштабах реализовать технологию производства нового экологически чистого строительного материала – нанокомпозита древесины.

Основным отличием нанообработки натуральной древесины от всех существующих способов обработки антипиренами и антисептиками – является глубина и равномерность распределения пропитывающих составов по всему объёму обрабатываемого тела за счёт эффекта вакуумного «вдавливания» раствора внутрь пористого тела древесины. При этом глубина пропитки и обработки достигает 20-25 мм от поверхностного слоя. Соответственно, при сушке, пропитке и нанообработке пиломатериалов толщиной до 50 мм, достигается полная 100% однородная пропитка, с последующей адсорбцией и равномерным образованием наноразмерной плёнки на поверхностях микро- и макропор по всему телу древесины при получении (образовании) нанокомпозита древесины [7,8].

За счёт нанообработки натуральная древесина приобретает свойства:

- 1) грибостойкость и огнестойкость (пожаробезопасность);
- 2) гидрофобность и стабильность геометрических размеров при взаимодействии с влажной средой;
- 3) улучшение физико-механических свойств нанообработанной древесины для улучшения технологических и эксплуатационных показателей;
- 4) экологически чистый материал.

Совокупность новых приобретённых свойств натуральной древесины за счёт нанообработки увеличивают срок службы изделий из пористого нанокompозита – нанодревесины более, чем в 2 раза.

Также большой акцент в биохимической переработке уделяется отработанным щелокам.

В целлюлозно-бумажном производстве одним из важных технологических этапов является утилизация сульфитных щелоков. В этой связи, в призме снижения нагрузки на окружающую среду, актуальным и важным является биохимическая переработка моносахаридов отработанных сульфитных щелоков, позволяющая получить этанол, диоксид углерода, белковые кормовые дрожжи и другие органические соединения.

При биохимической переработке сульфитных щелоков выработка продуктов на 1 т целлюлозы нормального выхода из древесины ели в спиртодрожжевом производстве составляет: спирт этиловый 95 % - й в объеме 75-95 дм³, дрожжи белковые кормовые 30-35 кг, жидкая углекислота порядка 30 кг; в дрожжевом производстве: дрожжи белковые кормовые 90-110 кг. При использовании древесины лиственных пород переработку сульфитных щелоков проводят при выращивании дрожжеподобных микроорганизмов, обладающих способностью усваивать гекозы, пентозы и многие органические кислоты. При этом возможно выделение в качестве товарного продукта уксусной кислоты, и химическая переработка пентоз с получением фурфурола [9,10].

Одним из основных условий обеспечения биохимических процессов является постоянство состава перерабатываемого раствора и отсутствие в нем веществ, ингибирующих жизнедеятельность культур микроорганизмов или химически связывающих промежуточные продукты биосинтеза. С этой целью проводят предварительную подготовку сульфитного щелока к биохимической переработке.

Современная аппаратура ряда узлов ограничивается содержанием целлюлозных волокон в щелоке до 50 мг/л. При отборе в баках его концентрация превышает 150 мг/л. Поэтому удаление избытка волокна предшествует всем остальным операциям.

Первая основная операция - десульфитация щелока. Содержание SO₂ в щелоке снижается обработкой его паром в тарельчатой или посадочной колонне при температуре щелока 95-97 °С. Для этого поступающий щелок подогревают в теплообменнике щелоком, выходящим из колонны с температурой перегрева 105-110 °С. Если содержание соединений SO₂ в выходящем из колонны щелоке не превышает 0,2-0,22 %, то практически все сахара находятся в свободном состоянии и доступны для биохимической переработки [9,10].

Щелок после десульфитации подвергают нейтрализации. В качестве нейтрализующего агента применяют известковое молоко (Ca(OH)₂) с активностью 100 г/дм³ CaO. В процессе выдержки в щелок также вводят растворы питательных солей: N, P, K, (аммофос, аммофоска). В отстойниках непрерывного действия кристаллы шлама удаляются. Осветленный раствор охлаждают до 30-37 °С, вводя одновременно через дозатор 25 %-ю аммиачную воду, выполняющую две функции - доведение раствора до необходимой величины pH (4,2 - 4.8) и обогащение его

азотом. Далее раствор, который теперь называется не отработанным щелоком, а субстратом («суслом»), направляется в сборник субстрата [9].

Процесс выращивания дрожжей отличается от спиртового брожения тем, что он протекает в среде, обогащенной растворенным кислородом. Для этой цели растворы сахаров с концентрацией 0,7-2,5 % (по РВ) в присутствии беспоровых дрожжеподобных грибов (род *Candida*) подвергаются энергичной аэрации. Процесс выращивания дрожжей представляет собой взаимосвязанную систему, где концентрация сахара в растворе, количество микроорганизмов в системе и концентрация растворенного кислорода должны находиться в определенных соотношениях. Выращивание дрожжей проводят при температуре 32-36 °С и pH субстрата 4,0-5,5. Концентрация растворенного кислорода должна составлять около 7 мг/г. При концентрации кислорода ниже 2 мг/г дрожжи не растут [9,10].

В связи с вышесказанным материалом очевидно, что в ближайшем будущем ожидается существенное расширение использования древесной биомассы в виде продуктов ее переработки (биоматериалов, жидких, твердых топлив и др.). В этот процесс активно вовлечены правительственные структуры многих стран, ученые-исследователи, разрабатывающие новые экономичные и экологичные технологии переработки древесной биомассы, производственники и многие потребители. Конкурентным преимуществом новых биоматериалов, несомненно, будет возобновляемость и экологичность их первоисточников, а в некоторых случаях, как с приведенным примером нанообработки натуральной древесины, новые продукты будут характеризоваться улучшенными физико-механическими и другими ценными свойствами.

Литература

1. M. Moniruzzaman, T. Ono, S. Yusup, S. Chowdhury, M.A. Bustam, Y. Uemura, *Enrg. Tech. and Pol.*3, 11, 144-152 (2013).
2. C. Behrendt, R. Blanchette, *Appl. and Env. Microbiol.*63, 5, 995-2000 (1997).
3. V. J. W. Greig, *Eur. J. For. Pathol.*, 6, 65-71 (1976).
4. V. J. W. Greig, *Eur. J. For. Pathol.*, 6, 286-290 (1976).
5. Краснобаева К.В., Мусин Х.Г., Муртазина Г.Х.. В сб. *Мат-лы научн. чт., посв.75-л. лаур. Гос. прем. в обл. науки и техн.РТ, Заслуж.лесовода РФ и ТАССР, к.с.-х.н. Мурзова А.И.* — Казань, 2004. С185-191.
6. Василяускас А.П. *Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов.* — Мокслас Вильнюс, 1989. 175 с.
7. URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/nanokompazit-drevesiny-unikalnie-svoystva>;
8. URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/nanodrev esina-nanokompazit-drevesiny-innovatsionnyj-stroitelnyi-material-xxi-veka>;
9. Алиев Р.Г., Павлова Е.А., Терентьева Э.П., Удовенко Н.К.. *Учеб. пособие Комплексная химическая переработка древесины.* — СПбГТУРБ, СПб., 2012. С.13-17.
10. Пестова Н. Ф.. *Учеб. пособие Комплексная химическая переработка древесины.* — Сыкт. лесн. ин-т, Сыктывкар, 2013. 111 с.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Герке Лариса Николаевна

кандидат тех. наук, доцент, Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет, г. Казань

GETTING NANOTSELLYULOZY

Gerke Larisa, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Technological University, Kazan

АННОТАЦИЯ

Целью является получение наноцеллюлозы. Благодаря своим интересным физическим, механическим и химическим свойствам, численности, малому весу и биологическому разложению наноцеллюлоза имеет потенциал стать важным классом возобновляемых наноматериалов для обширных и разнообразных областей применения.

ABSTRACT

The aim is to obtain nanotsellyulozy. Due to its interesting physical, mechanical and chemical properties, strength, light weight and biodegradable nanotsellyuloza has the potential to become an important class of renewable nanomaterials for extensive and diverse range of applications.

Ключевые слова: наноцеллюлоза.

Keywords: nanotsellyuloza.

Целлюлоза - линейный гомополисахарид, макромолекулы которого построены из мономерных звеньев ангидро-β-D-глюкопиранозы, линейно соединённых между собой 1→4-глюкозидными связями (см. рис. 1). Это

один из наиболее распространённых природных полимеров, составляющих значительную часть тканей многолетних и однолетних растений, водорослей, бактерий и грибов [1].

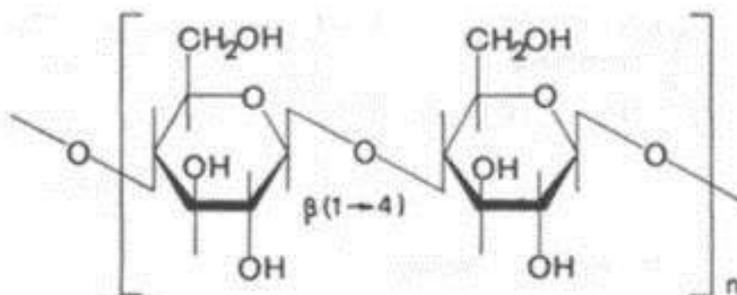


Рисунок 1. Участок молекулы целлюлозы.

Наноцеллюлоза — материал, представляющий собой набор наноразмерных волокон целлюлозы с высоким отношением сторон (длины к ширине). Типичная ширина такого волокна — 5-20 нм, а продольный размер варьируется от 10 нм до нескольких микрон. Материал обладает свойством псевдопластичности, т.е. является вязким при обычных условиях и ведёт себя как жидкость при физическом взаимодействии (тряске, взбалтывании и т.п.). Его удивительные свойства позволяют создавать на его основе сверхлёгкие и сверхпрочные материалы, такие, например, как аэрогель.

Выделяют три основных типа нитевидных наноразмерных кристаллов - наноцеллюлозы:

- 1) микрофибриллированная целлюлоза (МФЦ) - нитевидные частицы с чередующимися кристаллами и разупорядоченными участками,
- 2) нанокристаллическая целлюлоза (НКЦ) - представляет собой нитевидные бездефектные монокристаллы,
- 3) бактериальная наноцеллюлоза (БНЦ).

Они отличаются по своим размерам, функциям и методам получения.

На рисунке 2 представлены изображения под микроскопом каждого вида наноцеллюлозы [2].

Наноцеллюлозные частицы имеют множество преимуществ по отношению к растительной целлюлозе и частично по отношению к синтетически полимерам:

- высокая чистота (не содержит лигнин, гемицеллюлозу, пектин);
- пластичность;
- высокая степень полимеризуемости и кристаллизации;
- очень большая внутренняя поверхность сети нановолокон;
- высокая механическая стабильность;
- управляемая способность биodeградации;
- повышенная прочность при сгибах и эластичность синтетических полимеров;
- прочность при растягивании и разрыве;
- высокая гигроскопичность и способность к накоплению воды.

На рисунке 3 представлены целлюлозные волокна и мелкие структуры внутри них.

Процесс получения наноцеллюлозы из целлюлозы реализуется в три основные стадии: процесс размола, процесс гидролиза и процесс гомогенизации (в промышленном производстве при производительности оборудования 2000 кг/ч из 2000кг хвойной сульфатной небеленой целлюлозы получается 1200 кг наноцеллюлозного геля в течении 10часов).

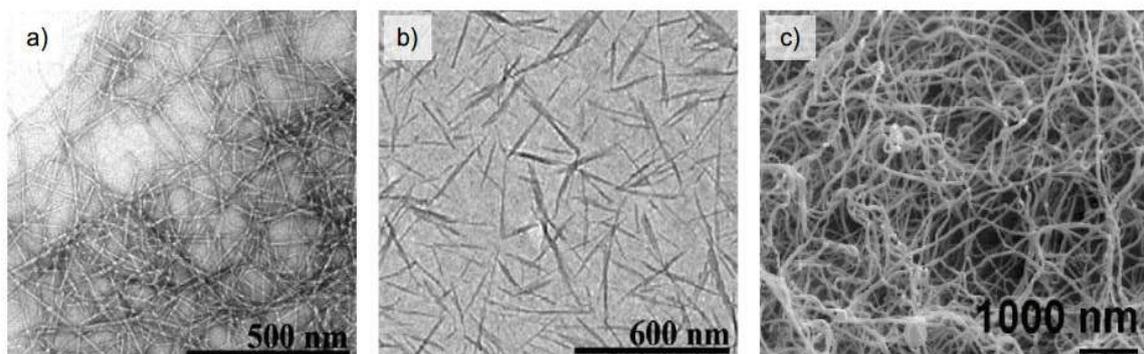


Рисунок 2. Электронные микрофотографии а) МФЦ, б) НКЦ, и в) БНЦ

На процесс расходуется около 20 м³ воды, 636 кг соляной кислоты (конц.) и 240 кг едкого натра (конц.). Выход побочного продукта – этилового спирта равен 160 кг. Технологический процесс непрерывен. Он имеет достаточное простое в управлении и доступное аппаратное оформление, состоящее из дисковых рафинеров марок МД25 и МД31, гидролизаторов V=12м³ и микрофлюидизера марки М110-ЕН-30. Основным элементом оборудования в производстве наноцеллюлозы является гидролизатор.

Размол ведется в присутствии воды при концентрации волокнистой массы 2–8% в размалывающих аппаратах периодического и непрерывного действия – роллах, конических мельницах, рафинерах и др. Независимо от типа размалывающего аппарата принцип размала волокна заключается в том, что волокнистая суспензия непрерывным потоком поступает к ножам рабочего органа аппарата, состоящего из неподвижно закрепленных ножей (статора) и вращающихся ножей, расположенных на барабане, конусе или диске (роторе). Проходя между ножами ротора и статора, зазор между которыми можно регулировать, волокна подвергаются режущему действию кромок ножей и укорачиваются или расщепляются в продольном направлении, раздавливаются торцовыми поверхностями ножей, расчесываются и фибриллируются.

Степень помола массы определяют на приборе Шоппер-Риглера. На этом приборе определяют способность бумажной массы пропускать через себя воду; полученные данные характеризуют степень разработки и измельчения волокон, а также степень их гидратации при размоле.

Процесс обработки измельченной целлюлозной массы гидролизом складывается из двух стадий гидролиза: кислотного гидролиза слабой соляной кислотой и щелочного гидролиза слабым раствором гидроксида натрия.

Гидролиз целлюлозы может осуществляться с использованием минеральных кислот. При обработке целлюлозы при 20–40°C концентрированной серной или сверхконцентрированной (41 %-ной) соляной кислотой происходит распад макромолекул полисахаридов на растворимые фрагменты и растворение последних в кислоте.

Основным аппаратом гидролизного производства является гидролизатор. В него загружают измельченную целлюлозу и одновременно закачивают разбавленную соляную кислоту. Затем закрывают верхнюю горловину, постепенно нагревают содержимое аппарата острым паром и производят сдувку для удаления воздуха и летучих продуктов. Температуру содержимого аппарата в

течение 30–40 мин доводят до 50°C, а давление до 0,5–0,7 МПа. За это время значительная часть гемицеллюлоз гидролизуются и переходят в раствор. Потом начинают непрерывную перколяцию, т. е. сверху непрерывно подают в гидролизатор разбавленную соляную кислоту, нагретую до 70 °С, а снизу непрерывно выводят из него гидролизат.

В процессе непрерывной перколяции температуру в аппарате постепенно доводят до 80–90 °С, давление при этом составляет 0,9–1,2 МПа. В этот период гидролизуются целлюлоза и трудногидролизуемая часть гемицеллюлоз. Макромолекулы полисахаридов при гидролизе последовательно укорачиваются. Так, из целлюлозы сначала образуется гидроцеллюлоза, затем целлодекстрины (состоящие из 10–60 остатков глюкозы), олигосахариды (3–10 остатков глюкозы), целлобиоза (дисахарид С12Н22О11) и, наконец, глюкоза. Образующиеся моносахариды при непрерывной перколяции быстрее удаляются из реакционного пространства и тем самым уменьшается их разрушение.

Подачу пара, воды, кислоты и отбор гидролизата ведут по заданной программе, составленной с учетом того факта, что по мере гидролиза происходит усадка сырья и снижается содержание полисахаридов в нем. Ход процесса контролируют по массе веществ, содержащихся в аппарате; ее определяют по показаниям весомера, на шкале которого ноль соответствует пустому аппарату.

Когда в гидролизатор подано установленное программой количество кислоты, а также воды для промывки остающегося в аппарате лигнина в конце процесса, и из него выведено заданное количество гидролизата, процесс заканчивается. После этого снижают давление до 0,6–0,7 МПа, открывают быстродействующий клапан, и гидролизованная целлюлоза за 0,5–1 мин выдувается в циклон, откуда он выгружается через отверстия в днище циклона с помощью вращающегося выгребного механизма.

Гомогенизация – это механический процесс, предназначенный для уменьшения мелких частиц, присутствующих в жидкости таким образом, чтобы они стали одинакового маленького размера и распределялись равномерно. Уменьшение среднего диаметра частиц увеличивает количество отдельных частиц. Это приводит к уменьшению среднего расстояния между частицами и увеличивает их площадь поверхности. В данном процессе используется гомогенизатор высокого давления микрофлюидизер М-110-ЕН (см.рис. 4). Втягивающий поршень засасывает целлюлозную массу вниз из контейнера в небольшую камеру, затем поршень движется вперед, толкая

массу в петлю образца. Две камеры (см.рис.5) установлены на петле последовательно: первая, так называемая вспомогательная камера, больше, чем вторая так

называемая камера взаимодействия. Необходимое давление примерно 1600-1700 бар нужно для того, чтобы подтолкнуть материал через узкую камеру.

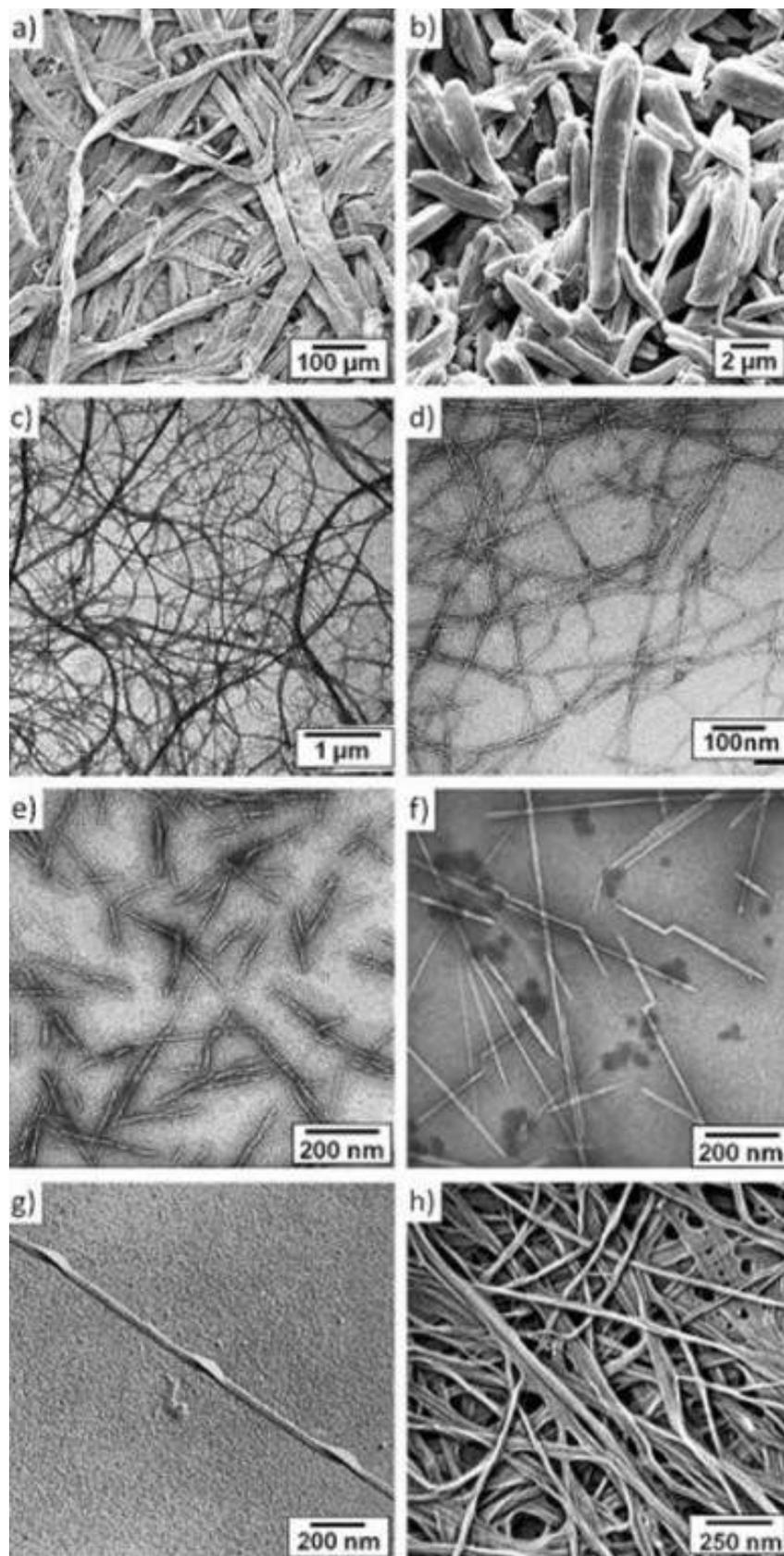


Рисунок 3. Целлюлозные волокна и мелкие структуры внутри них:

- a) волокно из целлюлозы, b) микрокристаллическая целлюлоза, c) микрофибрилл целлюлозы, d) нанофибрилл целлюлозы, e) нанокристалл целлюлозы из древесной массы, f) микрофибрилл целлюлозы животного (морских животных) происхождения, g), h) нанофибрилл целлюлозы из других источников.

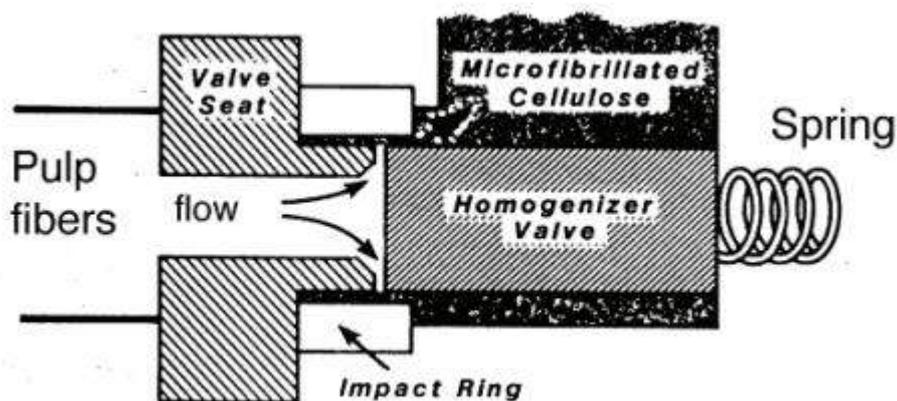


Рисунок 4. Схема процесса гомогенизации под высоким давлением.

Внутри камеры специально разработаны микроканалы с фиксированной геометрией, через которые поток продукта будет разгоняться до высоких скоростей, создавая высокие скорости сдвига и воздействия сил, которые

приносят желаемые результаты, как потока продукта с высокой скоростью столкновения потока на себя износостойких поверхностей.

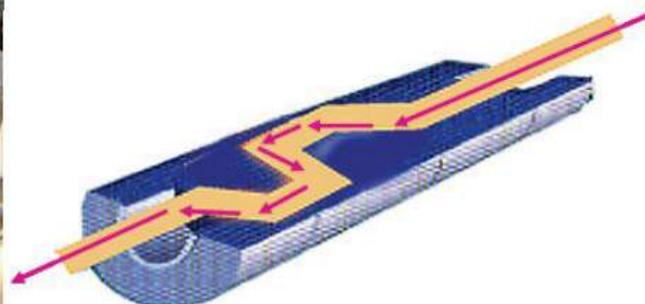


Рисунок 5. Микрофлюидизер M-110-EN и схема устройства камеры взаимодействия.

Как усилитель насос завершает свой ход давления, это меняет направление и привлекает новый объем продукта. В конце такта впуска, он меняет направление и снова приводит в действие продукт при постоянном давлении, повторяя процесс. После выхода из камеры взаимодействия, продукт течет через бортовой теплообменник, который регулирует продукцию до желаемой температуры перед выходом в бассейн готового продукта.

Существенная проблема, с которой сталкивается современная промышленность – это разработка энергетически экономной и экологически чистой технологии производства уникальных наноматериалов из доступного дешевого воспроизводимого сырья. В настоящее время ведутся исследования и разработки в использовании целлюлозосодержащего сырья, результатами которых становятся новые виды наноматериалов. Одним из таких уникальных материалов является микрофибриллированная целлюлоза.

Сырьем для производства микрофибриллированной целлюлозы могут служить отходы сельского хозяйства, водоросли, бактерии, но самым доступным сырьем является целлюлоза из древесины [3].

Методы производства микрофибриллированной целлюлозы делятся на химические и механические, но чаще всего используются комбинированные. Одним из самых эффективных методов получения микрофибриллированной целлюлозы в промышленном масштабе является комбинированный метод кислотного гидролиза с рафинированием и гомогенизацией под высоким давлением.

Микрофибриллированная целлюлоза по ряду показателей превосходит кевлар и углеродные нанотрубки, которые занимают первое место на рынке среди самых прочных наноматериалов. Ведь она прочнее кевлара, который, в свою очередь, по прочности в 5 раз превосходит сталь, и при этом микрофибриллированная целлюлоза может быть тоньше бумаги. Также микрофибриллированная целлюлоза обладает уникальными свойствами псевдопластичности. Одними из наиболее важных структурных и моле-

кулярных свойств целлюлозных наночастиц являются геометрические размеры, средняя кристалличность и средняя степень полимеризации, которые зависят от источника целлюлозных материалов и механические свойства, также зависящие от целлюлозосодержащего сырья. Наноцеллюлозные суспензии являются разжижающими после сдвига, и они обладают отличной водопогложительной способностью. Такие свойства позволяют создавать из наноцеллюлозы сверхлегкие и сверхпрочные материалы.

Благодаря своим интересным физическим, механическим и химическим свойствам, численности, малому весу и биологическому разложению, наноцеллюлоза имеет потенциал стать важным классом возобновляемых

наноматериалов для обширных и разнообразных областей применения. Она может применяться как в медицине и пищевой промышленности, так в строительстве и автомобилестроении. Наноцеллюлоза находит эффективное применение во многих областях промышленности.

Литература

1. Азаров В. И. Химия древесины и синтетических полимеров.-СПб: СПбЛТА, 1999.
2. Mikael Ankerfors, Microfibrillated cellulose. – Stockholm: Energy efficient preparation techniques and key properties, 2012
3. Гордон Л. В. Технология и оборудование лесохимических производств. - Москва: Лесн. пром-ть, 1988.

РАСЧЕТ АГРЕГАТОВ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ВАКУУМНО-ДИСТИЛЛЯЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

*Горшкалёв Алексей Александрович
Шиманов Артём Андреевич
Цапкова Александра Борисовна
Аспиранты, СГАУ, г. Самара*

CALCULATION AGGREGATES FOR MOBILE VACUUM DISTILLATION PLANT

Gorshkalev Aleksey A., postgraduate student, SSAU, Samara

Shimanov Artem A., postgraduate student, SSAU, Samara

Tsapkova Aleksandra B., postgraduate student, SSAU, Samara

АННОТАЦИЯ

Актуальной темой ближайшего времени будет потребность в пресной воде, которая неуклонно растёт. Основными причинами увеличения потребления пресной воды является рост народонаселения, развитие промышленности и земледелия. Решить проблему недостатка пресной воды можно с помощью вакуумно-дистилляционных установок. Для создания таких установок требуется разработка и создание необходимых агрегатов, систем и подбор комплектующих. В статье представлен проектировочный расчет теплообменного аппарата и центробежного компрессора для вакуумно-дистилляционной установки.

ABSTRACT

Hot topic next time there is a need for fresh water, which is steadily growing. The main reasons for increasing the consumption of fresh water is population growth, development of industry and agriculture. Solve the problem of shortage of fresh water by using the vacuum distillation units. To create such systems requires the development and creation of the necessary assemblies, systems and selection of components. The paper presents the calculation of projecting heat exchanger and a centrifugal compressor for vacuum distillation unit.

Ключевые слова: Пресная вода, опреснение воды, вакуумно-дистилляционная установка, теплообменник-испаритель, центробежный пароконпрессор

Keywords: Fresh water, desalination of water, vacuum distillation unit heat exchanger, evaporator, centrifugal compressor steam

Потребность в пресной воде неуклонно растёт. Основными причинами увеличения потребления пресной воды является рост народонаселения, развитие промышленности и земледелия. Так же большой проблемой является неравномерность запасов пресной воды, что делает доставку в засушливые регионы очень дорогостоящей. Решить данную проблему можно с помощью установок для опреснения воды, среди которых наиболее перспективной является вакуумно-дистилляционная.

Принцип работы опреснительной установки предлагаемой в данной работе основывается на вакуумной дистилляции (рисунок 1). Исходная вода из водозаборного устройства с помощью дополнительного насоса, который входит в состав водозаборного устройства, подаётся че-

рез фильтр к устройству, в котором в исходную воду в незначительных количествах добавляют антинакипин, препятствующий отложению накипи на поверхности трубок ступеней испарителя. После этого обработанная вода по трубопроводу подаётся к пластинчато-ребристым теплообменникам. Перед её подачей в указанные теплообменники происходит разделение общего потока воды на два, приблизительно равных количественно, из которых первый проходит через охладитель дистиллята, а второй - через охладитель рассола [7, с.56].

Пройдя через пластинчато-ребристые теплообменники, два потока исходной морской воды нагреваются и вновь объединяются в один общий поток, который дальше подаётся к распылителям всех ступеней испарителя.

Распылители обеспечивают подачу воды в межтрубное пространство таким образом, что она стекает по наружным поверхностям трубок в виде тонкой плёнки. При этом часть воды испаряется, превращаясь в пар, а другая часть стекает в виде рассола с практически удвоенной концентрацией солей в герметичный поддон соответствующей ступени.

Пар, образовавшийся в межтрубном пространстве первой ступени испарения, по герметичному патрубку поступает в трубное пространство второй ступени, где начинает конденсироваться, передавая при этом тепло конденсации через внутренние поверхности трубок - к их наружным поверхностям. Исходная вода, впрыскиваемая через распылители, течёт в виде тонкой плёнки по наружным поверхностям трубок и частично испаряется.

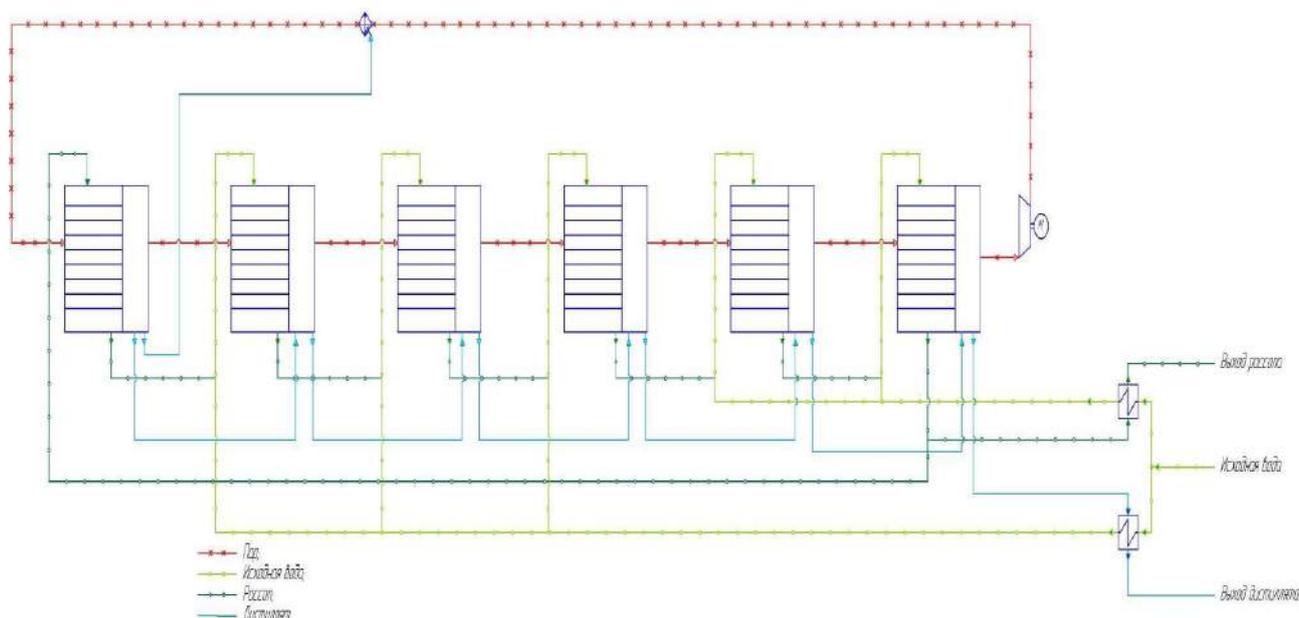


Рисунок 1. Принципиальная схема установки

Таким образом, конденсация пара в трубном пространстве второй ступени обеспечила получение дистиллята во второй ступени, а испарение части исходной воды в межтрубном пространстве второй ступени обеспечило получение греющего пара для третьей ступени. В последующих ступенях начиная с третьей испарение происходит так же, как и в первой, и во второй.

Для обеспечения необходимых параметров для работы вакуумно-дистилляционной установки был разработан теплообменник-испаритель и были решены следующие задачи:

- Определена тепловая нагрузка на аппарат.
- Проведен предварительный проектный расчет необходимой поверхности теплообменника.
- Проведен расчет кинетики теплопередачи в выбранном аппарате, и проверка наличия необходимого запаса поверхности.
- Выполнен гидравлический расчет теплообменника-испарителя.
- Выполнено конструирование теплообменного аппарата.

Целью конструкторского расчета является определение количества передаваемой теплоты, массовые расходы теплоносителей и изменение их температуры [9, с.123]. Отличительной особенностью работы таких теплообменников являются фазовые переходы холодного теплоносителя (исходной морской воды) и горячего теплоносителя (парагаз), что требует применения T-S диаграммы для вычисления тепловых потоков на различных участках аппарата [1, с. 134].

Были определены находимое количество теплоты которое пар может передать исходной воде, количество

воды которое будет нагрето до температуры кипения, количество полученного пара для следующей ступени. Определены температурные условия работы теплообменника, найден среднеарифметический температурный напор, коэффициент теплоотдачи от охлаждаемого газа к стенке трубки [4, с.241].

Скорость газа принята равной 20...60м/с. Для воды скорость равна 1...3м/с. Диаметр трубки $d_{вн}=10$ мм. Найдены коэффициент теплоотдачи от трубок к охлаждающей воде, внутренний диаметр кожуха, площадь поверхности охлаждения, длина труб [6, с.162].

Далее был произведен расчет центробежного парокompрессора для опреснительной установки [8, с.12].

На рисунке 2 изображена упрощённая схема опреснительной установки. Видно, что исходными данными являются параметры на выходе из последней ступени опреснительной установки. А входные параметры 1 ступени опреснительной установки являются необходимыми параметрами на выходе из компрессора.

Основными данными для расчёта компрессора являются степень повышения давления, расход пара, диаметр на выходе из рабочего колеса, температура на входе в компрессор, давление на входе в компрессор.

Преимущества центробежного компрессора:

- Высокая степень сжатия.
- Малые габариты.
- Непрерывность подачи рабочего тела.
- Высокий ресурс.

Проектный термодинамический расчет центробежного компрессора (ЦБК) можно условно разделить на следующие этапы:

- предварительный расчет, который включает определение основных энергетических и термодинамических параметров.
- динамических параметров ЦБК, оценку частоты вращения ротора, выбор характерных диаметров проточной части;
- расчет параметров потока на входе в рабочее колесо (РК), заключающийся в определении термодинамических и кинематических параметров по высоте лопатки на входе в РК при заданном законе закрутки;
- расчет параметров потока и основных размеров в характерных сечениях проточной части за РК, состоящий в уточнении меридиональной формы проточной части, выборе числа лопаток в лопаточных венцах, определении средних термодинамических и кинематических параметров потока в характерных сечениях;
- профилирование основных элементов проточной части ЦБК, включающее построение всех его лопаточных венцов и формирование контура спирального сборника и конического диффузора.

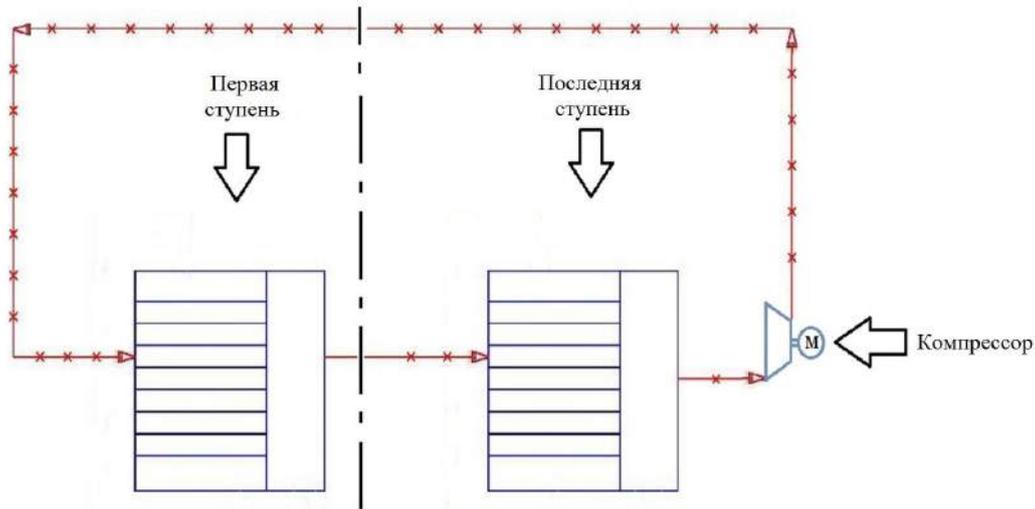


Рисунок 2. Упрощённая схема опреснительной установки

Предварительный расчет, включает определение основных энергетических и термодинамических параметров.

При проведении термодинамического расчета определены полные давления и температуры в проточной части, удельные работы (напор) компрессора, и потребляемая мощность ЦБК [2, с. 32].

При определении основных геометрических параметров проточной части были получены: скорость потока на входе в компрессор и выходе из него; площадь поперечного сечения на входе и выходе из ЦБК; периферийный, втулочный, средний диаметры и высота лопатки на входе и выходе из компрессора; степень повышения полного давления в РК; полное давление на выходе из РК; диаметр выходного патрубка.

На основании полученных в предварительном расчете данных осуществлен переход к газодинамическому расчету ЦБК. При проведении газодинамического расчета определены величины и направление скорости потока в характерных сечениях ЦБК, соответствующие заданным величинам степени повышения давления, затраченного напора и КПД. В процессе расчета уточнены площади и размеры проходных сечений проточной части, а также проверено попадание величин основных кинематических параметров потока ($\lambda W1$, $\lambda C2$ и т.д.) в интервалы рекомендуемых значений. Проведен расчет параметров потока в характерных сечениях проточной части компрессора за рабочим колесом, расчет параметров потока на выходе из рабочего колеса, расчет параметров потока на выходе из щелевого диффузора. Определены параметры потока на выходе из спирального сборника и выходе из компрессора.

Последним этапом газодинамического проектирования ЦБК является построение лопаточных венцов ННА, РК, лопаточного диффузора и формирование контура спирального сборника.

В завершении хотелось бы отметить, что в результате проведенной работы были обработаны данные о необходимости опреснения воды, были изучены популярные способы опреснения, выбран и обоснован способ вакуумной дистилляции. Так же были выбраны основные характеристики и подобраны основные элементы установки. Рассчитаны основные характеристики теплообменника-испарителя, такие как, массово-габаритные характеристики и необходимая площадь теплообмена. Так же был рассчитан пароконпрессор, на основании данных полученных при расчете теплообменников. Были посчитаны параметры потока и спрофилированы основные элементы установки. В конце работы, был рассчитан двигатель электрогенератора [3, с.112], для того чтобы автономизировать установку от внешних источников питания. Для этого был рассчитан тепловой баланс двигателя и его характеристики [5, с.206].

Список литературы

1. Вулканович М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара/ Вулканович М.П.– М.: Машиностроение, 1967. - 156с.
2. Дмитриева, И. Б. Проектный расчет центробежного компрессора агрегата наддува ДВС/И. Б. Дмитриева, В. Н. Матвеев, В. М. Окорочкова,. - Самара, СГАУ; 2002. - 59 с.

3. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей/ А. И. Колчин, В. П. Демидов – 3-е изд. перераб. и доп.- М.: Высш. Шк. 2002.-496 с.: ил.
4. Кутателадзе С.С. Справочник по теплопередаче/ Кутателадзе С.С. Боршанский В.М. – М.: Госэнергоиздат, 1959. - 344с.
5. Орлин, А.С. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей/ А.С. Орлин – М.: Машиностроение, 1990. – 253 с.
6. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике/под ред. В.К. Кошкина – М.: Машиностроение, 1975. - 305с.
7. Слесаренко В. Н. Современные методы опреснения морских и солончаковых вод / В. Н. Слесаренко. М.: Энергия, 1973. - 248с.
8. Юрин А. В. Расчёт центробежного компрессора ГТД/ Юрин А. В. - Куйбышев: КуАИ, 1979. - 28с.
9. Эккерт Э. Теория тепло-массообмена/ Эккерт Э., Дрейк Р.– М.: Госэнергоиздат, 1961. – 234с.
10. Desalination: A National Perspective/ Committee on Advancing Desalination Technology, National Research Council. National Academies Press, 2008. - 312 p.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИГОРОДНЫХ АВТОБУСНЫХ СТАНЦИЙ И ТРАНСПОРТНАЯ УТОМЛЯЕМОСТЬ ПАССАЖИРОВ

Григорова Татьяна Михайловна

Кандидат техн. Наук, Военная академия, г. Одесса

DESIGN SUBURBAN BUS STATION AND FATIGUE PASSENGER TRANSPORT

Grigороva Tatiana, Candidate of Science, Military academy, Odessa

АННОТАЦИЯ

Целью работы является определение закономерностей изменения транспортной утомляемости пассажиров при ожидании пригородных автобусов. На основе использования регрессионного и корреляционного анализа были разработаны модели изменения показателя активности регуляторных систем пассажира при ожидании пригородных автобусов в различных условиях. Полученные модели можно использовать для оценки целесообразности дополнительных капитальных вложений в оборудование пассажирских автобусных станций.

ABSTRACT

The aim is to determine the patterns of change in the transport of passengers fatigue while waiting for shuttle buses. Through the use of regression and correlation analysis were developed models, the change in the activity of the regulatory systems of the passenger waiting commuter buses in different conditions. The resulting model can be used to assess the feasibility of additional capital investments in equipment passenger bus stations.

Ключевые слова: транспортное обслуживание; пригородное сообщение; транспортная утомляемость; условия ожидания; время ожидания.

Keywords: transport service; commuter; transport fatigue; speed; time approach.

Одной из важнейших задач функционирования пассажирских транспортных систем является определение параметров транспортного процесса, которые обеспечивают соответствующее качество перевозки пассажиров [8]. Особенно актуальное значение это имеет для организации перевозочного процесса перевозки пассажиров в пригородном сообщении вследствие того, что система организации транспортного обслуживания жителей пригорода находится в стадии реорганизации и не отвечает современным требованиям управления транспортными комплексами.

Одной из особенностей пригородных пассажирских перевозок, по сравнению с городскими, является необходимость в функционировании пригородных автобусных станций, которые предназначены для обслуживания пассажиров пригородных маршрутов. Они располагаются на конечных и промежуточных остановочных пунктах маршрута и входят в комплекс дорожных сооружений. На пассажирских автомобильных станциях оборудуются перроны, билетные кассы и, в зависимости от объема перевозок, залы ожидания или навесы для пассажиров.

Залы ожидания предназначены для временного размещения пассажиров. Для этого в залах ожидания устанавливают скамейки, диваны и кресла [4]. Это требует дополнительных капитальных затрат. Причем величина этих затрат зависит от оборудования станций, определяемым объемом перевозок. При этом возникает необходимость в оценке целесообразности дополнительных капитальных вложений с учетом всех основных и сопутствующих эффектов. Одним из сопутствующих эффектов является повышение конкурентоспособности автобусных перевозок по сравнению с другими видами транспорта за счет выбора соответствующего маршрута движения пассажирами. Исследователи отмечают, что одним из критериев неосознанного выбора пути следования является транспортная утомляемость пассажира [5].

Транспортная утомляемость является результатом воздействия на организм человека параметров передвижения. Она представляет собой «физиологическое состояние» организма, сопровождающее длительную и интенсивную работу, и выражающееся во временном расстройстве функций нервных клеток коры головного мозга. Этот процесс распространяется на другие системы организма и

определяет работоспособность человека [6]. Биологическое значение утомляемости заключается в том, что она приводит к возникновению торможения в центральной нервной системе и обеспечивает защиту последней и всего организма от перенапряжения и истощения [7].

По данным исследователей, транспортная утомляемость заметно снижает производительность труда в народном хозяйстве [3]. Это позволяет говорить о внесистемном эффекте совершенствования обслуживания пассажиров в пригородном сообщении. Для оценки уровня транспортной утомляемости пассажира ученые использовали показатель активности регуляторных систем его организма. Он измеряется в баллах, по которым можно определить в каком состоянии находится человек [1]: до 3 баллов - нормальное состояние; от 3 до 6 баллов - состояние напряжения; от 6 до 8 баллов - состояние перенапряжения; от 9 до 10 баллов - состояние истощения. Этот показатель и целесообразно использовать при проведении исследования.

Исследователи определяют, по условиям обслуживания ожидания пригородных транспортных средств можно разделить на два варианта: сидя, при наличии свободных мест для сидения, и стоя, при отсутствии или занятости мест для сидения [4]. Если, при проектировании пригородных автобусных станций не в полном объеме

учтены параметры пассажиропотоков, пассажиры вынуждены ожидать отправления в неудовлетворительных условиях стоя. Различные условия обслуживания обуславливают разницу в изменении транспортной утомляемости пассажиров, что целесообразно учитывать при проектировании пригородных автобусных станций.

Целью исследования является определение закономерностей влияния условий ожидания на транспортную утомляемость пассажиров.

Для получения исходной информации были проведены натурные обследования. Обследования проводились на пригородных автобусных станциях. При проведении обследования у пассажиров при ожидании в различных положениях фиксировались электрокардиограмма, возраст и время ожидания.

Определение закономерностей изменения показателя активности регуляторных систем пассажиров пригородного автобусного транспорта проводилось с использованием методов регрессионного и корреляционного анализа [2]. После обработки результатов обследования были разработаны нелинейные регрессионные модели изменения показателя активности регуляторных систем пассажира после ожидания сидя и стоя пригородных автобусов. Параметры факторов моделей приведены в таблице 1.

Для ожидания сидя модель имеет следующий вид:

$$P_{после}^{oc} = 0,01 \cdot ((P_{до}^{oc})^{1,75} \cdot (3,9 \cdot \log(B_n))) + 3,7 \cdot (3,59 / t_{ож}^c). \tag{1}$$

Для ожидания стоя модель имеет следующий вид:

$$P_{после}^{ocm} = 0,26 \cdot ((P_{до}^{ocm})^{1,1} \cdot (0,5 \cdot \sqrt{B_n})) - 0,3 \cdot (1,35 \cdot \sqrt{t_{ож}^{cm}}). \tag{2}$$

Теснота связи между зависимыми переменными и факторами, которые влияют на их уровень, определялась коэффициентом множественной корреляции. Расчеты показали, что значение коэффициента множественной корреляции, равное для обеих моделей 0,99, соответствует

высокой степени тесноты связи. Оценка адекватности разработанных моделей проводилась с использованием значения средней ошибки аппроксимации. Для модели ожидания сидя она равна 7,34%, а для модели ожидания стоя равна 9,37%.

Таблица 1

Границы варьирования факторов моделей изменения показателя активности регуляторных систем пассажира при ожидании пригородных автобусов

Фактор	Обозначение, размерность	Границы варьирования
Показатель активности регуляторных систем до начала ожидания сидя	$P_{до}^{oc}$, баллы	1-8,9
Показатель активности регуляторных систем до начала ожидания стоя	$P_{до}^{ocm}$, баллы	1-10
Возраст пассажира	B_n , годы	18-60
Время ожидания сидя	$t_{ож}^c$, мин.	2-30
Время ожидания стоя	$t_{ож}^{cm}$, мин.	0-22

Данные значения средней ошибки аппроксимации соответствует допустимым пределам.

Таким образом, проведенные расчеты показали, что полученные модели изменения показателя активности регуляторных систем пассажира при ожидании пригородных маршрутных автобусов можно применять для

оценки целесообразности использования дополнительных капитальных вложений в оборудование пассажирских автобусных станций.

Литература

1. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 222 с.

2. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с.
3. Гюлев Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора: дис...канд. техн. наук. – Х.: ХАДИ, 1993. – 174 с.
4. Пермовский А. А. Пассажирские перевозки. – Н. Новгород, НГПУ, 2011. – 164 с.
5. Понкратов Д. П., Фалецька Г. І. Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування у містах // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – Луцьк, 2014. – Вип. 46. – С. 452 – 459.
6. Руководство по физиологии труда / под ред. М. И. Виноградова. – М.: Медицина, 1969. – 408 с.
7. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха / под. ред. В. И. Медведева. – Л. Наука, 1984. – 140 с.
8. Яновський П. О. Пасажи́рські перевезення. – Київ.: НАУ, 2008. – 469 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ШУМООЧИСТКИ ПРИ МНОГОКАНАЛЬНОМ ВЕДЕНИИ АКУСТИЧЕСКОЙ РЕЧЕВОЙ РАЗВЕДКИ ЧАСТЬ 1

Гуляев Владимир Павлович

кандидат технических наук, Уральский федеральный университет имени Первого президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

EXPERIMENTAL RESEARCH AND ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR NOISE REDUCTION WITH MULTICHANNEL ACOUSTIC VOICE OPERATED EXPLORATION PART 1

Gulyaev Vladimir Pavlovich, Ural Federal University, named after the first President of Russia Boris Yeltsin, Yekaterinburg

АННОТАЦИЯ

В доступных литературных источниках не обнаружены работы по анализу надежности защиты речевой информации при пространственно-многоканальном ведении акустической речевой разведки (АРР) с применением различных алгоритмов шумоочистки. Такая тактика ведения АРР требует иных подходов к активной маскировке речевых сигналов. В статье приводятся результаты анализа пяти алгоритмов шумоочистки при пространственно-многоканальном ведении АРР.

ABSTRACT

In the available literature has not found work on the analysis of the reliability of the protection of verbal information with spatial-multichannel acoustic voice operated exploration (ADR) using different algorithms for noise reduction. Such tactics of ADR requires other approaches to active disguise voice signals. The article presents the results of the analysis of five algorithms for noise reduction in spatio-multichannel management ADR.

Ключевые слова: адаптивные алгоритмы, отношение сигнал/шум (С/Ш), фильтрация, словесная разборчивость.

Key words: Adaptive algorithms, signal-to-noise ratio (s/w), filtering, verbal intelligibility.

Под многоканальностью ведения АРР следует понимать ведение технической разведки одновременно с разных, разделенных в пространстве, разведнаправлений с использованием аппаратуры различного назначения (акустическая, виброакустическая, оптико-электронная, ПЭМИН и т.д.). Для такого ведения разведки может быть применена обработка принятых с разных разведнаправлений сигналов по различным алгоритмам. Рассмотрим наиболее распространенные из этих алгоритмов.

1. Алгоритм суммарной обработки зашумленных речевых сигналов.

Модель такой обработки имеет вид

$$sn_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N sn_i = s \cdot \sum_{i=1}^N \alpha_i + \sum_{i=1}^N n_i, \quad (1)$$

где sn_{Σ} – суммарная смесь сигнала и шумов;

sn_1, sn_2, \dots, sn_N – зашумленные речевые сигналы, принятые с разных разведнаправлений; s – чистый речевой сигнал; α_i – ослабление речевого сигнала s по i -му

разведнаправлению; n_1, n_2, \dots, n_N – маскирующие взаимно некоррелированные шумы; N – количество разведнаправлений АРР.

При сложении мощность когерентно суммируемого речевого сигнала увеличивается в N^2 раз (при условии $\alpha_i = 1, i = 1, 2, \dots, N$). Мощность суммируемого шума, у которого межсигнальная корреляция отсутствует, увеличивается в N раз (аналогично дисперсии суммы независимых слагаемых). За счет этого отношение сигнал/шум в суммарном сигнале возрастает по сравнению с начальным.

Рассмотрено последовательное увеличение количества направлений ведения разведки с одного до четырех. Так для одного направления при приеме зашумленного речевого сигнала с начальной величиной словесной разборчивости равной 20% (рис. 1) после обработки сглаживающим фильтром Савицкого-Голея словесная разборчивость стала 35%. После увеличения количества

направлений разведки до четырех анализируемая величина повысилась до уровня 84% (рис. 2а). При обработке сглаживающим фильтром Савицкого-Голея для меньшей

начальной величины словесной разборчивости 10% для четырехканального приема словесная разборчивость повысилась до 72%.

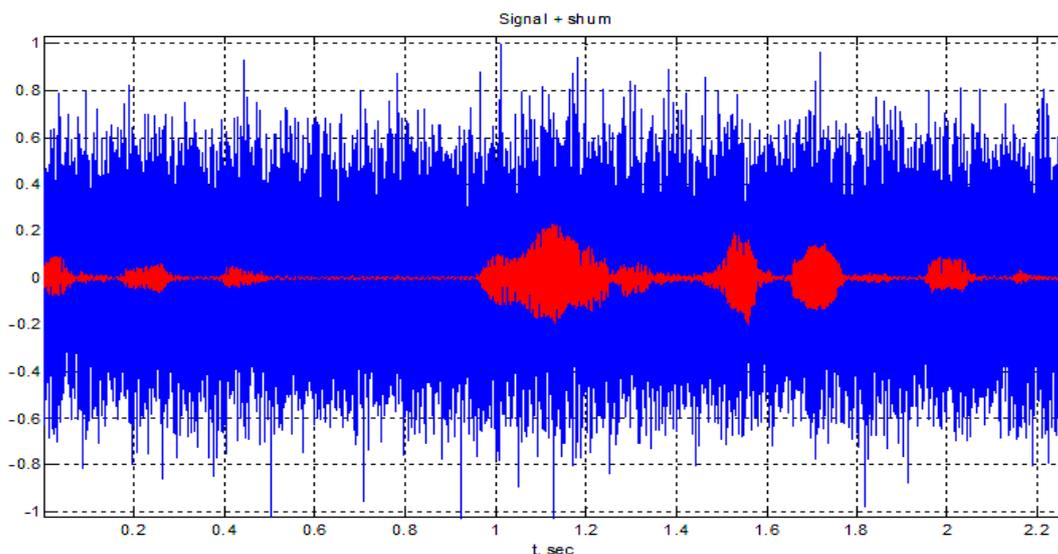


Рисунок 1 – Смесь сигнала и шума ($W_1 = 20\%$)

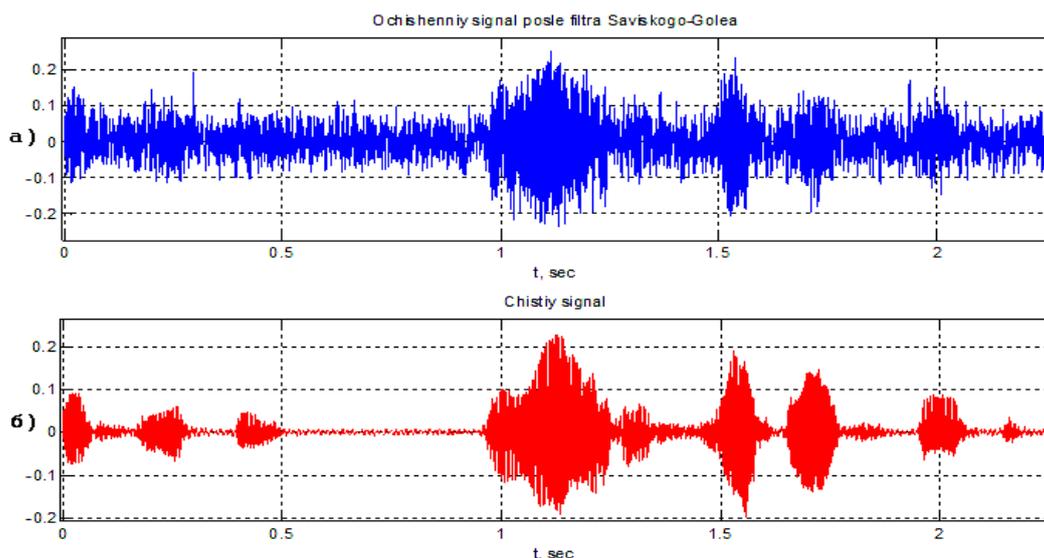


Рисунок 2 – а) Очищенный сигнал после фильтра Савицкого-Голея ($W_{SG} = 84\%$); б) Чистый речевой сигнал;

2. Алгоритм вычитания амплитудных спектров.

В качестве обоснования этого алгоритма приводятся следующие соображения. Если стационарный сигнал $s(t)$ искажен аддитивным стационарным шумом $n(t)$, который предполагается некоррелированным с $s(t)$, то спектральная плотность мощности полезного сигнала может быть оценена как разность спектральных плотностей мощности зашумленного сигнала и шума:

$$G_S(i\omega) = G_{sn}(i\omega) - G_n(i\omega) \quad (2)$$

Так как речевые сигналы являются нестационарными, использовать это соотношение нельзя. На практике, при обработке речи на достаточно коротких участках, например, квазистационарных участках гласных звуков, данные величины аппроксимируют с помощью усредненных квадратов кратковременных амплитудных спектров сигнала и шума. Спектр шума при этом должен оцениваться в моменты пауз речи [1],

$$|S(t, i\omega)|^2 = \left\{ \begin{array}{l} |X(t, i\omega)|^2 - A(t) \cdot |N(t, i\omega)|^2 \\ B \cdot |N(t, i\omega)|^2 \end{array} \right\} \quad (3)$$

где $|S(t, i\omega)|^2$ – оценка квадрата амплитудного спектра сигнала;

$|X(t, i \cdot \omega)|^2$ – кратковременный амплитудный спектр зашумленного сигнала; $|N(t, i \cdot \omega)|^2$ – оценка кратковременного амплитудного спектра шума; $A(t)$ – фактор переоценки, зависит от соотношения сигнал/шум на сегменте анализа; B – спектральный порог, выбирается в диапазоне 0.01 – 0.1.

Для определения пауз в зашумленном речевом сигнале производится деление каждой смеси сигнала и шума на сегменты и вычисляются коэффициенты корреляции между ними. Если коэффициент корреляции меньше определенного порога, то считается, что речевой сигнал отсутствует и сегмент является шумом. В результате стро-

ится шумовой вектор, собранный поинтервально, значения которого на каждом из интервалов могут быть либо нулевыми (если принято решение о наличии речевого сигнала) либо равным значениям зашумленного сигнала. Полученный шумовой вектор изображен на рис. 3.

Далее берется один сегмент с шумом и дополняет пустые места вектора шума. Тем самым создается оценка шума, не имеющего в себе речевого сигнала, но коррелированного со смесью сигнал+шум. Дополненный шумовой вектор изображен на рис. 4. Используя полученный шумовой вектор, производится очистка речевого сигнала в соответствии с данным алгоритмом. В итоге словесная разборчивость повысилась с 20% до 53% (рисунок 5а), либо для меньшей начальной величины с 10% до 32% .

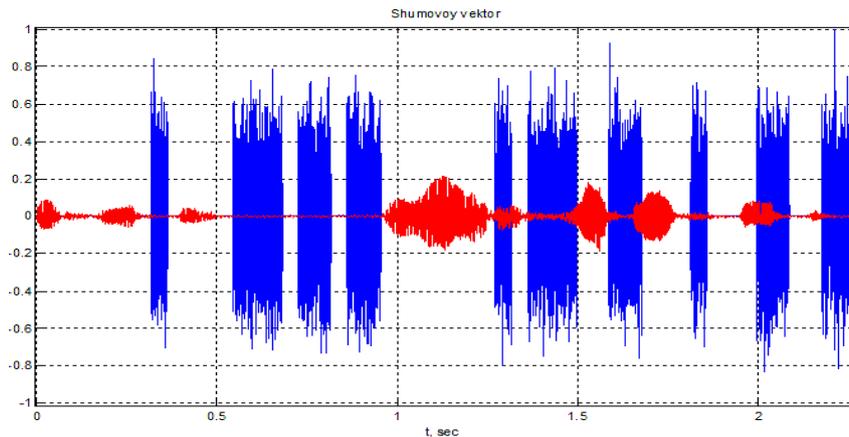


Рисунок 3 – Шумовой вектор (синим) и речевой сигнал (красным)

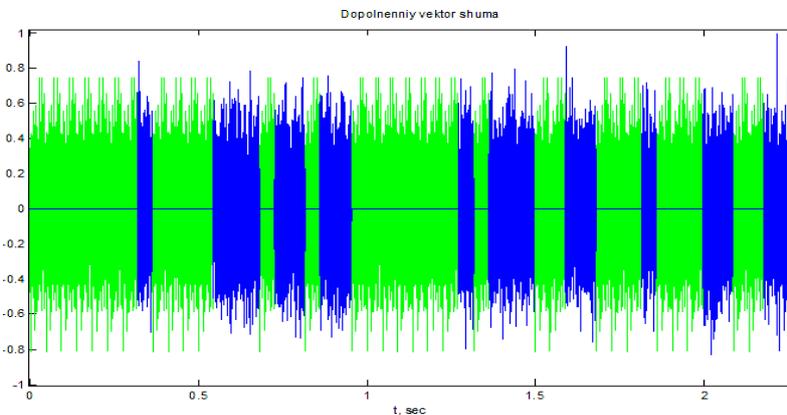


Рисунок 4 – Дополненный шумовой вектор

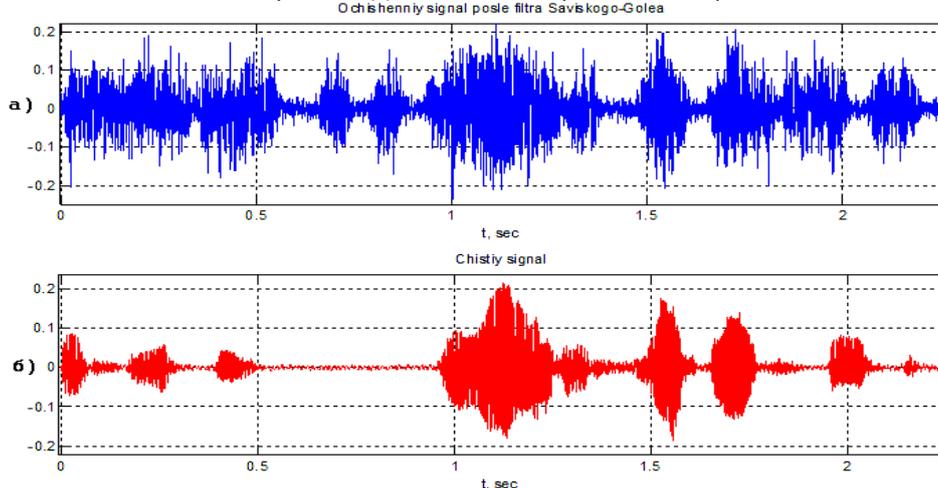


Рисунок 5 – а) Очищенный сигнал после фильтра Савицкого-Голея ($W_{SG} = 53\%$); б) Чистый речевой сигнал;

3. Алгоритм оценивания минимальной среднеквадратической ошибки.

Как и вычитание спектров, алгоритм основан на оценке амплитудного спектра сигнала, для которого дополнительно определяются два апостериорных и априорных локальных отношений сигнал/шум [1]:

$$q_{POST}(f) = \frac{|G_{sn}(i\omega)|^2}{\sum |G_n(i\omega)|^2}, \quad (4)$$

$$q_{PRI}(f) = \frac{\sum |G_s(i\omega)|^2}{\sum |G_n(i\omega)|^2}. \quad (5)$$

Далее по аналогии с предыдущим алгоритмом определяются участки в смеси сигнала и шума, которые соответствуют моментам пауз в речевом сообщении, и строится шумовой вектор. В результате словесная разборчивость повысилась с 20% до 75% (рис. 6а), либо для меньшей начальной величины с 10% до 58%.

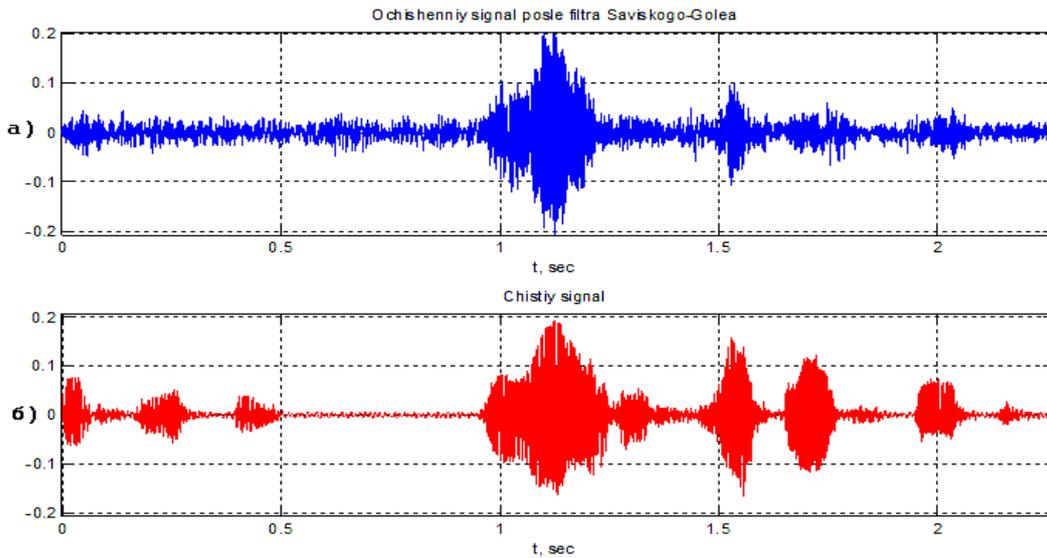


Рисунок 6 – а) Очищенный сигнал после фильтра Савицкого-Голея ($W_{sg} = 75\%$); б) Чистый речевой сигнал;

4. Адаптивная фильтрация зашумленных речевых сигналов.

Адаптивный фильтр представляет собой систему, структура которой изменяется таким образом, чтобы его функционирование улучшалось в результате взаимодействия с окружающей его средой [2].

Рассматривается схема адаптивного подавления помех, изображенная на рис. 7. В ней присутствует два

входа. На первый вход подается первая смесь сигнала и шума 1, а на второй вход вторая смесь сигнала и шума 2.

На представленном рисунке шумовые сигналы n_1 и n_2 некоррелированы. Так же как и речевой сигнал s некоррелирован с этими шумами.

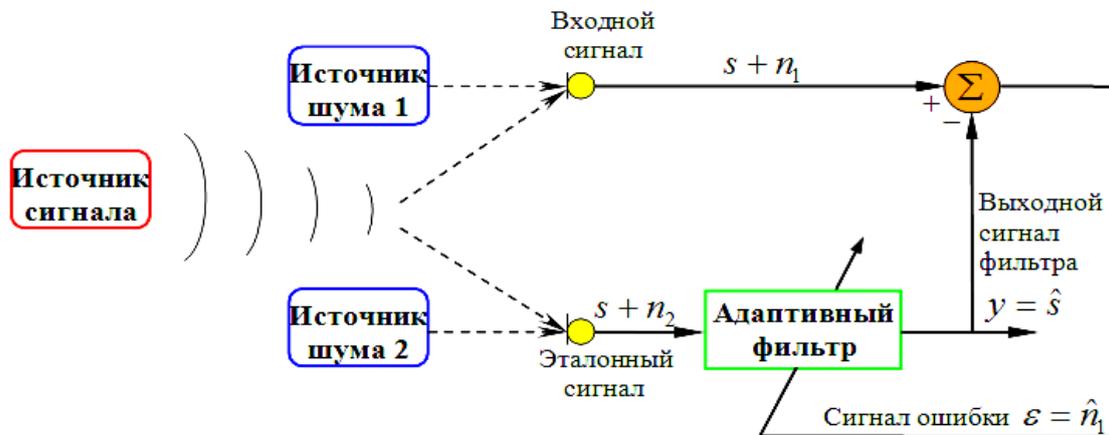


Рисунок 7 – Адаптивная фильтрация зашумленных речевых сигналов

Адаптивный фильтр, изменяя свои весовые коэффициенты стремится преобразовать второй входной сигнал так, чтобы на выходе была оценка чистого речевого сигнала. Затем выходной сигнал адаптивного фильтра вычитается из первого входного сигнала, таким образом, по-

лучается сигнал ошибки. Процесс изменения весовых коэффициентов адаптивного фильтра будет продолжаться до тех пор, пока в сигнале ошибки кроме шума будет проходить часть речевого сигнала. Если же сигнал ошибки будет состоять только из шума, тогда корреляции между вторым входным сигналом фильтра и сигналом ошибки

не будет, следовательно, весовые коэффициенты фильтра изменяться не будут. В качестве алгоритма адаптивной фильтрации рассматривается алгоритм наименьших квадратов (Least Mean Squares, LMS).

В результате пропускания двух зашумленных речевых сигналов через адаптивный фильтр, в выходном сигнале словесная разборчивость повысилась с 20% до 78% или с 10% до 68%.

Так же адаптивная фильтрация применима при использовании более двух каналов съема информации. Основываясь на методе суммарной обработке сигналов: на первый вход адаптивного фильтра подается первый зашумленный сигнал, а на второй вход суммарная смесь, содержащая все зашумленные сигналы кроме первого. При обработке четырех зашумленных сигналов словесная разборчивость повысилась: с 20% до 91% (рис. 8а), либо с 10% до 83%.

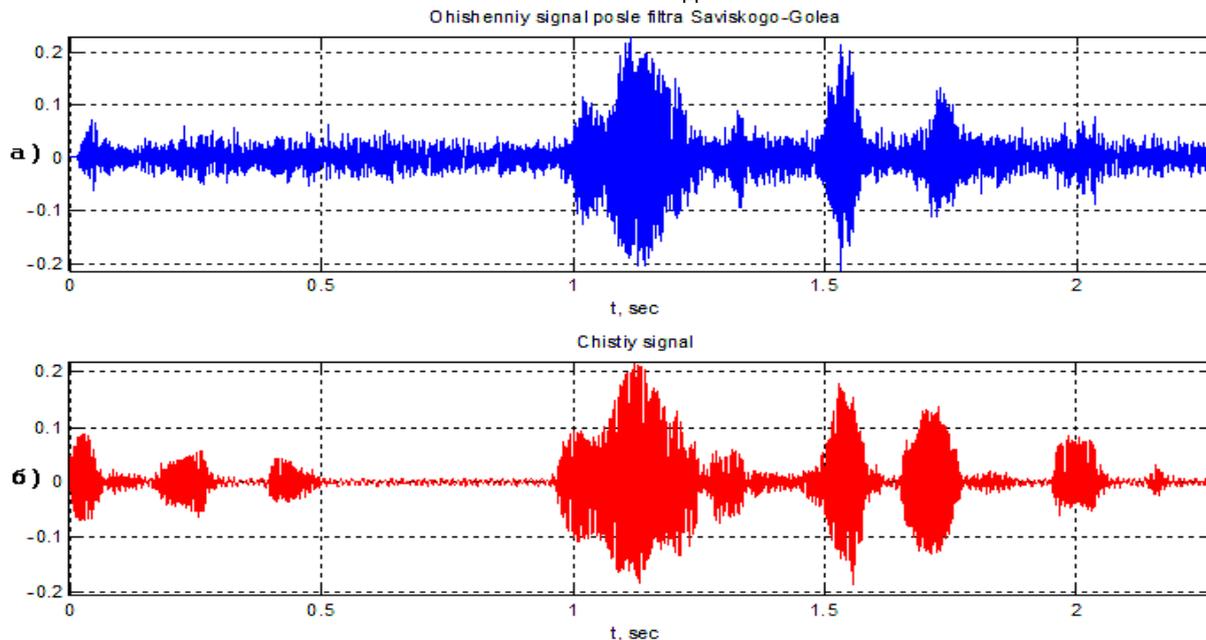


Рисунок 8 – а) Очищенный сигнал после фильтра Савицкого-Голея ($W_{sg} = 91\%$); б) Чистый речевой сигнал;

Продолжение анализа и результатов экспериментальных исследований алгоритмов шумоочистки рассмотрены в работе: Гуляев В.П. «Экспериментальные исследования алгоритмов шумоочистки при многоканальном ведении акустической речевой разведки. Часть 2».

Литература

1. Чучупал В.Я., Чичагов А.С., Маковкин К.А. Цифровая фильтрация зашумленных речевых сигналов. Вычислительный центр РАН Москва, 1998. 52 с.
2. Уидроу Б., Стирнз С. Д. Адаптивная обработка сигналов. М.: Радио и связь, 1989. 440 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ШУМООЧИСТКИ ПРИ МНОГОКАНАЛЬНОМ ВЕДЕНИИ АКУСТИЧЕСКОЙ РЕЧЕВОЙ РАЗВЕДКИ ЧАСТЬ 2

Гуляев Владимир Павлович

кандидат технических наук, Уральский федеральный университет, имени Первого президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, (Продолжение статьи Гуляев В.П. Экспериментальные исследования алгоритмов шумоочистки при многоканальном ведении акустической речевой разведки. Часть 1.)

EXPERIMENTAL RESEARCH AND ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR NOISE REDUCTION WITH MULTICHANNEL ACOUSTIC VOICE OPERATED EXPLORATION PART 2

Gulyaev Vladimir Pavlovich, Ural Federal University, named after the first President of Russia Boris Yeltsin, Yekaterinburg (Article Continued Gulyaev V.p. experimental study of algorithms for noise reduction with multichannel acoustic voice operated exploration part 1.)

АННОТАЦИЯ

В доступных литературных источниках не обнаружены работы по анализу надежности защиты речевой информации при пространственно-многоканальном ведении акустической речевой разведки (АРР) с применением различных алгоритмов шумоочистки. Такая тактика ведения АРР требует иных подходов к активной маскировке речевых сигналов. В статье приводятся результаты анализа пяти алгоритмов шумоочистки при пространственно-многоканальном ведении АРР.

ABSTRACT

In the available literature has not found work on the analysis of the reliability of the protection of verbal information with spatial-multichannel acoustic voice operated exploration (ADR) using different algorithms for noise reduction. Such tactics of ADR requires other approaches to active disguise voice signals. The article presents the results of the analysis of five algorithms for noise reduction in spatio-multichannel management ADR.

Ключевые слова: адаптивные алгоритмы, отношение сигнал/шум (С/Ш), фильтрация, словесная разборчивость.

Key words: Adaptive algorithms, signal-to-noise ratio (s/w), filtering, verbal intelligibility.

5. Фильтрация на основе нейронных сетей.

Нейронные сети или, точнее, искусственные нейронные сети, представляют собой технологию, которая находит свое применение в разнообразных областях благодаря одному важному свойству – способности обучаться на основе данных при участии учителя или без его вмешательства. В общем случае нейронная сеть представляет собой машину, моделирующую способ обработки мозгом конкретной задачи.

Для того чтобы добиться высокой производительности, нейронные сети используют множество взаимосвязей между элементарными ячейками вычислений – нейронами [2].

Работа искусственной нейронной сети по шумоочистке речевого сигнала происходит следующим образом. Используется два подмассива – первый, в котором содержится исключительно шум и второй, в котором присутствуют смесь сигнала и шума. Процесс функционирования нейронной сети состоит из двух основных этапов – этапа обучения и этапа непосредственной работы.

На этапе обучения используется подмассив, содержащий исключительно шум. Вводятся два окна – окно с входными данными длиной k отсчетов и окно с целевыми данными длиной m отсчетов, как это показано на рис. 1.

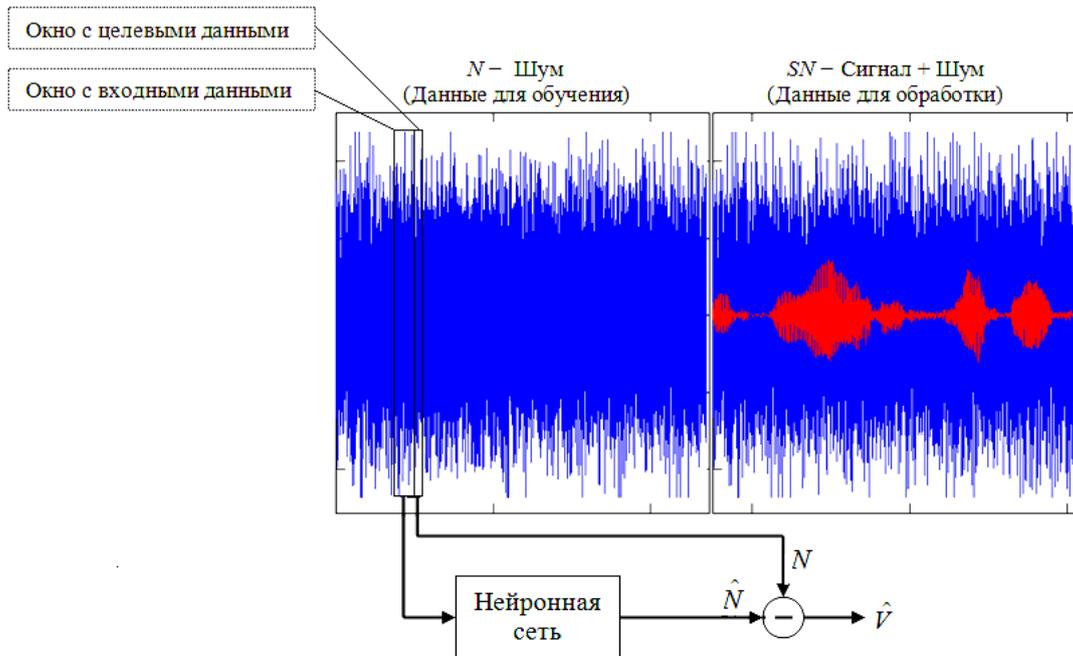


Рисунок 1 – Этап обучения нейронной сети

Таким образом, например, для ряда вида {0.3 0.5 0.2 0.4 0.3 0.7 0.1 0.9 0.1 0.5 ...} и $k = 4$, $m = 1$ будем иметь такие вектора:

$$\begin{aligned} 0.3 \ 0.5 \ 0.2 \ 0.4 &\Rightarrow 0.3 \\ 0.5 \ 0.2 \ 0.4 \ 0.3 &\Rightarrow 0.7 \\ 0.2 \ 0.4 \ 0.3 \ 0.7 &\Rightarrow 0.1 \end{aligned}$$

Во входное окно войдут первые 4 значения, а в целевое окно пятое значение, далее выполняется сдвиг на один отсчет и так далее. На выходе нейронной сети формируется сигнал N' . Таким образом, сеть учится предсказывать значение точки за пределами входного окна, на основе тех точек, которые в него попали. Вводится величина V , которая равна разности значений целевого окна и выходных значений нейронной сети [3].

Если нейронная сеть обучилась точно предсказывать поведение шума, тогда $N = N'$, а $V = 0$, но так как шум представляет собой случайный процесс, значения которого распределены по нормальному закону, то в этом случае сеть не сможет свести ошибку к нулю. Единственное, что может сделать сеть, на основе полученных статистических данных, указать какое значение сейчас наступит с большей вероятностью. В результате выходная величина V , будет представлять собой шум, являющийся ошибкой экстраполяции (прогнозирования).

На этапе работы согласно рис. 2, используется подмассив, содержащий как шум, так и полезный сигнал. Но на данном этапе используется только одно окно с входными данными. Так как в процессе обучения сеть научилась предсказывать только случайную составляющую, ис-

ходный квазигармонический речевой сигнал будет претерпевать незначительные изменения. В результате на выходе нейронной сети будет смесь речевого сигнала и ошибки экстраполяции входного вектора шума.

В результате после фильтрации словесная разборчивость повысилась с 20% до 80% (рисунок 3а), либо для меньшей начальной величины с 10% до 65%.

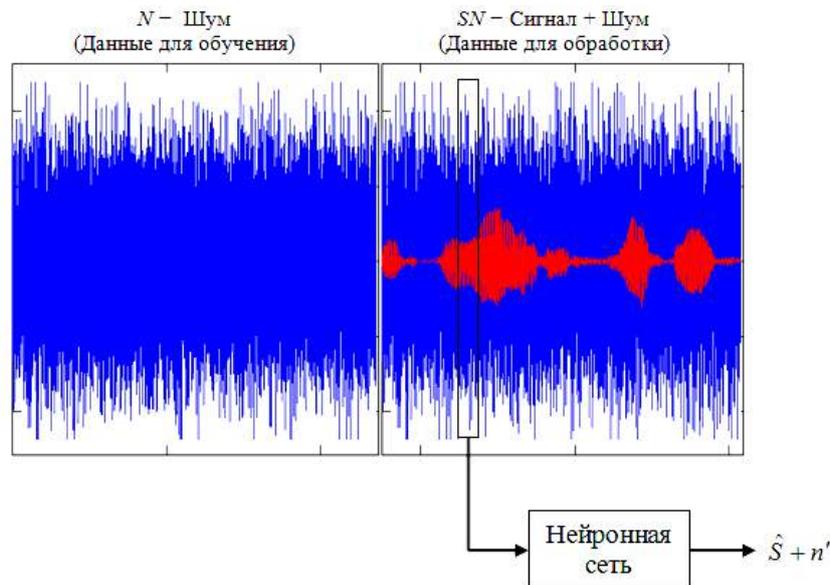


Рисунок 2 – Этап работы нейронной сети

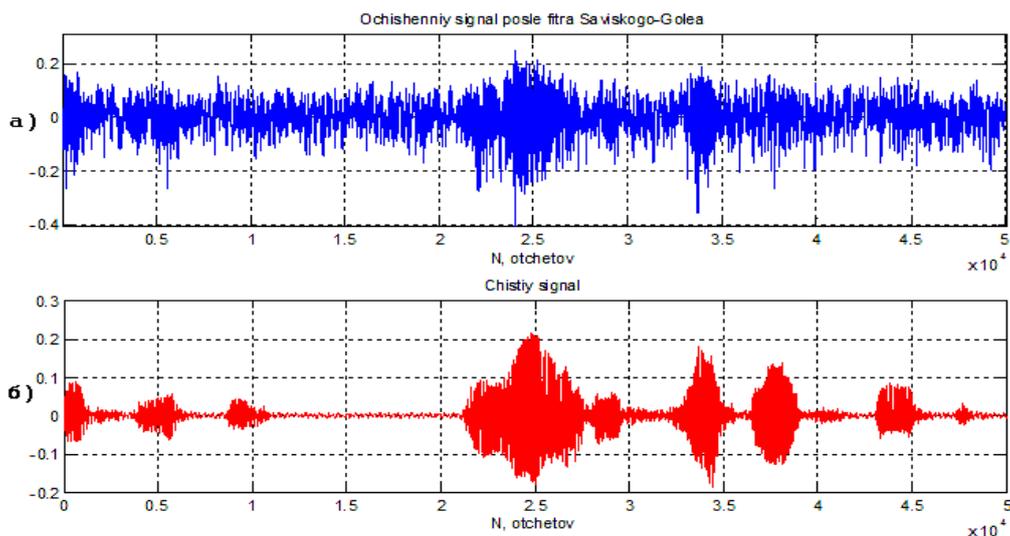


Рисунок 3 – а) Выходной сигнал фильтра Савицкого-Голея ($W_{SG} = 80\%$); б) Чистый речевой сигнал;

6. Метод синхронной обработки зашумленных речевых сигналов. (метод компенсации помеховых сигналов)

Суть данного метода шумоочистки заключается в синхронной регистрации сигнала двумя радиозакладками с вибродатчиками, размещенными на внешней поверхности стены помещения, защита которой производится одним вибропреобразователем средств защиты речевой информации.

Данный метод основывается на том, что скорости распространения звука в строительных конструкциях на порядок превышает скорость его распространения в воздухе (в кирпичной или бетонной стене этот показатель составляет около 3500–4000 м/с, в воздухе – около 340 м/с). Так в случае расположения источника информации в произвольной точке выделенного помещения, а излучающего шум вибропреобразователя – в центральной части

стены, и снимающих информацию вибродатчиков – на взаимном расстоянии около 3 м, сигнал на выходе каждого вибродатчика будет представлять собой смесь шума и речевого сигнала с различным временным смещением. Пример подобного канала утечки информации приведен на рис. 4.

Переданные в пункт сбора информации зарегистрированные сигналы в последующем могут быть обработаны по простейшему алгоритму, заключающемуся в нормировке по уровню и получении разностного сигнала. В результате обеспечивается практически полная очистка полезного речевого сигнала от шума [4].

Проведен эксперимент, в котором воспроизводилась модель данного канала утечки информации (рис. 5). Использовались: два персональных компьютера, два одинаковых микрофона и три колонки. К каждому компью-

теру подключено по одному микрофону, для записи акустических сигналов. Две колонки, подключенные к первому компьютеру, предназначены для воспроизведения шумовых помех. Третья колонка необходима для воспроизведения речевого сигнала.

Эксперимент производился следующим образом: на каждом персональном компьютере включались на запись акустические сигналы. В процессе записи первые две колонки, расположенные в непосредственной близости от микрофонов, воспроизводили шумовые сигналы длительностью 15 секунд.

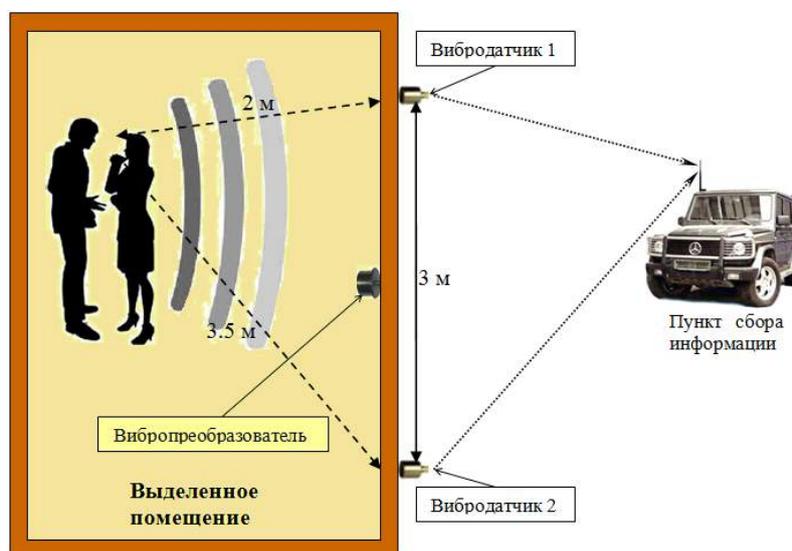


Рисунок 4 – Схема канала утечки речевой информации

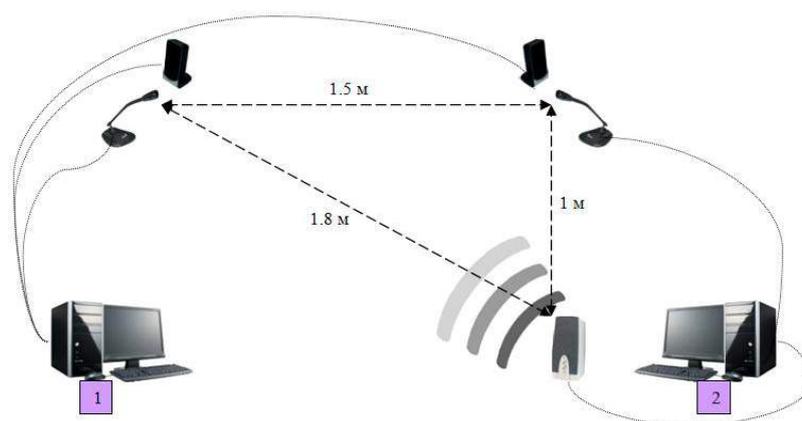


Рисунок 5 – Модель канала утечки речевой информации

В этом интервале времени 15-ти секунд запускался на воспроизведение речевой сигнал длительностью 10 секунд, с помощью третьей колонки.

Так как одновременное включение программы записи, установленной на каждом компьютере маловероятно в силу человеческого фактора, дополнительно использовались импульсы синхронизации, которые представляли из себя три синусоидальных колебания. Данные импульсы синхронизации воспроизводились вместе с шумовым сигналом одним файлом. При обработке принятых сигналов выделяется часть сигнала, началом которого служат импульсы синхронизации. На рис.6, изображены два принятых сигнала, синхронизированных по времени и нормированных по амплитуде.

В результате шумоочистки по данному методу, в выделенном речевом сигнале значительно повысилась словесная разборчивость. Точное значение величины словесной разборчивости получить не удалось. Тем не менее, при воспроизведении и прослушивании выделенного речевого сигнала и очищенного с помощью фильтра Савиц-

кого-Голя аудио сигналов можно объективно утверждать, что сообщение содержит достаточное количество правильно понятых слов, что позволяет уверенно понимать смысл разговора.

Это говорит о том, что словесная разборчивость лежит в пределах 80 – 95%.

Все предыдущие результаты величин словесной разборчивости при анализе различных алгоритмов шумоочистки приводились для маскировки сигналов “белым” шумом, который является самым распространенным типом помехи, используемым в средствах защиты речевой информации. Также проведено сравнение результатов шумоочистки речевых сигналов для двух других типов маскирующих помех: “розового” шума и “микшированной” помехи. Так наиболее надежную маскировку речевой информации из трех типов помех показал “розовый” шум. Практически такие же высокие результаты показала “микшированная” помеха, преимущество которой еще заключается в задании сравнимо меньшего значения отношения сигнал/шум (в среднем менее 2.5дБ).

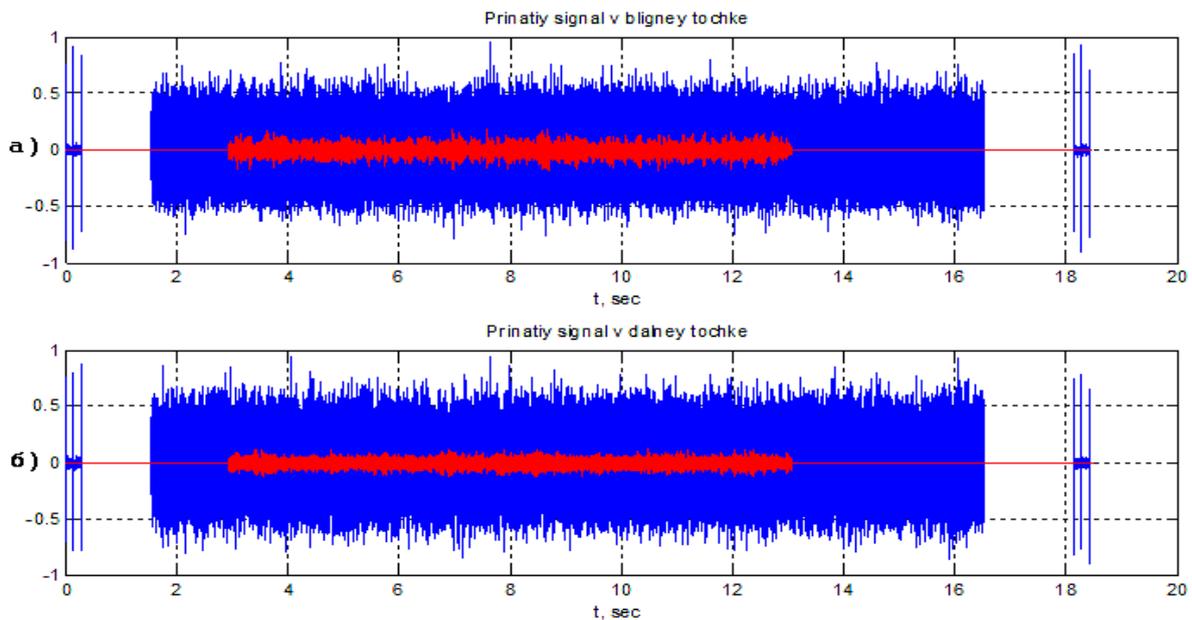


Рисунок 6 – а) Принятый сигнал в ближней точке; б) Принятый сигнал в дальней точке;

Анализ надежности шумовой маскировки речевой информации показывает, что использование различных алгоритмов шумочистки и ведение многоканальной АРР позволяют повысить величины словесной разборчивости и отношения сигнал/шум до уровня достаточного для составления злоумышленником подробной справки о содержании перехваченного разговора.

В связи с этим появляется необходимость в создании наиболее эффективных средств и методов активной защиты речевой информации, учитывающих возможности шумочистки речевых сигналов и ведения многоканальной речевой разведки. Для этого, необходимо проанализировать какие слабые и сильные стороны присутствуют в способах защиты от перехвата речевой информации.

Результаты экспериментальных исследований по сравнению маскирующих свойств трех различных типов помех показали, что наименее надежную маскировку речевой информации обеспечивает «белый» шум, при этом являясь самым распространенным типом помехи, используемым в сертифицированных средствах виброакустической защиты.

Далее необходимо проанализировать особенности работы различных алгоритмов шумочистки речевых сигналов. Три из пяти алгоритмов: алгоритм вычитания амплитудных спектров, алгоритм оценивания минимальной среднеквадратической ошибки и нейросетевые алгоритмы, основываются на получении дополнительной статистической информации во время пауз речевого сигнала. Таким образом, у злоумышленника появляется возможность взятия образца чистого шумового сигнала. Это говорит о том, что непрерывный источник маскирующего шума является избыточным.

Предложен более эффективный метод маскировки речевых сигналов, который основывается на синхронном выключении источника шума на моменты пауз речи.

Для этого необходимо задание порога срабатывания, который учитывает особенности пассивной защиты на основе измерения коэффициентов звукоизоляции (виброизоляции) ограждающих конструкций защищаемого помещения. Таким образом, если речевой сигнал имеет слабую интенсивность, то в этом случае сигнал защищается только пассивным способом, так как необходимость в активной защите отсутствует. На рис. 7 показана модель синхронной маскирующей помехи с постоянно заданной интенсивностью.

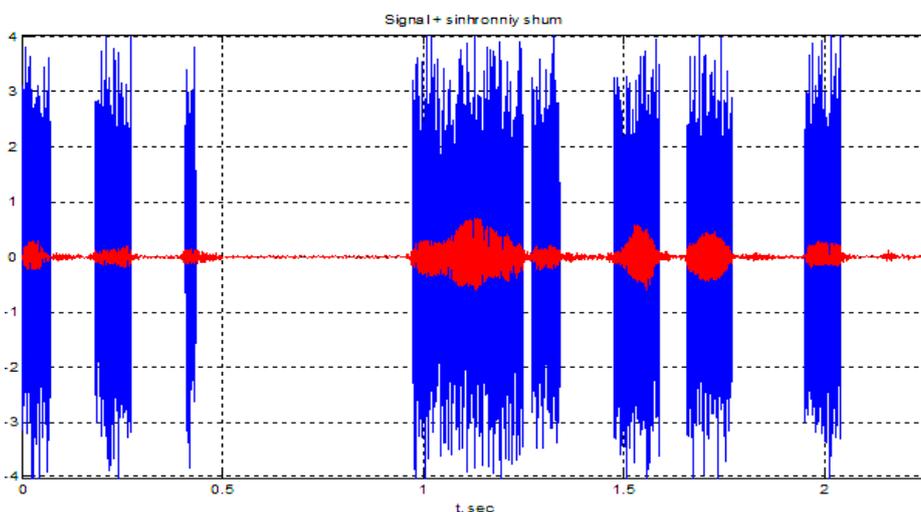


Рисунок 7 – Синхронный шум с постоянно заданной интенсивностью

Алгоритм работы генератора синхронной маскирующей помехи заключается в следующем. Если уровень речевого сигнала в разведопасном направлении у ограждающей конструкции не превышает опасного порога (за ограждающей конструкцией в месте возможного расположения средств технической разведки не возможен или значительно затруднен перехват этого сигнала), то генератор не формирует маскирующую помеху. В противном случае генератор вырабатывает маскирующую помеху, обеспечивая необходимую маскировку речевого сигнала.

В качестве альтернативы можно использовать неравномерный синхронный шум, уровень которого зависит

от уровня анализируемого речевого сигнала. Модель такого шумового сигнала показана на рис. 8. Таким образом, для каждого интервала речи обеспечивается минимально необходимая для защиты интенсивность помехового сигнала.

Из сертифицированных ФСТЭК России нет ни одной, обладающей подобной функцией выключения в моменты пауз разговора. Среди несертифицированных средств есть похожие системы, но при этом большая часть из них относится к мобильным средствам, использующих головные телефоны, микрофоны и сильношумящие колонки, что неприемлемо при проведении закрытых совещаний.

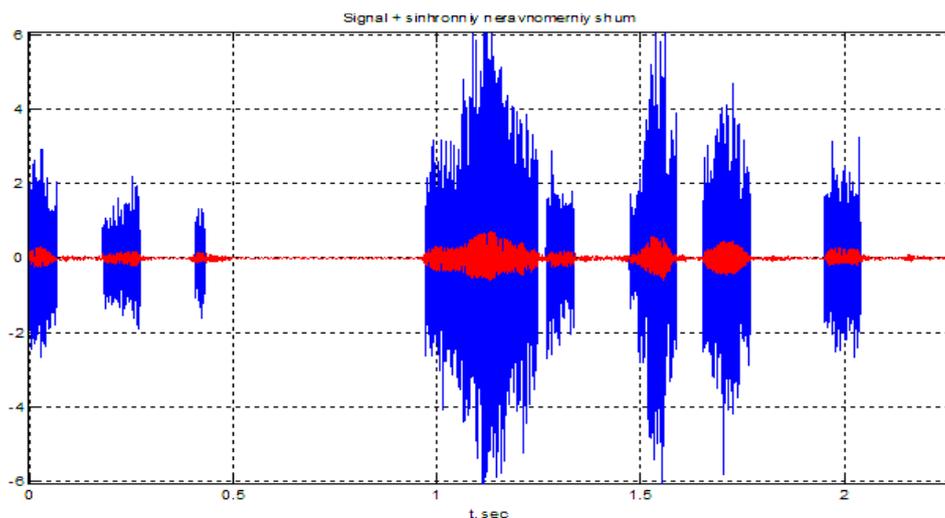


Рисунок 8 – Синхронный неравномерный шум

В заключении необходимо отметить, что синхронный генератор шума имеет еще одно положительное свойство, связанное с минимизацией влияния на нервную систему человека, что в конечном итоге приводит к уменьшению дискомфорта при проведении переговоров.

Литература

1. Уидроу Б., Стирнз С. Д. Адаптивная обработка сигналов. М.: Радио и связь, 1989. 440 с.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. 1104 с.
3. Валюх А.А., Хандецкий В.С., Адаптивный цифровой фильтр на основе нейронной сети. // Нейроинформатика. 2010. №1. С. 174-182.
4. Бортников А. Н. Совершенствование технологий информационной безопасности речи. // Защита информации. Конфидент. 2001. №4. С. 34-37.

MODIFICATION OF MICROSTRUCTURE OF STAINLESS STEEL IN THE ELECTRON PLASTIC DEFORMATION UNDER CONTINUOUS STRETCHING WITH DIFFERENT SPEEDS

Hunenko Aleksey Valentinovich

MA student, Mozyr State Pedagogical University Named by I.P.Shamyakin

Dashuk Kristina Valer'evna

MA student, Mozyr State Pedagogical University Named by I.P.Shamyakin

Savenko Vladimir Semenovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief of Physics Department, Mozyr State Pedagogical University Named by I.P.Shamyakin

ABSTRACT

Considered electroplastic deformation of the samples of stainless steel under the action of a single-pulse current density of $\sim 105 \text{ A / cm}^2$ and duration of $\sim 10^{-5} \text{ s}$, with continuous tension at different rates of loading. It is shown that under the influence of external radiation is substantially modified material structure occurs microsection microstructure grinding, crushing grains varies yield stress and elastic limit of the material.

KEYWORDS

Tension, microstructure, pulse electric current, deformation, grain refinement.

I INTRODUCTION

The mechanism of deformation electroplastic (EPD) is the acceleration of the plastic flow of the metal flow of conduction electrons that are in the drift motion under the influence of the applied potential difference, or the action of "electron wind" inside the deformable metal [1-2]. In addition to the Joule effect, the free electrons are able to provide special electroplastic specific action on the metal, which is under mechanical stresses above the yield stress [3-4].

Electroplastic deformation can act together with the Joule effect in the now conventional metal forming processes involving electrical current, such as EKN (electrocontact heating) and induction heating eddy currents, which uses joule effect. Thus there was a reasonable expectation that with the help of directional electroplastic effect (EPE) can intensify the processes of metal forming, such as drawing, rolling, punching, hood, etc., And modify their physical and mechanical properties.

The grain size of the metal depends strongly on factors such as crystallization, and other types of thermomechanical treatments. The most important mechanical characteristics of metal as yield strength and microstructure of the material are

determined, including substantially depend on the sizes of the grains. Some commercially important materials with decreasing grain size (less than 10 microns) in a special arrangement superplastic deformation phenomenon is realized vary the electric and magnetic properties of grain boundaries along faster than the volume

The purpose of this research was to study the external radiation in conditions of realization elektroplastichnosti metals on the physico-mechanical properties of thin samples of stainless steel for high-performance properties of materials.

III METHODS AND RESULTS OF EXPERIMENT

When testing the samples was carried out by the deformation stand static loading force with a uniform deformation increases in time. Samples were tensile tested according to the magnitude of the recording time of the tensile force. In the first series of experiments for the realization of the samples after deformation electroplastic pulsed current to 103 A / mm² with a duration of 10⁻⁵. When a current is passed in the sample were observed dynamic deformation in the form of oscillations deforming forces in the direction of softening in the yield stress by stimulating current plastic strain in the elastic region (Figure 1).

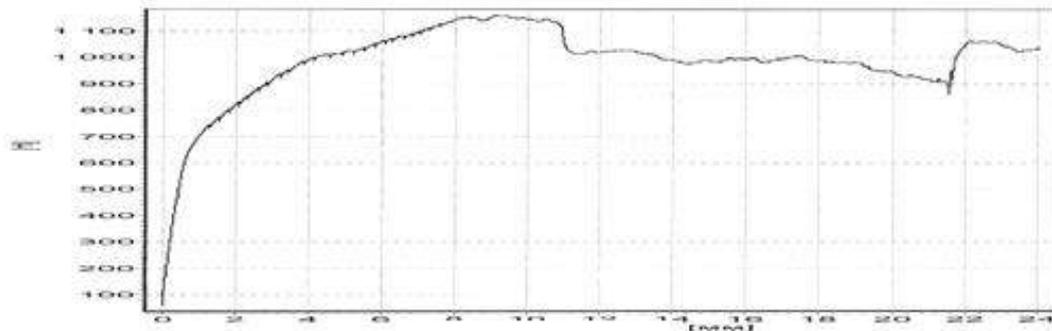


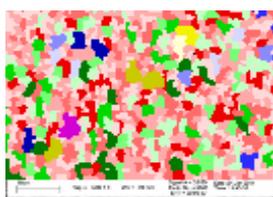
Figure 1 - The oscillations deforming forces in the statistical sample loading by passing current pulses.

The microstructure of the samples carried out by using a scanning electron microscope LEO 1455VP (Carl Zeiss). The observation was carried out registration of reflected electrons, accelerating voltage was 20 kV. Morphological image analysis determined the device "Post microcontroller MK-3" by a computer program Autoscan Objects.

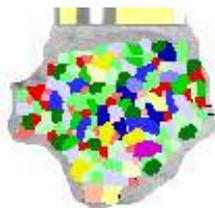
During the research was conducted morphological analysis with the release of histograms on classes, with the

definition of control of physical and mechanical properties of the material,. The analysis of experimental and theoretical data, taking into account the coefficient of pair correlations and regressions to be sure. With the help of a software package Matlab 7.1 was interpolated bicubic splines experimental data to the averaging of three-dimensional graphs.

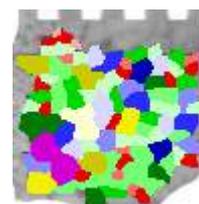
Sample 5 V = 0.5 mm / min



Sample 6 V = 1.1 mm / min



Sample 9 V = 2.5 mm / min



Morphological analysis of the microstructure of the samples on various parameters showed a significant dependence on external energy impacts, by passing current pulses. In the context of implementing electroplastic deformation steps with increasing single current pulse density of ~ 105 A /

cm² and duration of ~ 10⁻⁵ s, with different continuous tensile loading rate observed modification of the microstructure of stainless steel.

Morphological analysis of test samples in electron plastic strain, showed a decrease in the percentage of the area and the length of the grains (Figure 2-3), ie, deformation

of the sample microstructure becomes fine-grained, grain shape take great lengthening with increasing grain with a predominant axial orientation structure is substantially reduced length, width and grain elongation, vertical and horizontal projection of the grain (Figure 4).

Thus the implementation of improved conditions elektroplastichnosti metal microstructure that is usually implemented by creating fume metal structure with decreasing grain size.

With the increase in the rate of loading samples of stainless steel, there is a decrease in the change in the oscillation of the deforming force and a decrease in the overall level of deformation load, due to the depletion of the dislocation structure of the active loading of the sample, and as a consequence of changes electroplastic influence of deformation on the modification of the physico-mechanical properties of metals.

Calculation of the parameter: Area Objects allocated in the parameter area into 10 intervals.

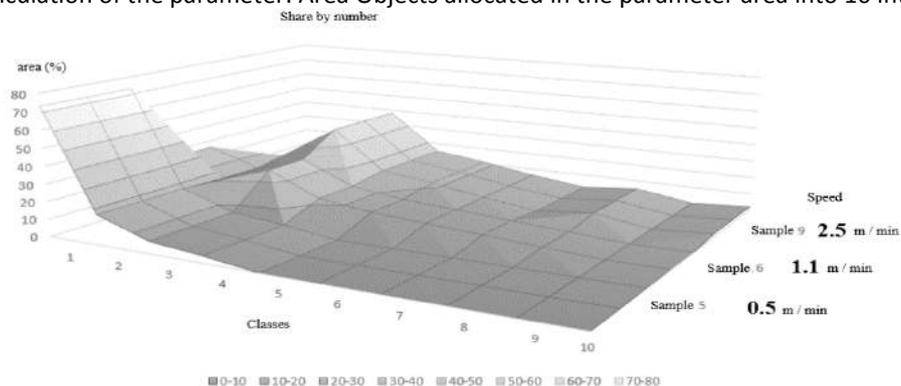


Figure 2 - Comparison chart of the parameter area Calculation of the parameter: Length Objects allocated in the parameter form factor 10 intervals from minimum to maximum value.

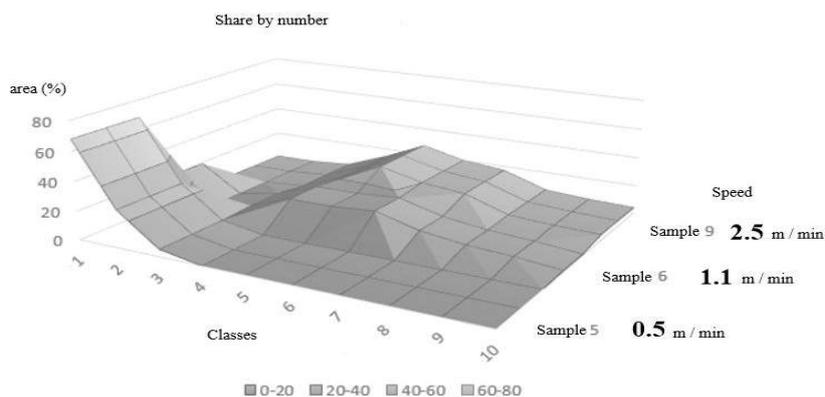


Figure 3 - Comparison chart of the parameter area Calculation of the parameter form factor Objects allocated in the parameter form factor 10 intervals from minimum to maximum value.

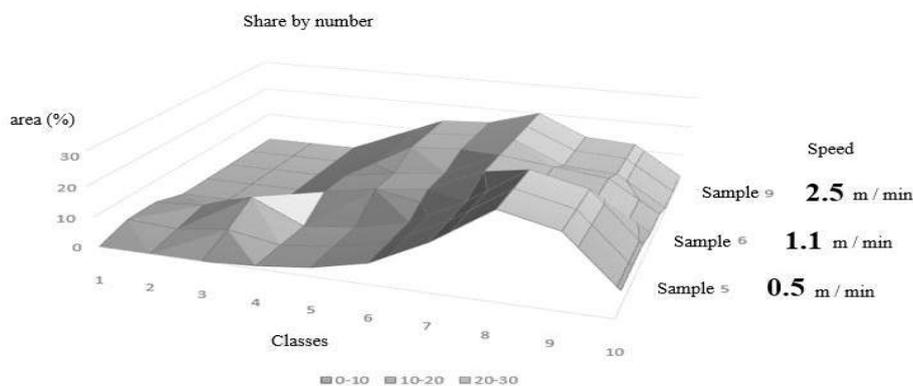


Figure 4 - Comparison chart of the parameter area

References

1. Savenko VS Basic and applied research electroplastic deformation of metals: a monograph. / OA Troitsky, VS Savenko. - Minsk: ITC Ministry of Finance, 2013. - 375s.
2. Trinity, OA Physical basis and modern metal processing technology: in 2 vol. / OA Trinity [and

- others]. - Izhevsk - Moscow: Publishing House of the RHD., T 1 - 590s., T 2 - 467s.
3. M. Molotskii, V. Fleurov.// J Phys. Chem. B. - 2000. - v. 104. - R.3812 - 3816.
4. A.F. Sprecher, S.L. Mannan, H. Conrad.// Acta Met. 34.1145 (1986).

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Иванов Виктор Викторович

ассистент, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

Тебякина Диана Сергеевна

магистрант, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов

STATE ISSUE SIMULATION PROCESS WATERJET MACHINING

Ivanov Viktor V., a.P., Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov

Tebyakina Diana S., graduate student, Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Saratov

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрена проблема, затрагивающая вопросы моделирования технологического процесса гидроабразивной обработки на основе подробного анализа теоретических моделей данного процесса. Выявлена и обоснована необходимость использования единого подхода к исследованию гидроабразивного резания.

ABSTRACT

This article describes the problem affecting the issues of modeling the process of waterjet machining based on a detailed analysis of theoretical models of the process. Identified and justified the need for a unified approach to the study of waterjet cutting.

Ключевые слова: абразив, гидроабразивная резка, математическая модель.

Keywords: abrasive, mathematical model, waterjet cutting.

Создание новых конструкционных материалов, разнообразие сортамента, усложнение форм изделий и ужесточение требований к качеству обработки ведут к появлению все более производительных и эффективных технологий, в частности технологий резания. К таким процессам раскроя материалов относится гидроабразивное резание, осуществляемое на процессе разрушения при воздействии сверхзвукового потока жидкости и абразива.

Гидроабразивная струя выполняет процесс резания при помощи ударного эффекта абразива об обрабатываемый материал, вследствие этого формируется последовательность данного процесса: срез, эрозия, эффект микромеханической обработки и разрушение под воздействием быстроизменяющегося поля местных напряжений.

Технология гидроабразивного резания идеальна для вырезки материалов, которые являются чувствительными к температуре. После резания струей не требуется дополнительная механическая обработка и не наблюдается упрочнения поверхности реза и прижогов.

Принципиальным технологическим преимуществом гидроабразивного резания является отсутствие теплового воздействия на поверхность детали, которое связано с важнейшей характеристикой любого процесса обработки материала - производительность. Производительность процесса, как правило, выражается скоростью подачи инструмента относительно детали, а также объемом удаленного материала в единицу времени.

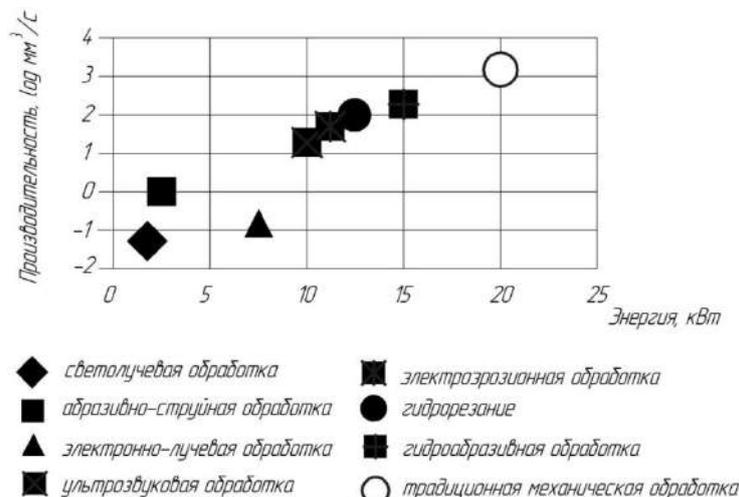


Рисунок 1. Производительность различных методов резания материалов

Анализ производительности резания материалов при различных методах обработки показал, что гидроабразивное резание обеспечивает скорость резания соиз-

меримую с наиболее производительными традиционными механическими методами обработки при меньших затратах энергии (рисунок. 1) [12].

Несмотря на большое количество работ по проблемам математического моделирования процесса гидроабразивного резания, в настоящее время отсутствуют общие подходы к ее исследованию. С учетом этого можно условно разделить всю совокупность физических процессов, происходящих в гидроабразивной струе, на отдельные модельные процессы, выполнить их анализ и моделирование, а результат общую модель струи получить, как суперпозицию моделей отдельных процессов. В рамках поставленной задачи явления, происходящие в гидроабразивной струе, могут быть, по нашему мнению, описаны и объяснены из анализа следующих теоретических моделей процесса гидроабразивного резания:

- двухмерные модели в направлении подачи;
- трехмерные модели в направлении подачи;
- модель энергетического баланса;
- моделирование формы режущего фронта;
- моделирование объема срезаемого слоя и глубины резания;

- модель процесса гидроабразивной обработки, основанная на закручивании струи рабочей жидкостью.

Последовательно рассмотрим указанные модели.

1. М. Hashish предложил двумерную модель процесса гидроабразивного резания в направлении подачи, в которой установил последовательную очередность процесса резания в основу, которой положены три режущих каскада: входного, основного режущего и выходного. В процессе гидроабразивного резания струя врывается в материал, увеличивая постепенно глубину реза - входной каскад. Каскад основного резания формируется в процессе достижения максимальной глубины реза в области фронта разрушения. В дальнейшем струя отклоняется в обратную сторону от направления подачи, образуя на дне реза - треугольник, показанный на рисунке 2. Этот каскад получил название выходной.

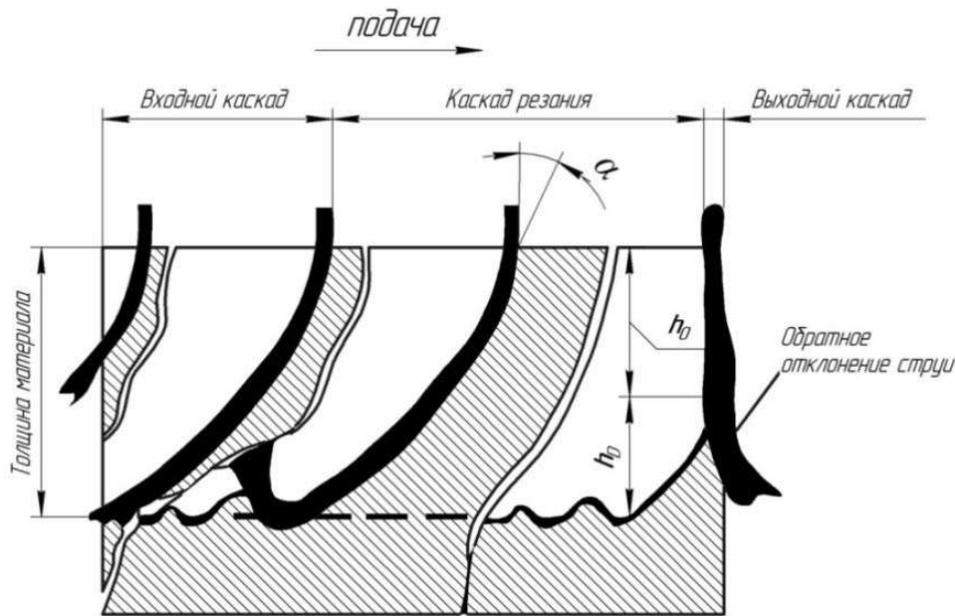


Рисунок 2. Схема прохождения процесса гидроабразивного резания

Первая ступень режущего цикла — это зона интенсивного износа h_0 (рисунок 2) на этой ступени сьем материала осуществляется единичными абразивными частицами при малых углах столкновения, что характерно для процесса микрорезания.

При достижении некоторого угла столкновения режим резания переходит во вторую ступень hD - износ. На этой ступени гидроабразивная струя проникает в материал, удаляя его под воздействием различных видов эрозии, которая связана с многоходовой бомбардировкой частицами, повышением твердости поверхности из-за пластической деформации и формированием трещин. Данная зона характеризуется образованием на поверхности реза штрихов обработки и волнистости. При достижении критической глубины резания процесс разрушения прекращается, а абразивные частицы движутся на дне под углом $\phi \approx 90^\circ$.

Теоретических объяснений явлению существования двух ступеней резания материала Hashish не дает.

2. Guo рекомендовал трехмерную модель процесса гидроабразивной резки, основываясь на процессах

разрушения в направлении подачи и перпендикулярно к подаче [2]. Микрорезание единичными абразивными частицами сформировывает микроструктуру поверхности резания, что свойственно верхней зоны поверхности резания. При конкретных требованиях такое качество шероховатости поверхности может быть достигнуто в глубинной зоне резания. Не вполне сформированное реактивное колебание струи формирует трехмерное перемещение фронта обработки во время процесса резания, что ведет к образованию штрихов на поверхности.

3. Ramulu и Arola отметили в процессе гидроабразивной резки следующие зоны: зона чистового резания и зона чернового резания и предложили гипотезу о постоянстве кинетической энергии гидроабразивной струи зависящей от длины обрабатываемого материала при переходе из «гладкой зоны» в «черновую зону» ($hsc \rightarrow hRc$) [4].

Энергия, израсходованная гидроабразивной струей на резку:

$$E_{Dis} = E_A - E_{EX}, \quad (1)$$

где E_A - кинетическая энергия гидроабразивного потока,
 E_{EX} - кинетическая энергия на выходе из материала.

$$E_A = (m_A + m_W) v_p^2 \frac{d_F}{2V}, \quad (2)$$

где m_A - расход абразива; m_W - расходы на потребление жидкости; v_p - средняя скорость абразивного зерна; d_F - диаметр гидроабразивного сопла; V - подача.

4. При описании формы фронта реза $h(x)$, Zeng предложил параболическое уравнение (рисунок 3) [5]. Geskin и Chaо при описании режущего фронта руководствуются полиномом второго порядка. Это предоставляет возможность определения зависимости максимальной высоты штрихов при обработке от глубины реза [1]:

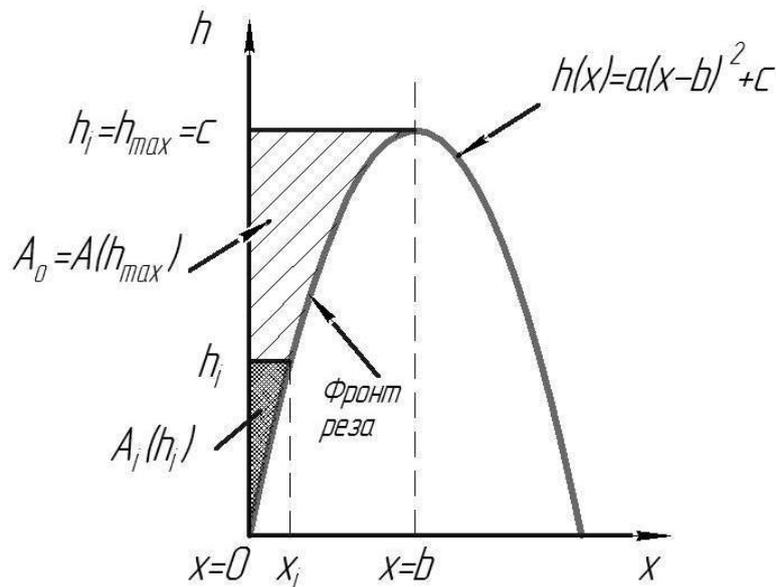


Рисунок 3. Моделирование фронта реза

5. Разработанная Hashish модель эрозии по определению объема удаляемого слоя материала при малых углах атаки абразива по режущему фронту [3] в основу, которой положена теория микрорезания Finnie:

$$dV_M = \frac{7}{\pi} \left[\frac{R_f^3 \cdot dm_A}{\rho_p} \right] \cdot \left[\frac{V_p}{V_c} \right]^{2.5} \sin 2\varphi \sqrt{\sin \varphi}, \quad (5)$$

где R_f - параметр шероховатости; ρ_p - плотность абразива; m_A - расход абразива; V_p - скорость абразивной частицы; φ - угол падения гидроабразивной струи; V_c - характеристическая скорость абразивной частицы; σ_f - предел твердости.

$$V_c = \sqrt{\frac{3\sigma_f R_f^{3/5}}{\rho_p}}, \quad (6)$$

При определении глубины резания Hashish предложил:

$$h(x) = a(x-b)^2 + c, \quad (3)$$

где a, b и c - постоянные величины, полученные после измерений.

$$\text{Для } c = h_{\max} \text{ и } b = x_{\max}$$

$$a = \frac{-c}{b^2} = \frac{-h_{\max}}{x_{\max}^2}, \quad (4)$$

Оценку параметров x_{\max} и h_{\max} можно производить для любой поверхности процесса резания. Высота кривой находится в соответствии с глубиной реза. Значение максимальной глубины реза достигается в том случае, если параболическая функция, $\frac{dh}{dx}$, равна нулю.

$$h_d = \frac{1}{\frac{\pi d_{jet} \sigma_f v}{2c_2 m_A (V_p - V_{thr})^2} + \frac{C_f}{d_{jet}} \cdot \frac{V_p}{V_p - V_{thr}}}. \quad (7)$$

где V_{thr} - предельная подача.

Значения величин σ_f и V_{thr} в данных уравнениях предварительно вычисляются.

6. В процессе обработки гидродинамические параметры гидроабразивной струи снижаются, а именно уменьшается ее скорость, увеличивается распыл струи, все служит причиной к увеличению площади контактирования струи с обрабатываемой поверхностью и уменьшению удельного давления резания, интенсивному возрастанию энергоемкости процесса и снижению технологических параметров обработки в процессе гидроабразивной резки.

Вследствие чего, эти причины являются предпосылками к снижению показателей качества обрабатываемых материалов, что во многих случаях имеет первостепенное значение.

Одним из методов решения проблемы повышения гидродинамических параметров гидроабразивной струи является установление рациональных параметров обработки для организации наиболее эффективного технологического процесса гидроабразивной обработки. Предпосылкой к данной рабочей гипотезе явились результаты исследований [6 - 11], которые отмечают увеличение режущей способности и повышение производительности гидроабразивной резки, вследствие закручивания струи рабочей жидкости путем нарезания в смесительной трубке спиралеобразной канавки.

Несмотря на большое количество источников литературы, их количество ограничено и не содержит полного обоснования выбора рациональных параметров гидроабразивной обработки. Во многих источниках указывается лишь возможность применения закручивания гидроабразивной струи без указания характеристик процесса обработки. Поэтому вопрос определения и исследования обоснования выбора рациональных параметров гидроабразивной обработки, оказывающих влияние на повышение производительности и качества процесса гидроабразивной резки, является в настоящее время актуальным в области машиностроения.

В результате анализа, выше приведенных, теоретических моделей процесса гидроабразивного резания можно сделать вывод, что имеющиеся модели касаются отдельных аспектов функционирования конкретной технологической системы. Такие модели включают в себя прогноз поведения отдельных элементов процесса резания. Таким образом, встает задача поиска оптимального методологического подхода к исследованию процесса гидроабразивного резания посредством математического моделирования с целью повышения производительности обработки материала, а именно создание имитационной модели процесса гидроабразивного резания.

Имитационная модель позволит рассчитывать характеристики струи и организовывать наиболее эффективный технологический процесс гидроабразивной обработки. Такая модель должна представлять собой информационную систему, включающую в себя ввод параметров обработки, их корректировку, имитацию процесса резания, выходные результаты после процесса обработки.

Список литературы

1. Chao, J., Geskin E. S. Experimental study of the striation formation and spectral analysis of the abrasive waterjet generated surfaces // In: Hashish M (ed) Proc. 7th Amer. Water Jet Conf. Vol. 1, Water Jet Techn. Ass., St. Louis, 1993. P. 27 - 41.

2. Guo N. S. SchneidprozeP und Schnittqualität beim Wasserabstrahlstrahl-schneiden // VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 2. 1994. Nr. 328.
3. Hashish M. An improved model for erosion by solid particle impact // In: Field J E, Dear J P (eds) Proc. 7th Int. Conf. Erosion by Liquid and Solid Impact, Cavendish Lab., Cambridge, 1987. P. 66.1 - 66.9.
4. Raju S. P. Predicting hydro-abrasive erosive wear during abrasive waterjet cutting - part 2: an experimental study and model verification // PED. Vol. 68-1. 1994. P. 381 - 396.
5. Zeng J., Heines R., Kim T. J. Characterization of energy dissipation, phenomena in abrasive waterjet cutting // In: Labus T J (ed) Proc. 6th Amer. Water Jet Conf, Water Jet Techn. Ass., St. Louis, 1991. P. 163 - 177.
6. Иванов В. В., Мирошкин А. Г., Шпилев В.В. Вопросы моделирования двухфазной турбулентной струи // Технологическое обеспечение качества машин и приборов: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф., ноябрь 2011 г. Пенза: ПДЗ, 2011. С. 31 - 33.
7. Иванов В. В., Шпилев В. В., Решетников М. К., Береда Н. Н. Метод увеличения режущей способности гидроабразивной струи // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011: сб. науч. тр. SWorld по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Вып. 4. Т. 6. Одесса: Черноморье, 2011. С. 18 - 23.
8. Иванов В. В., Шпилев В. В., Решетников М. К., Береда Н. Н. Экспериментальные исследования гидроабразивной обработки // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2011: сб. науч. тр. SWorld по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Вып. 4. Т. 6. Одесса: Черноморье, 2011. С. 18 - 23.
9. Иванов В. В., Иванов С. В., Шпилев В. В., Мирошкин А. Г. Теоретические предпосылки исследования процесса гидроабразивной резки на оси двухфазной турбулентной струи // Теоретические и прикладные проблемы науки и образования в 21 веке: сб. науч. тр. по материалам Междунар. заочн. науч.-практ. конф. Тамбов, 2012. С. 62 - 64.
10. Иванов В. В., Иванов С. В. Моделирование внедрения абразивной частицы в материал как поиск оптимального методологического подхода к разработке имитационной модели процесса гидроабразивной резки // Вестник развития науки и образования. 2014. №3. С. 90 - 95.
11. Пат. № 2466008 Российская Федерация. Способ формирования струи жидкости для резания материалов и устройство для его реализации / Шпилев В.В., Решетников М.К., Капulyник С.И., Береда Н.Н., Кутин А.С. Опубл. 10.11.2012. Бюл. №31.
12. Проволоцкий А.Е. Струйно-абразивная обработка деталей машин. Киев: Техника, 1989. 279 с.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТРУДОЕМКОСТЬ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ В СОВРЕМЕННЫХ САМ-СИСТЕМАХ

Казанцев Максим Сергеевич

магистр техники и технологий, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

THE MAIN FACTORS THAT AFFECTS THE TIME REQUIRED FOR A NC PROGRAMMING USING MODERN CAM SYSTEMS
Kazantsev Maksim Sergeevich, master of engineering, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются основные факторы, оказывающие влияние на трудоемкость процесса разработки управляющих программ для металлорежущих станков с ЧПУ при помощи современных САМ-систем. Результаты этого анализа были использованы при создании метода определения трудоемкости разработки управляющих программ.

ANNOTATION

The article describes the main factors that affects the time required for a NC programming of modern metal cutting CNC machines using modern CAM systems. The results of this analysis have been used for development of a method of evaluation of working time required for NC programming.

Ключевые слова: оценка трудоемкости, управляющая программа, САМ-система

Keywords: working time evaluation, NC program, CAM

В последние годы все более актуальным становится вопрос налаживания внутригосударственной и международной межзаводской кооперации для выполнения производственных заказов. О необходимости развития этого направления говорится на собраниях и совещаниях различного уровня [1]. Более того, это является одной из целей создания производственных кластеров, объединений и ассоциаций [2, 3, 4, 5]. Актуальность этого вопроса также поднимается на конференциях [6, 7].

Из-за конкурентного распределения заказов и высокой стоимости труда опытных специалистов целесообразным является разработка методов, позволяющих выполнять оценку трудоемкости этапа разработки управляющих программ для отдельных деталей и всего заказа специалистам, не имеющим большого опыта в такой области. Особенно актуальной эта задача является для предприятий или компаний, только начинающих браться за выполнение заказов по механической обработке металлов резанием.

В результате анализа процесса разработки УП в современных САМ-системах были выделены следующие этапы работы:

1. настройка параметров проекта;
2. импорт геометрических данных;
3. задание параметров инструмента;
4. задание параметров операций;
5. расчет траекторий;
6. визуализация обработки;
7. формирование выходной документации.

На каждом из этих этапов на процесс работы могут влиять факторы, снижающие и увеличивающие трудоемкость его выполнения. Выявление этих факторов и определение степени их влияния на трудоемкость является важным для точной оценки трудоемкости разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.

На первом этапе основным фактором, влияющим на трудоемкость, является тип станка, для которого разрабатывается управляющая программа. Так, например, для задания информации о нескольких заготовках, закрепленных в разных шпинделях, потребуется больше времени, чем для задания одной заготовки, а описание кинематической схемы пятикоординатного станка более трудоемко, чем трехкоординатного.

На трудоемкость следующего этапа работы, заключающегося в подготовке геометрической информации для разработки управляющих программ, влияют следующие факторы:

1. наличие трехмерных или двухмерных геометрических моделей объектов, используемых при разработке управляющих программ (детали, заготовки, вспомогательная оснастка). При их отсутствии необходимую геометрию придется строить при помощи средств моделирования САМ-системы. В этом случае дополнительно на трудоемкость оказывает влияние функциональность этих средств;
2. корректность чтения форматов геометрических моделей. Просто иметь модель изделия недостаточно, ее еще необходимо достоверно импортировать в систему. Ошибки в импортированной модели могут привести к генерации некорректных траекторий инструмента. Чтобы этого избежать приходится использовать средства анализа и исправления геометрии. В некоторых САМ-системах их можно применять автоматически при импорте моделей, в других степень их автоматизации меньше, а в третьих, в виду их отсутствия, придется перестраивать неправильные и достраивать недостающие геометрические элементы;
3. ошибки в исходных геометрических моделях. Точное чтение импортируемой модели еще не гарантирует, что геометрия не будет содержать ошибок, поскольку это зависит также от средств и методов построения геометрических элементов в САД-системе и алгоритмов сохранения в тот или иной формат. При наличии некорректных геометрических элементов их придется перестраивать, что потребует дополнительных временных затрат. При этом в случае, если САМ-система не обладает развитыми возможностями моделирования, эти временные затраты становятся еще больше.

На этапе задания параметров режущего инструмента и инструментальной оснастки были выявлены следующие факторы:

1. наличие в САМ-системе средств для создания и использования базы данных инструментов и инструментальной оснастки. Это позволяет сократить трудоемкость данного этапа, поскольку все параметры инструмента, необходимые для программирования обработки, берутся из базы данных;
2. наличие на предприятии внешней по отношению к САМ-системе базы данных режущего инструмента и инструментальной оснастки. Системы такого типа могут рассматриваться как альтернатива аналогичным средствам САМ-систем или как дополнительный модуль при их отсутствии;

3. возможность добавления инструмента из другого файла в формате САМ-системы. В случае отсутствия базы данных инструмента это позволяет быстро добавлять информацию об инструменте в проект, если до этого он уже использовался для разработки управляющих программ каких-либо деталей.

На этапе задания параметров процедур обработки были выявлены следующие факторы:

1. наличие в используемой САМ-системе средств автоматического выбора процедур обработки и их параметров. При наличии таких средств задача технолога программиста сводится к выбору обрабатываемой геометрии, если система не может распознать ее автоматически, и, при необходимости, корректировке параметров автоматически назначенных процедур. Это позволяет свести работу по программированию обработки некоторых элементов к минимуму;
2. возможность сохранения параметров процедур в виде шаблонов для использования при разработке управляющих программ для других деталей. Это позволяет создать библиотеку типовых операций и сэкономить время на подборе и задании параметров процедур обработки;
3. наличие в САМ-системе средств автоматического проведения инженерных изменений в исходной модели детали. Они позволяют автоматически определять процедуры, которые необходимо обновить соответственно внесенным изменениям. Это позволяет пересчитывать траектории при минимальных затратах времени. В ином случае может потребоваться ручная корректировка затронутых изменениями процедур.

На время выполнения расчета траекторий обработки по заданным пользователем параметрам могут влиять следующие факторы:

1. несоответствие компьютера, используемого для работы с системой, рекомендуемым системным требованиям, поскольку этот этап работы наиболее требователен к вычислительной мощности;
2. возможность расчета траекторий в фоновом режиме. Это позволяет продолжать работу в системе, не дожидаясь окончания расчета траекторий;
3. возможность использования многоядерных процессоров или отдельных вычислительных машин для расчета траекторий;
4. малый допуск на обработку выбранных геометрических элементов. При обработке высокоточных элементов необходимо увеличивать точность аппроксимации их геометрии, чтобы снизить влияние неточностей траектории на конечный результат. Это оказывает значительное влияние на время расчета.

На трудоемкость этапа проверки траекторий при помощи средств визуализации оказывают влияние:

1. несоответствие компьютера, используемого для работы с системой, рекомендуемым системным требованиям. В этом случае визуализация может занимать в разы больше времени, чем на компьютере с конфигурацией, соответствующей рекомендуемым системным требованиям;

2. возможность визуализации только отдельных операций. Особенно эффективно это в случае со сложными деталями, для обработки которых требуется большое количество операций;
3. возможность остановки визуализации при определенных событиях. Такими событиями могут быть, например, столкновение инструмента с оснасткой, резрез модели обрабатываемой заготовки на ускоренном ходу, конец операции, передача заготовки в другой шпиндель и т.д. Благодаря этому можно запускать визуализацию на максимальной скорости, поскольку визуализатор остановится в нужный момент. В ином случае приходится внимательно выслеживать момент интересующего события;
4. возможность возврата к произошедшим во время визуализации ошибкам или событиям. При ее отсутствии для того, чтобы посмотреть положение инструмента или исполнительных органов станка в момент интересующего события, которое уже произошло, необходимо запускать визуализацию заново.

На завершающем этапе, который заключается в формировании выходной документации, факторов, оказывающих существенное влияние на трудоемкость, выявлено не было.

Перечисленные факторы были использованы при разработке метода определения трудоемкости разработки управляющих программ в современных САМ-системах для расчета поправочных коэффициентов.

Литература

1. Министр обороны Казахстана: определено 15 основных перспективных проектов по выпуску продукции военного назначения [Электронный ресурс] // Центр анализа мировой торговли оружием: информ.-справочный портал. М., 2014. 22 августа. URL: <http://armstrade.org/includes/periodics/news/2014/0822/102025332/detail.shtml>.
2. Жуков А. Бесперспективные дизели [Электронный ресурс] // РосБизнесКонсалтинг: информ.-справочный портал. М., 2009. 13 февраля. URL: <http://www.rbcdaily.ru/industry/562949979102651>.
3. Об Ассоциации [Электронный ресурс] // Ассоциация Судостроительных Компаний Сибири: информ.-справочный портал. Ангарск, 2012-2014. URL: <http://asksib.ru/info/about/>.
4. Зверева П. Государственных средств в финансировании больше, чем средств предприятий [Электронный ресурс] // Деловой авиационный портал АТО.ru: информ.-справочный портал. М., 2013. 29 августа. URL: <http://www.ato.ru/content/gosudarstvennyh-sredstv-v-finansirovani-bolshechem-sredstv-predpriyatij>.
5. Зимин К. Будущее — за промышленной кооперацией и внедрением инновационных технологий [Электронный ресурс] // Intelligent Enterprise/RE: информ.-справочный портал. М., 2009. 2 октября. URL: <http://www.iemag.ru/analytics/detail.php?ID=19540>.
6. Кооперация по новым программам ОАО «Объединенная Авиастроительная Корпорация». Открытые позиции, требования к поставщикам [Электрон-

ный ресурс] // Производственная кооперация российских авиастроительных корпораций: как стать поставщиком? Локализация производств в особых экономических зонах – путь к снижению себестоимости продукции: Первая Всероссийская конференция. Жуковский, 28 августа 2013 г. URL: http://www.ulsez.ru/storage/files/Konf_post2013.rar

7. Развитие кооперации Airbus с российскими поставщиками. Презентация 2014 год. [Электронный ресурс] // Производственная кооперация российских авиастроительных корпораций: вызовы времени: Вторая Всероссийская конференция. Жуковский, 14 августа 2014 г. URL: http://www.ulsez.ru/storage/files/Konf_post2014.rar.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

Кочетов Олег Савельевич,

докт. техн. наук, профессор МГУПИ, г. Москва

METHOD OF CALCULATION OF EXPLOSION PROTECTION OF THE PRODUCTION BUILDING

Kochetov O.S., Doctor of Technical Sciences, Professor of MGUPI, Moscow

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрена методика расчета взрывных нагрузок на технологическое оборудование, здания и сооружения при воздействии внешних и внутренних аварийных, взрывоопасных факторов. Приводятся конструкции разработанных средств для обеспечения взрывопожаробезопасной работы оборудования в технологических цепочках современного производства. Исследованы параметры предложенных конструкций взрывозащитного устройства.

Ключевые слова: взрывные нагрузки, технологическое оборудование, здания и сооружения, взрывозащитное устройство, сбросное отверстие, скорость распространения пламени.

ABSTRACT

In work the method of calculation of explosive loads of processing equipment, buildings and constructions is considered at influence of external and internal emergency, explosive factors. Designs of the developed means for ensuring fire and explosion safe work of the equipment are given in technological chains of modern production. Parameters of the offered designs of the explosion-proof device are investigated.

Keywords: explosive loadings, processing equipment, buildings and constructions, explosion-proof device, waste opening, speed of distribution of a flame.

Создание методов расчета взрывных нагрузок на технологическое оборудование, например, сосудов, работающих под давлением, а также средств их защиты: взрывных клапанов и мембран для взрывозащиты технологического оборудования, является актуальным вопросом [1-18]. Кроме того, воздействие внешних и внутренних аварийных факторов на здания и сооружения также требует разработки средств защиты для обеспечения взрывопожаробезопасной работы оборудования в технологических цепочках, и создания более эффективных предохранительных и легкосбрасываемых конструкций [19-35]. Повышение давления в защищаемом объеме при горении среды должно быть полностью компенсировано снижением давления вследствие истечения газов через сбросное отверстие, для этого необходимо удалять в единицу времени из объема количество газов, определяемое формулой [4,6]

$$G = F u \rho (\varepsilon - 1), \quad (1)$$

где F – поверхность фронта пламени; u – нормальная скорость распространения фронта пламени; ρ – плотность удаляемого газа; ε – степень расширения газов при сгорании. Величины F , ρ и ε в процессе сгорания и изменения давления также изменяются, но зададимся значением этих величин для наиболее опасного случая, отмечая эти величины индексом m ,

$$G_m = F_m u_m \rho_m (\varepsilon_m - 1). \quad (2)$$

Предельное значение плотности газа можно выразить формулой:

$$\rho_m = \rho_0 (P_m / P_0)^{1/\gamma}, \quad (3)$$

где P – абсолютное значение давления в защищаемом объеме; $\gamma = C_p / C_v$ – показатель адиабаты; C_p и C_v – средние теплоемкости газов соответственно при постоянном давлении и постоянном объеме; индекс «0» обозначает начальные значения параметров.

Степень расширения газов при сгорании изменяется в зависимости от их температуры. При адиабатическом сжатии горючего газа в процессе развития взрыва величину ε_m можно выразить в зависимости от давления в соответствии с уравнением:

$$\varepsilon_m = 1 + (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(1-\gamma)/\gamma}. \quad (4)$$

Для эффективной взрывозащиты любого объекта, обусловленной сбросом давления взрыва, необходимо, чтобы предохранительное устройство могло обеспечить расход газов не менее

$$G_m = F_m u_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}. \quad (5)$$

Из газодинамики известно, что массовый расход газа под давлением P_m через отверстие может быть выражен следующим образом:

при докритическом режиме истечения, когда $\beta > (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$.

$$G_m = \alpha S P_m \sqrt{\frac{2M}{RT} \frac{\gamma}{\gamma-1} (\beta^{2/\gamma} - \beta^{(\gamma+1)/\gamma})} \quad (6)$$

при надкритическом режиме, когда $\beta \leq (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$,

$$G_m = \alpha S P_m \sqrt{\frac{\gamma M}{RT}} \sqrt{\left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (7)$$

где α – коэффициент истечения сбросного отверстия; S – площадь проходного сечения сбросного отверстия; $\beta = P'/P_m$ – максимальный относительный перепад давлений на сбросном отверстии; P' – абсолютное давление в пространстве, в которое происходит истечение газов (если сброс газов осуществляется в атмосферу, то $P'=0,1$ МПа); M – молекулярная масса газа; T – абсолютная температура сбрасываемого газа; R – универсальная газовая постоянная.

Сопоставляя правые части формул (5), (6) и (7), можно получить соотношения для площади проходного сечения устройств сброса давления взрыва:

для случая докритических режимов истечения, когда $\beta > (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$

$$S \geq \frac{F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}}{\alpha P_m \sqrt{\left(\frac{2M}{RT} \frac{\gamma}{\gamma-1}\right) (\beta^{2/\gamma} - \beta^{(\gamma+1)/\gamma})}} \quad (8)$$

для случая надкритических режимов истечения, когда $\beta \leq (2/(\gamma + 1))^{\gamma/(\gamma-1)}$.

$$S \geq \frac{F_m u \rho_0 (\varepsilon_0 - 1) (P_m / P_0)^{(2-\gamma)/\gamma}}{\alpha P_m \sqrt{\frac{\gamma M}{RT} \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}} \quad (9)$$

где F_m – максимальная поверхность фронта пламени $F_m = \chi F_0 m$;

$F_0 m$ – максимальная поверхность пламени, найденная геометрически в предположении, в первом приближении, что от точки поджога пламя распространяется во все стороны с одинаковой скоростью и поэтому имеет сферическую форму; χ – коэффициент искривления фронта пламени.

Для сосудов цилиндрической формы с отношением длины к диаметру больше единицы величина F_m равна поверхности сферы, вписанной в цилиндрическую часть сосуда.

Производственные помещения чаще всего имеют форму прямоугольного параллелепипеда. Если размеры

такого помещения обозначить A, B и C , причем $A \leq B \leq C$, то в случае инициирования горения в геометрическом центре объема максимальную поверхность фронта пламени можно выразить [8, 14-18]: $F_0 m = \pi AB$,

Наиболее неблагоприятный случай реализуется, когда через сбросное отверстие истекают не продукты сгорания, а холодные газы. Из этого следует, что температуру истекающих газов в формулах (8) и (9) можно выразить

$$T = T_0 (P_m / P_0)^{(\gamma-1)/\gamma}.$$

Для практических инженерных расчетов значительно более удобно пользоваться не величиной ε , а функционально связанной с ней степенью повышения давления при взрыве в замкнутом объеме

$$v = 1 + \gamma(\varepsilon - 1),$$

так как она входит в перечень так называемых стандартных параметров пожаровзрывоопасности веществ, определяется экспериментально и содержится в справочной литературе [3]. С учетом того, что связь между v и ε_0 устанавливается зависимостью

$$\varepsilon_0 - 1 = (v - 1) / \gamma \quad (10)$$

Тогда расчетные формулы для определения площади сбросных отверстий в окончательном виде можно записать следующим образом:

для докритического режима истечения

$$S \geq \frac{\chi F_m^0 u (v - 1)}{\alpha \gamma \left(\frac{P_m}{P_0}\right)^{\frac{3}{2} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)} \sqrt{\frac{2RT_0}{M} \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right) \left(\beta^{\frac{2}{\gamma}} - \beta^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}\right)}} \quad (11)$$

для надкритического режима истечения

$$S \geq \frac{\chi F_m^0 u (v - 1)}{\alpha \gamma \left(\frac{P_m}{P_0}\right)^{\frac{3}{2} \left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)} \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M} \left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}} \quad (12)$$

Полученные расчетные формулы можно использовать как в расчете взрывных клапанов и мембран для взрывозащиты технологического оборудования, так и в расчете легко сбрасываемой кровли и вышибных проемов для взрывозащиты зданий.



Рис. 1. Зависимость изменения диаметра сбросного отверстия взрывного клапана от скорости распространения пламени паров ацетона в цилиндрическом сосуде диаметром $D=1,8$ м и высотой $H=4$ м.

На ПЭВМ в компьютерной среде «Excel» были установлены зависимости (рис.1) для определения диаметра сбросного отверстия взрывного клапана для защиты цилиндрического сосуда диаметром $D=1,8$ м и высотой $H=4$ м от взрыва паров ацетона, а также выявлена закономерность изменения диаметра сбросного отверстия от скорости распространения пламени.

Разрушающаяся часть (рис.2) выполнена в виде, по крайней мере, двух коаксиально расположенных ниш

(углублений в стене здания), одна из которых, внешняя 1 образована плоскостями 2,3,4,5 правильной четырехугольной усеченной пирамидой с прямоугольным основанием, а другая – внутренняя представляет собой две наклонные поверхности 6 и 7, соединенные ребром 8, с образованием паза, при этом толщина стены от ребра 8 до внешней поверхности ограждения здания должна быть не менее $\delta=20$ мм.

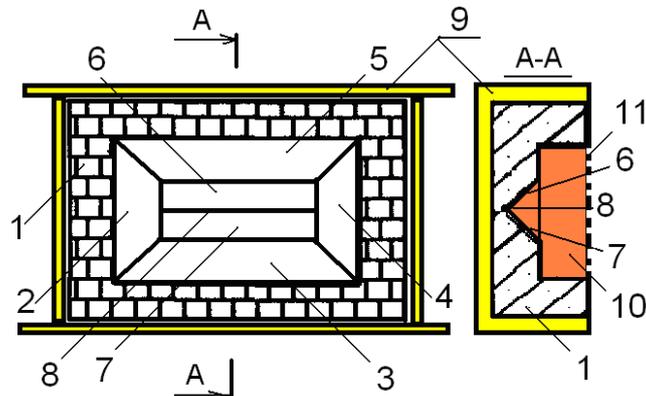


Рис.2. Схема предохранительной разрушающейся конструкции производственного ограждения зданий.

За счет этих пазов в стене здания, при воздействии ударной, взрывной нагрузки этот участок стены может быть разделен на отдельные части.

Другой разновидностью предохранительной конструкции являются неразрушающиеся конструкции в виде

предохранительных взрывозащитных клапанов [29-32], устанавливаемых на взрывопожароопасном технологическом оборудовании и взрывозащитных плит (рис.3), располагаемых, как правило, на кровле или покрытии зданий.

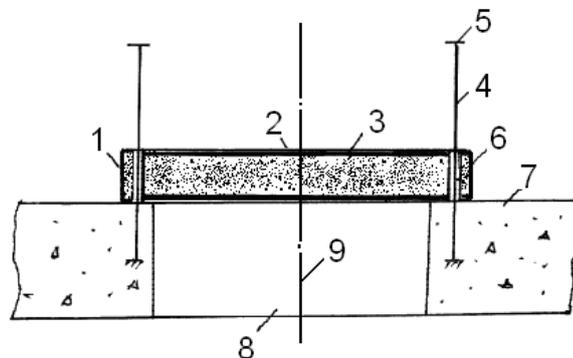


Рис.3. Схема взрывозащитной плиты взрывоопасного объекта.

Взрывозащитная плита состоит из бронированного металлического каркаса 1 с бронированной металлической обшивкой 2 и наполнителем - свинцом 3. В покрытии объекта 7 у проема 8 симметрично относительно оси 9 заделаны четыре опорных стержня 4, телескопически вставленные в неподвижные патрубки-опоры 6, заделанные в панели. Для фиксации предельного положения панели к торцам опорных стержней 4 приварены листы-упоры 5. Для того, чтобы сдмпфировать (смягчить) ударные нагрузки при возврате панели наполнитель выполнен в виде дисперсной системы воздух-свинец, причем свинец выполнен по форме в виде крошки, а опорные стержни 4 выполнены упругими.

Литература

1. Комаров А.А.. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка их воздействия на здания и сооружения. МГСУ, 2001 г.
2. Методика оценки последствий аварий на пожаро-взрывоопасных объектах/ Бодриков О.В., Елохин А. Н., Рязанцев Б.В. - М.: МЧС России, 1994.
3. Методика расчета нагрузок на здания и сооружения при воздействии внешних аварийных дефлаграционных взрывов. Мишуев А. В., Хуснутдинов Д. З. -М.: МИСИ, НТЦ «Взрывоустойчивость», 2004. - 65 с.
4. Кочетов О.С. Методика расчета требуемой площади сбросного отверстия взрывозащитного устройства. Журнал «Пожаровзрывобезопасность», № 6, 2009, стр.41-47.
5. Гетия С.И., Кочетов О.С. Эффективность взрывозащитных устройств в технологических процессах. М.: МГУПИ, «Вестник МГУПИ», серия «Машиностроение», № 24, 2009. С.92-104.

6. Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств. Журнал «Безопасность труда в промышленности», № 4, 2010, стр.43-49.
7. Баранов Е.Ф., Кочетов О.С. Расчет взрывозащитных устройств для объектов водного транспорта /Речной транспорт (XXI век). № 3, – 2010. С.66-71.
8. Кочетов О.С. Расчет конструкций взрывозащитных устройств. Интернет-журнал "Технологии технологической безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Выпуск № 3 (49), 2013 г.
9. Кочетов О.С., Новиков В.К., Баранов Е.Ф., Маслов И.В. Повышение взрывобезопасности на объектах водного транспорта// Речной транспорт (XXI век). № 2, – 2014. С. 40-43.
10. Кочетов О.С. Теоретические исследования развития взрыва в замкнутых и полужамкнутых объемах// Научные аспекты глобализационных процессов: сборник статей Международной научно-практической конференции (23 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. –100с. С. 7-13.
11. Кочетов О.С. Методика стендовых испытаний взрывозащитных мембран// Техника и технологии: Пути инновационного развития [Текст]: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции (30 июня 2014 г.)/ редкол.: Горохов А.А. (отв.Ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. – 271с., С. 166-173.
12. Кочетов О.С. Исследование эффективности взрывозащитных устройств// Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 июня 2014 г.: в 9 частях. Часть 5. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. 164с. С. 78-80.
13. Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий// Современное общество, образование и наука: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 июня 2014 г.: в 9 частях. Часть 5. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. 164с. С. 80-82.
14. Кочетов О.С., Новиков В.К., Маслов И.В. Безопасность заправки сжиженным природным газом, используемым в качестве топлива на судах водного транспорта// В мире научных исследований: материалы VI Международной научно-практической конференции (5 июля 2014 г., г.Краснодар)/отв.ред.Т.А. Петрова. – Краснодар, 2014. – 106с., С. 27-31.
15. Кочетов О.С. Предохранительные элементы в защитных конструкциях взрывоопасных объектов// Наука и образование XXI века: сборник статей Международной научно-практической конференции (29 августа 2014 г., г.Уфа). – Уфа: Аэтерна, 2014. – 146с., С. 17-22.
16. Кочетов О.С. Способ определения эффективности взрывозащиты// Инновационные процессы современности: сборник статей Международной научно-практической конференции (18 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. – 144с. С. 27-30.
17. Кочетов О.С. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов// Инновационные процессы современности: сборник статей Международной научно-практической конференции (18 сентября 2014 г., г.Уфа). – Уфа: РИО МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2014. –144с. С. 30-35.
18. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Эффективность взрывозащитных устройств// Техника и технологии: Пути инновационного развития [Текст]: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции (30 июня 2014 г.)/ редкол.: Горохов А.А. (отв.Ред.); Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2014. –271с., С. 145-151.
19. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Предохранительный клапан с разрывным элементом// Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 10.01.2010. Бюллетень изобретений № 1.
20. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Панарин Т.В., Гетия И.Г., Гетия С.И., Панферова Г.Н., Леонтьева И.Н. Взрывозащитный клапан// Патент РФ на изобретение № 2379569. Опубликовано 20.01.2010. Бюллетень изобретений № 2.
21. Кочетов О.С. Клапан с огнепреградителем // Патент РФ на изобретение № 2384783. Опубликовано 20.03.2010. Бюллетень изобретений № 8.
22. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н., Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2386462. Опубликовано 20.04.2010. Бюллетень изобретений № 11.
23. Кочетов О.С. Насадочный огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389522. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.
24. Кочетов О.С. Сухой огнепреградитель // Патент РФ на изобретение № 2389523. Опубликовано 20.05.2010. Бюллетень изобретений № 14.
25. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф., Кривченко Л.М., Скребенкова Л.Н., Шумилин В.К. Кассетный огнепреградитель с радиальными каналами // Патент РФ на изобретение № 2401676. Опубликовано 20.10.2010. Бюллетень изобретений № 29.
26. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов// Патент РФ на изобретение № 2422177. Опубликовано 27.06.2011. Бюллетень изобретений № 18.
27. Кочетов О.С., Гетия И.Г., Гетия С.И., Леонтьева И.Н., Стареева М.О. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение № 2442052. Опубликовано 10.02.2012. Бюллетень изобретений № 4.
28. Кочетов О.С., Стареева М.О. Противовзрывная панель// Патент РФ на изобретение № 2458212. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.
29. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Устройство для защиты зданий и сооружений с помощью разрушающихся элементов конструкций // Патент РФ на изобретение № 2458213. Опубликовано 10.08.2012. Бюллетень изобретений № 22.
30. Кочетов О.С., Стареева М.О. Способ подбора размера отверстия для легкосбрасываемого элемента

- конструкции и его массы, предназначенного для защиты зданий и сооружений от взрывов // Патент РФ на изобретение № 2459050. Опубликовано 20.08.2012. Бюллетень изобретений № 23.
31. Кочетов О.С., Акатьев В.И., Сошенко М.В., Шмырев В.И., Тюрин М.П., Стареева М.О. Предохранительная разрушающаяся конструкция ограждения зданий // Патент РФ на изобретение № 2459912. Опубликовано 27.08.2012. Бюллетень изобретений № 24.
32. Сошенко М.В., Шмырев В.И., Стареева М.О., Кочетов О.С. Способ взрывозащиты производственных зданий // Патент РФ на изобретение № 2471936. Опубликовано 10.01.2013. Бюллетень изобретений № 1.
33. Кочетов О.С., Стареева М.О., Стареева М.М. Взрывозащитный клапан для технологического оборудования // Патент РФ на изобретение № 2495313. Опубликовано 10.10.2013. Бюллетень изобретений № 28.
34. Кочетов О.С. Способ определения эффективности взрывозащиты и устройство для его осуществления // Патент РФ на изобретение № 2488074. Опубликовано 20.07.13. Бюллетень изобретений № 20.
35. Дурнев Р.А., Иванова О.Ю., Кочетов О.С. Система сбрасывания и ликвидации взрывоопасных и токсичных газов // Патент РФ на полезную модель № 134058. Опубликовано 10.11.13. Бюллетень изобретений № 31.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (МИС)

Комарова Ирина Эриковна

Кандидат технических наук, доцент, Университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

Некрасов Сергей Алексеевич

Студент, Университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

CONCEPTUAL FEATURES OF THE FORMATION OF EUROPEAN MEDICAL INFORMATION SYSTEMS (MIS)

Komarova Irina, Candidate of technical Sciences, associate Professor, ITMO University, St. Petersburg

Nekrasov Sergey, ITMO University, St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Предметом рассмотрения являются МИС, призванные повысить эффективность оказания консультативной, диагностической, фармакологической и неотложной помощи пациентам лечебных учреждений различного профиля. Целью работы явилось изложение в концептуальной форме важнейших особенностей организации МИС в европейском здравоохранении. На основе проведенного анализа статистических данных в рамках реализации национальных программ по информатизации здравоохранения обозначены позитивные тенденции внедрения в медицинскую практику различных форм и методов координирования деятельности субъектов и структур МИС.

ABSTRACT

At issue are the MIS, designed to increase the effectiveness of the provision of advice, diagnostic, pharmaceutical and emergency patients of medical institutions in various fields. The aim of the work was to outline a conceptual form the most important features of the organization of the MIS in the European health care. Based on the analysis of statistical data in the framework of national programs for health information marked positive trends introduction into medical practice various forms and methods of coordinating the actors and structures MIS.

Ключевые слова: медицина; информационный; система; пациент; лечебное учреждение.

Keywords: medicine; information; system; patient; hospital.

Огромные затраты в сфере здравоохранения в среднем опережают темпы роста мировой экономики. Для населения медицинские услуги становятся чересчур дорогостоящими, что обуславливает стремление правительственных структур устранить причины, которые порождают чрезмерные расходы в данной области.

В настоящее время одной из мировых тенденций содействия социальной инновационной деятельности становится политика совершенствования общенационального здравоохранения. В данном контексте одним из наиболее актуальных подходов к решениям проблемы повышения эффективности и экономичности системы здравоохранения стали инвестиции в его автоматизацию.

Анализ качества национальных систем здравоохранения, осуществленный Всемирной Организацией Здравоохранения (которая объединяет 191 государство) позволил выделить несколько перспективных направлений их развития: интегрированные информационные системы, внедрение новаций в коммуникационных технологиях и медицинское оборудования последнего поколения. Одной из приоритетных задач дальнейшего развития коммуникационных технологий здравоохранения является обеспечение беспроводного доступа к медицинской информации, что имеет особое значение для служб скорой помощи и медицины катастроф.

Вследствие того, что большая часть населения земного шара пользуются услугами мобильной связи, а более

четверти имеет выход в Интернет, расширяются возможности получения первичных медицинских услуг (в том числе реализации дистанционного персонального мониторинга состояния здоровья пациента) посредством мобильных приложений, использования облачных технологий, возможностей телемедицины. В последние годы наблюдается активизация рынка биосенсорных измерительных устройств, призванных сформировать дневник наблюдений, передавая в «облако» и накапливая физиологические персональные данные о состоянии организма. В ближайшем будущем ожидается существенное увеличение спроса на медицинское оборудование с поддержкой беспроводных сетей. В этот процесс вовлекается все возрастающее количество не только известных фирм-производителей медицинских устройств (OMRON, A&D), но и производители микроэлектроники и фитнес-гаджетов (EPSON, SAMSUNG, SONY, SUUNTO, FITBIT, POLAR и пр.). Если на текущий момент времени 17% пользователей мобильных устройств с их помощью следят за своим здоровьем и принимают интересующую медицинскую информацию, то по прогнозам в 2015 году медицинские приложения будут востребованы 30% владельцев смартфонов и составит приблизительно около 500 млн. человек, причем средняя стоимость приложений медицинского профиля должна уменьшиться вдвое. В целом с 2013 по 2023 год рынок мобильной медицины увеличится с 5 до 40 млрд. \$, а к концу рассматриваемого периода более четверти обращений к врачам-терапевтам окажутся электронными [a].

Введение технологий штрихкодирования в комплексе с системами функциональной и лучевой диагностики способствуют решению проблемы автоматизированной оперативной передачи результатов мониторинга, а также данных анализов биоматериалов в электронные истории болезни, позволяя хранить информацию в удобном для поиска структурированном виде и существенно снизить вероятность ее утраты.

В докладах Еврокомиссии, посвященных информатизации здравоохранения, отмечается широкое внедрение систем электронных медицинских карт (ЭМК), по степени распространенности занимающих второе место после технологий Интернета (отставание составляет около 12%) [1,6]. Главная задача ЭМК – снижение нагрузки врачей, и как следствие – повышение качества медицинского обслуживания: реализация возможности оперативно принимать более обоснованные решения, обеспечивать преемственность информации в различных медицинских учреждениях, уменьшать количество врачебных ошибок при назначении препаратов и постановке диагноза.

Несмотря на явные успехи информатизации европейского здравоохранения, сложилась некая парадоксальная ситуация: высокий уровень технической грамотности населения, настаивающего на более широком внедрении в медицинскую практику достижений ИТ, нередко сталкивается с негативной реакцией модернизации системы со стороны медперсонала. В Германии, например, был приостановлен проект перевода индивидуальной медицинской документации в электронный вид с целью хранения ее на личных смарт-картах пациентов из-за отставания от графика на три года [c].

Инвестиции в информатизацию здравоохранения резко возросли в странах, реализующих свои программы

eHealth, причем основные финансовые потоки направляются на реализацию системы формирования единой национальной базы медицинских данных пациентов, ЭМК и контроля над приемом медикаментов, включая электронные рецепты, а также перевод административного и клинического документооборота в данной сфере в электронный формат. Объем этого направления в европейских странах по данным 2013 г. достиг более 11 млрд. €. По мнению экспертов, переход на электронную форму документооборота должно привести к сокращению административных издержек на 50%.

В Великобритании (бюджет общенационального проекта информатизации здравоохранения составляет 12,7 млрд. £), к примеру, в рамках eHealth с 2002 г. осуществляется программа Connecting for Health Programme NHS UK, направленная на внедрение электронных рецептов, электронного бронирования (в том числе госпитализации) и ЭМК, стоимостью 6,2 млрд. £. По итогам 2012-2013 гг. экономия средств в результате предусмотренных программой инновационных внедрений составила 805 млн. £ [b].

Использование ИКТ по таким направлениям, как доступность медицинской информации, качество оказываемой помощи пациентам, их вовлеченность и безопасность составляет в европейских странах не менее 20% [1,7]. Объем инвестиций Евросоюза в электронное здравоохранение (без учета аналогичных национальных программ) составил около 317 млн. €, а расходы на информатизацию составляют около 5% бюджета здравоохранения европейских стран.

Оценивая уровень использования ИТ в здравоохранении, целесообразно остановиться на количественных показателях: доля населения, использующая Интернет-ресурсы для получения медицинской информации в странах ЕС, достигает 80%, а приблизительно 55% врачей общей практики, обладающих достаточной профессиональной компетенцией в области компьютерных технологий, реализуют возможность получать через специализированные сертифицированные порталы актуальные сведения о лекарственных препаратах, клинических протоколах и действующих стандартах [b].

Пристальное внимание в странах ЕС уделяется поддержке программ и разработок по развитию внутреннего семантического взаимодействия в МИС: с этой целью формируются рекомендации, закрепленные в стандартах (например, CEN, CENELEC, ETSI) по идентификаторам пациентов и врачей, описанию пациентов, данным неотложной помощи и т.п.

Поэтому важным аспектом развития ИТ в здравоохранении является формирование универсальных МИС, способных координировать деятельность отдельных субъектов и ЛУ в общегосударственных масштабах, учитывая особый сегмент в европейской медицинской практике – деятельность частных семейных врачей, из которых в осуществлении обмена электронными данными с ЛУ (в частности, стационарами) участвует более трети, а в Скандинавии практически 100% [2,8].

Прозрачность информации, консолидация деятельности специалистов лечебных учреждений (ЛУ) и их пациентов при финансовой поддержке государства являются важнейшими факторами позитивной динамики внедрения комплексных медицинских информационных

систем в практику, предусматривая не только возможности создания электронного архива с историей посещения врачей, назначения лекарственных средств и прочих предписаний, обеспечения доступа к диагностическим изображениям, результатам анализов и отчетов о лабораторных исследованиях, но и обмена данными о пациентах между ЛУ различного профиля. Небольшим странам легче осуществить подобную координацию, однако в больших государствах стоимость внедрения ИТ оказывается ниже.

Одной из наиболее вовлеченных в процесс медицинской информатизации стран являются Нидерланды: по сравнению с усредненными показателями по ЕС, 97% врачей общей практики в своей повседневной деятельности в четыре раза больше используют возможности медицинского электронного документооборота. В Голландии государством осуществляется активная финансовая поддержка проектов, которые внедряются на общенациональном уровне. С 2009 года в стране наложен запрет на осуществление любой медицинской деятельности для субъектов, не являющихся участниками единой государственной системы здравоохранения. На базе национального Института информатизации здравоохранения NICTIZ (одной из текущих задач которого является координация еще одного национального проекта AORTA) создан государственный центр персонализированных медицинских данных населения Голландии (доступ к информации такого рода осуществляется через диспетчерский национальный центр LSP-сер-вер: аутентификация пациентов и врачей осуществляется посредством уникальных идентификационных карт). Через каждые четыре часа происходит обновление данных системы. Одним из важных достоинств уникальных идентификаторов пациентов является обеспечение информационной совместимости систем всевозможного назначения и происхождения, что приобретает особую значимость при формировании национальных баз данных. С 2004 года в Нидерландах началась пилотная реализация программ по подсоединению всей действующей сети аптек к базам данных по индивидуальному потреблению лекарственных средств и к настоящему времени более 90% документооборота в системе здравоохранения автоматизировано, что реализует выдачу рецепта в формате электронного документа с электронной цифровой подписью.

На протяжении двадцати лет разрабатывалась национальная медицинская система Дании MEDCOM, с помощью которой ежедневно обрабатывается и передается более 80 тысяч профильных сообщений (всего разработано более тридцати типов сообщений между учреждениями стационарного и амбулаторно-профилактического профиля). Основная часть сведений о пациентах передается между лечебными учреждениями в режиме прямой интеграции со спецификой используемого программного и аппаратного обеспечения. MEDCOM охватывает основные структурные элементы национального здравоохранения: 90% врачей общей практики, 55% врачей-специалистов, 100% подключение станций скорой помощи, аптек и стационаров.

В странах Евросоюза осуществляется внедрение шестой программы Sixth Research and Development Framework Programmer 2005-2015, реализующей 52 проекта создания баз данных и специализированного программного обеспечения, а также пяти научных проектов,

направленных на развитие фундаментальных исследований в области медицинской информатики. Специальные комитеты призваны осуществлять не только планирование и координацию деятельности заинтересованных в информатизации сторон, но и организовывать постоянный контроль над их деятельностью. Наблюдается (по данным 33 общенациональных проектов) общая тенденция развития МИС в европейских странах: 20% проектов функционирует в рабочем режиме, 6% находятся в стадии пилотного тестирования, 15% - в стадии внедрения и 58% - на этапе планирования. Затраты на разработку и клиническое внедрение МИС согласно статистическим усредненным показателям составляют порядка 7% от общего бюджета клиники, а эксплуатационная поддержка – 4,5%. [3]

В рамках реализации программ по обмену информацией о пациентах независимо от их местонахождения в текущий момент времени, на общеевропейском саммите по медицинским ИТ (2014 г.) был предложен алгоритм постепенного продвижения от МИС отдельных ЛУ к МИС, функционирующим в общенациональном масштабе. Ключевая роль в этом процессе отводится созданию региональных МИС: успешной реализацией подобного решения являются МИС некоторых областей Финляндии, Швеции, Ломбардии. Самым удачным примером внедрения можно считать проект DIRAYA (Испания), охвативший население в 8 млн. человек. Эта система охватывает информацию обо всех услугах, предоставляемых пациентам: от первичного приема врачом общей практики до высокоспециализированного лечения, пребывания в стационаре и отделении скорой медицинской помощи. Технологии электронного рецепта (ЭР), интегрированные в ЭМК, предоставляют этот сервис всем аптечным учреждениям региона.

Согласно экспертной оценке, проведенной компанией DELOITTE по информатизации здравоохранения в 27 странах – членах Евросоюза и странах Бенилюкса, уровень проникновения технологий МИС в деятельность ЛУ во всех скандинавских странах (исключая Исландию) значительно превышает аналогичный общеевропейский показатель [4]. Страны Северной Европы добились существенных успехов и в интеграции МИС с технологиями Интернет. Например, Швеция формирует специальный сайт, через который пациенты могут получить доступ к своим медицинским картам. Несколькими иными стратегиями интеграции МИС отдано предпочтение в Дании, которая занимается данной направленностью с 2000 г. (все медицинские учреждения Дании компьютеризированы, а врачи имеют доступ к ЭМК пациентов из любого ЛУ): открыт профильный сервис e-journal на портале по информатизации Sundhed.dk и портале Borger.dk [2,5]. Доступ к перечисленным сведениям строго ограничен и осуществляется после авторизации с помощью цифровой подписи.

В странах Восточной Европы наблюдается процесс быстрого внедрения ИТ в медицину. В Эстонии, к примеру, ЭМК используют 95% медицинского персонала и 47% пациентов. Подсистема ЭР обеспечила их внедрение в эстонское здравоохранение на уровне 80%, а обмен и архивирование в электронном виде диагностических изображений, создаваемых в ходе рентгенологических исследований, составляет 100% [3,6]. В Чехии численность пользователей ЭМК в общенациональной системе EZK составляет более 20%, а среднее число обращений к каждой ЭМК - более 10 (данные МИС доступны круглосуточно) [2].

Уровень проникновения МИС в деятельность ЛУ в европейских государствах различен, однако, общая тенденция заключается в его неуклонном росте, расширении функциональных возможностей, формированию нормативной базы информационной безопасности и ее реализации посредством соответствующих эффективных организационно-технических мер.

Литература

1. Электронный источник http://ec.europa.eu/health/ph_programme/documents/prog_booklet_en.pdf
2. Электронный источник http://ec.europa.eu/health/programme/docs/wp2014_en.pdf
3. Электронный источник <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Life-Sciences-Health-Care/dttl-lshc-2014-global-health-care-sector-report.pdf>
4. Электронный источник <http://www.medpulse.ru/health/yourshealth/medicalachievements/13850.html>
5. Roesler V., Klinger A., De Lima G.L., Longoni G. MIR: A low cost digital operating room // 2014 IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2014.
6. He L., Xu L., Ming X., Liu Q. A Web Service System Supporting Three-dimensional Post-processing of Medical Images Based on WADO Protocol // Journal of Medical Systems Volume 39, Issue 2, 2015, 9p
7. Zulman D.M., Jenchura E.C., Cohen D.M., Lewis E.T., Houston T.K., Asch S.M. How Can eHealth Technology Address Challenges Related to Multimorbidity? Perspectives from Patients with Multiple Chronic Conditions // Journal of General Internal Medicine, 5 August 2014, P.
8. Nguyen O.K., Chan C.V., Makam A., Stieglitz H., Amarasingham R. Envisioning a Social-Health Information Exchange as a Platform to Support a Patient-Centered Medical Neighborhood: A Feasibility Study // Journal of General Internal Medicine, 5 August 2014, P. 18-20
- a. Электронный источник
9. <http://www.armit.ru/medsoft/expert2015/prez/zingerman.pptx>
10. б.Дэниэл Кастро. Роль ИТ в медицинских исследованиях. – «Открытые системы», № 02, 2010
11. с.Ирина Шиян. Точка роста. – «Открытые системы», № 02, 2010

МОДЕЛИРОВАНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

Козелков Олег Александрович

кандидат техн. наук, начальник отдела, ОАО Научно-производственное предприятие «Кант», г. Москва

SIMULATION And CLASSIFICATION of PROCESSES of IMPLEMENTATION of INNOVATIVE PROJECT WORKS

Kozelkov Oleg Alexandrovich, Candidate of sciences, chief of department, OC Scientifically Production Enterprise «Kant» Moscow

АННОТАЦИЯ

Целью работы является получение информации для принятия решений, обеспечивающих эффективное распределение кадровых ресурсов при адаптации предприятия к условиям развития. Рассматриваются вопросы оценки временных параметров работ при выполнении инновационного проекта. Предложенный подход предусматривает моделирование процессов выполнения работ проекта для оптимизации сроков его выполнения. Для выделения работ, обладающих значительной сложностью и новизной используется кластерный анализ. В результате появляется возможность оценить проблемы в кадровом обеспечении, оптимизировать затраты производственных ресурсов, минимизировать время выполнения отдельных работ.

ABSTRACT

The purpose of work is a receipt of information for making decision, providing effective allocation of skilled resources during adaptation of enterprise to the terms of development. The questions of estimation of works time parameters at implementation of innovative project are examined. Offered approach foresees the simulation of processes of implementation of project works for optimization of terms of its implementation. A cluster analysis is used for the selection of works, possessing considerable complication and novelty. As a result possibility to estimate problems in the skilled providing to optimize the expenses of production resources, minimize time of implementation of separate works appears.

Ключевые слова: имитационное моделирование; кластерный анализ; сроки выполнения работ.

Keywords: simulation, cluster analysis, terms of works implementation.

Адаптация подразделений предприятия к условиям выполнения инновационного проекта требует от руководства принятия решений, обеспечивающих эффективное распределение кадровых ресурсов. Ошибки при формировании и управлении кадровым обеспечением выполнения производственных работ могут стать причи-

ной срыва или отказа от проведения работ инновационного характера, а также являются причиной значительных дополнительных затрат.

В статье рассматриваются вопросы оценки планируемых работ по производству новой продукции в соответствии с характеристиками трудоемкости, заданными в

виде требований инновационного проекта. После формирования состава исполнителей [1] необходимо производить оценку времени выполнения всего производственного цикла. Реальные характеристики работ ввиду неопределенности возможных производственных ситуаций, обусловленных новизной продукта (или процессов его производства), отличаются от планируемых. Для оценки временных характеристик выполнения проекта предлагается использовать имитационное моделирование [2].

Производственный процесс рассматривается как процессно-ориентированная система, определяемая тремя основными элементами:

- производство в виде описания основных технологических процессов (ТП);
- организационная структура и регламент процессов выполнения работ;
- параметры моделирования для контроля производительности и оценки процессов.

Для разработки имитационной модели необходимо:

- представить процесс выполнения работ проекта в виде совокупности взаимодействующих элементов;
- описать взаимодействие элементов в виде диаграммы состояний в фиксированные моменты времени.
- алгоритмически описать функционирование отдельных элементов.

В качестве работ рассматриваются технологические процессы производственного цикла. Динамика процессов описывается алгоритмом имитационного моделирования (рис. 1), при этом применяется пошаговый метод изменения модельного времени.

При реализации процесса моделирования учитываются следующие параметры:

1. Интенсивность поступления заказов на изготовление изделий, что требует выполнения отдельных техпроцессов.
2. Трудоемкость каждой работы. Определение ожидаемых трудоемкостей работ проводится эмпирическим путем или на основании анализа данных о выполнении аналогичных работ. Для учета возможных отклонений при выполнении работы введена система коэффициентов трудоемкостей работ:
 - если $tr_j = 0$, то эта j -я работа не выполняется,
 - если $tr_j = 1$, то работа производится с обычной производительностью,
 - если $tr_j > 1$, то работа усложненная, время на ее выполнение увеличивается,
 - если $tr_j < 1$, то работа считается несложной, и время ее выполнения сокращается.

Формула оценки времени выполнения j -й работы с учетом категории сложности имеет вид:

$$T_j = T_{nj} + T_{nj}(tr_j - 1), j = \overline{1, m}$$

где T_j – рассчитываемое время;

T_{nj} – нормативный срок выполнения работы.

3. Производительность исполнителей (работников). В зависимости от значений параметра можно судить о том, насколько быстро будет выполнена необходимая работа конкретным работником.

Коэффициент производительности i -го исполнителя при выполнении j -й работы:

$$T_{ij} = T_j + T_{nj}(1 - pr_i), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$$

где T_j – рассчитываемое время;

pr_i – коэффициент производительности для i -го исполнителя.

Для оценки времени выполнения работ используются данные, полученные одним из способов:

- по результатам моделирования производственного процесса,
- по результатам отчетности о выполняемых ранее работах.

Данные содержат информацию о продолжительности выполнения работ, количестве выполняемых ТП, процентном соотношении ТП, превышающих нормативные сроки выполнения, процентном соотношении величин превышения нормативных сроков для рассматриваемых процессов, минимальных и максимальных значениях за указанный период моделирования и т.д.

Осуществляется разбиение всех работ на три класса, определяющих уровень их «критичности». При этом используется метод кластерного анализа [3, 4].

Классификация множества работ выполняется в два этапа:

1. Первоначальное распределение объектов по кластерам.

К первой группе относятся процессы, не требующие оптимизации или изменений, ко второй группе – процессы с промежуточными показателями. К третьей группе относятся работы, значительно нарушающие временные рамки, установленные нормами. Эти процессы протекают нестабильно либо с большими превышениями стандартов и требуют принятия решений реинжиниринга и оптимизации.

2. Итеративный процесс.

Процесс вычисления центров и перераспределения объектов продолжается до тех пор, пока не выполнено одно из условий: кластерные центры стабилизировались или количество итераций равно максимально заданному числу.

Кластерный анализ проводится иерархическим методом. Для организации данных используется агломерирующая стратегия, которая представляет собой восходящий подход: каждое наблюдение начинается в своем собственном кластере, и пары кластеров объединяются, обеспечивая иерархию высшего порядка.

Полученная информация используется для принятия управленческих решений о необходимости привлечения дополнительных ресурсов (технических или кадровых) на выполнение работ, являющихся «узким» местом в производственном процессе.

Таким образом, предложен подход к оптимизации сроков выполнения производственных работ проекта за счет моделирования и последующего анализа временных показателей работ. Разработанная концепция дает возможность оценить возможные проблемы в кадровом обеспечении, оптимизировать затраты производственных ресурсов, минимизировать время выполнения отдельных процессов.

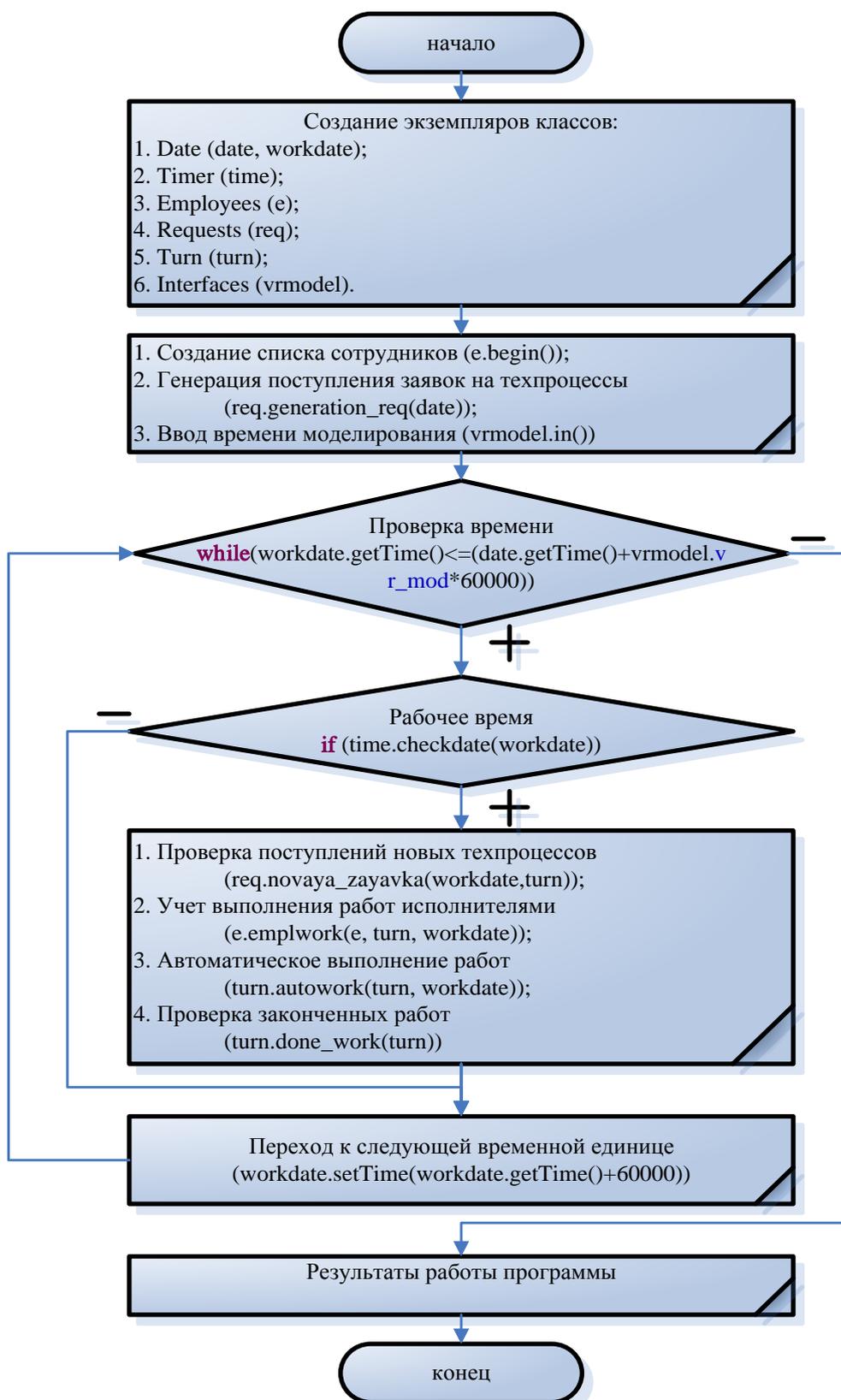


Рисунок 1 – Алгоритм проведения имитационного моделирования

Список литературы

1. Козелков О.А. Модели оценки деятельности операторов сложного технологического оборудования // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – № 48. – Рязань. – 2014. – С. 126 – 132.
2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. 3-е изд. СПб: Питер, 2004 – 847 с.
3. Кузнецов Д.Ю., Трошина Т.Л. Кластерный анализ и его применение - режим доступа: http://vestnik.uspu.org/releases/uchenuye_praktikum/33_4 – 05.11.2012 г.
4. Гитис Л.Х. Статистическая классификация и кластерный анализ. М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2003 – 151 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ ПОРИСТОГО КАРБОСИЛИЦИДА ТИТАНА

*Логонов Александр Сергеевич,
Латухин Евгений Иванович.*

Самарский государственный технический университет

Карбосилицид титана (Ti_3SiC_2) привлекает внимание своими уникальными свойствами [1]. Структура Ti_3SiC_2 представляет собой чередование наноразмерных пластин карбида титана, соединённых атомными слоями кремния (наноламинат). Карбосилицид титана обладает рядом уникальных свойств, таких как твёрдость, прочность, трещиностойкость, микропластичность, обрабатываемость резанием. Пористый карбосилицид титана является перспективным материалом для использования в качестве каркаса при получении композитов и имплантатов в медицине.

Получение карбосилицида титана с высокой пористостью в режиме горения затруднено тем, что большинство веществ - порообразователей нарушают процесс синтеза и наноламинат не образуется. Замена в составе исходной смеси части титана на гидрид титана может повысить пористость продукта реакции. Целью исследования являлась оценка возможности применения гидрида титана в качестве порообразователя для получения пористого карбосилицида титана

Известно [2], что в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза на макроструктуру

получаемого материала оказывают влияние много факторов. В том числе начальная плотность порошковой заготовки, ориентировка направления распространения волны горения относительно вектора силы тяжести, наличие порообразователя.

Для синтеза использовали порошок титана марки ПТМ, сажу марки П700, порошок кремния KrO . Предварительно просушенные порошки титана, сажи и кремния смешивались в шаровой мельнице в течение 2 часов. Заготовки массой 10 г. получали односторонним прессованием в цилиндрической пресс-форме диаметром 23 мм при удельном давлении 23 и 90 МПа. Синтез образцов карбосилицида титана проводили в засыпанном слое песка на глубине около 30 мм. Горение инициировали с помощью электрической спирали.

Для выявления макроструктуры на шлифовальном станке готовились поверхности образцов в плоскости параллельной направлению распространения волны горения. Исследование макроструктуры, полученных образцов, провели с помощью электронного сканирующего микроскопа JEOL JSM – 6390A. Типичный вид полученного материала представлен на рисунке 1.

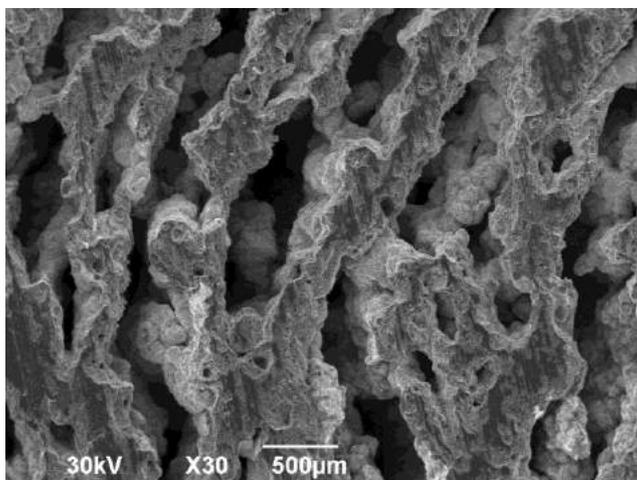


Рисунок 1. Макроструктура пористого карбосилицида титана.

Из рисунка видно, что пористость носит в основном открытый характер. Основные размеры пор лежат в интервале от 100 до 400 мкм.

Для исследования открытой пористости были приготовлены порошковые заготовки при удельном давлении в пресс-форме 23 и 90 МПа. Для оценки влияния силы тяжести на пористость Ti_3SiC_2 реакцию инициировали на образующей порошковой заготовки (сила тяжести перпендикулярна направлению распространения волны горения) или на верхнем основании заготовки (сила тяжести параллельна направлению распространения волны горения).

Полученные образцы обрабатывались по поверхности на абразивно-шлифовальном станке. Далее определили объем и вес сухих образцов, провели заполнения пор дистиллированной водой и повторно взвесили. Для

более полного заполнения пор водой образцы предварительно подогревали до 1500 С. Пористость образцов оценили по отношению объема воды в порах к объёму образца.

При силе тяжести перпендикулярной направлению распространения волны горения, получили среднюю пористость при давлении прессования брикета 23 МПа - 41,7% и при 90 МПа - 39,7%.

При силе тяжести параллельной направлению распространения волны горения получили среднюю пористость при 23 МПа - 43% и при 90 МПа - 39,7%.

Из полученных результатов следует, что для данных условий синтеза карбосилицида титана ни направление распространения волны горения, ни плотность порошковой заготовки значимого влияния на пористость не оказывают.

Для повышения пористости, часть титана заменили на гидрид титана (TiH₂). При замене 10% титана на TiH₂, средняя пористость составила 52%. При замене 20% титана на TiH₂, средняя пористость составила 70%. Проведен рентгенофазовый анализ образцов с гидридом титана. Результаты показали наличие основных фаз Ti₃SiC₂ и TiC. Отмечено, что с увеличением содержания гидрида титана количество карбосилицида титана снижается. В итоге, замена части титана на гидрид титана, повышает открытую пористость на 25-70%.

Выводы:

1. Начальная плотность порошковой заготовки и изменение направления волны горения относительно вектора силы тяжести не оказывает существенного влияния на пористость карбосилицида титана.

2. Использование гидрида титана в качестве порообразователя позволяет изменять открытую пористость в широких пределах.

Список литературы

1. Barsoum, M. W.; Radovic, M. Mechanical Properties of the MAX Phases. In Encyclopedia of Materials: Science and Technology; Buschow, K. H. J., Cahn, R., Flemings, M., Ilshner, B., Kramer, E., Mahajan, S., Veysière, P., Eds.; Elsevier: Oxford, 2004; pp 1-16
2. Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов. М.: Машиностроение-1, 2007.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АЦИДОФИКАЦИИ СЫРОГО ОСАДКА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. ОСИПОВИЧИ (РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ)

Роденко Алексей Владимирович

Директор, ООО «Гефлис», город Гомель, Республика Беларусь

Макаров Дмитрий Вадимович

инженер-проектировщик, ООО «Гефлис», город Гомель, Республика Беларусь

Бессольнова Марина Александровна

Эколог, ООО «Гефлис», город Гомель, Республика Беларусь

ORGANIZATION OF THE PROCESS OF ACIDIFICATION AT WASTEWATER TREATMENT PLANTS OF THE OSIPOVICHY (REPUBLIC OF BELARUS)

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрен опыт переоборудования первичных отстойников в отстойники-ацидофитаторы на КОС г. Осиповичи (Республика Беларусь) для обеспечения требуемой степени очистки сточных вод по фосфору.

ABSTRACT

This article described the experience of conversion of primary clarifiers to sediments acidification on wastewater treatment plants of Osipovichy (Belarus) to provide the required level of wastewater treatment for phosphorus.

Ключевые слова: реконструкция очистных сооружений, ацидофикация

Keyword: reconstruction of treatment facilities, acidification

При необходимости удаления из сточных вод всех форм азота и фосфора биологическим способом возникает задача снабжения анаэробной стадии достаточным количеством легкоокисляемой органики.

Ацидофикация – один из способов увеличения количества легкодоступной органики. Использование данного процесса позволяет увеличить долю легкоокисляемых органических соединений в сточной воде, прошедшей первичное отстаивание, за счет продуктов ацидофикации – летучих жирных кислот [2, с. 35].

Технология ацидофикации сырого осадка на сооружениях биологической очистки может применяться для решения сразу нескольких проблем, а именно:

- как метод оздоровления активного ила во всех случаях нарушения флокулообразования, седиментации и даже вспухания ила, так как он позволяет обеспечить ил необходимой легкоокисляемой органикой и биогенными элементами;

- как метод обеспечения эффективного удаления всех форм азотсодержащих веществ, т.е. для усиления как нитрификации (за счет повышения устойчивости нитрифицирующего ила к неблагоприятным условиям и воздействию токсикантов), так и денитрификации (за счет обеспечения ила восстановителями);
- как метод глубокого удаления всех биогенных элементов, включая соединения фосфора за счет обеспечения ила восстановителями;
- как метод улучшения влагоотдающих свойств сырого осадка, позволяющий снизить объем избыточного сырого осадка минимально в 1,5 раза [1, с.244].

Принцип биоудаления фосфора основан на жизнедеятельности микроорганизмов, которые способны аккумулировать больше фосфора, чем нужно на прирост. Чтобы эти микроорганизмы начали играть свою полезную роль, необходимо обеспечить их низкомолекулярными

летучими жирными кислотами (ЛЖК), которые служат субстратом для них, и создать условия, при которых они способны использовать ЛЖК эффективнее других микроорганизмов, находящихся в биценозе [3, с.75].

ЛЖК являются предпочтительными восстановителями для обеспечения процесса денитрификации и дефосфотации. Доступность ЛЖК - непереносимое условие процессов биоудаления фосфора и увеличения скорости денитрификации [4, с.50].

Согласно общепринятым представлениям, для удаления 1 мг фосфора необходимо от 14 до 20 мг легкоокисляемой органики [5, с. 101].

По данным, полученным в результате реализации технологии глубокого удаления азота и фосфора на действующих очистных сооружениях в Европейских странах, комбинированная схема нитрификации-денитрификации и биологического удаления фосфора с предварительной ацидофикацией обеспечивает удаление фосфора с эффективностью в пределах 70 – 95 % [1, с.245].

Проектом, в соответствии с которым были построены очистные сооружения канализации г. Осиповичи, предусматривалась полная биологическая очистка на аэротенках с доочисткой на аэрируемых биопрудах. Нормативная степень очистки по данной технологии составляла по фосфору 20-25 %. Таким образом, при концентрации фосфатов в стоках, поступающих на очистку, 10-15 мг/дм³, ожидаемая концентрация фосфатов в очищенных стоках должна составить 7,5-11,2 мг/дм³. В то же время,

разрешенная концентрация по фосфатам на выпуске в реку составляла 6 мг/дм³.

Для обеспечения соответствия концентрации фосфора на выпуске установленной ПДК, на городских очистных сооружениях г. Осиповичи было принято решение переоборудовать первичные отстойники в отстойники-ацидофикаторы (рисунки 1 - 2).

До внедрения процесса ацидофикации наблюдались превышения предельно-допустимых концентраций по фосфору на выпуске очищенных сточных вод.

С помощью реконструкции планировалось повысить степень извлечения легкоокисляемых органических веществ из сырого осадка для улучшения свойств активного ила и повышения эффективности процессов денитрификации и дефосфотации.

Ещё одной целью переоборудования первичных отстойников было снижение нагрузки на иловые площадки, которые находились в неудовлетворительном состоянии.

Нагрузка на иловые площадки зависит не только от типа иловых площадок и климатических условий, но в первую очередь от состава и свойств обезвоживаемых осадков.

В результате ацидофикации улучшаются свойства сырого осадка, который в процессе брожения сокращает свой объем примерно на 20 - 40 %, лучше обезвоживается и хорошо подсушивается на иловых площадках [1, с.].



Рисунок 1. Первичный отстойник, переоборудованный в ацидофикатор

Проектная производительность очистных сооружений города – 20000 м³ /час. В эксплуатации сооружения очистки сточных вод находятся с 1972 года. На данный момент реализуется проект реконструкции с доведением их производительности до 40000 м³/час.

В работе находятся два отстойника-ацидофикатора. Выпавший на дно осадок насосом, установленным в канализационной насосной станции, перекачивается в распределительную камеру отстойников и оттуда поступает в центральную трубу (аналогично ходу сточных вод). Осадок подается вместе со сточными водами (когда уровень воды в распределительной камере повышается).

Циркуляция осадка осуществляется: летом 3 - 4 раза в сутки, зимой 2 - 3 раза в сутки.

Отгрузка осадка на иловые площадки осуществляется: летом 2 раза в неделю, зимой 1 раз в неделю. Сигналом для отгрузки осадка служит большой вынос взвешенных веществ в сборные лотки.

По всему периметру отстойников были установлены полупогружные щиты. Низ щитов погружен на 45 см, верх щитов возвышается над уровнем воды на 20 см. Данные щиты обеспечивают удержание всплывающего осадка и предотвращают вынос его в сборные лотки.

На рисунке 3 представлены результаты анализов содержания фосфора фосфатов в сточных водах, поступающих на очистку, и очищенных сточных водах в следующие 3 года, после внедрения процесса ацидофикации.

На сегодняшний день на выходе из очистных сооружений превышений по концентрациям загрязнений нет. Очищенная вода, выходящая со вторичных отстойников прозрачная (рисунок 4). В работе находятся два вторичных отстойника.



Рисунок 2. Выделение газа в процессе ацидофикации

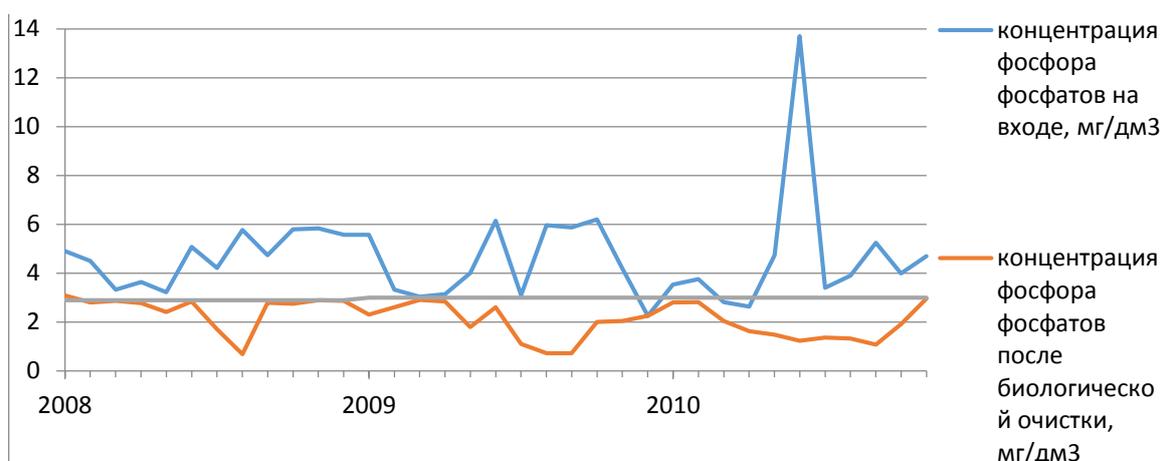


Рисунок 3. Концентрации фосфора фосфатов на входе в очистные сооружения и на выходе после внедрения процесса ацидофикации, мг/дм³



Рисунок 4. Прозрачная вода в сборном лотке вторичного отстойника

При применении данной технологии на городских очистных сооружениях возможно сокращение площади иловых площадок, сокращение затрат на перекачивание осадка насосами (уменьшение расхода электроэнергии). При этом необходимо только обеспечить циркуляцию осадка из первичных отстойников в распределительную камеру.

На сегодняшний день на многих городских очистных сооружениях остро стоит проблема их реконструкции под технологии биологического удаления азота и фосфора с заданной эффективностью без увеличения объемов сооружений.

Для улучшения окислительных свойств активного ила, интенсификации процессов нитрификации, денитрификации, дефосфотации в аэротенках, целесообразно будет внедрить технологию ацидофикации сырого осадка в первичных отстойниках осветляющих сточные воды города (бытовые и промышленные).

Ацидофикация сырого осадка выполняет такие задачи, как повышение концентрации легкоокисляемой органики в обрабатываемых сточных водах, улучшение окислительных, флокуляционных свойств активного ила и повышение эффективности извлечения биогенных соеди-

нений в процессе биологической очистки, что в свою очередь приводит к повышению эффективности работы аэротенков в целом.

Ацидофикация сырого осадка также способствует снижению его влажности и уменьшению объема, и тем самым – снижению нагрузки на иловые площадки.

Таким образом, данную технологию можно считать перспективной и применять ее как при строительстве новых очистных сооружений, так и при реконструкции старых.

Список литературы:

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Козлов М. Н., Харьковина О. В., Пахомов А. Н. и др. Опыт эксплуатации сооружений биологической

очистки сточных вод от соединений азота и фосфора // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 10 ч.1.

3. Келль Л. С. Внедрение технологии биологической дефосфотации УСТК // Экология производства. 2011. № 5, с. 75-77
4. Баженов В. И., Денисов А. А. Проектирование современных комплексов биологической очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2009. №2.
5. Данилович Д.А., Козлов М.Н., Мойжес О.В. и др. Результаты работы крупномасштабных сооружений биологической очистки от соединений азота и фосфора / Сборник статей и публикаций Московского водоканала. – М., 2008. – С. 101 -119.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МУКИ ИЗ ВИНОГРАДА «АМУРСКИЙ» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА

Решетник Екатерина Ивановна

Доктор техн. наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный универ., г. Благовещенск

Максимюк Вера Александровна

Кандидат техн. наук, г. Благовещенск

PROSPECTS USE OF FLOUR FROM GRAPES «AMUR» FOR OBTAIN FUNCTIONAL CURD PRODUCT

Reshetnik Katherine, Doctor of Technical Sciences, professor, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk

Maksimiyuk Vera, Candidate of Technical Sciences, Blagoveshchensk

АННОТАЦИЯ

В статье дано описание технологии производства муки из дикорастущего винограда Амурской области. Представлен сравнительный анализ химического состава муки из винограда «Амурский» и муки из косточек винограда западных регионов России. Представлены показатели безопасности муки из винограда «Амурский», с целью использования её в качестве функционального компонента при разработке новой технологии творожного продукта.

ABSTRACT

The article describes the technology of production of flour from wild grapes Amur region. The comparative analysis of the chemical composition of flour from grapes "Amur" and grape seed flour from the western regions of Russia. Presented the safety performance of flour from grapes "Amur", in order to use it as a functional component, that the development of new technology curd products.

Ключевые слова: функциональное питание, антиоксиданты, творожный продукт, виноградная мука

Key words: functional food, antioxidants, curd product, grape flour

На сегодняшний день активно развивается такой сектор пищевой промышленности как разработка и производство продуктов питания функциональной направленности. Употребление данной категории продуктов направленно на поддержание, восстановление и активизацию физиологических процессов в организме человека.

Придание функциональных свойств продуктам основывается на внесении в их состав витаминов, минералов, пищевых волокон, природных антиоксидантов и других нетрадиционных компонентов. Наибольшая оптимизация химического состава продуктов достигается сочетанием сырья растительного и животного происхождения.

Молочные продукты присутствует в питании каждого человека независимо от возраста, состояния здоровья, социального статуса и материального достатка. Внесение в их состав функциональных компонентов позволит охватить наибольшее количество потребителей.

Творог и творожные продукты всегда пользовались заслуженным спросом потребителей, так как творог является полноценным источником животного белка, при этом имея более низкую стоимость в сравнении со свежим мясом. В связи с выше сказанным целесообразно вносить функциональные добавки в данный молочный продукт [4, с. 83-86].

Семена винограда являются одним из источников природных антиоксидантов, а также содержат в себе широкий комплекс незаменимых и биологически активных веществ, необходимых для полноценного функционирования организма человека. Семена винограда «Амурский» содержат большое количество антиоксидантов – биофлавоноидов, называемых проантоцианидами.

На Дальнем Востоке в естественном состоянии произрастает самый зимостойкий вид – амурский виноград (*Vitis amurensis*), относящийся к восточноазиатской

группе. Он отличается исключительно высокой зимостойкостью и коротким вегетационным периодом. Виноград «Амурский» в дикой форме произрастает в южных и центральных районах Амурской области, местами образует обширные заросли.

Виноград «Амурский» представляет собой лиановое растение, размеры которого зависят от условий произрастания. Масса гроздей колеблется от 10 до 26 г. Ягоды мелкие (0,3-0,7 г), округлые, иссиня-черного цвета с обильным восковым налётом. Мякоть может быть сочной, мясистой, слизистой и плотной, обычно кислая, у некоторых форм – кисло-сладкая, количество семян от 3 до 4 и более. Урожайность зависит от условий произрастания и степени развития кустов, она колеблется от 1,5 до 6-10 кг [1, 3].

Виноград, произрастающий на территории Амурской области в связи с её климатическими особенностями, характеризуется невысоким содержанием сахаров, повышенной кислотностью, малой массой мякоти ягоды относительно семян и кожицы, всё это не способствует его массовой переработке. В тоже время, семена винограда «Амурский» отличаются высоким содержанием различных соединений и веществ, оказывающих положительное физиологическое действие на метаболические процессы в организме человека.

На основании полученных данных установлено, что наибольшее скопление макро- и микронутриентов находится в семенах винограда «Амурский»: витамины и минералы, незаменимые аминокислоты, жирные кислоты, флорафен, энин, лецитин, дубильные вещества и антиоксиданты, одним из которых является ресвератрол.

Ресвератрол может замедлять развитие и прогрессирование раковых клеток, позволяет нормализовать уровень липидов в крови, оказывает стимулирующее и активизирующее воздействие на регенерацию здоровых клеток организма. Улучшает антистрессовую устойчивость, память, оказывает антивозрастное воздействие и другое физиологическое действие на организм [5, с. 45-47, 6, с. 35-37].

Основная часть нутриентов располагается в центре семени, покрытого твёрдой оболочкой, не перевариваемой в желудочно-кишечном тракте человека при употреблении его в целом или раздробленном виде, поэтому перспективно вносить добавку из винограда «Амурский» в виде муки в творожную основу. Виноградную муку получали из ягод, предварительно высушенных вместе с мякотью.

Технология производства муки из винограда «Амурский» заключается в промывании гроздей винограда в проточной воде, отборе перезрелых и испорченных ягод, просушивании от влаги. Обсушенные ягоды снимали с грозди и подвергали высушиванию в конвекционных установках в течение 2-2,5 часов при температуре 45-50 °С, до содержания массовой доли влаги $7 \pm 0,5$ %. Высушенные ягоды охлаждали до комнатной температуры и размалывали в муку, которую далее просеивали. Степень измельчения составляла 1,5 % при просеве на шелковом сите N 38 и на металлическом сите N 016.

Мука из винограда «Амурский» представляет собой порошок коричневого цвета с мягким привкусом винограда, хорошо растворимый в воде. Физико-химический состав и сравнительный анализ виноградной муки представлен в таблице 1 [2, с. 49-51].

Таблица 1

Физико-химический состав виноградной муки

Показатели	Значение	
	Мука из косточек винограда	Мука из винограда «Амурский»
Влажность, % не более	6,5-8,0	6,6-8,1
Массовая доля липидов, %	14,2-16,5	11,8-14,6
Массовая доля белка, %	16,6-18,1	15,8-17,4
Массовая доля углеводов, %, в.ч. клетчатки	46,3-48,6	41,2-43,4
	21,3-22,8	24,7-25,8
Массовая доля дубильных веществ, %	5,7-6,3	6,2-7,2
Массовая доля органических кислот, %	2,1-2,3	2,5-2,7
Теобромин, %	3,8-4,2	4,1-4,4
Массовая доля общей золы, %	2,5-2,8	2,7-3,1
Массовая доля металлических примесей (частицы не более 0,3 мм), %	не более 0,0003	
Степень измельчения – остаток после просева на шелковом сите N38 по ГОСТ 4403 и на металлическом сите N016 по ГОСТ 6613, %, не более	1,5 (при растирании между пальцами не должен давать ощущения крупинки)	

Мука, полученная из винограда «Амурский», содержит меньше на 3,6 % белков, на 15,5 % липидов и 10,3 % углеводов в сравнении с мукой, выработанной из косточек винограда, произрастающего в южных регионах западной части России, где высокие качественные показатели обусловлены лучшими климатическими условиями. Однако содержание органических кислот, дубильных веществ и нерастворимых пищевых волокон, теобромину и минеральных веществ выше.

Показатели безопасности муки из винограда «Амурский» соответствуют требованиям, представленным в таблице 2.

Показатели безопасности муки из винограда «Амурский» полностью соответствуют принятым санитарным нормам и не выходят за установленные пределы.

На основании данных химического состава и показателей безопасности муки из винограда «Амурский» установлено, что она является перспективным компонентом для внесения в творожный продукт для придания ему функциональных свойств.

Таблица 2

Показатели безопасности муки из винограда «Амурский»

Показатель	Допустимые значения	Результат исследования
Токсичные элементы, мг/кг, не более		
Свинец	< 5,0	< 0,0005
Кадмий	< 1,0	< 0,0015
Мышьяк	< 3,0	< 0,0015
Ртуть	< 1,0	< 0,0001
Пестициды, мг/кг, не более		
ГХЦГ (сумма изомеров)	< 1,0	< 0,0005
ДДТ и его метаболиты	< 1,0	< 0,0005
Гептахлор	не допускается	отсутствует
Алдрин	не допускается	отсутствует
Микробиологические показатели		
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАНМ), КОЕ/1 г не более	< 50000	< 10
Бактерии группы кишечной палочки (БГКП) (колиформы) в 0,1 г.	не допускается	не обнаружено
E. coli, в 0,1 г.	не допускается	не обнаружено
Патогенные микроорганизмы (в том числе сальмонеллы), в 10 г	не допускается	не обнаружено
Дрожжи, КОЕ/1г не более	< 100	< 10
Плесени, КОЕ/1г не более	< 100	< 10
Радионуклиды, Бг/кг, не более		
Стронций – 90	< 100	< 5,0
Цезий – 137	< 200	< 3,0
Антибиотики, мг/кг	не допускается	не обнаружено

Внесение в творожный продукт муки из винограда «Амурский», произрастающего на территории южных регионов Дальнего Востока и являющегося источником природных антиоксидантов, позволит обеспечить стабильность компонентов в процессе хранения и придаст продукту функциональные свойства.

Список литературы

1. Казьмин Г.Г. Дальневосточные лианы / Г.Г. Казьмин. – Хабаровск: Книжное издательство. – 1984. – 160 с.
2. Корнен Н.Н. Исследование состава и свойства БАД из семян винограда / Н.Н. Корнен // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 1 (18). – С. 48-52.
3. Лебедева Л.Я. Виноград на Дальнем Востоке / Л.Я.

Лебедева, А.И. Лебедев. – Владивосток: Дальневосточное книжное издательство. – 1970. – 240 с.

4. Решетник Е.И. Научное обоснование технологии ферментированных молочных продуктов на основе биотехнологических систем: монография / Е.И. Решетник, В.А. Максимюк, Е.А. Уточкина. – Благовещенск: ДальГАУ, 2013. – 111 с.
5. Тутельян В.А. Флавоноиды: содержание в пищевых продуктах, уровень потребления, биодоступность / В.А. Тутельян, А.К. Батурин, Э.А. Мартинчик // Вопросы питания. – 2004. – № 6. – С. 43-48.
6. Тюкавкина Н.А. Природные флавоноиды как пищевые антиоксиданты и биологически активные добавки / Н.А. Тюкавкина, И.А. Руленко, Ю.А. Колесник // Вопросы питания. – 1996. – № 2. – С. 33-38.

ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Малкина Ирина Валериевна

Старший преподаватель, Самарский государственный технический университет, г. Самара

Plastic deformation of materials With the application of ultrasound

Malkina Irina Valerievna, Senior lecturer, Samara state technical University, Samara

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ влияния ультразвука на процесс пластической деформации материалов при обработке клепаных соединений.

ABSTRACT

The analysis of the influence of ultrasound on the process of plastic deformation of the material during processing riveted connections.

Ключевые слова: ультразвуковые колебания; пластическая деформация.
Keywords: ultrasonic vibrations; plastic deformation.

Важной особенностью ультразвука, определяющей его широкое применение в различных областях науки и техники, является возможность получения направленного, хорошо сфокусированного излучения высокой интенсивности.

Воздействие ультразвука на процесс пластической деформации обусловлено его влиянием на контактные условия, на структуру и свойства деформируемого металла.

При наложении ультразвуковых колебаний наблюдается два эффекта: акустическое разупрочнение и акустическое упрочнение. Первый – при воздействии мощным ультразвуком. При достижении определённого уровня акустической энергии, зависящего от свойств материала, деформация может происходить при комнатной температуре без приложения внешней нагрузки.

Ультразвуковые колебания снижают статическое напряжение текучести аналогично нагреву, но для достижения одного и того же эффекта при воздействии ультразвуком требуется значительно меньше энергии. Объясняется это тем, что ультразвуковая энергия поглощается в тех местах кристаллической решётки, которые являются носителями механизма пластической деформации (дислокации, границы зёрен и т.д.), и почти не поглощается в свободных от дефектов зонах кристаллов [3].

При изучении влияния ультразвука на изменение прочностных свойств металлов установлено, что при наложении на отожжённые медные образцы ультразвуковых колебаний высокой интенсивности в течение 30...40 секунд происходит повышение предела прочности. При сжатии образцов из сплава Д16 и стали 45 в ультразвуковом поле при малых амплитудах колебаний (4...10 мкм) одно и то же усилие позволяет получить большую абсолютную деформацию. При изучении усталостной прочности стали 45 на частоте 18,4...18,8 кГц, микротвёрдость материала в зоне максимальных напряжений повышается [1].

В современном машиностроении предъявляются высокие требования к надёжности машин. Повышение качества сборки выпускаемой продукции неразрывно связано с разработкой новых технологий. Сборка с применением заклепок – основной способ соединения элементов конструкций, работающих под действием вибрационных и знакопеременных нагрузок. Клепкой обеспечивается прочное соединение деталей из разнородных материалов [2].

Процесс клепки имеет существенные недостатки. При соединении разнопрочных материалов и при использовании высокопрочных заклепок наблюдается разрушение зоны соединения или растрескивание формируемых головок заклепок. Осадка стержней заклепок во многих случаях вызывает деформирование объёмных конструкций.

Перспективным направлением повышения качества сборочных соединений является применение ультразвуковых колебаний малой амплитуды. В настоящее время проведено большое число исследований в области пластической обработки материалов с воздействием ультразвука на зону деформирования. Полученные резуль-

таты показывают значительное снижение усилий при формировании головок заклепок за счёт увеличения податливости материала в зоне соединения. Опытами установлено снижение статической нагрузки при деформации в несколько раз при одновременном улучшении качества клепаного соединения. Отмечается также возможность применения заклепок из титановых сплавов.

Колебания, которые возникают в акустической системе, являются упругими. Форма этих колебаний гармоническая и описывается выражением:

$$A = A_m \sin \omega t, \tag{1}$$

где A – смещение в данном элементе системы в момент времени t ; A_m – максимальное значение смещения; f – частота колебаний.

Уравнение движения элемента массы:

$$F = ma, \tag{2}$$

где F – сила, действующая на массу m ; a – ускорение.

Рассматривая формируемую головку заклепки как присоединённую к инструменту массу, можно определить силу, действующую на эту массу:

$$F_M = \frac{dA}{dt} = F_M \nu, \tag{3}$$

где F_M – максимальное значение силы.

Длина стержня заклепки, формируемого в головку, равна полутора диаметра. Значение силы, действующей на заклепку, вычисляется по формуле:

$$F_M = A \nu^2 \frac{\rho}{g}, \tag{4}$$

где ν – объём формируемой части заклепки; g – ускорение свободного падения; ρ – удельный вес материала заклепки [2].

Расчёты показывают, что усилие воздействия торца концентратора на заклепку приблизительно в 400 раз меньше усилия, необходимого для деформирования, следовательно, такое механическое воздействие не может существенно снизить усилие при клепке.

Схема подведения ультразвуковых колебаний в зону формирования головки заклепки приведена на рисунке.1.

Экспериментальная работа проводилась на специально разработанной установке с частотой колебаний 18 кГц и акустической мощностью 1кВт. Данная установка предназначена для формирования головок из стали, меди и алюминиевых сплавов, а также для запрессовки деталей [1]. Результаты испытаний представлены на диаграмме рисунке 2. Приведена зависимость статического усилия деформирования P от амплитуды колебаний торца концентратора A . Диаметр исследуемых заклепок – 3 мм. Анализ диаграммы показал, что ультразвуковые колебания снижают величину P приблизительно в 1,5 раза. С увеличением амплитуды колебаний статическое усилие заклепки уменьшается, что находится в соответствии с полученными расчётными данными. Степень снижения P объясняется не столько динамическим воздействием ультразвука, сколько изменением прочности и пластичности материала в ультразвуковом поле.

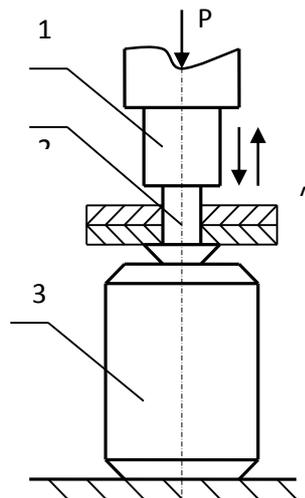


Рисунок 1. Схема подведения УЗК в зону деформирования: 1 – концентратор УЗП, 2 – заклепка, 3 – массивный опорный элемент

Технологические возможности ультразвуковой клепки оценивались по соотношению деформаций головки и стержня заклепки. Эксперимент показал, что при малых значениях амплитуд ультразвуковых колебаний образцы деформируются с образованием выпуклой бочки, кривизна образующей которой меньше, чем при

обычном нагружении. Следовательно, ультразвуковая клепка позволяет осуществлять формирование нормальных головок практически без поперечной деформации стержня, что весьма важно при расклепывании подвижных соединений.

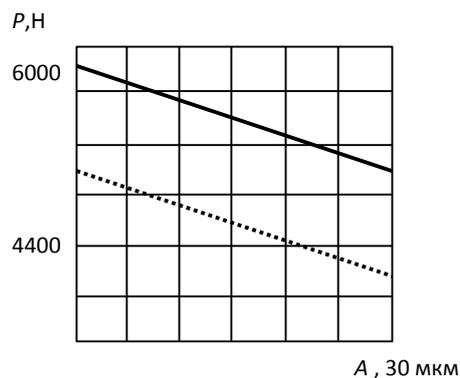


Рисунок 2. Зависимость статического усилия деформации P от амплитуды колебаний торца концентратора A:

— сталь 20
 сплав Д1

Проводилось формирование головок заклепок в материалах, имеющих меньшую прочность по сравнению с заклепкой, а также склепывание материалов с большой разницей в прочности. При прессовой и ударной клепке во всех случаях наблюдается разрушение пластин из оргстекла. Применение ультразвука позволяет осуществлять соединение пластин из оргстекла и стали толщиной 3 мм стальными заклепками.

Качество ультразвуковой клепки оценивалось прочностью заклепочных соединений, выполненных прессовым способом. Испытывали на разрыв соединения, выполненное заклепкой диаметром 3 мм. Материал заклепок – сплав Д1. Происходит увеличение прочности на срез и смятие заклепок.

Полученные результаты показали, что ультразвуковая клепка обеспечивает прочность соединений не-

сколько большую (приблизительно на 10 %), чем прессовая клепка. Характер разрушения заклепок в обоих случаях одинаков – смятие при растягивающей нагрузке.

Проведенные исследования позволили сделать вывод, что ультразвуковая клепка эффективна в следующих случаях:

- присоединении материалов с большой разницей прочностных свойств (металлов с пластмассой, деревом, волокнистыми материалами и т.д.);
- при формировании головок стержней с малой продольной жесткостью;
- при соединении маложестких ажурных элементов конструкций.

Введение ультразвуковых колебаний малой амплитуды в зону соединений деталей, образованных клепкой,

приводит к снижению сопротивления пластическому деформированию, что улучшает эксплуатационные свойства соединений.

Список литературы

1. Малкина И.В. Применение ультразвука для повышения эффективности сборки клепаных соединений деталей // журнал «В мире научных открытий»,

2010, № 4 (10), часть 15. – с. 45-46.

2. Нерубай М.С., Калашников В.В., Штриков Б.Л., Ярьско С.И. Физико-химические методы обработки и сборки. – М.: Машиностроение – 1,2005. – 396с.
3. Штриков Б.Л., Калашников В.В. Ультразвуковая сборка. – М.: Машиностроение – 1,2006. – 225с.

УСЛОВИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ

Матохин Геннадий Владимирович

доктор тех. наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Воробьев Алексей Юрьевич

кандидат тех. наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Игуменов Александр Анатольевич

первый заместитель директора, ООО «Тихоокеанский головной аттестационный центр,

г. Владивосток

Лютарь Виталий Станиславович

начальник отдела, ООО «Региональный центр диагностики инженерных сооружений», г. Владивосток

CONDITIONS FATIGUE STRENGTH-BASED COMPUTATIONAL MODEL FOR THE LIMIT OF ENDURANCE

Matokhin Gennady, doctor of technical Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok

Vorobyov Alexey, candidate of technical Sciences, associate Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok

Igumenov Aleksandr, head Deputy Director, Pacific head certification center, Vladivostok

Lutar Vitaly, head of Department, The Regional center for diagnostic engineering structures", Vladivostok

АННОТАЦИЯ

Предложена методика расчетной оценки усталостной прочности элементов конструкций на базе сведений о стандартных механических характеристиках материалов.

ABSTRACT

The proposed method of estimating the fatigue strength of structural elements on the basis of information about the mechanical characteristics standard materials.

Ключевые слова: предел выносливости; пороговый коэффициент; интенсивность напряжений; эквивалентные напряжения.

Keywords: fatigue line estimation; threshold ratio; stress intensity; stress equivalent.

В настоящее время сложно выделить какую-либо теорию, позволяющую корректно судить об усталостной прочности деталей, работающих в условиях сложного напряженного состояния. Задача становится практически неразрешимой, если компоненты тензора напряжений могут меняться произвольно (с разными частотами, несовпадающими фазами и т.д.). Тем не менее большинство реальных элементов конструкций работает в условиях сложного напряженного состояния (СНС) и поэтому совершенствование моделей оценки усталостной прочности имеет важное практическое значение.

Циклическое нагружение можно представить в виде действия постоянной составляющей и циклической с амплитудой σ_a . (Рис.1) Такое представление рабочей нагрузки позволяет получить расчетную математическую модель оценки предела выносливости для (СНС).

Известно [1], что для начала движения трещины в феррито- перлитных сталях необходимо, чтобы в ее вершине выполнялось условие

$$R_{mce} = \sigma_{max},$$

где R_{mce} – сопротивляемость микросколу деформированного материала.

Приравнивая напряжения σ_{max} напряжениям σ_1 , получим

$$R_{mce} = \sigma_1 = \frac{\sigma_i}{D}; \text{ или } \sigma_i(\sigma_m, \sigma_a) = R_{mce} \cdot D. \quad (1)$$

где D – коэффициент перенапряжения.

Применяя степенную аппроксимацию диаграмм растяжения

$$\bar{\sigma}_i = \frac{\sigma_i}{\sigma_T} = \left(\frac{\sigma_{i_ypp}}{\sigma_T} \right)^{\frac{2m}{m+1}},$$

условие (1) запишем в виде

$$\sigma_T \left(\frac{\sigma_{i_ypp}}{\sigma_{0,2}} \right)^{\frac{2m}{m+1}} = R_{mce} \cdot D, \quad (2)$$

где m – коэффициент упрочнения действительной диаграммы деформирования.

Считаем, что причиной роста и слияния микротрещин являются циклические нагрузки, которые приводят к изменению напряженного состояния, существующего при статическом действии нагрузки интенсивности σ_m (рис.1).

Тогда полагая, что все компоненты напряжения изменяются пропорционально одному параметру, можно записать

$$\sigma_i^{ypp}(\sigma_m, \sigma_a) = \sigma_i^{ypp}(\sigma_m) + \sigma_i^{ypp}(\sigma_a) \quad (3)$$

Здесь σ_i^{ypp} интенсивность напряжений в окрестности вершины трещины при использовании упругого решения задачи, σ_m – среднее напряжение, σ_a – амплитуда циклически изменяющегося напряжения.

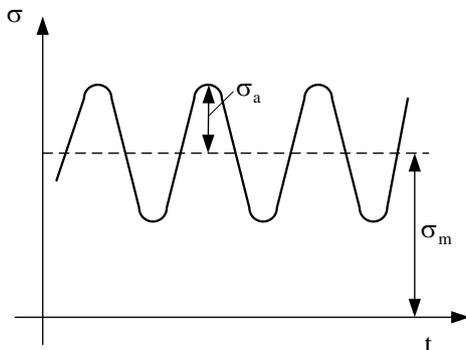


Рис. 1. График циклического нагружения при наличии постоянной составляющей

Учитывая сделанные выше допущения, запишем

$$\sigma_i(\sigma_m, \sigma_a) = \sigma_T \left[\frac{(\sigma_i^{ypp}(\sigma_m) + \sigma_i^{ypp}(\sigma_a))}{\sigma_{0,2}} \right]^{\frac{2m}{m+1}} \quad (4)$$

Таким образом, условие (12.33) принимает вид

$$\sigma_i(\sigma_m, \sigma_a) = \sigma_T \left[\frac{\sigma_i^{ypp}(\sigma_m) + \sigma_i^{ypp}(\sigma_a)}{\sigma_{0,2}} \right]^{\frac{2m}{m+1}} = R_{mce} \cdot D \quad (5)$$

Известно, что $\sigma_i^{ypp}(\sigma_a)$ в области вершины трещины будет:
или

$$K_{th0}(\sigma_a) = 0,948 \sigma_T \sqrt{\pi d_3} \left(\frac{R_{mce} \cdot D}{\sigma_{0,2}} \right)^{\frac{m+1}{2m}} \left\{ 1 - \frac{\sigma_i^{ypp}(\sigma_m)}{\sigma_T \left(\frac{R_{mce} \cdot d}{\sigma_{0,2}} \right)^{\frac{m+1}{2m}}} \right\} = \left\{ 1 - \frac{\sigma_i^{ypp}(\sigma_m)}{\sigma_T \left(\frac{R_{mce} \cdot d}{\sigma_{0,2}} \right)^{\frac{m+1}{2m}}} \right\} K_{th0} \quad (8)$$

где K_{th} – пороговый коэффициент интенсивности напряжений равный

$$K_{th} = 0,948 \sigma_T \sqrt{\pi d_3} \left(\frac{R_{mce} D}{\sigma_T} \right)^{\frac{m+1}{2m}}$$

Будем предполагать, что среднее напряжение возникает в условиях двухосного напряженного состояния. Тогда в окрестности вершины трещины интенсивность напряжений $\sigma_i^{ypp}(\sigma_m)$ будет пропорционально отношению $\frac{K(\sigma_m)}{\sqrt{2\pi r}}$, которое можно представить в виде

$$\frac{K(\sigma_m)}{\sqrt{2\pi r}} = \frac{\sigma_m \sqrt{\pi \ell}}{\sqrt{2\pi r}} = \sigma_m \sqrt{\frac{\ell}{2r}} \quad (9)$$

Как известно в области малых трещин существует такой размер микротрещины ℓ_0 , меньше которого трещины не влияют на предел выносливости. Для различных

$$\sigma_i^{ypp}(\sigma_a) = \frac{K(\sigma_a)}{\sqrt{2\pi r}} \left[\sqrt{(1-2\mu)^2 + 3 \sin^2 \frac{\theta}{2}} \right] \cos^2 \frac{\theta}{2} \quad (6)$$

Если вместо r подставить размер структурного элемента [1], который равен $d_3/2,7$, то из условия (4) и (5) следует, что циклическая составляющая значения порогового коэффициента равна

$$K_{th0}(\sigma_a) = 0,948 \sqrt{\pi d_3} \left\{ \sigma_T \left(\frac{R_{mce} \cdot D}{\sigma_{0,2}} \right)^{\frac{m+1}{2m}} - \sigma_i^{ypp}(\sigma_m) \right\} \quad (7)$$

гипотез текучести при многоосном нагружении величина ℓ_0 может быть определена по формуле

$$\ell_0 = (0,03 \dots 0,1) \left(\frac{K_{th0}}{\sigma_{0,2}} \right)^2 \quad (10)$$

где 0,03 – коэффициент для гипотезы Хубера-Мизеса; 0,1 – для гипотезы Сен-Венана-Треска.

Так как трещина размером ℓ_0 не изменяет предел выносливости, то можно принять, что такие трещины имеют место в исходном состоянии материала. Учитывая сказанное, выражение (9) можно записать в виде

$$\frac{K(\sigma_m)}{\sqrt{2\pi r}} = \sigma_m \sqrt{\frac{\ell}{2r}} \approx \sigma_m \sqrt{\alpha \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{K_{th0}}{\sigma_{0,2}} \right)^2} / 2 \cdot r \quad (11)$$

где размер микротрещины принят равным $\ell_0 = 0,1 \cdot \left(\frac{K_{th0}}{\sigma_{0,2}} \right)^2$

Коэффициент α определяется в зависимости от значения предела текучести материала, которому соответствует та или иная используемая на практике гипотеза прочности. Подставив в выражение (11) вместо r размер структурного элемента $d_{стр}$, можно записать, что

$$\sigma_i^{ynp}(\sigma_m) \approx \left(\frac{K_{th0}}{\sigma_{0,2}} \sqrt{\frac{\alpha}{20 \cdot d_{стр}}} \right) \sigma_m \quad (12)$$

С учетом зависимости (12) выражение (7) принимает вид

$$K_{th0}(\sigma_a) = \left\{ 1 - \frac{\frac{K_{th0}}{\sigma_{0,2}} \sqrt{\frac{\alpha}{20 \cdot d_{стр}}} \sigma_m}{\sigma_{0,2} \left(\frac{R_{mce} \cdot d}{\sigma_{0,2}} \right)^{\frac{1}{m}}} \right\} K_{th0} \quad (13)$$

$$K_{th0} = 0,948 \sigma_T \sqrt{\pi d_3} \left(\frac{R_{mce} \cdot d}{\sigma_{0,2}} \right)^{\frac{m+1}{2m}} \quad \text{и}$$

Учитывая, что $\ell_{стр} \approx d_3 / 2,7$,

последняя формула упрощается и принимает вид

$$K_{th0}(\sigma_a) = K_{th(-1)} = \left\{ 1 - 0,608 \frac{\sigma_m}{\sigma_{02}} \sqrt{\alpha(\sigma_{02})} \right\} K_{th0} = \beta(\sigma_m) \cdot K_{th0} \quad (14)$$

где

$$\beta(\sigma_m) = \left\{ 1 - 0,608 \frac{\sigma_m}{\sigma_{0,2}} \sqrt{\alpha(\sigma_{0,2})} \right\} \quad (15)$$

Результаты обработки численного эксперимента дают возможность предложения следующей зависимости для определения $\alpha(\sigma_{0,2})$ как функции от предела текучести

$$\alpha(\sigma_{0,2}) = a - b e^{-c x^d} \quad (16)$$

где $x = \frac{\sigma_B}{\sigma_0}$, $\sigma_0 = 100 \text{ МПа}$; $a = 0,967$; $b = 232,422$; $c = 42,042$; $d = -1,456$.

В работе [1] приводится зависимость для определения предела выносливости при различных параметрах циклического нагружения.

$$\sigma_{Fr} = \sigma_{fc} \left[\pi \ell \left(\frac{\sigma_{fc}(1-r)}{\Delta K_{thr}} \right)^2 + (1-\mu + \mu^2) \right]^{-0,5} \quad (17)$$

где σ_{Fr} – предел выносливости при коэффициенте асимметрии равном r ; σ_{fc} – циклический предел текучести $\sigma_{fc} = 0,7 \sigma_{0,2}$; ΔK_{thr} – пороговый размах коэффициента интенсивности напряжений.

Учитывая, что задача сводится к определению предела выносливости материала при циклической нагрузке с амплитудой σ_a , выражение (17) следует представить в виде

$$\sigma_{-1}(\sigma_m) = 0,7 \sigma_{0,2} \left[1,96 \pi \ell \left(\frac{\sigma_{0,2}}{\Delta K_{(-1)}} \right)^2 + (1-\mu + \mu^2) \right]^{-0,5} \quad (18)$$

где

$$\Delta K_{(-1)} = [2,25 \cdot -1,25 \cdot \Delta K_{th0,8} / K_{th0}] \cdot \beta(\sigma_m) \cdot K_{th0} \quad (19)$$

$$\Delta K_{th0,8} = \sigma_{0,2} (3 \frac{\sigma_0}{\sigma_{0,2}} - 0,0008), \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}; \quad \sigma_0 = 1 \text{ МПа} \quad (20)$$

$$\ell_0 \approx \alpha(\sigma_{0,2}) \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{K_{th0}}{\sigma_{0,2}} \right)^2$$

Так как можно преобразовать к виду

$$\sigma_{-1}(\sigma_m) = 0,7 \sigma_{0,2} \left[0,196 \pi \alpha(\sigma_{0,2}) \left(\frac{K_{th0}}{\Delta K_{(-1)}} \right)^2 + (1-\mu + \mu^2) \right]^{-0,5} \quad (21)$$

Или

$$\sigma_{-1}(\sigma_m) = 0,7 \sigma_{0,2} \left[0,196 \pi \alpha(\sigma_{0,2}) \left(\frac{1}{R_{(-1)}} \right)^2 + (1-\mu + \mu^2) \right]^{-0,5} \quad (22)$$

где

$$R_{(-1)} = [2,25 \cdot -1,25 \cdot \Delta K_{th0,8} / K_{th0}] \cdot \beta(\sigma_m) \quad (23)$$

На основании экспериментальных исследований для обычных конструкционных материалов можно принять следующее условие усталостной прочности:

$$\sigma_{ЭКВ} = \sigma_{ia} = \sigma_{-1} \quad (24)$$

где σ_{ia} – интенсивность переменных напряжений, равная

$$\sigma_{ia} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_{xa} - \sigma_{ya})^2 + (\sigma_{ya} - \sigma_{za})^2 + (\sigma_{za} - \sigma_{xa})^2 + \Rightarrow + 6(\tau_{xya}^2 + \tau_{yza}^2 + \tau_{zxa}^2)} \quad (25)$$

Для случая переменного изгиба и кручения условие (24) будет иметь вид

$$\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} = \sigma_{-1} \quad (26)$$

Поэтому можно записать следующую зависимость пределов выносливости при кручении и растяжении - сжатии (изгибе)

$$\tau_{-1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_{-1} = 0,57 \sigma_{-1} \quad (27)$$

Это значение хорошо подтверждается экспериментально для многих пластичных материалов. Если величина τ_{-1} отличается от указанного значения, то можно ввести скорректированные двухпараметрические условия усталостной прочности в виде

$$\sqrt{\sigma_a^2 + \left(\frac{\sigma_{-1}}{\tau_{-1}} \right)^2 \tau_a^2} = \sigma_{-1} \quad (28)$$

В более общей форме условие усталостной прочности будет

$$\sigma_{-1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_{xa} - \sigma_{ya})^2 + (\sigma_{ya} - \sigma_{za})^2 + (\sigma_{za} - \sigma_{xa})^2 + \Rightarrow + 2\left(\frac{\sigma_{-1}}{\tau_{-1}}\right)^2 (\tau_{xya}^2 + \tau_{yza}^2 + \tau_{zxa}^2)} \quad (29)$$

Вернемся к построению условия усталостной прочности, но на основе зависимости (22)

$$\sigma_{-1}(\sigma_m) = \sigma_a = 0,7\sigma_{02} \left[0,196\pi\alpha(\sigma_{02}) \left(\frac{1}{R_{(-1)}} \right)^2 + (1 - \mu + \mu^2) \right]^{-0,5} \quad (30)$$

$$\text{где } R_{(-1)} = [2,25 \cdot -1,25 \cdot \Delta K_{th0,8} / K_{th0}] \cdot \beta(\sigma_m),$$

$$\beta(\sigma_m) = \left\{ 1 - 0,608 \frac{\sigma_m}{\sigma_{0,2}} \sqrt{\alpha(\sigma_{0,2})} \right\}$$

Преобразуем зависимость (30) к виду

$$\sigma_a \sqrt{0,196\pi\alpha(\sigma_{0,2}) \left(\frac{1}{R_{(-1)}} \right)^2 + (1 - \mu + \mu^2)} = \sigma_{FC} = 0,7\sigma_{0,2} \quad (31)$$

Отсюда

$$\sigma_{ЭКВ} = \sigma_{FC} \quad (32)$$

В более общей форме условие усталостной прочности будет

$$\sigma_a^{ЭКВ} \sqrt{0,196\pi\alpha(\sigma_{0,2}) \left(\frac{1}{R_{(-1)}^{ЭКВ}} \right)^2 + (1 - \mu + \mu^2)} = \sigma_{FC} \quad (33)$$

где

$$R_{-1}^{ЭКВ} = [2,25 \cdot -1,25 \cdot \Delta K_{th0,8} / K_{th0}] \cdot \beta(\sigma_m^{ЭКВ}) \quad (34)$$

$$\beta(\sigma_m^{ЭКВ}) = \left\{ 1 - 0,608 \frac{\sigma_m^{ЭКВ}}{\sigma_{0,2}} \sqrt{\alpha(\sigma_{0,2})} \right\}; \quad (35)$$

$$\sigma_a^{ЭКВ} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_{xa} - \sigma_{ya})^2 + (\sigma_{ya} - \sigma_{za})^2 + (\sigma_{za} - \sigma_{xa})^2 + \dots \Rightarrow + 2\left(\frac{\sigma_{-1}}{\tau_{-1}}\right)^2 (\tau_{xya}^2 + \tau_{yza}^2 + \tau_{zxa}^2)} \quad (36)$$

$$\sigma_m^{ЭКВ} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_{xm} - \sigma_{ym})^2 + (\sigma_{ym} - \sigma_{zm})^2 + (\sigma_{zm} - \sigma_{xm})^2 + \dots \Rightarrow + 2\left(\frac{\sigma_{-1}}{\tau_{-1}}\right)^2 (\tau_{xym}^2 + \tau_{yzm}^2 + \tau_{zxm}^2)} \quad (37)$$

Предлагаемая методика позволяет составить условия усталостной прочности элементов конструкций, работающих в условиях сложного напряженного состояния на базе сведений о стандартных механических характеристиках материала ($\sigma_s, \sigma_{0,2}, \varphi$).

Список литературы

1. Матохин Г.В. Оценка ресурса сварных конструкций из феррито-перлитных сталей. Владивосток: ДВГТУ, 2001. 202 с.
2. Матохин Г.В., Горбачев К.П. Инженеру о сопротивлении материалов разрушению. Владивосток: Дальнаука, 2010. 281 с.

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ОБЛАСТЕЙ КЛАССОВ В ВИДЕ ГИПЕРСФЕР В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗДЕЛЯЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Мелешкин Сергей Николаевич

кандидат техн. наук, доцент, Южный Федеральный Университет, г. Таганрог

METHOD OF CONSTRUCTION OWN FIELD CLASS IN THE FORM OF A HYPERSPHERE IN OPTIMIZATION PROBLEMS SEPARATING SURFACE

Meleshkin Sergey, Candidate of Sciences, assistant professor, Southern Federal University, Taganrog

АННОТАЦИЯ

Для построения классификаторов, при наличии в многомерном признаковом пространстве хорошо выраженной кластерной структуры объектов одного или нескольких классов, предложен метод построения собственных областей классов в виде гиперсфер. Экспериментальная проверка предложенных методов классификации показала, что разработанные методы построения классификаторов, на основе предварительного визуального анализа особенностей структуры данных и построения разделяющих поверхностей в виде гиперсфер, могут быть успешно использованы для решения задач диагностики.

ABSTRACT

To construct classifiers, in the presence of a multi-dimensional feature space well defined cluster structure of objects of one or more classes, a method of constructing their own areas of classes in a hypersphere. Experimental verification of the proposed classification methods showed that the method of construction of classifiers, based on a preliminary analysis of the visual features of the data structures and building separating surfaces in the form of a hypersphere, can be successfully used for diagnostics.

Ключевые слова: классификация, гиперсферы.

Keywords: classification, hypersphere.

В результате анализа реальных сигналов электроэнцефалографии (ЭЭГ) выяснилось, что в отсутствие артефактов и эпилептиформной активности, их распределения хорошо аппроксимируются многомерным нормальным законом и симптоматические различия, устанавливаемые врачом-экспертом, заключаются в различии моментных функций процессов второго и более высоких порядков [10]. Поэтому построение решающих правил базируется на тяготении образов с нормальным распределением к образованию кластеров [1].

В теории распознавания сигналов в отношении процессов, принадлежащих одному классу, высказывается гипотеза компактности [7], т.е. включение всех объектов каждого класса в одно подмножество, состоящее из конечного числа связанных областей. Другими словами, гипотеза компактности предполагает адекватность понятий "сходства" процессов одного класса и их геометрической "близости", проявляющейся в объединении их в одно связанное подмножество в пространстве признаков.

Поскольку распознаваемый класс сигналов является случайным процессом, N-мерный вектор его признаков (\vec{y}) заключен в некоторой области G, причем эта область может быть бесконечной.

Так для нормального процесса вероятность попадания его значений в любую произвольную область отлична от нуля. Однако практически удается выделить такую ограниченную область признаков пространства, вероятность попадания в которую признаков данного класса весьма высока, в то же время для других ничтожно мала [6]. В этом случае разделяющая поверхность задается выражением:

$$\Omega(\vec{y}) = 0 \tag{1}$$

и охватывает замкнутую область фиксированного объема, вероятность попадания в которую признаков данного класса максимальна.

Необходимо найти эту поверхность. При этом, если собственную область G пространства признаков определенного класса (например класса A) задавать исходя из условия максимума вероятности правильной классификации:

$$P(A) = \int_G \omega(\vec{y}|A) d\vec{x} \tag{2}$$

при фиксированном объеме выделенного пространства:

$$V_A = \int_G d\vec{y} \tag{3}$$

тогда максимизируемый функционал I принимает вид [8]:

$$I = \int_G \omega(\vec{y}|A) d\vec{y} - \lambda \int_G d\vec{y} \tag{4}$$

где λ - множитель Лагранжа. В [8] показано, что искомая граница Г выделенной области G должна удовлетворять условию:

$$\omega(\vec{y}|A) = \lambda, \vec{y} \in \Gamma \tag{5}$$

При этом поверхность (1) будет представлять собой контур равновероятной плотности. Если эта поверхность определена, процедура распознавания сводится к вычислению функции плотности вероятности $\omega(\vec{y}|A)$ при наблюдаемом значении \vec{y} и сравнению ее с порогом λ . Решающее правило в этом случае будет иметь вид:

$$\begin{cases} \vec{y} \in A, \text{ если } \omega(\vec{y}|A) \geq \lambda; \\ \vec{y} \notin A, \text{ если } \omega(\vec{y}|A) < \lambda; \end{cases} \tag{6}$$

Возможность достаточно точно и сравнительно просто восстановить функцию плотности вероятности или выделить контур, на котором она постоянна, в значительной степени определяет практическую возможность решения задачи распознавания. Если контур равновероятной плотности является разделяющей поверхностью, то сформировать его можно используя алгоритмы обучения. В практических задачах удобно формировать разделяющую поверхность как огибающую элементарных фигур - гиперсфер, гиперкубов [2]. Каждая такая поверхность описывается уравнением:

$$\sum (\vec{y}_i - m_i)^2 = R_j^2 \tag{7}$$

$$\sum |\vec{y}_i - m_i| = R_j \tag{8}$$

Центр фигуры естественно совмещается с математическим ожиданием m распределения вектора признаков \vec{Y} . При этом для сферически симметричного распределения уравнение (1) является также контуром равновероятной плотности и достаточно компактно выделяет собственную область каждого класса.

В качестве критерия оптимальности можно использовать функционал, минимизирующий объем собственной области при фиксированной вероятности правильного распознавания PG [8]:

$$I = V_G + \lambda \left(\int_G \omega(\vec{y}) d\vec{y} - P_G \right) \tag{9}$$

где λ - множитель Лагранжа. Для случая, когда область G замыкается единственной сферой, функционал можно представить в виде:

$$I = \frac{2\pi^{n/2}}{\Gamma(n/2) \cdot n} R^n + \lambda \left(\int_G p(\vec{y}) d\vec{y} - P_G \right) \tag{10}$$

где $\Gamma(n/2)$ - гамма-функция. Для формирования области G, необходимыми параметрами являются координаты центра сферы \vec{m}_G и величина радиуса R.

Таким образом, разделяющая поверхность формируется как огибающая элементарных фигур вида (6) в пространстве эффективных признаков [8]:

$$\sum_{i=1}^n (\vec{r}_i^* - m_{ij}^*)^2 - (R_j^*)^2 = 0 \tag{11}$$

где \vec{r}_i^* - значение оценки признака (i=1,2,...,K); m_{ij}^* - оценка математического ожидания признака для j-го класса (j=1, 2,..., M); R_j^* - оценка радиуса гиперсферы.

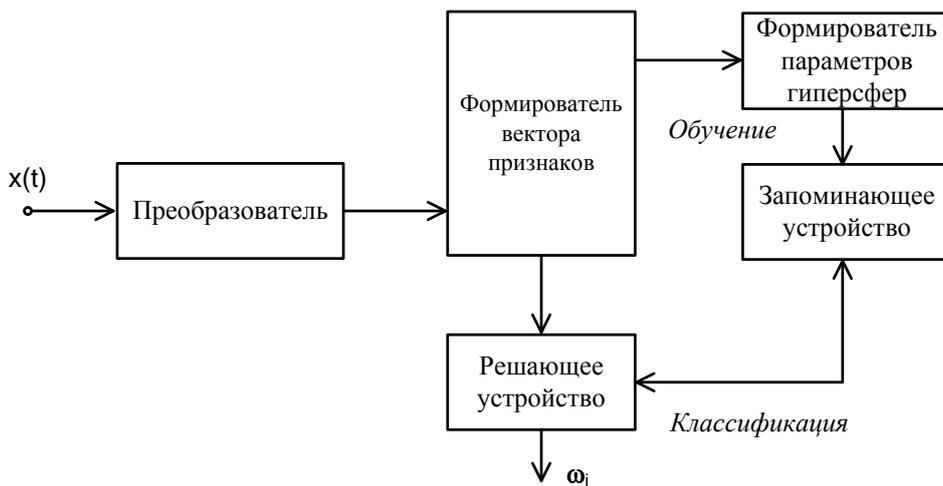


Рисунок 1. Структурная схема непараметрического классификатора

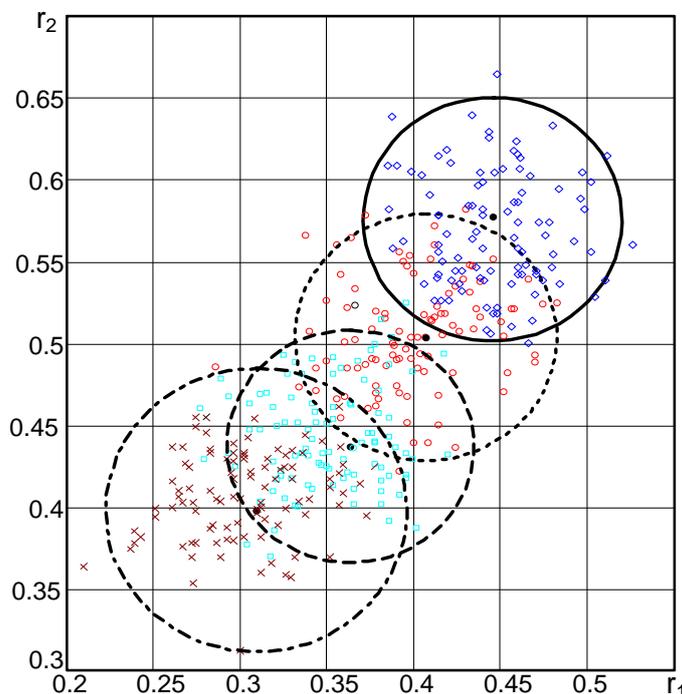


Рисунок 2. Двумерная интерпретация поверхностей гиперсфер

Для описания собственной области G, необходимыми параметрами являются координаты центра сферы mG и величина радиуса R. Эти величины получают при обучении устройства распознавания. Объем собственной области класса определяется минимальным радиусом Ri min, при этом решающее правило может быть основано на попадании (или не попадании) распознаваемого сигнала внутрь собственной области класса, охваченной радиусом Ri min, и выглядит следующим образом [5]:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n (\bar{r}_i^* - m_{ij}^*)^2 - (R_{jmin}^*)^2 \leq 0, & x(t) \in \omega_j; \\ \sum_{i=1}^n (\bar{r}_i^* - m_{ij}^*)^2 - (R_{jmin}^*)^2 > 0, & x(t) \notin \omega_j. \end{cases} \quad (12)$$

При перекрытии собственных областей классов необходимо сравнить расстояния от центра каждого из перекрывающихся классов и выбрать наименьшее рассто-

яние (критерий минимума расстояния). При обучении величины m_{ij}^* определяются как среднестатистические значения векторов \bar{r}_i^* , получаемых при подаче на вход обучающих реализаций. Величины R_j^* получаются на этапе обучения после получения значений оценок m_{ij}^* . В результате усреднения оценок R_j^* (величина R_j^* является случайной и распределена нормально), получаем:

$$(L_j^*)^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left[\sum_{i=1}^K (\bar{r}_i^* - m_{ij}^*)^2 \right] \quad (13)$$

где K - размерность признакового пространства;

N - количество оценок \bar{r}_i^* , полученных при обучении.

Приблизненно (с ошибкой $\alpha \approx 2,5\%$) можно определить:

$$R_j \approx L_j^* + 2\sigma_{L,j} \tag{14}$$

где $\sigma_{L,j}$ - среднеквадратическое отклонение оценки L_j^*

Если снижение размерности признакового пространства до $p \leq 3$ вызывает недопустимую для качества классификации потерю информативных свойств и требуется работать в гиперпространстве, но из визуального разведочного анализа данных по двумерной диаграмме рассеяния, очевидно, что объекты принадлежат к кластерной модели, то для этого случая, разработан метод собственных областей классов (МСОК), выделяемых разделяющими поверхностями в виде гиперсфер. В качестве обучающих выборок использовались модели процессов, диагностически соответствующих пяти группам пациентов: норма; умеренные нарушения; грубые нарушения; дети; эпилепсия. В качестве экзаменационных выборок использовались некоторые выборки из базы данных ЭЭГ по которым строились модели ЭЭГ не входившие в обучающие [3]. Классовая принадлежность экзаменационных выборок была априорно известна. Для оценки ошибки классификации было произведено обучение рисунок 3, и классификация рисунок 4.

В результате эксперимента была получена следующая матрица перепутывания:

$$P = \begin{bmatrix} 0,93 & 0,11 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,92 & 0,12 & 0 & 0 \\ 0,13 & 0,12 & 0,79 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Оценки вероятностей ошибок по классам:

«эпилепсия» - $\alpha = 0,07$; «грубые нарушения» - $\alpha = 0,08$; «умеренные нарушения» - $\alpha = 0,21$; «норма» - $\alpha = 0,00$; «дети» - $\alpha = 0,00$.

Усредненное по классам значение вероятности ошибок метода: $A = \text{mean}(\alpha) = 0,08$. Для сравнения методов, средствами MATLAB [11, 12] было произведено обучение и классификация теми же выборками, но по методу К-ближайших соседей [9]. В результате эксперимента была получена следующая матрица перепутывания:

$$P = \begin{bmatrix} 0,79 & 0,11 & 0,09 & 0 & 0 \\ 0,12 & 0,81 & 0,12 & 0 & 0 \\ 0,11 & 0,21 & 0,73 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Оценки вероятностей ошибок по классам:

«эпилепсия» - $\alpha = 0,21$; «грубые нарушения» - $\alpha = 0,19$; «умеренные нарушения» - $\alpha = 0,27$; «норма» - $\alpha = 0,00$; «дети» - $\alpha = 0,00$.

Усредненное по классам значение вероятности ошибок метода: $A = \text{mean}(\alpha) = 0,134$.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при классификации процессов с различающимися корреляционными функциями, предлагаемый метод эффективнее классификатора по методу К-ближайших соседей и его использование в медицинских приложениях вполне оправдано.

Перед проведением эксперимента по классификации, размерность признакового пространства была снижена в десять раз без потери информативных качеств, благодаря применению метода главных компонент [4]. В совокупности с применением метода собственных областей классов, это позволило значительно сократить объемы и время вычислений.

Схема алгоритма работы непараметрического классификатора



Рисунок 3. Режим обучения

Схема алгоритма работы непараметрического классификатора

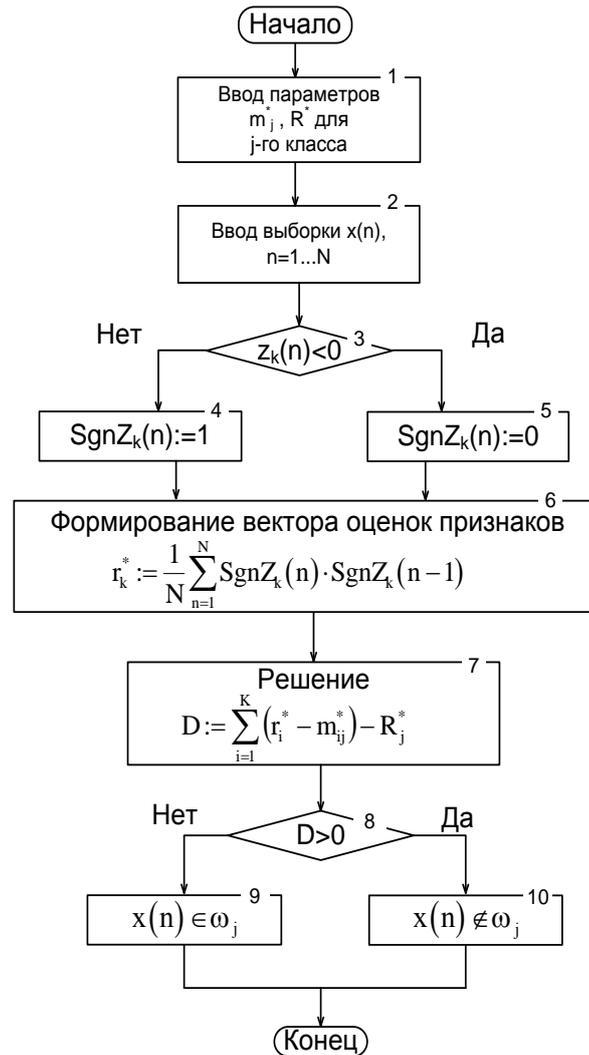


Рисунок 4. Режим классификации

Литература

1. Галустов Г.Г. Автоматизированные системы и аппаратура медицинской диагностики. Таганрог, ТРТУ, 1998 г., 142 с.
2. Загоруйко Н.Г. Методы распознавания и их применение. М.: Советское радио, 1972 г., 208 с.
3. Мелешкин С.Н. Математическое моделирование ЭЭГ-сигнала. // Материалы международной научной конференции «Оптимальные методы решения научных и практических задач», ч. 3.-Таганрог: Изд. «Антон», ТРТУ, 2005.- с. 43- 47.
4. Мелешкин С.Н., Галустов Г.Г. Метод главных компонент в задачах снижения размерности признакового пространства биомедицинских данных с целью их визуализации. // Материалы международной научной конференции «Цифровые методы и технологии», ч. 1.-Таганрог: Изд. «Антон», ТРТУ, 2005.- с. 34-37.
5. Мелешкин С.Н., Галустов Г.Г. Оптимизация разделяющих поверхностей и формирование решающего правила в задачах классификации биомедицинских данных. // Материалы международной научной конференции «Цифровые методы и технологии», ч. 1.-Таганрог: Изд. «Антон», ТРТУ, 2005.- с. 26-30.
6. Мелешкин С.Н., Галустов Г.Г. Метод формирования областей допустимых вероятностей в задачах классификации биомедицинских данных, визуализированных в двумерном признаковом пространстве. // Материалы международной научной конференции «Цифровые методы и технологии», ч. 1.-Таганрог: Изд. «Антон», ТРТУ, 2005.- с. 30-34.
7. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 416 с.
8. Сенин А.Г. Распознавание случайных сигналов. Новосибирск: Наука, 1974, –76 с.
9. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов. // Пер. с англ. – М.: Наука, 1979. – 367 с.
10. Creutzfeldt O.D., Bodenstern G., Barlow J.S. Computerized EEG pattern classification by adaptive segmentation and probability density function classification. Clinical evaluation. - Electroenceph. clin. Neurophysiology, 1985, vol. 60, №5, p. 373-393.
11. <http://www.exponenta.ru>
12. <http://www.matlab.ru>

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОТОЧНОГО ШИФРОВАНИЯ RC4**Мищенко Владимир Игоревич***Студен, Южный Федеральный Университет, г. Таганрог***Шилов Александр Кимович***кандидат технических наук, доцент, Южный Федеральный Университет, г. Таганрог***THE IMPLEMENTATION OF THE ALGORITHM STREAM ENCRYPTION RC4***Mishchenko Vladimir Igorevich, student, Southern Federal University, Taganrog**Shilov Alexander Kimovich, candidate of technical Sciences, assistant Professor, Taganrog***АННОТАЦИЯ**

Рассмотрено понятие поточных шифров, в частности, шифра RC4. Показано его практическая применимость. Данный алгоритм реализован программным методом для надежного шифрования и хранения данных.

ABSTRACT

The article discusses the concept of stream ciphers, in particular, cipher RC4. Shown its practical applicability. This algorithm is implemented in software for secure encryption and data storage.

Ключевые слова: шифр, ключ, ключевой поток, гамма, блок.

Keywords: cipher, key, key stream, gamma, block.

Тенденция развития современных технологий характеризуется постоянным повышением значения информации. В последнее время вырос интерес к вопросам защиты информации. Это связывают с тем, что стали более широко использоваться вычислительные сети, что приводит к тому, что появляются большие возможности для несанкционированного доступа к передаваемой информации. Наиболее эффективными являются криптографические способы защиты информации. Криптография в переводе с древнегреческого означает "тайнопись". Суть ее заключается в том, что последовательность символов (открытый текст) подвергается некоторому преобразованию (в котором используется ключ) и в результате получается закрытый текст, непонятный тому, кто не знает алгоритма шифрования и, конечно, ключа. Даже простое преобразование информации является весьма эффективным средством, дающим возможность скрыть её смысл от большинства неквалифицированных нарушителей. К таким средствам относятся алгоритмы поточного шифрования.

Поточный шифр — это симметричный шифр, в котором каждый символ открытого текста преобразуется в символ шифрованного текста в зависимости не только от используемого ключа, но и от его расположения в потоке открытого текста. Поточный шифр реализует другой подход к симметричному шифрованию, нежели блочные шифры [1].

Поточные шифры на базе сдвиговых регистров активно использовались в годы войны, ещё задолго до появления электроники. Они были просты в проектировании и реализации.

Большую популярность поточным шифрам принесла работа Клода Шеннона, опубликованная в 1949 году, в которой Шеннон доказал абсолютную стойкость шифра Вернама (также известного, как одноразовый блокнот). В шифре Вернама ключ имеет длину, равную длине самого передаваемого сообщения. Ключ используется в качестве гаммы, и если каждый бит ключа выбирается случайно, то вскрыть шифр невозможно (т.к. все возможные открытые тексты будут равновероятны). К настоящему времени создано большое количество алгоритмов поточного шифрования, таких как: A3, A5, A8, MUGI, PIKE, RC4, SEAL, ORION.

RC4 (англ. Rivest Cipher 4 или англ. Ron's Code, также известен как ARCFOUR или ARC4 (англ. Alleged RC4)) — поточный шифр, разработанный в 1987 году Роном Ривестом для RSA Data Security, Inc. Он широко применяется в различных системах защиты информации в компьютерных сетях (например, в протоколах SSL и TLS, алгоритме безопасности беспроводных сетей WEP и WPA).

Алгоритм RC4, как и любой поточный шифр, строится на основе параметризованного ключом генератора псевдослучайных битов с равномерным распределением. Длина ключа может составлять от 40 до 2048 бит [2].

Основные преимущества шифра — высокая скорость работы и переменный размер ключа. RC4 довольно уязвим, если используются не случайные или связанные ключи, один ключевой поток используется дважды. Эти факторы, а также способ использования могут сделать криптосистему небезопасной.

Поточный шифр RC4 был создан Роном Ривестом из RSA Security в 1987 году. Хотя официально сокращение обозначает Rivest Cipher 4, его часто считают сокращением от Ron's Code.

В течение семи лет шифр являлся коммерческой тайной, и точное описание алгоритма предоставлялось только после подписания соглашения о неразглашении, но в сентябре 1994 года его описание было анонимно отправлено в рассылку Cypherpunks. Вскоре описание RC4 было опубликовано в news-группе sci.crypt. Именно оттуда исходный код попал на множество сайтов в сети Интернет. Опубликованный шифр давал те же шифротексты на выходе, какие давал подлинный RC4. Опубликованный шифр совместим с имеющимися продуктами, использующими RC4, обладатели легальных копий RC4 подтвердили идентичность алгоритмов при различиях в обозначениях и структуре программы.

Поскольку данный алгоритм известен, он более не является коммерческой тайной. Однако, название «RC4» является торговой маркой компании RSA. Поэтому иногда шифр называют «ARCFOUR» или «ARC4» (имея в виду Alleged RC4 — предполагаемый RC4, поскольку RSA официально не опубликовала алгоритм), чтобы избежать возможных претензий со стороны владельца торговой марки.

Алгоритм шифрования RC4 применяется в некоторых широко распространённых стандартах и протоколах шифрования таких, как WEP, WPA и TLS.

Главными факторами, способствовавшими широкому применению RC4, были простота его аппаратной и программной реализации, а также высокая скорость работы алгоритма в обоих случаях.

В США длина ключа, рекомендуемая для использования внутри страны, равна 128 битам, но соглашение, заключённое между Software Publishers Association (SPA) и правительством США, даёт RC4 специальный статус, который означает, что разрешено экспортировать шифры длиной ключа до 40 бит. 56-битные ключи разрешено использовать заграничным отделениям американских компаний.

Ядро алгоритма поточных шифров состоит из генератора гаммы, который выдаёт ключевой поток (гамму). Функция генерирует последовательность битов (k_i), которая затем объединяется с открытым текстом (m_i) посредством суммирования по модулю два.

Расшифровка заключается в регенерации ключевого потока (k_i) и сложении с шифрограммой (c_i) по модулю два. В силу свойств суммирования по модулю два на выходе мы получим исходный незашифрованный текст (m_i).

RC4 — фактически класс алгоритмов, определяемых размером блока (в дальнейшем S-блока). Параметр n является размером слова для алгоритма и определяет длину S-блока. Обычно, $n = 8$, но в целях анализа можно уменьшить его. Однако для повышения безопасности необходимо увеличить эту величину. В алгоритме нет противоречий на увеличение размера S-блока. При увеличении n , допустим, до 16 бит, элементов в S-блоке становится 65536 и соответственно время начальной итерации будет увеличено. Однако, скорость шифрования возрастает.

Внутреннее состояние RC4 представляется в виде массива размером $2n$ и двух счётчиков. Массив известен как S-блок, и далее будет обозначаться как S . Он всегда содержит перестановку $2n$ возможных значений слова. Два счётчика обозначены через i и j .

Инициализация RC4 состоит из двух частей:

1. Инициализация S-блока
2. Генерация псевдослучайного слова K

Первая часть также известна как Key-Scheduling Algorithm или KSA. Этот алгоритм использует ключ, который подается на вход пользователем, сохранённый в Key , и имеющий длину L байт. Инициализация начинается с заполнения массива S , далее этот массив перемешивается путем перестановок, определяемых ключом. Так как только одно действие выполняется над S , то должно выполняться утверждение, что S всегда содержит один набор значений, который был дан при первоначальной инициализации ($S[i] := i$).

Эта часть алгоритма называется генератором псевдослучайной последовательности (англ. Pseudo-Random Generation Algorithm or PRGA). Генератор ключевого потока RC4 переставляет значения, хранящиеся в S . В одном цикле RC4 определяется одно n -битное слово K из ключевого потока. Псевдокод показан на Рисунке 2. В дальнейшем ключевое слово будет сложено по модулю два с исходным текстом, которое пользователь хочет зашифровать, и получится зашифрованный текст [3].

В рамках учебного курса «Программно-аппаратные средства защиты информации» была разработана программа «RC4 de-encrypter», с помощью которой пользователь может зашифровать, а затем расшифровать как введенные данные, так и данные из файла с расширением.txt с помощью алгоритма поточного шифрования RC4. Результат выполнения программы показан на рис. 1.

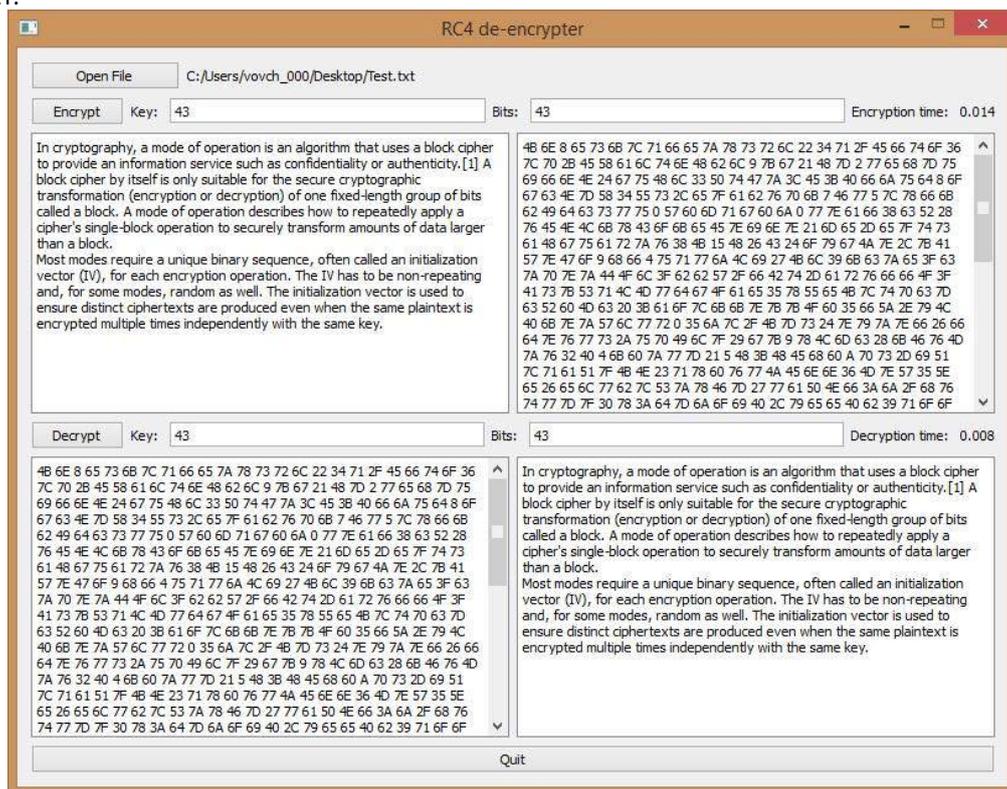


Рисунок 1. Шифрование и дешифрование данных

В данный момент в алгоритме RC4 не обнаружено каких бы то ни было слабых мест. Помимо высокой устойчивости к криптоанализу, этот алгоритм очень быстр и может использоваться для генерации ключевой последовательности при потоковом шифровании.

Список литературы

1. Брюс Шнайер. Прикладная криптография. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — С. 610.
2. Н. Сمارт. Криптография. — М.: Техносфера, 2005. — С. 528.
3. С. Панасенко. Алгоритмы шифрования. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — С. 576.
4. Н.А. Прохоренок. Python 3 и PyQT. Разработка приложений. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — С. 704.

СИСТЕМА ЗАЩИТЫ РАДИОКАНАЛОВ БПЛА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

Навроцкий Денис Александрович

аспирант, ассистент. Национальный авиационный университет, г. Киев

SYSTEMS OF PROTECTION UAVS COMMUNICATION CHANNELS AGAINST ILLEGAL INTRUSION

Navrotskyi Denys, postgraduate, assistant, National Aviation University, Kyiv

АННОТАЦИЯ

В статье представлена информация об эффективной криптографической защите радиоканала связи «Земля – БПЛА – Земля». Рассмотрены основные угрозы для БПЛА и несанкционированные методы вмешательства в канал связи БПЛА. Предложено решение защиты командно-телеметрической информации БПЛА. Показан способ и аппаратно-программная реализация «навесной» защиты с помощью разработанного шифратора. Полученные результаты позволяют увеличить эффективность работы систем защиты информации БПЛА и создают предпосылки для дальнейших исследований.

ABSTRACT

The article provides information on effective cryptographic protection of radio communication «Ground - UAV - Ground». The main threats to UAVs and illegal intrusion methods in communication channel are considered. A suggested approach to protect UAVs control telemetry data. The way and hardware-software implementation of «on-board» UAVs protection using the developed encoder is shown. The obtained results can improve the efficiency of UAVs information security systems and create the basis for further researches.

Ключевые слова: защита информации, криптография, БПЛА.

Keywords: information security, cryptography, UAV.

Вступление

Рынок БПЛА достаточно разнообразен по своему ассортименту, ценам и доступности. Сейчас собрать многофункциональный беспилотник можно уже домашних условиях. Если военные дорогие БПЛА (которые не доступны рядовому пользователю) оснащены надежными системами защиты, то у «бюджетных» БПЛА эта защита достаточно часто отсутствует. В это же время достаточно распространено явление, когда именно дешёвые беспилотники используются для ответственных задач, таких как наблюдение за местностью или доставкой груза и др. Иногда готовые БПЛА могут запрещать для продажи, но отдельные детали представлены в широком ассортименте на рынке, их может купить кто угодно и самостоятельно собрать или модифицировать нужный беспилотник.

Поскольку модельный ряд «бюджетных» и самостоятельно сделанных БПЛА достаточно велик, то возникает вопрос о создании универсальной системы защиты, которую можно адаптировать под разные модели и которая бы не влияла на функционирование беспилотника. У пользователя обычно нет возможности вносить изменения в прошивку микроконтроллера (МК), которая управляет БПЛА, поэтому решение проблемы защиты только программным путём усложняется закрытостью кода. Раз-

работка требует аппаратно-программной реализации, которая присоединяется к аппаратуре беспилотника, не влияя на её функционирование («навесная» защита).

Последние исследования и публикации

Идея была взята из программирования, где используется защита «навесного» типа (протектор) для защиты программ, в которых не предусмотрена защита [1,2]. Подобная система была недавно разработана Intel и называется Data Protection Technology for Transactions, она представляет собой в области решения для сквозного шифрования пользовательских и финансовых данных [3]. Также к вниманию следует взять израильскую разработку защиты БПЛА SPS-65V5 (см. Рис.1), которая была продемонстрирована на парижской авиационной выставке (Paris Air Show 2013) фирмами Elbit System EW i Sigint - Elisra's («Elisra»), как система самозащиты при радиоэлектронной борьбе (a self protection Electronic Warfare system) [4].

Формулирование целей статьи (постановка задачи)

Исследовать защищенность канала связи БПЛА. Разработать криптографическую систему защиты БПЛА. Продемонстрировать основные узлы и способы подключения шифратора к бортовой и наземной аппаратуре. Дать объяснение по аппаратно-программной реализации шифратора.



Рис.1. Израильская разработка самозащиты БПЛА SPS-65V5 при радиоэлектронной борьбе

Основная часть

Способы несанкционированного вмешательства в работу БПЛА

Существует три основных способа несанкционированного вмешательства в работу беспилотника. Первый из них это механическое влияние, можно сбить БПЛА. Второй способ - это использование «глушилок», устройств, которые подавляют любые радиоканалы, связанные с работой беспилотника, путём генерации на заданных частотах очень мощного подавляющего сигнала. Третий способ состоит в перехвате и подмене передаваемых/принимаемых пакетов данных.

Рассмотрим более детально посланий из этих способов. Известны случаи, когда БПЛА удавалось посадить путём подмены одного сигнала другим. Например, описаны случаи, когда подменой пакетов данных в канале связи командно-телеметрической информации удалось «угнать» БПЛА или изменить его задачи. С помощью более мощного источника управляемого сигнала. Защита командно-телеметрической информации это актуальная задача.

Способ защиты от несанкционированного вмешательства в командно-телеметрическую информацию БПЛА

В дешёвых беспилотниках не предусмотрена криптографическая защита канала связи. То есть одним и тем же командам, которые поступают с земли на борт и с борта на землю соответствуют одни и те же сигналы. Это даёт возможность злоумышленнику перехватить управление БПЛА и использовать его по своему усмотрению.

На рынке представлена продукция фирм, которые специализируются на разных модулях БПЛА (трансиверы, автопилоты, корпуса и тд.). Эти модули обмениваются данными между собой, используя стандартные прото-

колы обмена данными. Например, один из самых известных и простых способов передачи данных реализуется с помощью универсального асинхронного приёмопередатчик (УАПП, англ. Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, UART).

Передача данных в UART выполняется по одному биту в равные отрезки времени. Этот временной промежуток определяется заданной скоростью UART и для определённого соединения указывается в бодах (что в данном случае соответствует битам за секунду).

Существуют общепринятые значения скоростей: 300; 600; 1200; 2400; 4800; 9600; 19200; 38400; 57600; 115200; 230400; 460800; 921600 бод.

$$T = 1 / S \tag{1}$$

Где, S бод – скорость, T секунд – длительность бита.

Скорость в бодах иногда называют сленговым словом битрейт.

Как правило, все устройства работают на трёх стандартных скоростях: 9600, 19200, 115200. Так же возможны и другие варианты, даже использование нестандартных скоростей, которые меняются со временем.

Обычно UART, который использует в БПЛА, состоит из двух каналов передачи данных: TXD (transmit) - передающий и RXD (receive) - принимающий, питание (+5V) и земля (GND), все другие провода вспомогательные (рис.2).

Следует помнить про такую последовательность соединения:

$$TX1 \rightarrow RX2 \quad RX1 \leftarrow TX2$$

Это значит, что при соединении устройств с помощью UART нужно присоединить передающий провод к принимающему, а принимающий к передающему (рис.3).



Рис.2. Внешний вид разъема UART

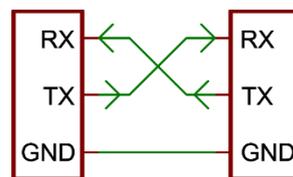


Рис.3. Схема соединения двух UART

На рис.4, рис.5, рис.6 показано подключение шифратора, у которого два UART. Один UART подключается к аппаратуре, другой к трансиверу. Трансивер (англ. Transceiver — приёмопередатчик) — устройство для передачи и приёма сигнала между двумя физически разными средствами систем связи, само слово составлено из частей английских слов transmitter (передатчик) и receiver

(приёмник) [5]. Шифратор реализовано на микроконтроллере (МКВ для борта и МКГ для земли). Вся командно-телеметрическая информация перед отправкой в эфир проходит через шифратор.

Таким образом, перед отправкой в эфир любых данных, шифратор их предварительно зашифровывает. При приёме данных, шифратор их расшифровывает.

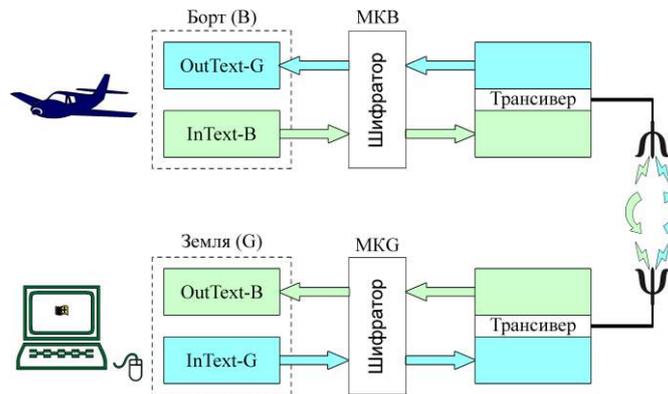


Рис.4. Схематическое изображение включения шифратора («навесная» система криптографической защиты информации)



Рис.5. Схематическое изображение подключения шифратора в разрыв между наземной станцией и трансивером

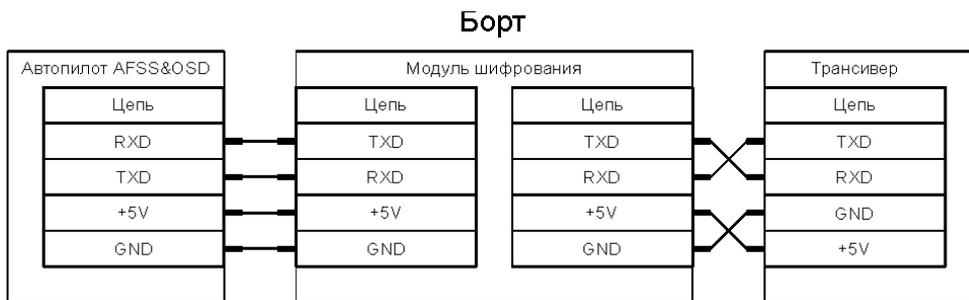


Рис.6. Схематическое изображение подключения шифратора в разрыв между автопилотом и трансивером

Поскольку в большинстве случаев пользователь не имеет возможности вносить изменения в программу управления БПЛА, то был предложен вариант «навесной» защиты. Суть состоит в том, что шифратор включается в разрыв после бортовой/наземной аппаратуры и перед трансивером. Таким образом, между трансиверами (радиоканал) всегда передаётся криптографически защищенные данные.

Описание алгоритма шифрования

Ядро алгоритма - поточный шифратор, который состоит из генератора гаммы.

Криптографические примитивы генерируют псевдослучайные последовательности битов k_i , которая объединяется с открытым текстом m_i с помощью суммы по модулю два. Так формируется шифрограмма c_i :

$$c_i = m_i \oplus k_i \tag{2}$$

Расшифровка происходит с помощью регенерации ключевого потока k_i и суммирования с шифрограммой c_i по модулю два. Вследствие свойств суммирования по модулю два, на выходе мы получаем изначальный незашифрованный текст m_i :

$$m_i = c_i \oplus k_i = (m_i \oplus k_i) \oplus k_i \tag{3}$$

Инициализация шифра состоит из двух частей:

1. Инициализация ключей;
2. Генерация псевдо-случайного слова.

Механизм синхронизации и инициализации шифраторов Земля – БПЛА – Земля

Поскольку за синхронизацию передачи данных в радиоканале «Земля – БПЛА – Земля» отвечают трансиверы на земле и на борту (рис.4, рис.5, рис.6), то остается задача синхронизировать ключи в шифраторах. Каждая пара шифраторов (земля и борт) содержит в себе одинаковые стартовые статичные уникальные ключи для этой пары шифраторов. Также каждый сеанс связи передаётся случайный сеансовый ключ. Шифратор после получения сеансового ключа с помощью алгоритма формирования ключей, который имеет входным параметром стартовый статический ключ, формирует вектор инициализации (ключ), который уже непосредственно влияет на генератор гаммы.

Таким образом, каждая пара шифраторов содержит уникальный статичный ключ, который устанавливается производителем шифратора. А все сеансовые ключи генерируются ПО пользователя и отсылаются радиоканалом.

Такой подход позволяет шифровать данные по-разному для разных пар шифраторов.

На случай разных помех, шифратором периодически отправляется по радиоканалу сигнал-метка. Если в канале связи произошли потери или изменения (что-то помешало трансиверам верно передать или принять сигнал и как следствие произошла десинхронизация формирования гамм в шифраторах), то шифраторы запускают механизмы синхронизации для установки одинаковых ключей шифрования для формирования одинаковых гамм.

Для обычных условий использования БПЛА достаточно механизма синхронизации данных между трансиверами. Периодическая проверка синхронности формирования одинаковых гамм в шифраторах - подстраховка на всякий случай, если беспилотник будут использовать в неблагоприятных условиях.

Исследование защищенности канала связи БПЛА

Были проведены исследования, которые выявили, что если не использовать шифратор, то всегда одной и той же команде будут соответствовать одни и те же пересылаемые данные (как было написано выше, это даёт возможность перехватить управление беспилотником).

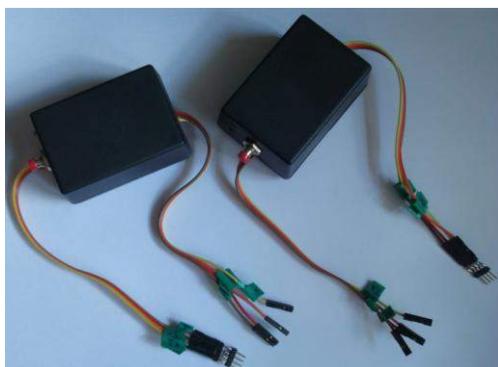


Рис.7. Внешний вид модуля шифрования (шифратора)

Некоторые характеристики шифратора

Были разработаны (спроектированы и реализованы) шифраторы для БПЛА (см. рис.7 и рис.8). Шифраторы основаны на микроконтроллере Atmega64, в котором запрограммирован авторский алгоритм шифрования данных [7]. Питание микроконтроллера совпадает с питанием бортовой и наземной аппаратуры +5В. Поэтому шифратор можно подсоединить в разрыв провода без использования преобразователей питания. Была использована скорость передачи 19200 бод. Получено акт лабораторных испытаний, оформлено два патента.

Следует отметить, что шифратор может работать на всех доступных скоростях UART, а не только 19200 бод (эта скорость была в UART между модулями исследуемого БПЛА, но в других моделях БПЛА она может быть другой). Так же следует заметить, что не имеет значения, какой трансивер установлен на бортовой и наземной аппаратуре, он может передавать/принимать в диапазоне 30МГц - 6ГГц. Это обусловлено тем, что бортовая и наземная аппаратура присоединяется к трансиверам через UART и шифратору неважно на какой частоте трансивер передаёт данные дальше в эфир. Трансивер получает уже зашифрованные данные и передаёт зашифрованные данные дальше. Шифраторы до и после трансиверов занимаются зашифровыванием и расшифровыванием данных, чтобы те были «понятны» бортовой и наземной аппаратуре.

Для перехвата сигнала БПЛА, были разработаны специальное устройство и программное обеспечение (ПО) к ним.

При использовании шифратора (рис.4, рис.7, рис.8) одной и той же команде будут соответствовать совсем разные информационные последовательности. Поскольку шифратор построен на криптографических примитивах, которые генерируют псевдослучайные последовательности произвольной длины [6], с помощью которых происходит шифрование данных. Фактически между шифраторами курсируют криптографически защищенные данные. И их перехват без знания соответствующих ключей мало чем будет полезен злоумышленнику, поскольку криптоанализ это принципиально более сложная задача и быстро она не выполняется. То есть, принципиально усложняется для злоумышленника задача перехвата управления БПЛА.



Рис.8. Подключение модуля шифрования (шифратора) к бортовой и наземной аппаратуре

Выводы

Рассмотрены основные виды угроз для БПЛА. Предложена криптографическая защита командно-телеметрической информации. Описано принцип передачи данных между наземной или бортовой аппаратурой и трансивером с помощью UART. Показан способ несанкционированного доступа к каналу связи и защита от него с помощью разработанного шифратора. Приведена реализация «навесной» защиты, которая прошла лабораторные испытания, что подтверждено соответствующим актом. Полученные результаты позволяют повысить эффективность систем защиты БПЛА и создают фундамент для дальнейших исследований касательно разработки новых эффективных систем защиты информации с использованием «навесной» защиты, которая не вносит изменений в работу БПЛА.

Литература

1. Мельников, В. П. Информационная безопасность и защита информации: Учебное пособие для вузов по спец. «Информационные системы и технологии» / В. П. Мельников, С. А. Клейменов, А. М. Петраков; Под ред. С. А. Клейменова. - Пятое изд., Стер. - М.: Academia, 2011. - 331 с.: Ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 327-328.

2. Фленов, М. Компьютер глазами хакера / М. Е. Фленов. - 3-е изд., Перераб. и доп. - СПб.: БХВ - Петербург, 2012. - 264 с.: Ил. - Библиогр.: с. 260.
3. Интернет ресурс <http://www.intelsecurity.com/solutions/intel-data-protection-technology.html>
4. Интернет ресурс <http://www.elbitsystems.com>
5. Интернет ресурс uk.wikipedia.org/wiki/Трансивер
6. Патент UA №94189 «Способ криптографического преобразования информации».
7. Патент UA №95753 «Способ криптографического преобразования информации».

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛАНЦЕВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШУБАРКОЛЬ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ КРЕМНЕАЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Ожанов Сагынжан Есенжанович

магистрант 2-года обучения, Карагандинский Государственный Индустриальный Университет, г. Темиртау

Байсанов Сайлаубай Омарович

доктор тех. наук, профессор, Химико-металлургический Институт им. Абишева, г. Караганда

Нурмгалиев Асылбек Хабдашевич

доктор тех. наук, профессор, Карагандинский Государственный Индустриальный Университет, г. Темиртау

Байсанов Алибек Сайлаубаевич

кандидат тех. Наук, Химико-металлургический Институт им. Абишева, г. Караганда

INVESTIGATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SHALES DEPOSIT SHUBARKOL FOR SMELTING SILICON-ALUMINUM ALLOYS

*Ozhanov Sagynzhan, undergraduate of the 2nd year of training, Karaganda State Industrial University, Temirtau
Baysanov Saylaubay, Doctor of Technical Sciences, professor, Chemical-Metallurgical Institute n.a. Zh.Abishev, Karaganda
Nurymgaliev Asylbek, Doctor of Technical Sciences, professor, Karaganda State Industrial University, Temirtau
Baysanov Alibek, Candidate of Technical Sciences, Chemical-Metallurgical Institute n.a. Zh.Abishev, Karaganda*

АННОТАЦИЯ

Целью работы является изучение электрофизических свойств сланцев месторождения Шубарколь. По результатам проведенных исследований было измерено удельное электросопротивление и усадка сланцев и углистой породы. На основе полученных данных предлагается использование сланцев или их смеси с углистыми породами при изменении в качестве сырья, использование которого будет способствовать удовлетворительной газопроницаемости шихты при ее плавке.

ABSTRACT

The aim is to study the investigation of electrophysical properties of shales deposit Shubarkol. The results of the study was measured the electrical resistivity and shrinkage of shale and carbonaceous rocks. On the basis of data obtained using shales or their mixtures with carbonaceous rocks are encouraged to apply as a raw material, the use of which will contribute to a satisfactory gas permeability of the charge when it is melting.

Ключевые слова: сланец; нагрев; электрофизические свойства.

Keywords: shale; heating; electrophysical properties.

Высокое электросопротивление шихты является одним из важнейших факторов, определяющих нормальное прохождение процесса восстановления при электротермии кремнеалюминиевых сплавов. Углеродистые материалы, имеющие малую электропроводимость, способствуют глубокой посадке электродов, что позволяет развить высокую удельную полезную мощность и концентрацию тепла в межэлектродном пространстве, необходимую для быстрого протекания реакции восстановления таких трудновосстановимых оксидов, как диоксид кремния и оксид алюминия. Влияние электропроводности шихты, которая в основном определяется электропроводностью углеродистой составляющей будет оказывать влияние на работу электротермической печи, начиная с верхних горизонтов колошника. Величина электропроводности шихты непосредственно связана с напряжением, на котором работает печь. Увеличение мощности

последней требует увеличения напряжения. На действующих электротермических печах работа на более высоком напряжении позволяет повысить ее полезную мощность без увеличения электрических потерь и уменьшения расхода электроэнергии.

Выплавка кремнеалюминиевых сплавов, в частности ферросиликоалюминия организована в промышленном масштабе в условиях Республики Казахстан в электропечах 5-21 МВА с использованием высокозольных углистых пород с зольностью 50-60%.

Удельное электросопротивление углистых пород и высокозольных разновидностей угля в 10-104 раза выше, чем у традиционного доменного кокса, что позволяет повысить производительность печей и снизить удельный расход электроэнергии.

Одним из основных требований, предъявляемых к углеродистым материалам, используемым в качестве в

восстановителя в электротермических производствах, является высокая реакционная способность.

Реакционная способность восстановителей определяет скорость и температуру начала реакции восстановления. При использовании в электротермических производствах более реакционноспособного восстановителя снижается температура начала процесса и, как следствие этого, уменьшается расход электроэнергии на единицу получаемого продукта.

Касательно углистых пород и высокозольных углей, то их реакционная способность заложена самой природой их образования, отличительной особенностью которой является очень тесная связь углистой массы с минеральной частью. Именно тесный контакт углеродной и минеральной частей, а также их микрокомпонентный

состав позволяет резко увеличивать реакционную способность шихтовой смеси, так как основные первоначальные реакции карбидообразования происходят непосредственно в куске высокозольного угля. Поэтому получение ферросиликоалюминия выгодно отличается от традиционных способов выплавки, где исходные компоненты не образуют тесного контакта.

Для проведения эксперимента по измерению удельного электросопротивления при нагреве использовали пробу сланца месторождения Шубарколь фракции (+3-5мм) и углистую породу Сарыадыр (+2-5мм).

Экспериментальные исследования по измерению удельного электросопротивления проводили на лабораторной высокотемпературной установке, представленной на рисунке 1.

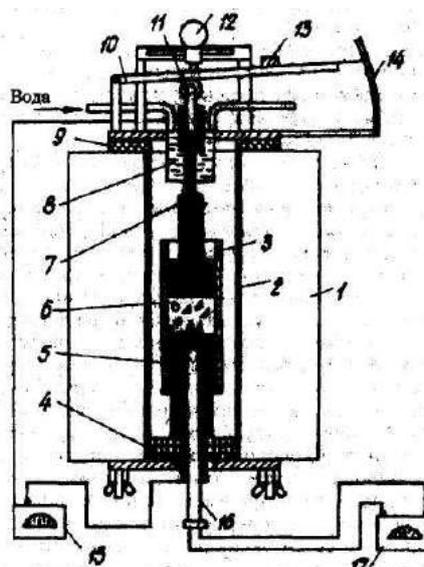


Рисунок 1. Установка для определения удельного электросопротивления и усадки

1 -печь сопротивления; 2 - графитовая труба; 3 - алундовая трубка; 4 - магнетитовая подставка; 5 - нижний графитовый электрод; 6 - шихта; 7 - верхний графитовый электрод; 8 - водоохлаждаемый цилиндр; 9 - диэлектрическая прокладка; 10 - подвижный рычаг; 11-втулка; 12 - индикатор; 13 - груз; 14 - шкала; 15-омметр; 16 - термопара; 17- потенциометр

Исследование изменения электропроводности сланца и углистой породы проводили в интервале температур 25 – 1200°C. Скорость нагрева составляла 20-25°C/мин. Используемая методика измерения удельного электросопротивления сланца и углистой породы отличается от методики Фишера и Шумиловского [1, с. 170]. По их методикам замер электросопротивления производился через каждые 50°C, что снижает информативность получаемых данных. Давление на материалы составляло

около 0,03-0,04 МПа. В нижний электрод (5) вставляется термопара (16), которая помещена в алундовую трубку для изоляции от электричества. Вся запись данных велась с помощью преобразователей сигналов поступающих из электродов, термопар, а также через измеритель размягчения материала.

Результаты измерений удельного электросопротивления для сланца и сарыадырской углистой породы представлены в виде графика на рисунках 2, 3.

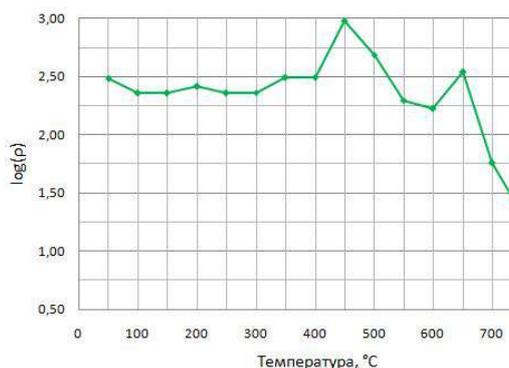


Рисунок 2. Удельное электросопротивление сланца в зависимости от температуры

На рисунке 2 отчетливо зафиксировано резкое повышение сопротивления сланца при температурах: 450°C - максимальный эндотермический эффект деструкции органического вещества, связанный с интенсивным разложением термобитума и выделением основной массы летучих продуктов; 650°C - эндотермический эффект разложения минеральной части сланца [2, с. 32]. На рисунке 3

приведены данные по удельному электросопротивлению для интервала температур 750–1200°C, как моделирующего температуру средних горизонтов шихты в ванне печи. Электросопротивление углей и сланцев при нагревании температуры до 900°C заметно падает, что в свою очередь связано с процессами искусственной углефикации материалов.

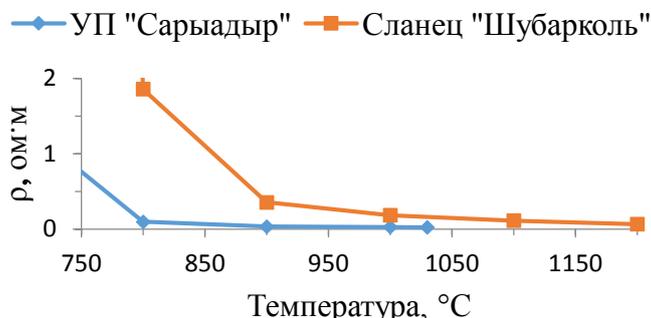


Рисунок 3 – График изменения удельного электросопротивления в зависимости от температуры

Как видно на рисунке 3 удельное электросопротивление сланца значительно выше электросопротивления углистой породы. Это объясняется пониженным содержанием углерода в сланце.

Добавка угля к сланцу предположительно снизит значения электросопротивления при температурах 800–900°C. В этом температурном интервале в кусочках угля,

после удаления летучих компонентов, происходит образование упорядоченной углеродистой структуры, которая обладает определенной электропроводностью.

На рисунке 4 представлена усадка сланца в зависимости от температуры.

Виден резкий спад кривой усадки, который обуславливается увеличением выхода летучих при температурном интервале 350–500°C [3, с. 69].

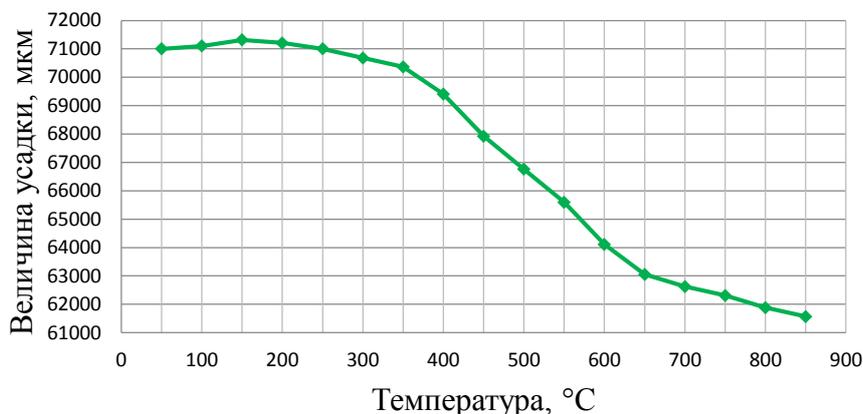


Рисунок 4 – Усадка сланца в зависимости от температуры

Таким образом, электрофизические свойства смеси сланца и углистой породы выгодно отличаются от смесей, используемых для выплавки ферросиликоалюминия. Отмечалось практически незначительное спекание и усадки кусочков опытной пробы сланца под нагрузкой вплоть до температуры 1200°C, что также говорит в пользу опытного сырья, использование которого будет способствовать удовлетворительной газопроницаемости шихты при ее плавке.

Список использованных источников.

1. Агроскин А.А. Тепловые и электрические свойства углей. – М.:Металлургиздат, 1959. – 266 с.
2. Рудин М.Г., Серебрянников Н.Д. Справочник сланцепереработчика. – Л.:Химия, 1988. – 256 с.
3. Барщевский М.М., Безмозгин Э.С., Шапиро Р.Н. Справочник по переработке горючих сланцев. – Л.:Гостоптехиздат, 1963. – 239 с.

АВТОКОЛЕБАНИЯ В МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ТРЕНИЕМ

Платовских Михаил Юрьевич

кандидат технических наук, доцент, Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", г. Санкт-Петербург

SELF-OSCILLATIONS IN MECHANICAL SYSTEMS WITH THE SLIDING FRICTION

Platovskikh Mikhail, Candidate of Science (Engineering), National University of mineral resources "Gorniy", St. Petersburg

АННОТАЦИЯ

Проблема исследования фрикционных автоколебаний (ФА) оказывается весьма актуальной при изучении работы многих устройств и механизмов, узлы трения которых эксплуатируются в условиях неустойчивого трения при относительно малых скоростях проскальзывания. Такие колебания возникают при работе тормозных устройств, механизмов фрикционного сцепления, бурильных установок, подшипников судовых валопроводов и др. В докладе приводятся результаты по исследованию ФА в классической одномерной модели.

ABSTRACT

The problem of research of the frictional self-oscillations is very actual when studying operation of many devices and mechanisms which clusters of a sliding friction are operated in the conditions of an unstable sliding friction at rather small speeds of a slippage. Such fluctuations arise during the work of checks, mechanisms of frictional coupling, boring installations, bearings of ship shaft line, etc. In the report results on research frictional self-oscillations are given in classical one-dimensional model.

Ключевые слова: фрикционные автоколебания, характеристика трения, метод осреднения, области притяжения стационарных режимов.

Keywords: frictional self-oscillations, characteristic of a sliding friction, method of averaging, domain of attraction.

В большинстве случаев силы сопротивления играют чисто демпфирующую роль: благодаря этим силам происходит затухание свободных колебаний, уменьшаются амплитуды вынужденных колебаний, расширяются области устойчивости. Однако для целого ряда динамических систем эти силы выступают как дестабилизирующий фактор,

т.е. учет в системе даже малых сил трения порождает неустойчивые состояния равновесия. Именно к таким системам можно отнести фрикционные автоколебательные системы.

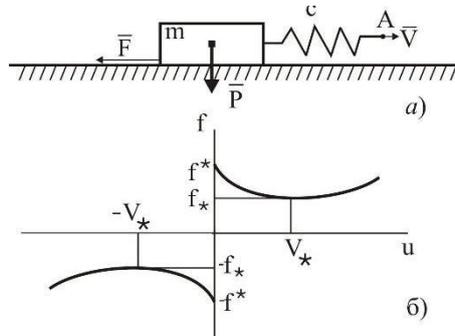


Рисунок 1. Одномассовая модель фрикционной системы (а); кубическая характеристика трения(б).

Фрикционные автоколебания связаны с неустойчивостью процесса трения при относительно малых скоростях скольжения и являются одним из наиболее распространенных видов механических автоколебаний.

ФА в одномассовой модели (рис. 1а). Характеристику трения - зависимость коэффициента вязко-сухого трения от относительной скорости традиционно принимаем в виде кубической параболы (рис. 1б). Уравнение движения рассматриваемой системы при $\dot{x} \neq 0$ может быть записано в виде

$$m \ddot{x} + c(\dot{x} - Vt) = -P f(\dot{x}),$$

где x - абсолютная координата тела, P - сила давления на контакт, а зависимость трения от скорости принимается в виде (рис. 1б)

$$f(\dot{x}) = f^* \operatorname{sign} \dot{x} - f_1 \dot{x} + f_3 \dot{x}^3, \dot{x} \neq 0;$$

$$-f^* < f(\dot{x}) < f^*, \dot{x} = 0,$$

$$(f_* = \min f(\dot{x})) \text{ при } \dot{x} > 0.$$

Задачу будем решать в предположении малого изменения характеристики трения, т.е. параметр $\varepsilon = (f^* - f_*) / 2f^*$ будем считать малым [3, с.269].

Предполагая, что ниже будут рассматриваться периодические движения, обозначим в пределах периода

интервалы знакопостоянства скорости $\xi' + \sigma$ $[\tau_0, \tau_1]$, $[\tau_2, \tau_3]$ и т.д.

Далее будем искать решение на каждом таком интервале знакопостоянства скорости по методу многих масштабов [4, с.116], считая функцию ξ (безразмерная относительная координата груза) зависящей от различных временных масштабов исходной задачи и представляя ее в форме разложения по малому параметру

$$\xi = \xi^{(0)}(T^{(0)}, T^{(1)}, \dots) + \varepsilon \xi^{(1)}(T^{(0)}, T^{(1)}, \dots) + \dots$$

В зависимости от параметров системы ($0 < \gamma < 1$) на спадающем участке характеристики трения ($v < v^*$) реализуются различные режимы ФА (на возрастающем участке

ФА невозможны): при $2/\sqrt{5} < \sigma < 1$ - безостановочные квазигармонические колебания, при $\sigma < 2/\sqrt{5}$ в зависимости от параметров ε и γ могут возникать релаксационные режимы, колебания с мгновенными остановками либо "смешанные" - колебания с мгновенными и длительными остановками.

ФА в системе с переменной массой. Рассматривается фрикционная одномассовая колебательная система, в которой масса груза, протягиваемого по неподвижному основанию, возрастает в зависимости от пройденного пути. Жесткость тягового элемента при этом относительно

невелика. Последнее может привести к возникновению нежелательных фрикционных колебаний. Как показано

ниже, учет переменной массы системы приводит в уравнениях динамики к появлению слагаемого, имеющего смысл дополнительного квадратичного сопротивления.

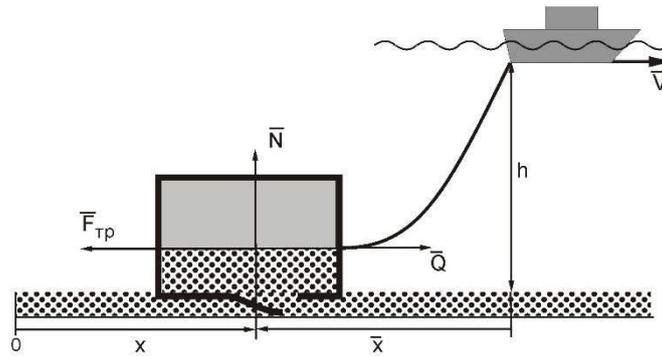


Рисунок 2. Модель устройства для сбора конкреций.

Подобным образом моделируется работа донного накопительного устройства для добычи полезных ископаемых из придонного морского грунта. Это относится, в первую очередь, к сбору марганцевых конкреций при небольших глубинах, порядка 50 – 100 м, в акватории Балтийского моря [2, с.12].

В простейшем из таких устройств, грунт собирается в контейнер, который протягивается по дну за судном с использованием металлической цепи или прочного троса (рис. 2). Считаем, что груз с начальной массой m_0 , закрепленный на левом конце нерастяжимой нити, может поступательно двигаться вдоль негладкой горизонтальной поверхности.

Правый конец нити перемещается в направлении оси x с постоянной скоростью v . Массу груза предполагаем меняющейся со временем

$$\dot{m} = k \dot{x} \tag{1}$$

k - коэффициент изменения массы.

Предположим, что между грузом и поверхностью, по которой он движется, действует сила сухого некулонова трения $F_{Tp} = -f(\dot{x})N$, \dot{x} - абсолютная скорость груза. Зависимость коэффициента трения от абсолютной скорости груза $f(\dot{x})$ (характеристика трения) здесь аппроксимируется в виде

$$f(\dot{x}) = \begin{cases} f_0, & \dot{x} = 0 \\ f_1, & \dot{x} > 0 \end{cases}$$

Кроме того, на груз со стороны среды действует

сила лобового сопротивления $F_{л.с.} = -k_1 \dot{x}^2$.

Со стороны нити на груз действует сила, равная горизонтальной составляющей силы натяжения нити Q . Эта сила зависит от расстояния между грузом и поступательно движущимся правым концом нити, и имеет вид

$$Q = c|\bar{x}| - b = -c\bar{x} - b.$$

Уравнение движения груза имеет вид уравнения движения точки переменной массы (уравнение Мещерского):

$$m\ddot{x} = Q(|\bar{x}|) - F_T - F_{л.с.} - \dot{m}\dot{x} \tag{2}$$

Последнее слагаемое – реактивная сила, обусловленная скоростью добавления массы. Здесь $m = m(t)$ – переменная масса груза.

Уравнения (1), (2) (при $\dot{\bar{x}} \neq 0$) можно переписать в виде

$$\begin{cases} m\ddot{\bar{x}} = (-c\bar{x} - b) - f(\dot{\bar{x}} + v)N - (k + k_1)(\dot{\bar{x}} + v)^2, \\ \dot{m} = k(\dot{\bar{x}} + v) \end{cases} \tag{3}$$

При обращении относительной скорости в ноль наступает режим зстоя

$$\dot{\bar{x}} = -v, \bar{x} = \bar{x}(t_1) - v(t - t_1) \tag{4}$$

Численное интегрирование уравнений (3) позволяет построить области на плоскости параметров, при которых груз совершает безостановочные колебательные движения или же в движении присутствуют этапы абсолютного зстоя. Возникновение движений с остановками приводит к уменьшению скорости набора массы груза и поэтому является нежелательным с точки зрения производительности системы.

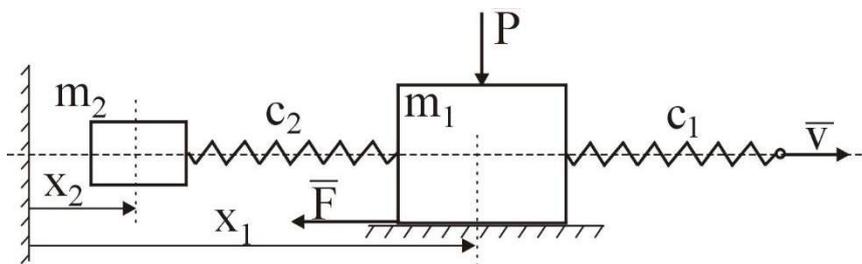


Рисунок 3. Модель системы локомотив – состав.

ФА при скольжении колес локомотива. Исследуются автоколебания в системе двух тел, порождаемые силами сухого некулонова трения, действующими на одно из тел, а сила давления на контакт зависит от деформации упругой связи между телами (рис.3).

Такая система может служить моделью железнодорожного состава локомотив – состав вагонов (схематизируется массой m_2), оснащенной тяговым механизмом с ведущими колесами, установленными симметрично по обеим сторонам тягового рельса.

В рассматриваемой модели c_1 – суммарная жесткость рельса (на сдвиг) и жесткость на поворот приводной системы тягового устройства. Упругой связи между локомотивом и составом соответствует жесткость c_2 (рис. 3).

Уравнения движения системы имеют вид:

$$F(\dot{x}_1) = f(\dot{x}_1)P = f^* \left(1 - 3 \frac{f^* - f_*}{2f^*} \frac{\dot{x}_1}{v_*} + \frac{f^* - f_*}{2f^*} \frac{\dot{x}_1^3}{v_*^3} \right) \cdot (P_0 + k(x_1 - x_2))$$

При $\sigma < 1$ ($\sigma = v/v_{\min}$), т.е. на падающем участке характеристики трения, положение равновесия системы (5) неустойчиво и, следовательно, возможны автоколебания.

Преобразовав уравнения (5) к переменным Ван-дер-Поля и применив алгоритм метода осреднения по быстрым переменным [1,с.145], получим уравнения первого приближения для медленных переменных \bar{a} и \bar{b} :

$$\begin{aligned} \bar{a}' &= \varepsilon \rho \left[1 - \sigma^2 - \frac{1}{4} \bar{a}^{-2} - \frac{1}{2} \bar{b}^{-2} \right] \bar{a}, \\ \bar{b}' &= \varepsilon \rho \left[1 - \sigma^2 - \frac{1}{2} \bar{a}^{-2} - \frac{1}{4} \bar{b}^{-2} \right] \bar{b}, \end{aligned} \quad (6)$$

Стационарные режимы уравнений (6) \bar{a}_*, \bar{b}_* , определяемые из условий $\bar{a}' = 0, \bar{b}' = 0$:

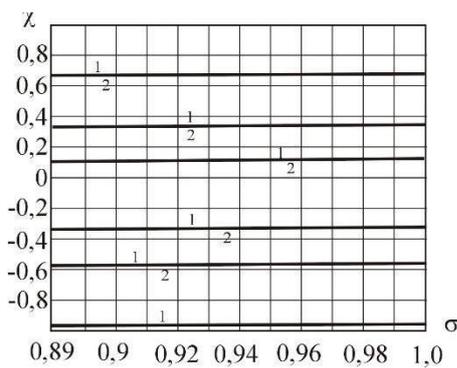


Рисунок 4. Области притяжения в параметрах $\sigma = v/v_*, \chi = (m_1 - m_2)/(m_1 + m_2)$.

Здесь рассмотрены безостановочные фрикционные автоколебания, реализующиеся в достаточно узком интервале значений скорости скольжения $0.89v_* < v < v_*$. При скоростях скольжения меньших $0.89v_*$, возникают автоколебания с длительными интервалами зстоя [3, с.269].

Нетрудно показать, что фрикционные автоколебания приводят к снижению коэффициента трения (рис. 5) и

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= -c_1(x_1 - vt) - c_2(x_1 - x_2) - F(\dot{x}_1), \\ m_2 \ddot{x}_2 &= c_2(x_1 - x_2). \end{aligned} \quad (5)$$

Зависимость коэффициента трения от скорости скольжения массы m_1 \dot{x}_2 будем предполагать кубической (рис. 16). Исследованиями установлено, что снятие ограничений по углу наклона рельсового пути наиболее эффективно достигается применением тяговых механизмов с ведущими колесами, прижимаемыми к рельсу искусственно созданной силой, линейно зависящей от сопротивления поезда. Таким образом, в рассматриваемой модели сила давления на контакт предполагается зависящей от деформации упругой связи c_2 . При этом выражение для силы трения имеет вид:

$$\begin{aligned} 1) \bar{a}_{*1} &= 0, \bar{b}_{*1} = 2\sqrt{1 - \sigma^2}, \\ 2) \bar{a}_{*2} &= 2\sqrt{1 - \sigma^2}, \bar{b}_{*2} = 0, \\ 3) \bar{a}_{*2} &= 2\sqrt{1 - \sigma^2}, \bar{b}_{*2} = 2\sqrt{1 - \sigma^2}. \end{aligned}$$

Исследование устойчивости этих режимов показывает, что первые два из них устойчивы при $\sigma < 1$ (когда скорость проскальзывания соответствует падающему участку характеристики трения, рис.16), третий – неустойчив при $\sigma < 1$. Режимы 1 и 2 отвечают одночастотным колебаниям в системе. Размерная амплитуда колебаний:

$$A = 2 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{c_1 + c_2}} \sqrt{v^2 - v_*^2}$$

Области притяжения режимов строятся путем численного интегрирования уравнений (6) (рис. 4).

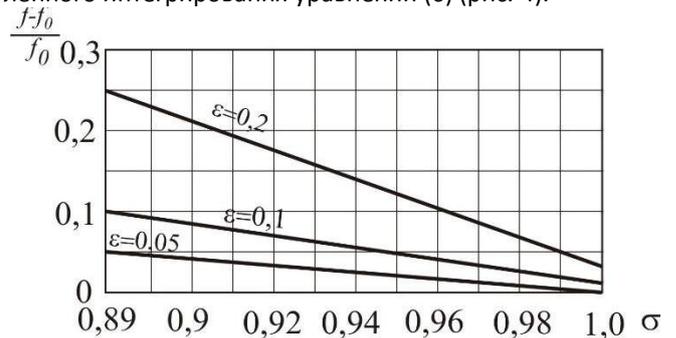


Рисунок 5. Зависимости снижения коэффициента трения в зависимости от скорости проскальзывания.

ускорению процесса сползания железнодорожного состава на наклонном участке пути.

В качестве меры борьбы со столь нежелательными колебаниями можно рекомендовать общие способы устранения режимов скольжения состава на наклонных участках: увеличение силы прижатия колес тягового устройства к рельсу, улучшение сцепления колес с рельсом путем дополнительной более тщательной очистки железнодорожного пути.

Список литературы

1. Бутенин Н.В. Введение в теорию нелинейных колебаний / Бутенин Н.В., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. - М.: Наука, 1987, 382с.
2. Ветюков М.М. Расчет параметров и экспериментальное исследование исполнительных органов придонного агрегата для сбора железомарганцевых конкреций / Платовских М.Ю., Смирнов Д.В., Юнгмейстер Д.А. // «Горное оборудование и электромеханика». - 2008. №11.С. 52 – 56.
3. Ветюков М.М. Фрикционные автоколебания в одно- двухмассовых системах. /Ветюков М.М., Платовских М.Ю. // Труды 5-ой международной конференции по проблемам колебаний ICOVP 2001, - 2001, 268с.
4. Найфэ А. Введение в методы возмущений. - М.: Мир, 1984.

ПОДХОДЫ К СТРУКТУРИРОВАНИЮ ФУНКЦИЙ КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ**Полякова Марина Андреевна***кандидат техн. наук, доцент, Магнитогорский государственный, технический университет им. Г.И.**Носова, г. Магнитогорск***Данилова Юлия Владимировна***Аспирант, Магнитогорский государственный, технический университет им. Г.И. Носова,**г. Магнитогорск***APPROACHES TO FASTENERS FUNCTIONS STRUCTURING***Polyakova Marina, candidate of science, assistant professor, Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk Danilova Yuliya, post graduate student, Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk***АННОТАЦИЯ**

Для изучения взаимосвязи свойств и потребительских функций крепежных изделий построены древовидная и сетевая структура функций. Отмечается, что сетевая структура позволяет проследить, каким образом одно и то же свойство может обеспечивать реализацию несколько потребительских функций. Это позволяет конкретизировать стадии жизненного цикла продукции.

ABSTRACT

Tree-shape and net-type structure of fasteners are developed for studying the connection between their properties and customers functions. It is noted that net-type structure makes the possibility to study how the same property can ensure several customer functions realization. It allows to specify production life cycle stages more exactly.

Ключевые слова: крепежные изделия, главная полезная функция, древовидная структура, сетевая структура, функционально-целевой анализ

Key words: fasteners, main customer function, tree-shape structure, net-type structure, functional oriented analysis

Важным элементом в системах управления качеством изделий является стандартизация – деятельность, которая находит наиболее рациональные требования к продукции и услугам, которые затем закрепляются в соответствующих нормативных документах. Стандартизация является одним из важнейших элементов современного механизма управления качеством продукции. Особую актуальность приобретают проблемы повышения качества продукции на современном этапе интеграции российской экономики в мировое экономическое пространство. Это требует решения ряда задач, среди которых - совершенствование системы стандартизации на всех уровнях производственных отношений [2, с. 8].

Развиваемое в последние годы в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова научное направление – протипология – является научно-обоснованным подходом к процессу разработки и принятия стандартов, как результат консенсуса между потребителем продукции и ее производителем. Предметом данной науки является разработка методов согласования требований потребителя и возможностей изготовителя продукции Протипология является наукой, смежной с метрологией, квалитметрией, менеджментом качества, теорией оптимизации [1, с. 32; 5, с. 100; 6, с. 87].

Особо важную роль приобретают вопросы стандартизации в металлургическом и метизном производствах [4, с. 27]. Базируясь на основных принципах протипологии, основными задачами стандартизации в области металлургического производства на наш взгляд являются: упорядочение информации в нормативно-технических документах (систематизация); унификация количества нормативно-технических документов на определенный вид продукции; разработка методических основ с учетом внедрения инноваций и модернизации металлургического производства, т.е. стандартизация должна стать опережающей.

В настоящее время любой стандарт является результатом согласования мнений всех заинтересованных в этом документе сторон (пользователей): производителей, потребителей, общественных организаций в результате переговоров. При этом следует учитывать, что любая продукция, с одной стороны, обладает присущими только ей свойствами, с другой – предназначена для выполнения определенных потребительских функций. В зависимости от вида изделия связь между свойствами изделия и потребительскими функциями далеко неоднозначная (рисунок 1). Связь между свойствами изделия и его потребительскими функциями можно представить в виде матрицы согласования (рисунок 2).



Рисунок 1. Структурная связь свойств и функций изделия

Свойства изделия	Потребительские функции			
	+	+	+	+
		+	+	+
		+		

Рисунок 2. Матрица согласования потребительских функций и свойств изделия

Свойства изделия обеспечиваются в ходе осуществления технологического процесса ее производства из конкретного материала в конкретных производственных условиях на имеющемся у производителя оборудовании в соответствии с действующими нормативными документами. Потребительские функции определяются либо условиями эксплуатации изделия, либо потребителем продукции. Именно такое положение и является основой разногласий при разработке нормативных документов. С этой

точки зрения представляется целесообразным использовать матричный способ согласования требований потребителей и изготовителей как наглядный прием представления информации, который позволяет сопоставить требования потребителя и изготовителя в единой системе.

В качестве объекта исследования был выбран болт машиностроительный, как один из распространенных видов крепежных изделий. Матрица согласования потребительских функций и свойств болта машиностроительного представлена в таблице.

Таблица

Матрица согласования потребительских функций и свойств болта машиностроительного

Характеристики болта машиностроительного	Геометрические характеристики головки болта и особенности конструктивного исполнения	Геометрические характеристики стержня болта и особенности конструктивного исполнения	Механические свойства	Материал основы	Материал покрытия	Масса	Комплектация гайкой и шайбой
Потребительские функции болта машиностроительного							
Собираемость	•	•					•
Устойчивость к разрушению	•	•	•	•	•		•
Устойчивость к растягивающим или сжимающим деформациям	•	•	•				•
Устойчивость к сдвиговым деформациям	•	•	•	•			•
Многоразовая затяжка	•	•	•	•			•
Твердость			•	•			
Коррозионная стойкость				•	•		
Легкосъемность	•	•					•
Взаимозаменяемость	•	•					•
Отсутствие самоотвинчивания		•	•				•
Сопряжение с инструментом	•						•
Компактность	•	•				•	•
Легкость болта	•	•		•	•	•	•
Эстетичность	•	•		•	•	•	•

При этом характеристики болта машиностроительного регламентируются действующими нормативными документами, а его потребительские функции определяются экспертным методом.

В рамках настоящей работы жизненный цикл продукции называется потребительской фазой. Потребительская фаза – это промежуток времени, начинающийся с обретением изделия всех характерных для него свойств и заканчивающийся моментом достижения состояния, когда в результате износа невозможна эксплуатация изделия в соответствии с его назначением [3, с. 39].

В соответствии с этим можно определить следующие функции болта машиностроительного: транспортная, функция хранения, монтажная и эксплуатационная. Для реализации принципа структурирования предлагается

иерархия свойств, во главе которой стоит главная полезная функция (рисунок 3). Следует отметить, что главную полезную функцию можно также представить в виде сетевой структуры, которая позволяет проследить, каким образом одно и то же свойство может обеспечивать реализацию несколько потребительских функций (рисунок 4). Существенным отличием сетевого графа от древовидного является наличие связи отдельных свойств изделия с несколькими групповыми. Множественность связей определяет силу влияний свойств более низкого уровня на групповые. Таким образом, исчезает потребность дополнительной оценки силы влияния отдельных единичных свойств на групповые, она полностью определяется структурой и количеством связей.

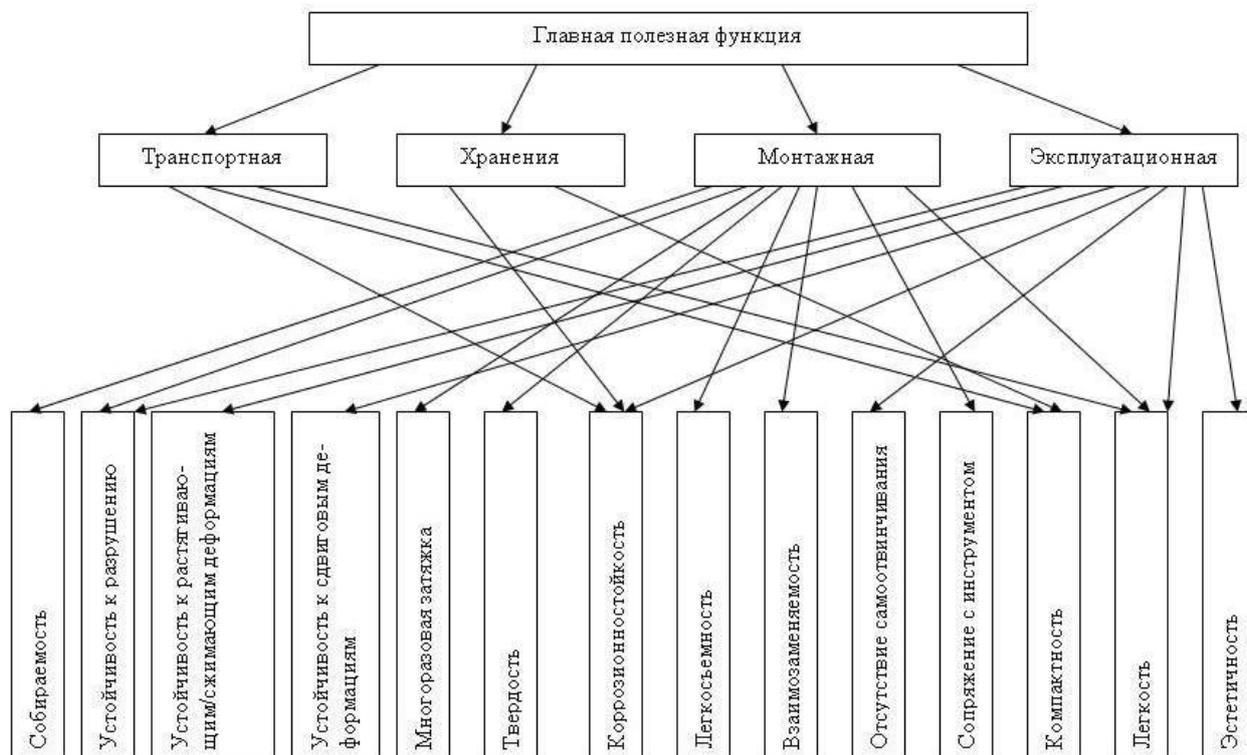


Рисунок 3. Древовидная структура главной полезной функции болта машиностроительного

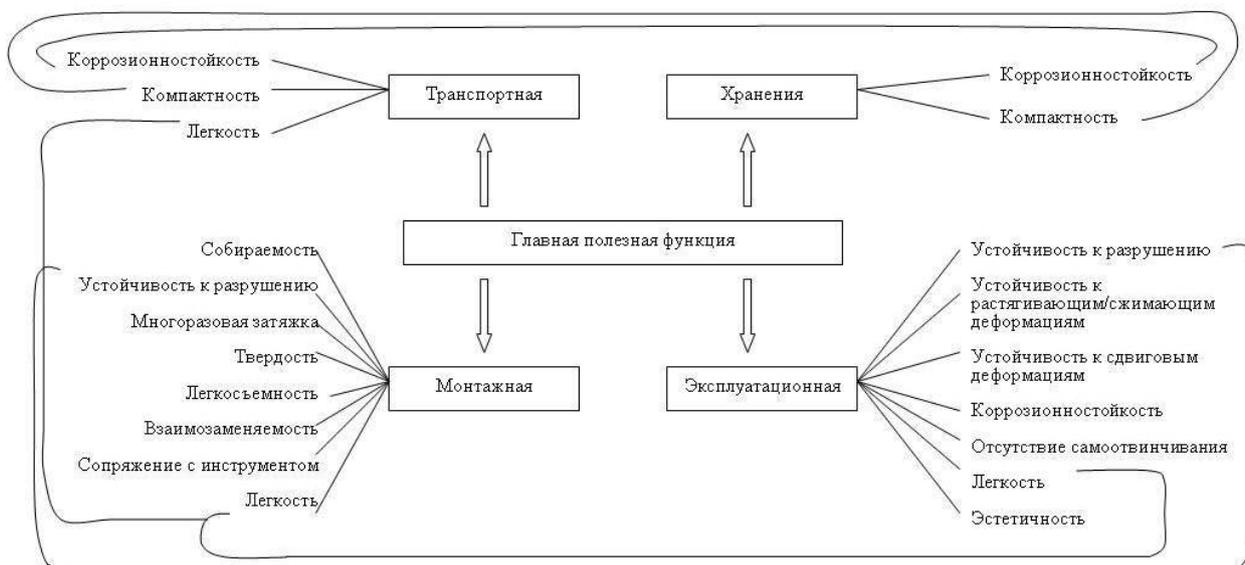


Рисунок 4. Сетевая структура главной полезной функции болта машиностроительного

Следует отметить, что исследованием связи функций и свойств изделия занимается и метод QFD (Quality Function Deployment). Однако от этого и других методов функционального анализа предлагаемый подход отличается конкретизацией стадий жизненного цикла, многоуровневой структурой исследуемых функций, рассмотрением одного материального тела как системы свойств, проявляющихся по-разному в зависимости от целей применения изделия [3, с. 40]. Таким образом, представляется перспективным исследование структуры свойств оцениваемого объекта, с точки зрения определения функций разного уровня. Для раскрытия структуры качества исследуемого объекта необходимо понимать, зачем он нужен потребителю, т.е. какую функцию должен выполнять.

Литература

1. Полякова М.А., Рубин Г.Ш. Современное направление развития стандартизации как науки. Черные металлы. 2014. № 6. С. 32-37.
2. Ребрин Ю.И. Управление качеством: Учебное пособие. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 167 с.
3. Рубин Г.Ш. Квалиметрия метизного производства. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012. 167 с.
2. Рубин Г.Ш., Гун Г.С., Полякова М.А. Стандартизация метизной продукции: особенности, проблемы, перспективы развития. Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 10: в 2 ч. Ч 2. Тула: Изд-во ТулГУ. 2014. С. 27 - 34.
3. Рубин Г.Ш., Полякова М.А. Развитие научных основ стандартизации. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. № 1. С. 97 – 102.
4. Рубин Г.Ш., Полякова М.А., Чукин М.В., Гун Г.С. Протипология – новый этап развития стандартизации метизного производства. Сталь. 2013. № 10. С. 84 – 87.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВАКУУМНОЙ СУШКИ ЯГОД ОБЛЕПИХИ

Короткий Игорь Алексеевич

доктор техн. наук, доцент, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), г. Кемерово

Расщепкин Александр Николаевич

канд. техн. наук, доцент, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, (университет), г. Кемерово

Федоров Дмитрий Евгеньевич

канд. техн. наук, МНС, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, (университет), г. Кемерово

RESEARCH OF PROCESSES OF VACUUM DRYING OF BERRIES OF THE SEA-BUCKTHORN

Korotkiy Igor Alekseevich, Doctor of Science, assistant professor, Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo

Raschepkin Alexandr Nikolaevich, Candidate of Science, assistant professor, Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo

Fedorov Dmitriy Evgenyevich, Doctor of Science, junior researcher, Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo

АННОТАЦИЯ

Целью работы являлся подбор рациональных режимов вакуумной сушки ягод облепихи. Для достижения поставленной цели были проведены эксперименты по вакуумному обезвоживанию объекта исследования при различных технологических параметрах. В ходе исследования получены графики зависимости относительной массы и температуры в продукте от времени сушки. На основании результатов исследований установлены рациональные режимы вакуумного обезвоживания ягод облепихи: температура сушки - 40° С, остаточное давление – 6-7 кПа, продолжительность сушки – 8,5 часов.

ABSTRACT

The purpose of work was selection of the rational modes of vacuum drying of berries of a sea-buckthorn. For achievement of a goal experiments on vacuum dehydration of object of research at various technological parameters were made. During research schedules of dependence of relative weight and temperature in a product are received from drying time. On the basis of results of researches the rational modes of vacuum dehydration of berries of a sea-buckthorn are set: drying temperature - 40 °C, residual pressure – 6-7 kPas, drying duration – 8,5 hours.

Ключевые слова: облепиха, вакуумная сушка, температура, давление

Keywords: cowberry, vacuum drying, temperature, pressure

Одним из приоритетных направлений развития способов сушки является поиск новых технологий, позволяющих проводить процесс обезвоживания в щадящем режиме, сохраняя нативные свойства пищевых продуктов

и при возможности сократить продолжительность процесса с целью повышения производительности линии переработки и снижения удельных энергозатрат.

Вакуумная сушка является одним из наиболее перспективных направлений переработки пищевых продуктов. Среди различных способов подвода теплоты при вакуумной сушке с точки зрения сохранности ценных компонентов продуктов особо выделяется сушка инфракрасными лучами. По литературным данным [1, с. 96] вакуумная сушка с инфракрасным энергоподводом позволяет на (80÷90) % сохранить различные витамины, белки, полиненасыщенные жирные кислоты и органолептические показатели продукта. Результаты многочисленных исследований дают основания утверждать об экономической целесообразности промышленного внедрения данной технологии в производственный процесс [2, с. 97].

Целью данной работы являлся подбор рациональных режимов вакуумной сушки ягод облепихи.

Вначале осуществляли подбор температуры нагрева продукта. Диапазон исследуемых режимов вакуумной сушки подбирался таким образом, чтобы обеспечивалось явление кипения влаги при данной температуре и давлении. Опыты проводили при остаточном давлении $P=(6\div7)$ кПа, плотности теплового потока $q=5,5$ кВт/м² и температурах нагрева от 40 до 80 °С с шагом в 10 градусов. Ягоды облепихи сушили на поддонах в один слой. В ходе удаления влаги определялось изменение относительной массы продукта и температуры в толще ягоды (рис. 1).

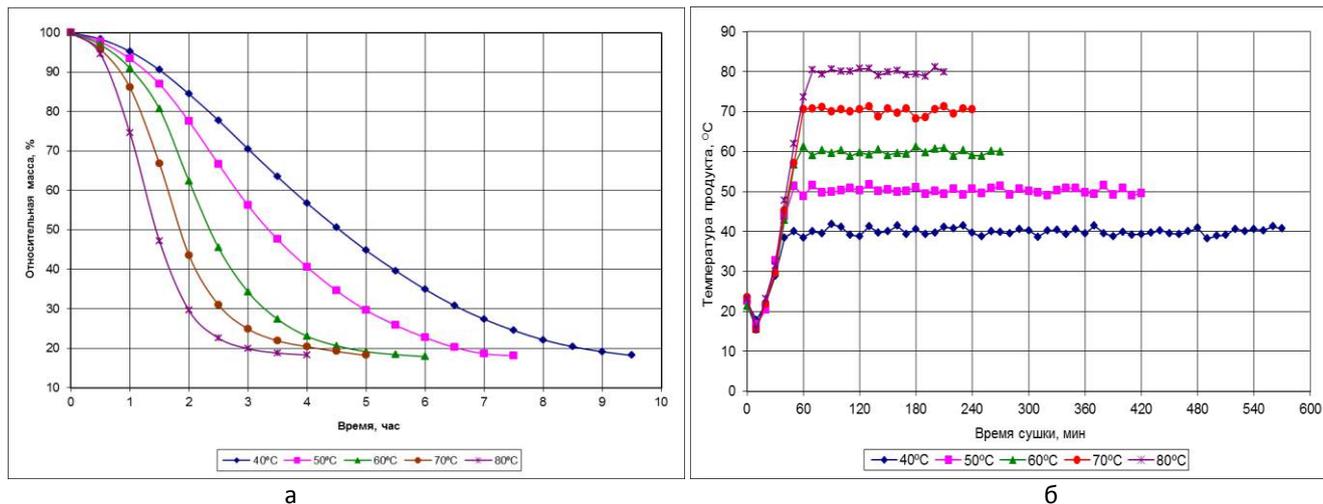


Рисунок 1. Изменение относительной массы (а) и температуры (б) в ягодах облепихи в процессе вакуумной сушки

Процесс вакуумной сушки облепихи можно условно разбить на три периода. На первом этапе после включения вакуум-насоса происходит понижение давления в камере до необходимого уровня. Температура ягод при этом снижается на несколько градусов (рис. 1б), относительная масса меняется незначительно. Далее включаются инфракрасные лампы нагрева и начинается второй этап сушки, которому соответствует относительное постоянство скорости удаления влаги. Установлено, что с повышением температуры нагрева сокращается время, соответствующее наибольшей скорости изменения относительной массы продукта. На данном этапе удаляется большая часть влаги из ягод. К концу второго этапа сушки относительная масса ягод составляет 30÷40 %.

Далее наступает третий этап обезвоживания, который характеризуется снижением скорости сушки. На этом этапе происходит досушивание продукта. Продолжительность вакуумной сушки ягод облепихи при температуре 40° С составила 9,4 часов. Повышение температуры сушки до 50, 60, 70 и 80° С приводит к сокращению времени сушки до 7,5; 5; 6 и 4 часов соответственно.

Для высушенных ягод проводили органолептическую оценку по 60-бальной шкале по 4 показателям: вкус, цвет, запах и консистенции, максимальная оценка которых составляла соответственно 15 баллов.

Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Органолептическая оценка ягод облепихи после вакуумной сушки

Показатель	Температура сушки, °С				
	40	50	60	70	80
Вкус	15	14	13	13	11
Цвет	14	13	13	12	12
Запах	15	14	12	12	10
Консистенция	14	15	15	13	13
Всего	58	56	53	50	46

С повышением температуры нагрева снижаются органолептические показатели готового продукта. Наилучшие качественные показатели (от 56 до 58 баллов) наблюдались в случае, когда температура нагрева составляла 40 и 50 °С. Дальнейшее повышение температуры до

80°С приводило к ухудшению органолептической оценки до 46 баллов из 60.

Анализ сохранности биологически-ценных компонентов ягод облепихи представлен в табл. 2.

Таблица 2

Содержание биологически-ценных компонентов ягод облепихи после вакуумной сушки

Компонент	Температура сушки, °С				
	40	50	60	70	80
Органические кислоты, %	4,49	4,43	4,32	4,16	3,87
Каротиноиды, мг/100 г	35,29	32,41	29,34	25,43	20,32
Витамин С, мг/100 г	790,8	716,5	631,6	528,5	411,5
Р-активные вещества, мг/100 г	3012	2838	2560	2240	1760

Результаты, представленные в табл. 2 дают основания утверждать о нелинейной зависимости содержания биологически ценных компонентов ягод облепихи от температуры вакуумной сушки. Увеличение температуры сушки от 40 до 50, 60, 70 и 80° С приводит к снижению содержания органических кислот, каротиноидов, витамина С и Р-активных веществ в среднем на 6, 14, 24 и 36 % соответственно.

На основании проведенных исследований из соображений по наилучшему качеству готового продукта ягоды облепихи рекомендуется сушить при температуре 40° С. Стоит отметить, что опыты также проводились при остаточном давлении в камере 4-5 кПа, однако при таких условиях происходил разрыв оболочки ягод и потеря некоторой части массы продукта за пределы сушильного лотка. Поэтому рекомендуемое давление вакуумной сушки данного продукта составляет 6-7 кПа.

Таким образом, был рассмотрен процесс вакуумной сушки ягод облепихи и рекомендованы рациональные режимы проведения данного процесса: температура сушки - 40° С, остаточное давление – 6-7 кПа, продолжительность сушки – 8,5 часов.

Литература

1. Ратникова, Л.Б. Вакуумная инфракрасная сушка – технология щадящей переработки растительного и животного сырья / Л.Б. Ратникова, П.Е. Влощинский, Г.И. Широченко, В.П. Романов // Вестник сибирского университета потребительской кооперации. – 2012. - № 1 (2). – С. 96-100.
2. Ратникова, Л.Б. Вакуумная инфракрасная сушка – технология щадящей переработки растительного и животного сырья / Л.Б. Ратникова, П.Е. Влощинский, Г.И. Широченко, В.П. Романов // Вестник сибирского университета потребительской кооперации. – 2012. - № 1 (2). – С. 96-100.

КИНЕТИКА БАРОВАКУУМНОЙ СУШКИ МЯГКИХ СЫРОВ

Равнюшкин Елисей Андреевич

Аспирант, Кемеровский Технологический Институт Пищевой Промышленности (университет), г. Кемерово.

PRESSURE VACUUM DRYING KINETICS OF SOFT CHEESES

Ravnyushkin Elisey, graduate student, Kemerovo Institute of Food Science and Technology, Kemerovo

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности баровакуумной сушки. Приведен выбор температурного режима и объекта исследования для проведения опытов. Экспериментально обоснован итоговый выбор оптимальных параметров с точки зрения органолептической оценки продуктов и удельных энергозатрат.

ABSTRACT

In the article features of pressure vacuum drying are considered. The choice of temperature condition and object of research for carrying out experiences is given. The total choice of optimum parameters from the point of view of an organoleptic assessment of products and specific energy consumption is experimentally reasonable.

Ключевые слова: мягкие сыры, баровакуумная сушка, температура, качество продукта, удельные энергозатраты.

Keywords: soft cheeses, pressure vacuum drying, temperature, product quality, specific power consumption.

Среди всех способов сушки наилучшим считается сублимационный. Однако у этого способа есть недостаток: высокая стоимость получаемой продукции из-за значительного расхода энергии и значительной продолжительности процесса [1, с. 15]. Так же для этого способа требуются низкотемпературные камеры и скороморозильные аппараты для предварительной заморозки продукта.

Поэтому для производства мягких сыров был использован способ баровакуумной сушки. Данная сушка осуществляется в среде переменного давления, за счет чего в продукте также возникает градиент давления, способствующий интенсификации процесса миграции влаги из внутренних слоев на поверхность и ее последующего испарения в окружающую среду [2, с. 250].

Цель исследований – подбор рациональной температуры баровакуумной сушки мягких сыров.

Условия, материалы и методы. Процесс баровакуумной сушки сыров изучали на экспериментальной установке. В качестве объектов исследования были выбраны следующие мягкие сыры – Адыгейский, Рокфор, Русский камамбер. Эксперименты проводили при следующих значениях температуры: 40, 50, 60 и 70° С.

Результаты и обсуждение. На рис. 1÷4 представлены соответствующие графики изменения относительной массы и температуры в камере и в продукте в процессе баровакуумной сушки при подборе температуры.

При баровакуумной сушке с температурой нагрева 70° С наблюдалось наименьшее время обезвоживания, которое составило 410, 270 и 320 мин соответственно для сыров Адыгейский, Рокфор и Русский камамбер. Снижение температуры сушки до 60° С обуславливает повышение продолжительности удаления влаги соответственно на 40, 20 и 30 мин для вышеуказанных сыров. Наибольшее время обезвоживания наблюдалось при сушке сыров с температурой 40° С и составило от 270 мин (Рокфор) до 410 мин (Адыгейский).

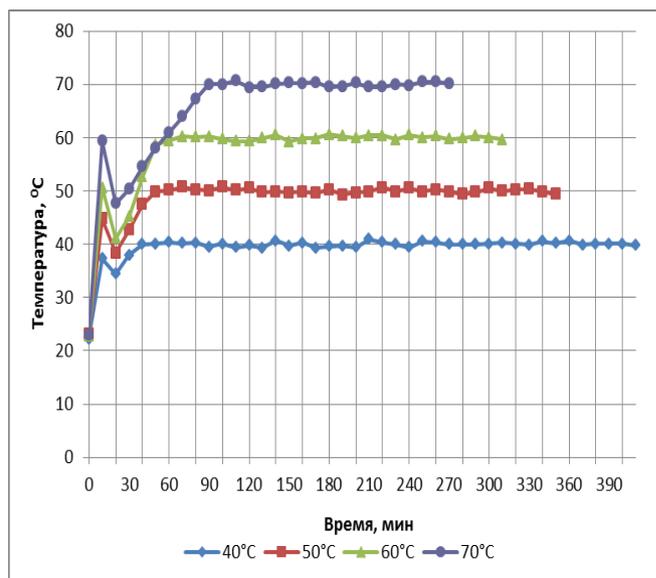
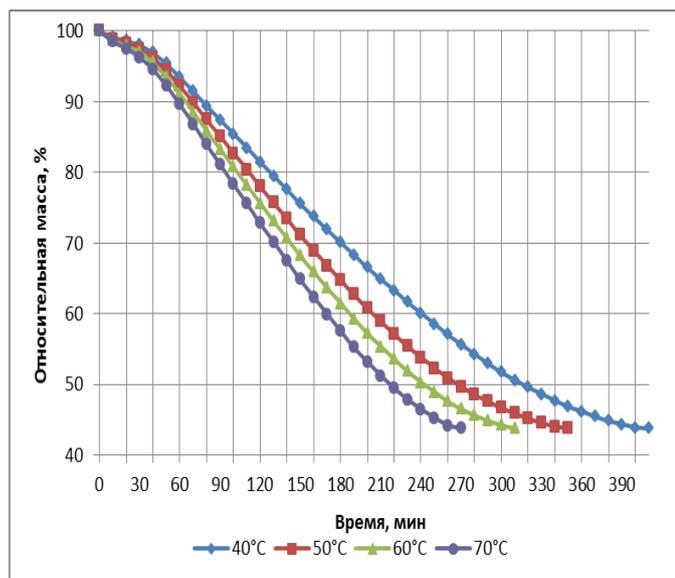


Рисунок 1 – Изменение относительной массы (а) и температуры в продукте (б) при баровакуумной сушке сыра Адыгейский с различной температурой нагрева

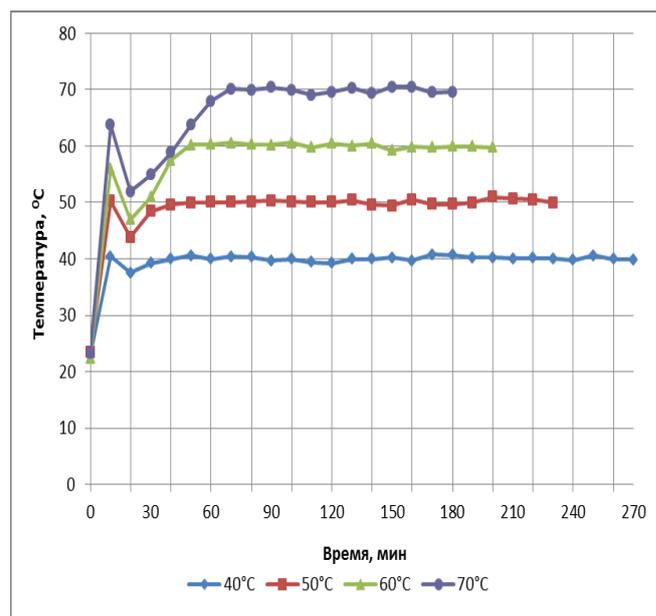
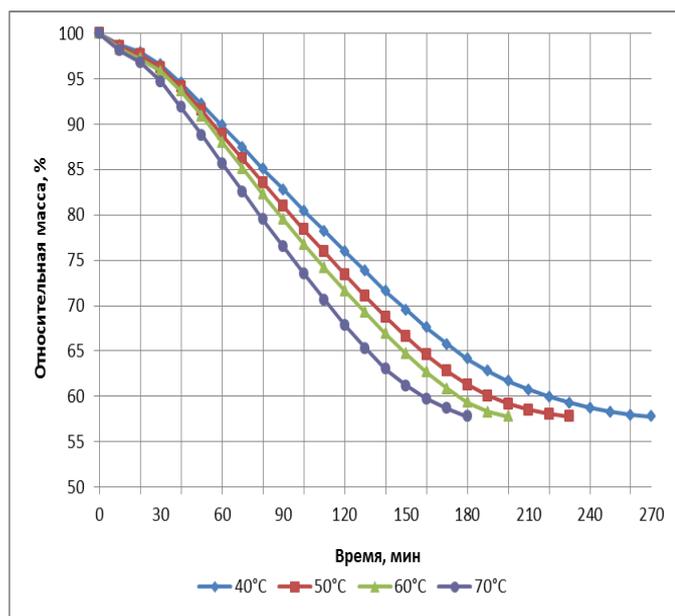
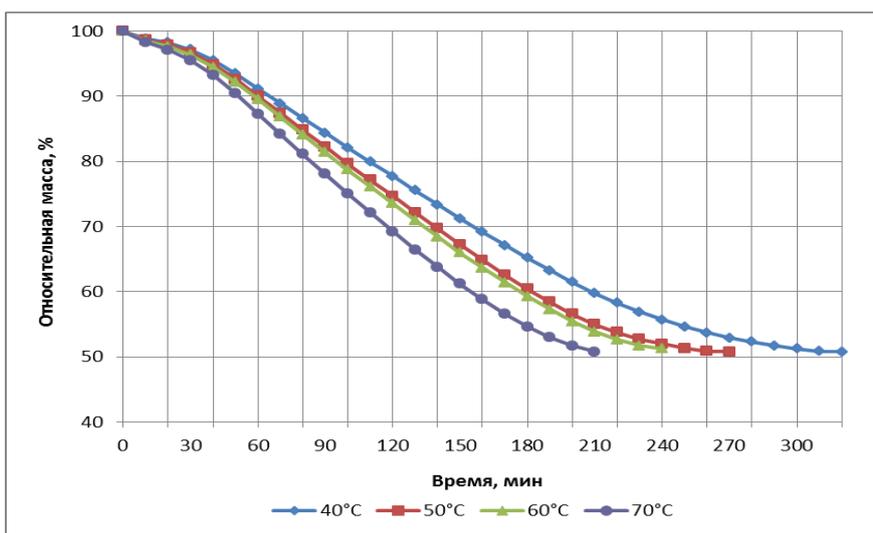
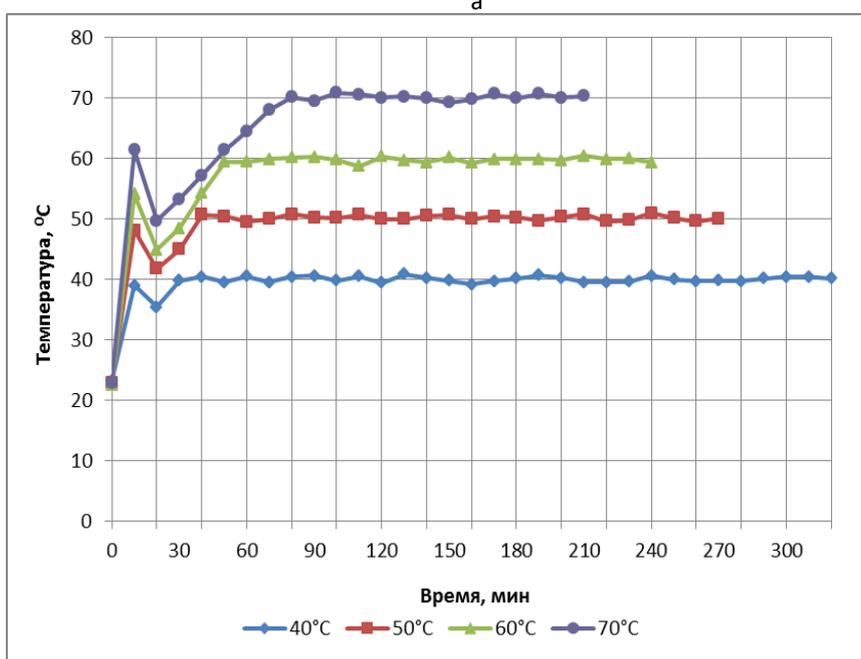


Рисунок 2 – Изменение относительной массы (а) и температуры в продукте (б) при баровакуумной сушке сыра Рокфор с различной температурой нагрева



а



б

Рисунок 3 – Изменение относительной массы (а) и температуры в продукте (б) при баровакуумной сушке сыра Русский камамбер с различной температурой нагрева

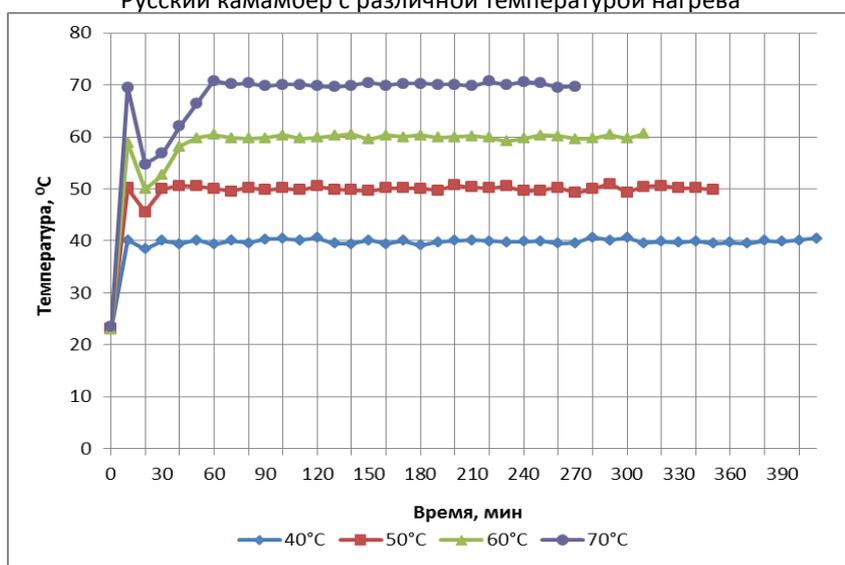


Рисунок 4 – Изменение температуры в камере при баровакуумной сушке мягких сыров с различной температурой нагрева

С понижением температуры нагрева сокращается время, необходимое для прогрева продукта до заданного уровня. Так, при температуре нагрева 70° С сыры нагреваются до данного значения через 70÷90 мин после начала процесса, в то время как при установленной температуре нагрева 40° С это время составляет 30÷40 мин. То же самое относится к температуре в камере. При температуре

сушки 40° С время прогрева камеры до заданного значения составляет 30 мин. При установленных температурах нагрева 50, 60 и 70° С время прогрева равно соответственно 40, 50 и 60 мин.

Органолептическая оценка сыров, высушенных баровакуумным способом при различной температуре, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Результаты органолептической оценки сухих сыров

Вид сыра	Показатель	Температура сушки, °С			
		40	50	60	70
Адыгейский	Вкус	15	14	14	11
	Цвет	14	14	13	12
	Консистенция	14	13	13	13
	Форма	14	14	13	13
	Запах	14	14	13	10
	ИТОГО	71	69	66	59
Рокфор	Вкус	14	14	13	11
	Цвет	15	14	14	12
	Консистенция	14	13	12	11
	Форма	13	13	13	11
	Запах	14	14	13	12
	ИТОГО	70	68	65	57
Русский камамбер	Вкус	14	13	12	10
	Цвет	13	14	13	13
	Консистенция	14	15	14	13
	Форма	14	13	13	12
	Запах	15	15	13	10
	ИТОГО	70	70	65	58

Величины энергозатрат в зависимости от температуры нагрева представлены на рис. 5.

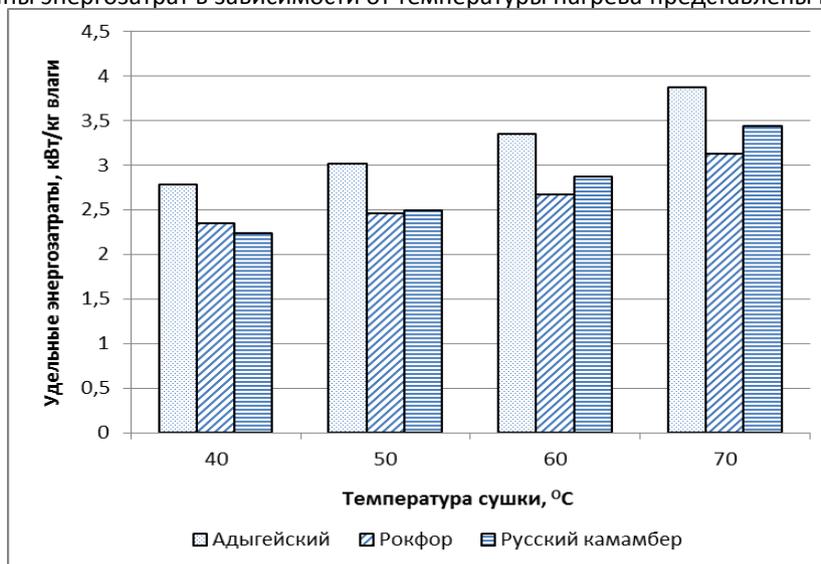


Рисунок 5 – Удельные энергозатраты при баровакуумной сушке сыров в зависимости от температуры нагрева

С повышением температуры сушки от 40 до 50° С удельные энергозатраты увеличиваются в среднем на 8%. Величина энергозатрат при установленном температурном режиме в 60 и 70° С выше, чем при сушке с температурой 40° С соответственно на 20 и 40%.

Выводы. Таким образом, исходя из результатов исследований, рекомендуемая температура баровакуумной сушки мягких сыров составляет 50° С, что обеспечивает высокое качество продукта (68-70 баллов из 75) и относительно невысокие удельные энергозатраты – 2,7÷3,3 кВт/кг удаленной влаги.

Список литературы

1. Главатских, Н.Г. Повышение качества сублимационной сушки термолабильных кисломолочных продуктов путем использования энергосберегающих электротехнологий и электрооборудования: дисс. канд. тех. наук: 05.20.02/ Главатских, Надежда Григорьевна. – Ижевск, 2004. - 191 с.
2. Ковальский, В.А. Баровакуумные сушилки / В. А. Ковальский // Химическая промышленность. - 2005. - Т. 82, N 5. - С.. 249-252.

ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ БЕЛЫХ ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ СТЕКЛОЭМАЛЕЙ

Рябова Анна Владимировна

кандидат тех. наук, доцент, Южно-Российский государственный политехнический университет
(Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Величко Анна Юрьевна

Студент, Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Хорошавина Вера Владимировна

Аспирант, Южно-Российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Климова Людмила Васильевна

старший преподаватель, Южно-Российский государственный политехнический университет
(Новочеркасский политехнический институт) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

FEATURES OF CRYSTALLIZATION WHITE TITAN GLASS CONTAINING ENAMELS

Ryabova Anna, Candidate of, assistant professor of Southern Russian state polytechnical university, (Novocherkassk polytechnical institute) of M.I. Platov, Novocherkassk

Velichko Anna, Student, of Southern Russian state polytechnical university (Novocherkassk polytechnical institute) of M.I. Platov, Novocherkassk

Horoshavina Vera, Graduate student, of Southern Russian state polytechnical university (Novocherkassk polytechnical institute) of M.I. Platov, Novocherkassk

Klimova Lyudmila, Senior teacher of Southern Russian state polytechnical university (Novocherkassk polytechnical institute) of M.I. Platov, Novocherkassk

АННОТАЦИЯ

Цель исследований – изучение влияния малых добавок на кристаллизацию титансодержащих фаз в стекле и влияние параметров этого процесса на белизну покровной стеклоэмали. Синтезирован ряд составов стекломатриц (фритт) для получения покровных стеклоэмалей с высоким показателем белизны. Проведен анализ их физико-химических свойств.

Разработано титансодержащее стеклоэмалевое покрытие, состав которого содержит соединения, способствующие объемной кристаллизации, что обеспечивает высокий показатель белизны.

ABSTRACT

The purpose of researches – studying of influence of small additives on crystallization of titaniferous phases in glass and influence of parameters of this process on a whiteness of integumentary glass enamel. A number of structures of stekломатрица (frit) for receiving integumentary a whiteness, stekloemaly with a high rate, is synthesized. The analysis of their physical and chemical properties is carried out.

It is developed a titaniferous stekloemal Levy covering which structure contains the connections promoting volume crystallization that provides a high rate of a whiteness.

Ключевые слова: защитные стеклоэмалевые покрытия для стали; эстетико-потребительские свойства покровных эмалей; белые покровные эмали; высокий показатель белизны.

Keywords: protective stekloemal Levy coverings for steel; estetiko-consumer properties of integumentary enamels; white integumentary enamels; high rate of a whiteness.

Эмалирование металлов - широко распространенный способ защиты металлических изделий от коррозии и придания им определенных технико-эксплуатационных свойств. Для эмалированных изделий, особенно бытового назначения, исключительно важным являются не только физико-механические и физико-химические, но и эстетико-потребительские свойства.

На рынке потребительских товаров наиболее востребованными являются изделия, имеющие белое покрытие. Но не все эмали с «предпочтительным» цветом на изделия смотрятся по-настоящему белыми. Часто продукция получается либо с серым, либо с желтым оттенком в то время как показатель белизны (коэффициент диффузного отражения) достаточно высок (83%). Как показывает опыт для эмалирования внутренних и наружных поверхностей стальных бытовых изделий наиболее широко применяют титансодержащую фритту ЭСП-117. Титансодер-

жащие стеклоэмали занимают важное место в эмалированной промышленности, но их использование сопровождается с проблемой получения покрытия с высокой белизной. Анализ существующих титансодержащих эмалей и их свойств показал, что не достаточно изучено влияние присутствия и соотношения отдельных оксидов металлов на структуру стекол и формирование титансодержащих кристаллических фаз в ходе дополнительной термообработки.

Кристаллизацию диоксида титана в стеклах при повторной термообработке, как правило, связывают с шестерной координацией ионов титана и положением модификаторов в их структурной сетке. Стекла, в которых диоксид титана в четверной координации и занимает положение сеткообразователя, не кристаллизуются при повторном нагреве, поэтому необходимо химическим составом и технологическими параметрами его получения обеспечить, чтобы в процессе вторичной термообработке

диоксид титана образовывал ионы шестерной координации. В связи с этим разработка химического состава белого покровного стеклоэмалевого покрытия для стальных изделий, дополнительно содержащего соединения, способствующие объемной кристаллизации, с высоким показателем белизны в настоящее время является актуальным.

Составы белых эмалей на протяжении последних десятилетий постоянно оптимизировались и улучшались, и дальнейшее повышение эстетико-потребительских свойств покрытий при сохранении других технико-экономических показателей труднодостижимо.

С одной стороны, известно, что «для получения достаточной белизны стеклоэмалевых покрытий при составлении шихты по ГОСТ 24405-80 рекомендуется использовать анатазную форму диоксида титана марок А-1, А-2, А-01 (ГОСТ 9808) и кварцевый песок, содержащий не более 0,025% оксидов железа, поскольку известно, что оксиды железа и хрома снижают белизну титановых эмалей» [1, с. 496]. А также имеет большое значение то, каким обра-

зом и в каком количестве введен компонент. Современные производства эмалированных изделий в качестве сырьевых компонентов используют либо обогащенные, либо химически чистые сырьевые материалы, поэтому содержание в них примесных хромофорных соединений сведено к минимуму. В то же время исследования показали, что показатель белизны также может сильно варьироваться при полном отсутствии оксидов железа и хрома. Это свидетельствует о том, что характер кристаллизации и формы кристаллической фазы основополагающий фактор для показателей белизны белых покровных эмалей.

Целью данной работы являлось изучение влияния химического состава титансодержащего стекла и процесса кристаллизации на показатель белизны белых покровных эмалей и их характерный оттенок.

В соответствии с ГОСТ 24405-80 «Эмали силикатные (фритты)» в таблице 1 приведен состав покровного стеклоэмалевого покрытия марки ЭСП-117, на основе которого синтезированы 12 опытных составов, в которых варьировалось содержание различных оксидов, влияющих на процесс кристаллизации диоксида титана.

Таблица 1

Состав покровного эмалевого покрытия

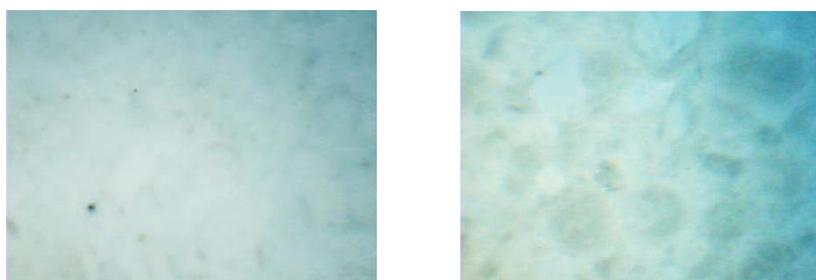
Марка эмали	Содержание компонентов, % (по массе)								
	SiO ₂	B ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	F
ЭСП-117	42-45	12-16	1-4	15-18	3-8	1-3	11-15	2-4	1,0-3,5

Варка стекол проводилась в алундовых тиглях в камерной силитовой электрической печи при температуре 1250-1300°C с выдержкой 30 минут. Сваренную стекломассу подвергали мокрой грануляции, выливая в воду [2, с. 260].

Оценка внешнего вида фритт: стекла без кристаллических и газовых включений, характеризуются однородностью, кремовым цветом, гладкой стеклянной нитью, что свидетельствует о полном переходе компонентов шихты в стеклообразное аморфное состояние.

Фритты измельчались в фарфоровых ступках до прохождения через сито №006. Полученный порошок наносили на стальные образцы, предварительно покрытые грунтовой эмалью. Далее эмалированные стальные

образцы обжигали при температуре 800-820°C в электрической муфельной печи в течение 3 минут. Оценивали внешний вид образцов: покрытия без видимых дефектов, с хорошим блеском и сплошностью. Сравнительный анализ синтезированных эмалей с эталонной позволил установить, что во время обжига эмали ОПТ-1 протекает объемная равномерная кристаллизация, обеспечивающая равномерную белизну с голубоватым оттенком. В остальных синтезированных эмалевых покрытиях во время обжига также протекает кристаллизация, но характер ее неравномерный, о чем свидетельствуют полупрозрачные области на снимках (рисунок 1).



а) б)

Рисунок 1. Микроскопический анализ покрытий: а) эмали ОПТ-1; б) эмали ОПТ-2

Таблица 2

Синтезированные опытные составы эмали с варьированием различных оксидов

Номер состава	Описание составов с варьированием оксидов
1-4	Варьирование B ₂ O ₃ в интервале 14,0-16,0%
5	Замена оксид тяжелого металла на другой оксид этого же металла
6	Исключение оксида тяжелого металла из состава шихты
7-9	Варьирование концентрации оксида тяжелого металла
10	Повышенное количество MgO до 3%
11	Пониженное количество TiO ₂ до 9-10%
12	Повышенное количество оксида, способствующего кристаллизации до 17-18%

Синтезированные титансодержащие эмалевые покрытия подвергали испытаниям с целью определения показателя белизны, то есть оценивали их коэффициент

диффузного отражения, результаты которых представлены на рисунке 2.

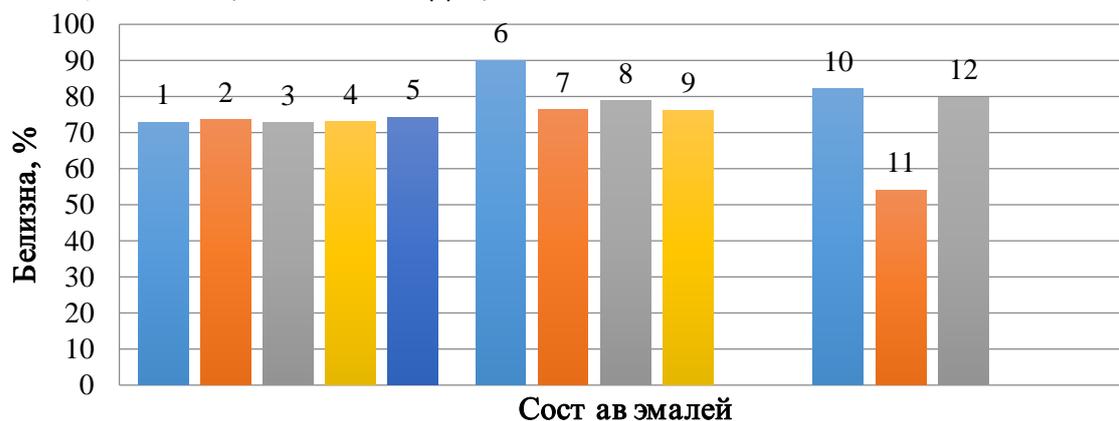


Рисунок 2. Диаграмма зависимости белизны эмалей от их состава

Анализ полученных результатов позволил установить, что показатель белизны всех синтезированных эмалей лежит в интервале 54,044-89,96%. Таким образом, оптимальным является состав №6, так как его коэффициент диффузного отражения составляет 89,96%, однако у данного образца визуально заметен желтый оттенок, что не допускается по эстетическим характеристикам. При этом состав №12 характеризуется меньшим показателем белизны 79,77% и имеет голубой оттенок, который более предпочтителен в производстве стеклоэмалевого покрытия. Поэтому метод оценки белизны стеклоэмалевого покрытия по коэффициенту диффузного отражения не учитывает оттенок белого цвета.

Белыми принято считать поверхности с высоким коэффициентом диффузного отражения по всей видимой области спектра и неселективным или слабо выраженным селективным поглощением света. Если же поверхность не обладает диффузным отражением, то, несмотря на высокое отражение всех монохроматических лучей видимой области спектра, она не является белой. Так как рутиловые пигменты поглощают излучение в ультрафиолетовой и коротковолновой области света, то появляются незначительная нехватка отражённого коротковолнового

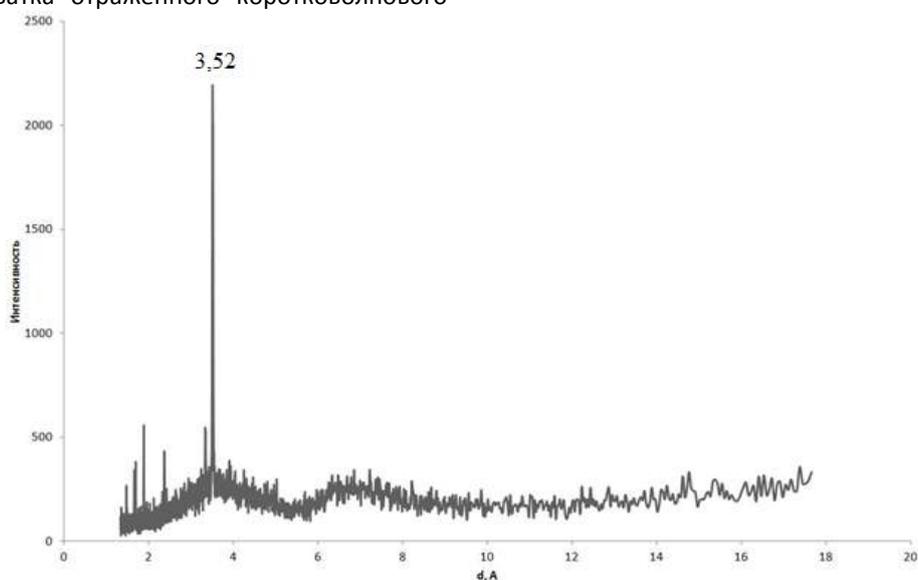
синего света, что приводит к лёгкому жёлтому оттенку. Это можно видеть на примере отличия зрительного восприятия человека (ОПТ-2 серо-голубой оттенок, а ОПТ-1 – желтый).

С целью сравнительного анализа фазового состава эмалевых покрытий – разработанных (ОПТ-1 и ОПТ-2) – был проведен их рентгенофазовый анализ, результаты которого представлены на рисунке 3.

Анализ рентгенограмм позволил установить, что кристаллические фазы в двух составах одинаковые, это модификации диоксида титана – рутил и анатаз. Однако в образце эмали ОПТ-2 интенсивность самого основного пика, соответствующего анатазу (межплоскостное расстояние 3,52А) значительно меньше и составляет 1000, в то время как в образце эмали ОПТ-1 – 2200.

Это свидетельствует о недостаточно интенсивном процессе кристаллизации во время обжига покрытия.

В результате проведенных исследований выяснено, что теплые оттенки дают большую отражательную способность (белизну), чем холодные. Поэтому можно говорить о необходимости дальнейшего изучения влияния малых добавок на белизну стеклоэмалевого покрытия.



а)

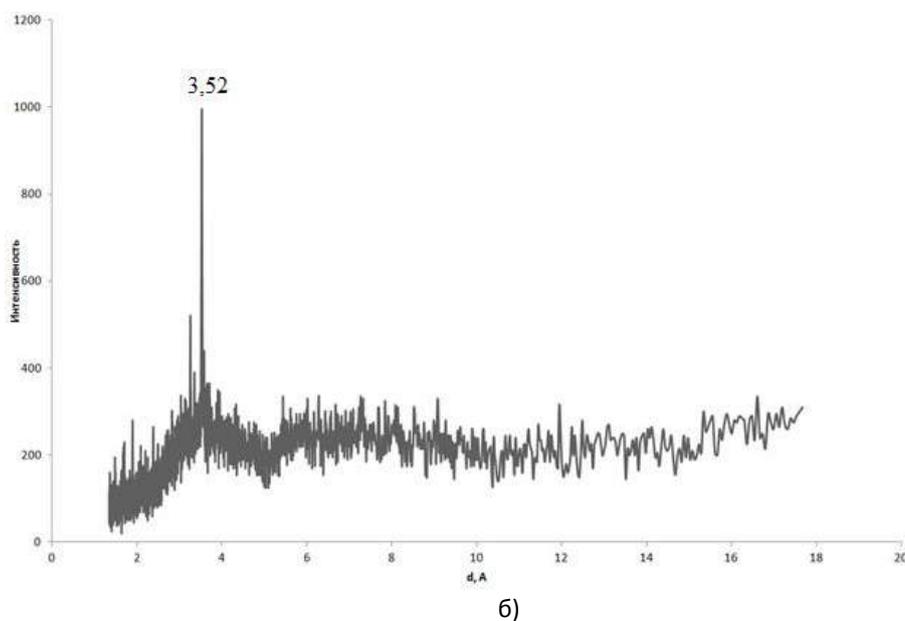


Рисунок 3. Рентгенофазовый анализ белых покровных эмалей: а) ОПТ-1; б) ОПТ-2

Таким образом, проанализировав составы синтезированных эмалей и их эстетико-потребительские свойства можно сделать вывод, что белые покрытия с желтым оттенком имеют больший коэффициент диффузного отражения, чем с холодным оттенком, и на данные оптические свойства влияет не наличие примесных соединений хромов и присутствие рутильной или анатазной формы диоксида титана, а характер и интенсивность процесса кристаллизации TiO_2 .

Список литературы

1. Варгин В.В. Эмалирование металлических изделий. – Л.: Машино-строение, 1972. – 496 с.
2. Гузий В.А. Механизм формирования и прочность сцепления белых однослойных легкоплавких эмалей на стали / Зубехин А.П., Рябова А.В., Яценко Е.А., Филатова Е.В. // Стекло и керамика - 1999. - № 9. - С. 33-34. - 0.25 п.л.
3. Рябова А.В. Однослойные легкоплавкие белые стекломалевые покрытия для бытовой газовой аппаратуры / Яценко Е.А., Зубехин А.П., Гузий В.А. // Стекло и керамика - 1997. - № 1. - С. 29-30. - 0.33 п.л.
4. Рябова А.В. Проблемы синтеза белой покровной стекломали для стальных изделий с высоким показателем белизны / Величко А.Ю., Климова Л.В. // Научно-техническая конференция и выставка инновационных проектов, выполненных вузами и научными организациями ЮФО в рамках участия в реализации федеральных целевых программ и внепрограммных мероприятий, заказчиком которых является Минобрнауки России: сб. материалов конф., г. Новочеркасск, 14-16 дек. 2014 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т им. М.И. Платова - Новочеркасск: Лик, 2014. - С. 260-263. - 0.35 п.л.
5. Технология эмали и защитных покрытий: Учеб. пособие / Под ред. Л.Л. Брагиной, А.П. Зубехина. - Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ); Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 488 с.

ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ОСЯМИ ДЕНДРИТОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА НА ПАРАМЕТР ОБРАТНОЙ ДИФФУЗИИ

Рыжкова Ирина Олеговна

аспирант, Липецкий Государственный Технический Университет, г. Липецк

Дождиков Владимир Иванович

д.т.н., профессор, Липецкий Государственный Технический Университет, г. Липецк

INFLUENCE OF THE SECONDARY DENDRITE ARM SPACING ON PARAMETER OF BACK DIFFUSION

Ryzhkova Irina, Postgraduate student, Lipetsk State Technical University, Lipetsk

Dozhdikov Vladimir, Doctor of sciences, professor, Lipetsk State Technical University, Lipetsk

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены результаты исследования влияния скорости охлаждения и расстояния между осями дендритов второго порядка на параметр обратной диффузии для элементов низколегированной стали. Установлено незначительное влияние рассмотренных характеристик процесса кристаллизации на параметр обратной диффузии для элементов рассмотренной стали.

ABSTRACT

Research results of influence cooling rate and length scale of the secondary dendrite arm spacing on the parameter of back diffusion for some elements in low-alloyed steel are examined in the article. It is found that viewed process characteristic of crystallization have slight impact on the parameter of back diffusion for elements in analyzed steel.

Ключевые слова: параметр обратной диффузии; расстояние между осями дендритов второго порядка; ликвация.

Key words: parameter of back diffusion; secondary dendrite arm spacing; segregation.

Проблема получения качественных стальных изделий, связанная с повышением физической и химической однородности слитков, является важной и сложной задачей в современной металлургии. Производство однородного металла затруднено вследствие различия физических и физико-химических свойств уже затвердевшей и кристаллизующейся стали, уменьшения растворимости элементов в твердой стали, неравномерного распределения температуры, развития процессов ликвации примесей и т.д. [1].

Внутрикристаллическая (дендритная) ликвация обусловлена перераспределением компонентов сплава в масштабе междоусных промежутков ветвей дендритов второго порядка, что приводит к развитию химической неоднородности, заключающейся в чередовании участков, обедненных и обогащенных легирующими элементами и вредными примесями в пределах дендрита [2].

Для описания ликвации растворенных элементов при затвердевании сплавов существует множество аналитических моделей микросегрегаций, которые позволяют оценить концентрацию элемента в жидкой фазе по известным параметрам процесса кристаллизации [3]:

$$C_{L,i} = C_{0,i} (1 - (1 - \beta_i K_i) f_s)^{\frac{(K_i - 1)}{(1 - \beta_i K_i)}} \quad (1)$$

где $C_{0,i}$ – исходная концентрация i – го элемента в сплаве; K_i – равновесный коэффициент распределения i – го компонента, определяемый по диаграмме состояния; f_s – доля выделившейся твердой фазы; β_i – параметр обратной диффузии в твердой фазе, характеризующий степень диффузионной неравновесности распределения компонентов с учетом междоусных промежутков ветвей дендритов второго порядка и времени затвердевания.

Основное отличие этих моделей друг от друга заключается в различии уравнений для определения параметра обратной диффузии (таблица 1).

В этой таблице α_i – безразмерное время диффузии в твердой фазе (число Фурье). В работе [4] приведено выражения для расчета числа Фурье:

$$\alpha_i = \frac{4D_{s,i}^{\delta} \tau_{LS}}{\lambda_2^2} \quad (2)$$

где $D_{s,i}$ – коэффициент диффузии в твердой фазе (м²/с); τ_{LS} – локальная продолжительность затвердевания (с); λ_2 – расстояние между осями дендритов второго порядка (мкм).

Таблица 1

Уравнения для определения параметра обратной диффузии β_i

Уравнение	Авторы
$\beta_i = 2\alpha_i \left(1 - \exp\left(-\frac{1}{\alpha_i}\right) - \exp\left(-\frac{1}{2\alpha_i}\right)\right) \quad (3)$	Клайн и Курц [5]
$\beta_i = \frac{4\alpha_i}{1 + 4\alpha_i} \quad (4)$	Онако [6]
$\beta_i = 2\alpha_i \left(1 - \exp\left(-\frac{1}{\alpha_i}\right) - \exp\left(-\frac{1}{2\alpha_i}\right)\right) \quad (5)$ $\alpha_i = 2(\alpha_i + \alpha_c), \alpha_c = 0,1$	Ван и Томас [7]

Оценку влияния расстояния между осями дендритов второго порядка на параметр обратной диффузии, рассчитанный по различным уравнениям для кремния, марганца, фосфора и серы, проводили для низколегированной стали следующего химического состава: 0,12 % C; 1,5 % Mn; 0,65 % Si; 0,035 % P; 0,04 % S. Температуры ликвидуса и солидуса для этой стали определяли по формулам [8]:

$$t_L = 1536 - 78(\%C) - 7,6(\%Si) - 4,9(\%Mn) - 34,4(\%P) - 38(\%S), \quad (6)$$

$$t_S = 1536 - 415,5(\%C) - 12,3(\%Si) - 6,8(\%Mn) - 124,5(\%P) - 183,9(\%S). \quad (7)$$

Для определения коэффициентов диффузии для элементов, входящих в состав стали, использовали уравнения, приведенные в работе [9] (таблица 2). В этой таблице R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура.

Таблица 2

Коэффициенты диффузии ($D_{S,i}^{\delta}$)	
Элемент	$D_{S,i}^{\delta}$, 10^{-4} м ² /с
Si	$8,0 \exp(-248948/RT)$
Mn	$0,76 \exp(-224430/RT)$
P	$2,9 \exp(-230120/RT)$
S	$4,56 \exp(-214639/RT)$

Влияние расстояния между осями дендритов второго порядка на параметр обратной диффузии исследовали при варьировании скорости охлаждения металла при его кристаллизации в диапазоне 0,2÷8,0 К/с, что характерно для практики затвердевания реальных литых заготовок. При известных значениях скорости охлаждения и температурного интервала кристаллизации $\Delta t_{L,S} = t_L - t_S$ можно расчетным путем определить локальную продолжительность затвердевания:

$$\tau_{LS} = \frac{\Delta t_{L,S}}{C_R}, \tag{8}$$

где C_R – скорость охлаждения (К/с).

Для расчета расстояний между осями дендритов второго порядка использовали следующую формулу [7]:

$$\lambda_2 = (169,1 - 720,9C_C)C_R^{-0,4935}, \text{ при } 0 \leq C_C \leq 0,15, \tag{9}$$

где C_C – содержание углерода, % масс.

На рисунке 1 видно значительное влияние скорости охлаждения на значения расстояний между осями дендритов второго порядка при кристаллизации исследуемой стали. Значения λ_2 уменьшаются в 6 раз при увеличении скорости охлаждения примерно в 40 раз.

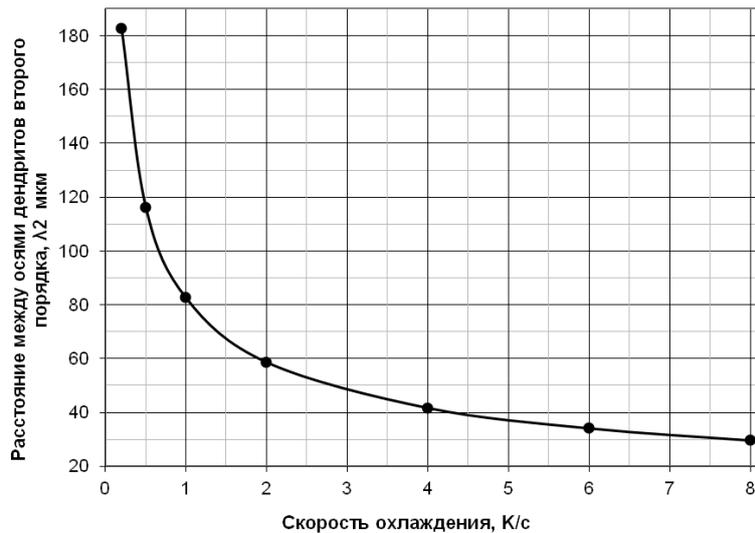


Рисунок 1. Зависимость расстояния между осями дендритов второго порядка от скорости охлаждения

Однако, расчетные значения параметров обратной диффузии β_i , полученные для исследуемых элементов по уравнениям (3-5), показывают незначительную зависимость от λ_2 , как показано на рисунке 2, а, следовательно, скорость охлаждения еще более незначительно влияет на исследуемый параметр.

Анализ полученных результатов показывает, что использование уравнений (3-5) позволяет получить достаточно близкие значения параметра обратной диффузии, причем значения β_i для всех элементов, рассчитанные по уравнению (3), имеют меньшие значения, чем при использовании уравнений (4-5). Это связано с различием допущений, принятых при их выводе. Практически одинаковые

значения параметров обратной диффузии по уравнениям (4-5) позволяют рекомендовать их для использования при прогнозировании значений этого параметра.

Для различных условий охлаждения у серы и фосфора наблюдаются наибольшие значения параметра β_i , т.е. они будут иметь наибольшую тенденцию к обратной диффузии в твердой фазе. Причем эта тенденция слегка возрастает с уменьшением скорости охлаждения, так как увеличивается расстояние между осями дендритов второго порядка.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что расстояния между осями дендритов второго порядка, зависящие от скорости охлаждения, для исследуемой стали не оказывают существенного влияния на параметр обратной диффузии.

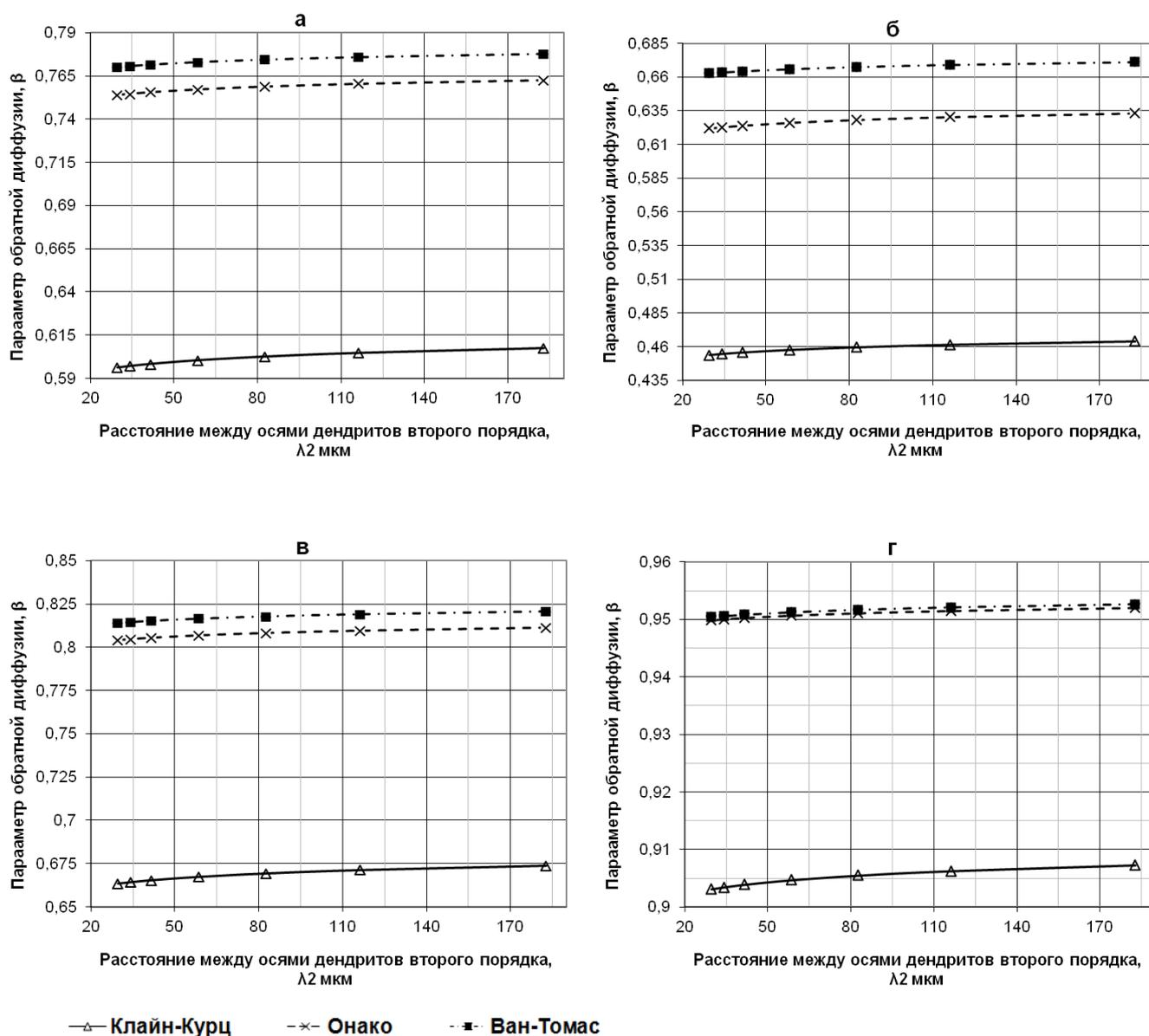


Рисунок 2. Зависимость параметра обратной диффузии от расстояния между осями дендритов второго порядка: а – кремний; б – марганец; в – фосфор; г – сера.

Список литературы

1. Валуев Д.В. Разливка и кристаллизация стали и сплавов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 235 с.
2. Бабаскин Ю.З. Структура и свойства литой стали. – Киев: Наук. думка, 1980. – 240 с.
3. Dobrovška J., Francová H., Kavická F. Investigation of influence of cooling rate on back diffusion at solidification of continuously cast steel billet // *Metal* (2010), No 5.
4. Флеминг М. Процессы затвердевания. – М.: Мир, 1977. – 423 с. 74.
5. Clyne T.W., Kurz W. Solute Redistribution During Solidification with Rapid Solid State Diffusion. *Metall. Trans. A*, 1981, vol. 12A, pp. 965-971.
6. Ohnaka I. Mathematical analysis of solute redistribution during solidification with diffusion in solid phase // *Trans. ISIJ*, 1986, v.26, No. 12.– pp. 1045-1051.
7. Won, Y-M., Thomas, B. G. Simple Model of Microsegregation during Solidification of Steels. *Met. Metall Mater Trans A*, 2001, 32A, pp. 1755-1767.
8. Kawakami K., Kitagawa K., Murakami K. et al. Fundamental research on solidification involved in continuous casting of steel // *Nippon Kokan Tech. Rep.* - 1982. - № 36. - pp. 26-41.
9. Choudhary S. R., Chosh A. Mathematical model for prediction of composition of inclusions formed during solidification of liquid steel. *ISIJ International*, Vol. 49 (2009), No. 12, pp. 1819–1827.

ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДЕМОНТАЖНОЙ КАМЕРЫ В МОЩНОМ ПОЛОГОМ УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ НА ЕЕ УСТОЙЧИВОСТЬ

Самохин А.В.,

горный инженер,

Ванякин О.В.,

горный инженер, ООО «Сибниуглеобогашение»,

Бутко А.А.,

горный инженер,

Смышляев С.А.,

горный инженер, ООО «СИБЭО»

THE INFLUENCE OF THE LOCATION DISMANTLING CAMERA INTO A POWERFUL CANOPY COAL SEAM ON THE STABILITY OF

A.V. Samokhin, mining engineer,

O.V. Vanyakin, mining engineer, JSC «Sibniugleobogaschenie»,

A.A. Butko, mining engineer,

S.A. Smyshlyayev, mining engineer, JSC «СИБЭО»

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе представлены результаты обследования монтажной дорожки, ранее - разрезной печи, пройденной по почве мощного пологого угольного пласта (мощность до 10 м) при помощи проходческого комбайна; приведено обоснование оптимального расположения монтажных камер мощных пологих угольных пластов для обеспечения безопасного поддержания монтажных камер при ведении монтажных работ на основании анализа результатов визуального обследования сформированной монтажной камеры, а также визуального обследования при помощи видеоэндоскопа шпуров в кровле монтажной дорожки; сделаны выводы о зависимости состояния монтажной дорожки от расположения монтажной камеры в мощном пологом угольном пласте. Кроме того, сделаны выводы о целесообразности проведения монтажной дорожки при наличии пачки угля мощностью до 3,6 м в кровле выработки.

ABSTRACT

This work presents the results of the survey dismantling of the track, RA-her - floating furnace, passed through the soil thick flat coal seam (up to 10 m) using roadheaders; the substantiation of the optimal location of the dismantling of the powerful cameras shallow coal seams to ensure safe maintenance and dismantling of the cameras when doing demolition work on the basis of visual analysis of the results of the survey formed dismantling camera, as well as visual inspection holes (otvorenij in the roof dismantling tracks), made using the videoscope; conclusions about the dependence of the operational status of demolition track of the location of the dismantling camera into a powerful canopy coal seam. Furthermore in the present work, the conclusions about the feasibility of dismantling the track in the presence of stacks of coal power up to 3.6 m in the roof of the mine working.

Ключевые слова: монтажная дорожка, мощный пологий угольный пласт, замок закрепления анкеров, свод естественного обрушения.

Key words: dismantling path, powerful flat coal layer, lock of fixing of anchors, arch of a natural collapse.

На эффективность ведения работ по демонтажу очистного механизированного комплекса из монтажных камер после отработки длинных выемочных столбов мощных угольных пластов в значительной степени непосредственно влияет эксплуатационное состояние монтажных камер. В работе приведена оценка влияния расположения монтажных камер в мощных пологих угольных пластах для обеспечения их безопасного поддержания при ведении монтажных работ.

Для изучения влияния расположения монтажной камеры (монтажной дорожки) в мощном пологом угольном пласте на ее устойчивость, был проведен комплекс исследований, включающий визуальное обследование с фотофиксацией, инструментальное обследование и видеообследование шпуров в кровле выработки.

В процессе отработки выемочного столба с мощностью пласта до 10 м для демонтажа очистного комплекса была проведена разрезная печь по почве пласта при помощи проходческого комбайна. При вводе очистного механизированного комплекса в разрезную печь ("демонтажную дорожку") произошло расслоение и опускание

кровли выработки (угольной пачки мощностью 3,6 м) вместе с установленной анкерной крепью; произошла деформация существующей крепи подпорного типа (рудстоек, "клямор" и "бесконечного подхвата" из СВП22) перед секциями механизированной крепи на участке от секции №23 до секции №124; высота выработки на участке, где произошло опускание кровли, в среднем, составила 0,8-1,0 м; ширина выработки на указанном участке - 3,6 м.

Демонтажная камера - зона «заводки» состоящая из 13 выемочных циклов сформирована очистным комбайном на длину 10,4 м под защитное перекрытие. Защитное перекрытие предусмотрено из лафета длиной 4,5-5,0 м, уложенного на отрезки из спецпрофиля СВП22 длиной 4,5-5,0 м.

Разрезная печь - зона монтажной дорожки пройдена комбайновым способом (ширина 4,5 м, высота 3,5 м), закреплена: кровля - 5 анкеров А20В длиной 2,5 м при помощи 2 полимерных ампул АП-400 каждый под металлические шайбы 300x300x6 мм (либо 200x200 мм) и 100x100 мм с шагом установки 0,9 м с перетяжкой металлической решётчатой затяжкой, дополнительно между

рядами основной крепи установлено 3 канатных анкера крепи усиления длиной 5,5 м под металлические шайбы 250x250x8 мм с шагом установки 1,6 м; бока – 2 анкера А20В длиной 1,5 м при помощи 1 полимерной ампулы АП-400 под металлические шайбы 300x300 мм с шагом установки 0,9 м с перетяжкой металлической решётчатой затяжкой. В качестве крепи усиления разрезной печи 21-1-27 (демонтажной дорожки) установлена смешанная крепь, состоящая из деревянных стоек диаметром 200÷250 мм и спецпрофиля СВП22 («верхняк»), увязка «верхняка» смешанной крепи произведена при помощи «бесконечного» подхвата из спецпрофиля СВП22.

Также на момент обследования выработки производились работы по выпуску угольной пачки до высоты выработки 3,3 м, работы по демонтажу деформированных элементов смешанной крепи на расстоянии 57 м от сопряжения демонтажной камеры (разрезной печи) с конвейерным штреком (в районе секции механизированной крепи №38) и на расстоянии 20 м от сопряжения демонтажной камеры 21-1-7 (разрезной печи 21-1-7) с вентиляционным штреком 21-1-7 (в районе секции механизированной крепи №121). Дополнительно производилось иньектирование расслоенного углепородного массива кровли выработки полимерными смолами типа «Беве-дол-Беведан», через шпуров отбуренные в кровлю на расстоянии 3,0 м друг от друга.



Фото 1 - Участок демонтажной дорожки в районе секции механизированной крепи №38

В процессе обследования демонтажной камеры (демонтажной дорожки) при помощи видеоэндоскопа произведено обследование шпуров глубиной 6,0 м, отбуренных в кровлю выработки.

В процессе визуального обследования шпуров (отбуренных в кровлю демонтажной дорожки), проведенного при помощи видеоэндоскопа, установлено, что мощность угольной пачки в кровле выработки составляет 2,0-3,6 м (по направлению от сопряжения вентиляционного штрека с демонтажной дорожкой к сопряжению конвейерного штрека с демонтажной дорожкой), угольная пачка и породы кровли пласта имеют расслоения и разнонаправленную трещиноватость; общая мощность неустойчивого, обводненного, расслоенного углепородного массива в кровле выработки достигает 5,5-6,0 м.

На фото 3 и 4 приведены результаты визуального обследования шпуров (отбуренных в кровлю демонтажной дорожки), проведенного при помощи видеоэндоскопа.

В процессе визуального обследования выработки установлено:

- оседание кровли разрезной печи (демонтажной дорожки) вместе с установленной основной анкерной крепью и деформацией существующей крепи подпорного типа (рудстоек, «клямор» и «бесконечного подхвата» из СВП22) перед секциями механизированной крепи на участке от секции №23 до секции №124 произошло в результате «обгрызания» основной анкерной крепи разрезной печи, ранее пройденной комбайновым способом по почве мощного угольного пласта (угольная пачка в кровле выработки - до 3,6 м); некоторые результаты визуально-инструментальных обследований состояния демонтажной дорожки, сформированной у почвы мощного пологого угольного пласта приведены на фото 1 и 2.
- фактические параметры крепи выработки не соответствовали паспортным, так как шаг установки рядов анкеров крепи первого уровня составлял более 0,9 м вместо предусмотренного - 0,8 м, количество анкеров второго уровня не соответствовало паспортному (количество канатных анкеров, установленных между рядами анкеров основной крепи, составляет 1÷2 шт.), в качестве «клямор» установлены отрезки из спецпрофиля СВП22 вместо СВП27.

На основании проведенных обследований состояния демонтажной дорожки были сделаны выводы о том, что выработка проведена заранее по почве мощного пласта, а в кровле выработки оставлена пачка угля мощностью до 3,6 м, в результате чего замок закрепления анкеров основной крепи кровли выработки (анкера типа А20В длиной 2,50 м) и крепи усиления, состоящей из канатных анкеров (длиной 5,5 м), оказался в зоне повышенной трещиноватости пачки угля и расслоенных пород непосредственной кровли, с образованием свода естественного обрушения в зонах расслоения превышающего глубину анкерования.

Для обеспечения безопасного поддержания демонтажной дорожки и демонтажа очистного механизированного комплекса, были подготовлены рекомендации:

- осуществлять выпуск расслоенной пачки угля для формирования необходимой высоты демонтажной дорожки - 3,3 м, в соответствии с разработанной и

- утвержденной в установленном порядке документацией на ведение горных работ;
- при ведении работ по перекрепке демонтажной дорожки, установку крепи, состоящей из рудстоек и «клямор» из СВП22 производить с шагом не более 0,40 м;
- для увязки «клямор» выполнить монтаж 2 рядов «бесконечного подхвата» из СВП22 к указанным «верхнякам» при помощи специальных хомутов;

- в случае ухудшения состояния демонтажной дорожки производить установку деревянных стоек диаметром не менее 0,2 м под «бесконечный подхват» из СВП22 с шагом установки стоек не более 0,8 м.
- На фото 5 приведено изображение участка демонтажной дорожки, после выполнения рекомендаций по ее перекрепке.



Фото 3 - Шпур №1 (расположение шпура в районе секции механизированной крепи №21 (разрушенный угольный в кровле выработки на глубине 2,86 м))



Фото 4 - Шпур №1 (расположение шпура в районе секции механизированной крепи №21 (разрушенные породы в кровле выработки на глубине 5,30 м))



Фото 5 - изображение участка демонтажной дорожки, после выполнения рекомендаций по ее перекрепке в районе секции механизированной крепи №23

В результате проведенных обследований состояния демонтажной дорожки (ранее пройденной при помощи проходческого комбайна по почве мощного угольного пласта для ведения работ по демонтажу очистного механизированного комплекса), в момент входа в нее очистного механизированного комплекса, а также обследований структуры пород кровли выработки при помощи видеоэндоскопа установлено, что проведение (формирование) демонтажных дорожек (демонтажных камер) по почве мощных пологих угольных пластов не целесообразно в связи с высокой вероятностью разрушений углепородной кровли выработки вместе с установленной основной анкерной крепью перед секциями механизированной крепи, что влечет невозможность демонтажа очистного механизированного комплекса без выполнения дополнительных работ по перекрепке выработки. В результате проведенных исследований установлено, что проведение (формирование) демонтажных камер в условиях мощных пологих угольных пластов необходимо осуществлять у кровли пласта с оставлением пачки угля в почве выработки, так как при проведении выработок у кровли мощного пласта замки закрепления анкеров первого и второго уровня будут расположены в устойчивых породах непосредственной кровли, что позволит избежать ухудшения состояния выработки, деформаций элементов анкерной крепи и оседание углепородного массива.

Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» (утв. Приказом Ростехнадзора №550 от 19.11.2013г.).
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам, РД 05-328-99.
3. Инструкция по безопасному ведению горных работ по пластам, опасным по внезапным выбросам угля и газа, РД 05-350-00.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах»

(утв. Приказом Ростехнадзора №610 от 17.12.2013 г.)

5. Методика расчета и выбора параметров крепи на сопряжениях горных выработок при одинарной и парной подготовке выемочных столбов - С.-Пб.: ВНИМИ, 2004 – 84с.
6. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок - С.-Пб, ВНИМИ, 1991г.
7. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Изд. 4-е доп. – Ленинград: ВНИМИ, 1986 – 222с.
8. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи. - Ленинград: ВНИМИ, Минуглепром СССР, М., 1983.

References

1. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Rules of safety in coal mines" (appr. By order of Rostekhnadzor No. 550 from 19.11.2013).
2. Instructions for the safe conduct of mining operations at the mines, developing coal seams prone to rock bursts, RD 05-328-99.
3. Instructions for the safe conduct of mining operations at the seams prone to sudden outbursts of coal and gas, RD 05-350-00.
4. Federal norms and rules in the field of industrial safety "regulations on the calculation and use of roof bolting in coal mines" (appr. By order of Rostekhnadzor No. 610 from 17.12.2013)
5. The method of calculation and parameter selection of support in mates of mine workings in single and pair the preparation of excavation pillars Pb.: VNIMI, 2004 - s.
6. Instructions for selecting the frame pliable roof support mining Pb, VNIMI, 1991.
7. Guidelines for rational arrangement, the protection and maintenance of mine workings in coal mines in the USSR. Ed. 4 th EXT - Leningrad: VNIMI, 1986 - s.
9. Guide for design of underground mine workings and the calculation of the lining. - Leningrad: VNIMI, the Ministry of coal industry of the USSR, M., 1983.

О СМЯГЧЕНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ПО ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Седов Дмитрий Владимирович

кандидат технических наук, Восточно-Сибирский институт МВД России, г. Иркутск

ABOUT MITIGATION OF ACCIDENT CONSEQUENCES DURING TRANSPORTATION OF OIL AND OIL PRODUCTS BY RAIL

Sedov Dmitry Vladimirovich, candidate of technical sciences, East-Siberian Institute of the Ministry, of Internal Affairs of Russia, Irkutsk

АННОТАЦИЯ

Цель работы – совершенствование конструкции железнодорожной цистерны для смягчения последствий аварий при перевозке нефти и нефтепродуктов по железной дороге. Проведен анализ причин и последствий аварий, выявлены наиболее уязвимые технические узлы цистерн, предложено техническое решение, позволяющее смягчить последствия аварий.

ABSTRACT

Purpose - improving the design of railway tank to mitigate the consequences of accidents during the transportation of oil and petroleum products by rail. The analysis of the causes and consequences of accidents identified the most vulnerable of the technical components of the tanks, the proposed technical solution to mitigate the consequences of accidents.

Ключевые слова: железнодорожная цистерна; конструкция сливного устройства; аварии при перевозке нефти и нефтепродуктов.

Keywords: tank, structure of the discharge device; accidents during transportation of oil and oil products.

Железнодорожный транспорт России оказывает огромное влияние на эффективность экономики и функционирование объектов жизнеобеспечения. Протяженность железных дорог составляет 86 000 км, на них приходится 85 % внутреннего грузооборота. Ежегодно перевозится 1,2 млрд. т грузов, в том числе более 500 млн. т опасных, включая нефть и нефтепродукты. Столь важный инфраструктурный комплекс зачастую становится объектом преступных посягательств, в частности, проведения террористических актов, поэтому проведение исследований в области повышения безопасности железнодорожных грузоперевозок является актуальным.

В грузообороте нефть и нефтепродукты составляют 70 % среди опасных грузов. Удельное количество горючих веществ в нефтеналивных цистернах до 10 раз выше, чем в других типах вагонов, что при авариях приводит к возникновению крупных пожаров, взрывов, уничтожению сырья, повреждению техники, зданий и сооружений, загрязнению окружающей среды. Поэтому нефтеналивные

составы являются весьма уязвимым объектом для совершения преступлений. Поэтому не случайно, что именно они являются самыми многочисленными среди всех причин аварий нефтеналивных составов (44 %) (рис. 1.). Технические отказы становились причинами аварий примерно в 38 % случаев [2], человеческий фактор – в 12 % [4], неблагоприятные природно-климатические факторы становились причиной 6 % аварий [2].

Из числа деяний преступного характера примерно 68 % аварий возникает из-за халатного отношения персонала к выполнению функциональных обязанностей, 21 % – из-за преступного бездействия или неосторожности работников, 11 % аварий случается в результате терактов. Учитывая то, что преступления, в частности, террористические акты, приводящие к авариям нефтеналивных составов, чаще всего, не поддаются прогнозированию, целесообразным является разработка технических решений, повышающих надежность железнодорожных цистерн в условиях аварии.



Рис. 1. Распределение количества аварий нефтеналивных составов по причинам возникновения

Наиболее тяжелые последствия влекут аварии нефтеналивных составов, происходящие из-за террористических актов. Так, в период с 1991 по 2002 гг. на подвижном составе (в том числе железнодорожных путях) был совершен ряд противоправных действий с признаками террористической направленности [5]. Из них максимальное число негативных последствий (58,4 %) произошло из-за повреждения участков пути (рис. 2), 18,9 % негативных последствий произошло из-за взрывов в пассажирских поездах, 7,5 % в грузовых поездах, в том числе в результате минирования железнодорожных цистерн. В целом, из всех рассмотренных преступных действий террористической направленности к авариям нефтеналивных составов могут приводить 71,6 %. Сюда относятся разрушение пути, мостов, наложение посторонних предметов на путь, минирование грузовых вагонов.

При всех данных случаях могут происходить сходы подвижного состава, переворачивания вагонов, их повреждение. Если среди грузовых вагонов имеются нефтеналивные цистерны, то в результате их опрокидывания может происходить разгерметизация с выбросом нефти и нефтепродуктов в окружающее пространство, что чревато возникновением крупных пожаров и взрывов. Если аварии нефтеналивных составов сопровождаются выбросом перевозимого груза в окружающее пространство, его воспламенением и дальнейшим пожаром или взрывом, то события могут начать развиваться по каскадному механизму, вовлекая все большее количество цистерн с топливом. К подобным последствиям могут приводить не только теракты, но и технические отказы конструктивных элементов цистерн, человеческий фактор и неблагоприятные факторы природной среды.



Рис. 2. Распределение негативных последствий по видам преступных деяний террористической направленности

Рассмотрим основные повреждения железнодорожных цистерн, которые отмечались при авариях. Так, за последние 25 лет на железнодорожной сети страны произошло более 600 аварий нефтеналивных составов по различным причинам [1]. Каждая 3-я сопровождалась выбросом огнеопасных жидкостей в окружающую среду, пожаром или взрывом. Анализ аварий и пожаров железнодорожных составов с нефтью и нефтепродуктами показал, что при аварийных опрокидываниях цистерн выброс нефти и нефтепродуктов в окружающее пространство

происходит приблизительно в 36 % случаев. Основными причинами разливов нефти и нефтепродуктов из цистерн являются пробой обечайки цистерн в результате их столкновений с другими вагонами (24 %), образование аварийных отверстий в корпусе в результате ударов при опрокидываниях (12 %), повреждения люка-лаза (19 %) и повреждения сливного устройства (45 %) при аварийных переворачиваниях цистерн, которые приводят к их разгерметизации (оценки автора) (рис. 3).

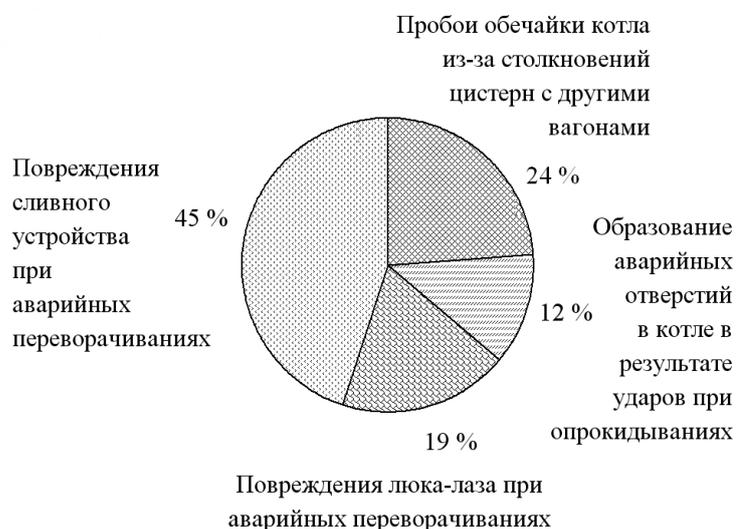


Рис. 3. Причины выброса нефти и нефтепродуктов из железнодорожных цистерн при авариях

Анализируя приведенные данные и особенности повреждения железнодорожных цистерн при авариях, можно заключить, что в аварийных условиях наиболее уязвимым узлом железнодорожных цистерн является сливное устройство. Поэтому его совершенствование является важной задачей, решение которой позволит значительно снизить ущерб, возникающий при авариях нефтеналивных составов.

Как показал анализ патентов на сливные устройства, модернизация конструкции идет в сторону увеличения герметичности запорных устройств и дополнительных (страхующих) клапанов. Известны варианты сливного

устройства (1973–1998 гг.), содержащего корпус с двумя последовательно расположенными и независимо управляемыми затворами [6], [7]. В 1998 г. изобретено сливное устройство, установленное на железнодорожной цистерне [8], которое содержит корпус, окруженный обогревательным кожухом и основной затвор. В 2002 г. запатентовано сливное устройство, содержащее корпус с тремя последовательно расположенными и независимо управляемыми затворами: основным в виде трехходового шарового запорного органа, дополнительным и промежуточным в виде поворотной заслонки [9]. Также в 2002 г.

было изобретено запорное устройство, содержащее корпус с двумя последовательно расположенными затворами [10]. В 2003 г. запатентовано донное затворное устройство, содержащее корпус, в верхней части которого расположен затвор, а в нижней – перемещаемая тарелка [11]. В 2006 г. создано сливное устройство, содержащее корпус, окруженный обогревательным кожухом, основной, дополнительный и промежуточный затворы [12]. В 2006 г. предложена еще одна конструкция, которая включает корпус с последовательно установленными автономно управляемыми основным и дублирующим дисковыми затворами и концевой заглушкой [13].

Анализ конструкций сливных приборов показал, что они имеют общий недостаток, который способствует разгерметизации цистерны при аварии. Недостаток заключается в том, что корпус сливного устройства вертикально выступает за нижний край рамы цистерны и при ее

аварийном переворачивании подвергается ударным динамическим нагрузкам, которые приводят к разрывам швов в месте крепления сливного устройства к обечайке котла и выбросу нефти и нефтепродуктов в окружающую среду. Было предложено усовершенствовать конструкцию сливного прибора для повышения противоаварийной защищенности цистерны и снижения ущерба, возникающего при авариях нефтеналивных составов.

Для минимизации ущерба, причиняемого в результате аварий нефтеналивных составов, была усовершенствована конструкция сливного устройства железнодорожной цистерны. Разработанное сливное устройство (рис. 4) содержит корпус, выполненный в виде герметично соединенных между собой колена 1 и трубы 2 с возможностью разъема, обогревательный кожух 3, расположенный вокруг вертикального участка колена 1, основной и дополнительный затворы.

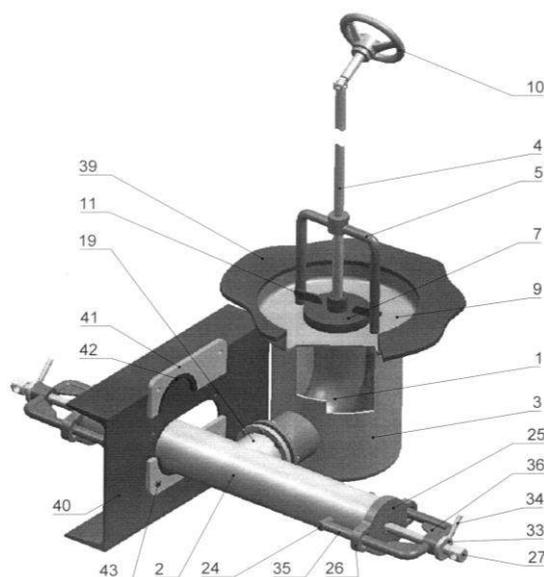


Рис. 4. Общий вид сливного устройства

Основной затвор включает штангу 4, стойку 5, упорный стакан 6, клапан 7, пята 8, седло 9. Верхняя часть штанги 4 снабжена откидным воротком 10, а нижняя имеет резьбу и ввинчена в стойку 5, при чем нижняя часть штанги 4 жестко соединена с упорным стаканом 6. Клапан 7 имеет верхние перья 11, прилегающие к стойке 5 и предназначенные для того, чтобы клапан 7 не поворачивался при вращении штанги 4, а также нижние перья 12, для центрирования клапана 7 в седле 9. Для обеспечения плотности основного затвора на клапане 7 предусмотрено резиновое кольцо 13, закрепленное на клапане 7 прижимным кольцом 14 и шпильками 15. В клапане 7 выполнено сквозное отверстие, в которое установлена и жестко закреплена пята 8. Пята 8 установлена в упорный стакан 6 и закреплена в нем болтами 16, проходящими через ее кольцевую выточку 17. Обогревательный кожух 3 используется для разогрева зоны клапана 7 при замерзании воды, иногда имеющейся на дне цистерны, и подогрева перевозимого продукта в холодное время года, для чего оборудован патрубками 37 и 38, через которые может соответственно подаваться и отводиться пар. При возникновении аварии и переворачивании котла с рамой колена 1, труба 2, патрубок 19 и оба дополнительных затвора находятся выше нижнего края рамы цистерны. То есть рама

цистерны защищает корпус сливного устройства от повреждения.

Предлагаемая конструкция обладает следующими преимуществами. Во-первых, выполнение корпуса сливного устройства в виде герметично сочлененных между собой колена 1 и трубы 2 и расположение продольной оси трубы 2 в горизонтальной плоскости позволяет избежать вертикального выступания корпуса сливного устройства за нижний край рамы и тем самым защитить его от возможных ударов при аварийном переворачивании цистерны. Во-вторых, благодаря тому, что труба 2 расположена в горизонтальной плоскости, перпендикулярно к продольной оси цистерны появилась возможность осуществлять слив перевозимых нефти и нефтепродуктов с боковых сторон цистерны, а не с донной ее части, что упрощает механизм слива и делает его более удобным. В-третьих, наличие трубы 2 с двумя противоположно расположенными отверстиями для слива позволяет использовать в необходимых ситуациях одно из них, если использование второго отверстия окажется затрудненным по условиям эксплуатации либо из-за деформации рамы цистерны при аварии. Усовершенствованная конструкция железнодорожной цистерны позволит минимизировать ущерб при авариях нефтеналивных составов, в частности,

при авариях, возникающих в результате террористических актов на железнодорожном транспорте.

Список литературы

1. Седов Д.В., Фомин Д.Г. Оценка вероятности аварии железнодорожного состава, перевозящего легко воспламеняющиеся жидкости // Проблемы безопасности современного мира: средства и технологии «Безопасность-08»: Мат. докл. XIII Всерос. науч.-практ. конф. – Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2008. – С. 70–76.
2. Седов Д.В. Анализ пожарных рисков на объектах железнодорожного транспорта России // Диагностика опасностей и угроз современного мира и способы обеспечения безопасности «Безопасность – 04»: Мат. докл. IX Всерос. науч.-практ. конф. – Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2004. – С. 198–207.
3. Седов Д.В., Тимофеева С.С. Стратегия снижения экологической опасности перевозки нефти и нефтепродуктов по железной дороге и разработка мероприятий по снижению экологических рисков аварий в Байкальском регионе // Безопасность регионов – основа устойчивого развития: Мат. науч.-практ. конф.: В 3 т. – Иркутск: Изд-во ИргУПС. – Т. 2, 2007. – С. 48–52.
4. Большая энциклопедия транспорта: В 8 т. – Т. 4. Железнодорожный транспорт. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – С. 708.
5. Террористические акты на железнодорожном транспорте. – URL: http://studopedia.ru/3_192411_terroristicheskie-akti-na-zheleznodorozhnom-transporte.html (10.09.2014).
6. Шадур Л.А. Вагоны / Л.А. Шадур, И.И. Черноколов, А.Н. Никольский и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1973. – С. 213.
7. Патент № 2116919 РФ, МПК6 В61D5/00, В65D88/12. Цистерна / Н.В. Бурмистров, А.И. Иванов, В.Д. Кармишина; ОАО «Рузаевский завод химического машиностроения». – 97108888/13; Заявл. 28.05.97; Опубл. 10.08.98.
8. Патент № 2116919 РФ, МПК6 В61D5/00, В65D88/12. Цистерна / Н.В. Бурмистров, А.И. Иванов, В.Д. Кармишина; ОАО «Рузаевский завод химического машиностроения». – 97108888/13; Заявл. 28.05.97; Опубл. 10.08.98.
9. Патент № 2185982 РФ, МПК7 В61D5/00, В65D90/54. Запорное устройство железнодорожной цистерны / В.Н. Филиппов, И.В. Козлов, Б.Л. Недорчук; Проектно-конструкторский и технологический институт трубопроводной арматуры «Атомармпроект». – 2001111467/28; Заявл. 27.04.01; Опубл. 27.07.02.
10. Патент № 2185982 РФ, МПК7 В61D5/00, В65D90/54. Запорное устройство железнодорожной цистерны / В.Н. Филиппов, И.В. Козлов, Б.Л. Недорчук; Проектно-конструкторский и технологический институт трубопроводной арматуры «Атомармпроект». – 2001111467/28; Заявл. 27.04.01; Опубл. 27.07.02.
11. Патент № 2161573 РФ, МПК7 В61D5/00. Донное выпускное затворное устройство для цистерны (варианты) / Р.Х. Дин, К.А. Панкевич; Мидленд Меньюфэкчуринг Корп. (США). – 99101865/13; Заявл. 27.01.99; Опубл. 27.07.03.
12. Патент № 2267421 РФ, МПК8 В61D5/00, В67D5/02. Сливное устройство / Н.В. Бурмистров, Ю.И. Василькин, А.В. Маненков; ОАО «Рузаевский завод химического машиностроения». – 2004115134/11; Заявл. 24.03.04; Опубл. 10.01.06.
13. Патент № 2281871 РФ, МПК8 В61D5/00, В65D90/64. Запорно-сливное устройство преимущественно для железнодорожной цистерны / В.А. Айриев, О.Г. Крыжановский; ЗАО Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения». – 2004115134/11; Заявл. 19.05.04; Опубл. 20.08.06.

БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Семенова Галина Ефимовна

Доцент, Чувашского государственного педагогического, университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Федорова Ираида Алексеевна

кандидат педагогических наук, доцент, Чувашского государственного педагогического, университета

им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

NON-WASTE TECHNOLOGY OF GARMENT MANUFACTURING

*Semenova Galina, assistant professor of Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Chebocsary
Fedorova Iraida, Candidate of Pedagogical Science, assistant professor of Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Chebocsary*

АННОТАЦИЯ

В статье представлена разработка безотходной технологии изготовления швейного изделия на примере женского жакета. Отделочные элементы женского жакета выполняются из переработанных межлекальных выпадов по оригинальной технологии.

ABSTRACT

In the article the development of non-waste technology manufacturing of sewn products is presented on the example of woman's jacket. Finishing components of woman's jacket are made from elaborate cabbages by original technology.

Ключевые слова: безотходная технология, швейная промышленность, межлекальные выпады, высокотехнологичные материалы, материалы для одежды.

Keywords: non-waste technologies, sewn product, elaborate cabbages, high-technology material, modern textile materials.

Благодаря развитию международной торговли, достижениям мировой текстильной и легкой промышленности российский рынок в последнее десятилетие насытился швейными изделиями, изготавливаемыми из текстильных материалов современных структур, различных по ассортименту, назначению, внешнему виду и свойствам. Такое разнообразие товаров достигнуто благодаря применению материалов из различных текстильных нитей, отличающихся сырьевым составом, способом выработки, структурой и внешними эффектами. Выбор оптимальных материалов для швейных изделий и их рациональное использование является важной составляющей швейного производства, которая формируется на основе знаний строения и свойств современных тканей и полотен.

Швейная промышленность, как отрасль производства может стать своеобразным полигоном для развития инноваций за счет внедрения отечественных разработок. Одним из мероприятий по реализации стратегии развития легкой промышленности РФ на период до 2020 года является создание новых ресурсосберегающих технологий [3]. Под этим термином понимается целая система мероприятий, направленных на значительное снижение потребления ресурсов при условии сохранения высокого

уровня качества продукции. Уменьшение количества потребляемых ресурсов можно достичь путем повторного использования отработанных материалов или минимально возможного уровня потребления сырья.

На кафедре инженерно-педагогических технологий ЧГПУ им. И.Я. Яковлева разработана технология безотходного изготовления швейных изделий. За основу данной методики принята инструкция по нормированию материалов, которая регламентирует нормативы межлекальных выпадов. Межлекальные отходы возникают в результате невозможности уложить детали швейных изделий, которые обычно имеют сложную конфигурацию, настолько плотно, чтобы покрыть ими без потерь всю площадь, ограниченную прямоугольной рамкой раскладки.

Технологичность конструкции достигается за счет конструктивного решения, при котором в процессе ее производства можно использовать наиболее экономичные технологические процессы и приемы, выбрать наиболее удобные способы соединения деталей. Большое значение имеет унификация деталей и узлов изделия. Прогрессивность технологии модели определяется применением унифицированной технологии, применением параллельной и параллельно-последовательной обработки, максимальной механизацией технологических процессов.



Рисунок 1. Отделка воротника женского жакета

Особое внимание при проектировании конструкции уделяется качеству посадки изделия на фигуре человека. Конструкция моделей должна соответствовать фигуре, антропометрическим характеристикам в статике и динамике, условиям эксплуатации, иметь хорошую посадку, обладать хорошей формоустойчивостью в течение всего срока эксплуатации.

При формировании внешнего облика человека одежда играет важную роль. Она должна удовлетворять эстетическим запросам потребителя, требованиям современной моды, отличаться красотой и завершенностью художественного замысла. Пропорции деталей, силуэт модели, конструктивные линии, отделка должны быть художественно взаимосвязаны и композиционно завершены.

Цветовая гамма и фактура ткани, подбираемая для моделей, должны соответствовать модным тенденциям, подчеркивать достоинства фигуры [2, с.86].

Разработка безотходной технологии проводилась в условиях массового производства предприятия малой мощности, специализирующегося на производстве женской одежды. При разработке моделей учитывалась возможность изготовления изделий из тканей различных по цвету, фактуре и рисунку, с применением разнообразных отделок. Потребительские требования, предъявляемые к изделиям, определяются условиями их эксплуатации и назначением. От одежды в процессе эксплуатации требуется, чтобы она была не только красива и прочна, но и удобна.

После выбора модели женского жакета и методов его обработки был проведен расчет расхода основных материалов. Для этого была определена площадь лекал всех деталей жакета. Площадь деталей из основной ткани составила 1,261 м², площадь отделочной детали, верхнего воротника, составила 0,177 м².

Для модели согласно существующим нормативам установили предварительную норму на раскладку. Затем выполнили экспериментальную раскладку, определили ее фактическую длину и рассчитали фактический процент межлекальных потерь.

Межлекальные отходы обычно рассматривают в процентном отношении к общей площади раскладки:

$$a = 100 (S_p - S_l) \cdot S_p, \quad (1)$$

где a – фактическое количество межлекальных отходов, %; S_p – фактическая площадь раскладки лекал деталей изделия, м²; S_l – площадь комплекта лекал деталей верха изделия, м² [1, с.164].

Фактическое количество межлекальных отходов получилось равным 14,8 %; т. е. 0,22 м². Из расчетных данных следует, что площади межлекальных выпадов вполне хватит для использования их в качестве отделки верхнего воротника, площадь которого составляет 0,177 м².

Отделка верхнего воротника женского жакета выполнялась в следующей последовательности (рисунок 1). Межлекальные выпады были разрезаны на мелкие фрагменты. Для верхнего воротника в качестве основы была взята клеевая прокладочная ткань. На неё слоями в определенном порядке были уложены фрагменты из основной ткани. После приутюживания, фрагменты, где имели соприкосновение с клеевым покрытием прокладочного материала, были зафиксированы. Затем, используя лапку с направителем, верхний воротник простегали с расстоя-

нием между строчками 2 см. Такой способ крепления позволил надежно зафиксировать фрагменты. Воротник с такой отделкой выглядит необычно и оригинально. Затем жакет был обработан согласно промышленной технологии обработки швейных изделий.

В результате выполненной работы была доказана возможность использования отходов основных материалов, разработана ресурсосберегающая технология, позволяющая выполнять отделочные элементы из межлекальных выпадов. Отделочные элементы, выполненные в представленной технике оригинальны по внешнему виду, представляют модели в интересном нетрадиционном виде. Использование отходов швейного производства в виде выпадов основных материалов позволяют не только разнообразить отделку деталей, но и возможность сократить расходы по их утилизации, не загрязняя окружающую среду.

Литература

1. Махоткина Л. Ю. Использование ресурсосберегающей технологии на изготовление швейных изделий из полимерных материалов. / Л.Ю.Махоткина, Г.Е.Семенова, О.И.Голованева // Вестник Казанского технологического университета. –2014. – Т.17, № 14. – С. 162–165.
2. Махоткина Л. Ю. Исследование методов обработки основных узлов костюма с учетом специфических свойств полотен из полимерных волокон / Л.Ю.Махоткина, И.А.Федорова // Вестник Казанского технологического университета. –2014. – Т.17, № 4. – С. 86–88.
3. Стратегия развития легкой промышленности России на период до 2020 г. [Электронный ресурс]: утв. приказом М-ва промышленности и торговли РФ от 24 сент. 2009 г. № 853. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕХВАТА КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Смирнов Дмитрий Вячеславович

доктор технических наук, доцент, Генеральный директор – Первый Вице – президент, Межрегиональное общественное учреждение “Институт инженерной физики”, город Серпухов

Фуров Андрей Николаевич

кандидат технических наук, Старший научный сотрудник, Межрегиональное общественное учреждение “Институт инженерной физики”, город Серпухов

Алаторцев Алексей Игоревич

кандидат технических наук, Старший научный сотрудник, Межрегиональное общественное учреждение “Институт инженерной физики”, город Серпухов

RESEARCH OF OPPORTUNITIES OF INTERCEPTION OF SPACE BODIES NATURAL ORIGIN

Smirnov Dmitriy Vyacheslavovich, PhD, associate professor, CEO of Interregional social foundation «Institute of engineering physics», Serpukhov

Furov Andrey Nikolaevich, PhD, Senior scientist of Interregional social foundation «Institute of engineering physics», Serpukhov

Alatorcev Aleksey Igorevich, PhD, Senior scientist of Interregional social foundation «Institute of engineering physics» Serpukhov

АННОТАЦИЯ

Одним из путей решения проблемы возникновения угрозы со стороны далекого космоса в виде периодически падающих на поверхность Земли небесных осколков может стать применение ступеней перехвата ракетных комплексов. В статье рассматривается моделирование взаимодействия высокоскоростных летящих объектов с учетом обнаружения, наведения, маневрирования и, наконец, подрыва ступени перехвата в момент ее попадания в зону поражения космического тела или в момент увеличения расстояния между ступенью перехвата и космическим телом после их максимального сближения.

ABSTRACT

Application of steps of interception of missile systems can become one of solutions of a problem of emergence of threat from far space in the form of the heavenly splinters which are periodically falling on a surface of Earth. In article modeling of interaction of the high-speed flying objects taking into account detection, targeting, maneuvering and, at last, blasting a step of interception at the time of its hit in a zone of damage of a space body or at the time of increase in distance between a step of interception and a space body after their maximum rapprochement is considered.

Ключевые слова: вероятность перехвата, космическое тело, математическое моделирование, метеорит.
Keywords: probability of interception, space body, mathematical modeling, meteorite.

Последствия воздействия челябинского метеорита на земную инфраструктуру заставили ученых тщательно подойти к оценке опасности, исходящей от космических тел (КТ). Взрыв метеорита в атмосфере повлек за собой образование ударной волны, повлекшей повреждения социально значимых объектов, вспышка временно ослепила десятки людей, общее число пострадавших превысило 1 600 человек.

В статье «Метеорит и метеороид: новые полные определения» в журнале «Meteoritics & Planetary Science» в январе 2010 года приводятся сведения, что метеорное тело входит в атмосферу Земли на скоростях от 11 до 72 км/с. На такой скорости начинается его разогрев и свечение. За счёт абляции масса тела, долетевшего до поверхности Земли значительно меньше его массы на входе в атмосферу. Если метеорное тело не сгорело в атмосфере, то по мере торможения оно теряет горизонтальную составляющую скорости, что приводит к изменению траектории падения от почти горизонтальной в начале до практически вертикальной в конце. При соприкосновении метеорита с земной поверхностью на больших скоростях (порядка 2-4 км/с), происходит выделение большого количества энергии, в результате метеорит и земная поверхность в месте удара испаряются, что сопровождается мощными взрывными процессами, формирующими крупный округлый кратер.

Настоящая статья посвящена исследованию возможности перехвата КТ в атмосфере существующими и перспективными ступенями перехвата (СП).

Моделирование процесса перехвата космических тел ступенями перехвата должно учитывать большое число случайных факторов. В силу того, что исход стрельбы СП по КТ, априори является случайным событием, то в качестве показателя эффективности отражения падающего КТ, являющегося целостным объектом, целесообразно принять вероятность его перехвата $W = P_{пер}$.

Значение представленного показателя эффективности зависит от характеристик качества средств перехвата, способов и условий их применения при отражении падающего КТ.

Основными характеристиками, определяющими качество средств перехвата, являются [1, с. 323]:

- способность комплекса перехвата (КП), выводящего СП на КТ своевременно устанавливая факт его падения, обобщенной характеристикой которого является вероятность обнаружения факта падения КТ – $P_{об}$;
 - надежность работы всех систем КП, которая характеризуется вероятностью безотказной работы наземного КП $P_{Эн}$ (групповая надежность) и вероятностью безотказной работы систем СП (индивидуальная надежность) – $P_{ин}$;
 - способность СП к перехвату (сближения с КТ на заданное расстояние), которая определяется ее максимальной скоростью $V_{сн}$ и запасом времени для осуществления перехвата КТ Δt ;
 - поражающая способность СП, зависящая от мощности заряда СП и стойкости КТ, КТ считается пораженным, если взрыв произведен на расстоянии r менее чем R_3 – радиус зоны поражения КТ;
 - точность стрельбы каждой СП.
- Факторами, определяющими условия перехвата, являются начальное расстояние от момента пуска СП до КТ – r_0 , скорость КТ – $V_{км}$ и курсовой угол движения КТ – φ .

Способы применения средств перехвата в расчетах определяются начальным углом перехвата между векто-

ром скорости СП и направлением на КТ – γ_0 (углом визирования), который при стрельбе должен выбираться из множества сближающих углов.

Таким образом, задача оценивания эффективности отражения наземными средствами перехвата падающего на огромной скорости КТ, представляется в следующем виде [2, с. 114]:

$$W = f(P_{об}, P_{Эн}, P_{ин}, V_{сн}, V_{км}, \Delta t, r_0, \gamma_0, \varphi, R_3, P_1)$$

В связи с тем, что падение КТ является относительно редким событием, то при расчетах принимается, что обстрелу подвергается только одно КТ. Вероятность

перехвата $P_{пер}$ соответствует вероятности того, что КТ будет поражено хотя бы одной СП, т.е. [4]:

$$P_{пер} = P_{об} P_{гн} \left[1 - (1 - P_{ин} P_1)^n \right], \quad (1)$$

где P_1 – вероятность поражения КТ при стрельбе одной СП; n – количество СП.

Вероятность P_1 должна рассчитываться с учетом результатов решения задачи сближения СП с КТ. Задачу сближения по априорной и текущей информации называют задачей наведения. Подобные задачи решаются на основе существующих методов наведения. Методом наведения называется заданный закон сближения СП с КТ, который в зависимости от координат и параметров движения КТ определяет требуемое движение СП, обеспечивающее ее попадание в КТ. Очевидно, что реальная траектория всегда будет отличаться от требуемой из-за воздействий на систему «СП-КТ» внешних возмущений,

инструментальных ошибок и т.п. Изучение возможных методов наведения и соответствующих им траекторий полета СП является необходимой составной частью процесса проектирования системы наведения в целом и относится к ранним по времени этапам проектирования. Основными методами наведения являются: метод погони, метод трех точек, метод пропорционального сближения. Остальные могут сочетать в себе комбинацию перечисленных методов.

Частным случаем метода пропорционального сближения является метод параллельного сближения, при котором линия «СП-КТ» в течение всего времени полета СП остается параллельной самой себе и осуществляется постоянный пеленг на КТ.

Рассмотрим сближение СП с КТ по траектории наведения с постоянным пеленгом на цель, представленной на рисунке 1.

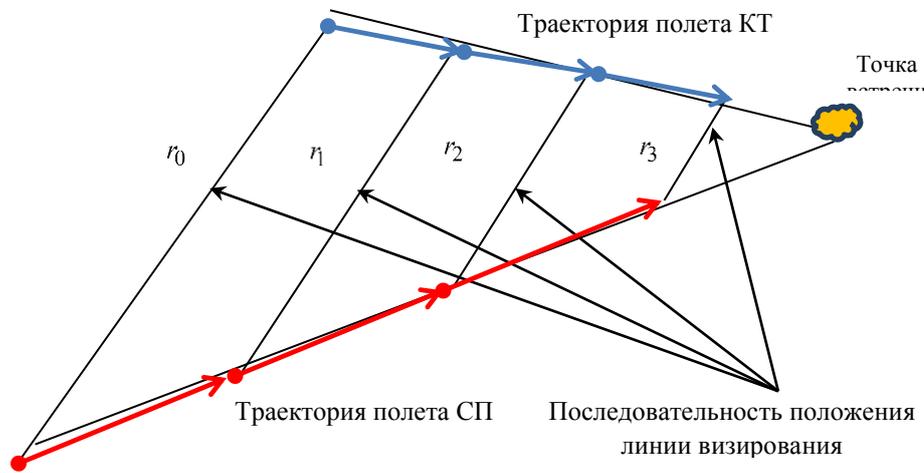


Рисунок 1. Траектория наведения с постоянным пеленгом на цель

Характерной чертой этого метода наведения является постоянство направления линии визирования в пространстве, достигаемое выравниванием относительной скорости СП – КТ по линии визирования. Поэтому в координатах КТ СП будет казаться выходящей прямо на КТ, хотя она будет направлена в сторону от КТ на величину угла упреждения. Не исключено, что если СП сможет сохранять направление линии визирования постоянным, встреча с КТ состоится, даже если оно будет менять траекторию полета из-за деформации, вызванной абляцией в атмосфере.

При этом перехват состоится, если текущее расстояние $r(t)$ между СП и КТ окажется меньше R_3 , т.е.

$$P_{пер} = P(r(t) < R_3) \quad \text{при } t \in \Delta t, \quad (2)$$

где $r(t)$ – текущее расстояние между КТ и СП; Δt – время от старта СП до ее подрыва.

Для скоростей СП $V_{сп} = 5000$ м/с и $V_{км} = 8000$ м/с на рисунке 2 представлены взаимные траектории движения СП и КТ.

Реализация метода является сравнительно простой, т.к. требования метода предъявляются к углу пеленга, т.е. к положению линии визирования. Таким образом, система координат, в которой формируется положение цели, является связанной, а сама головка самонаведения жестко связана с продольной осью СП.

Таким образом, время перехвата КТ составит 14,8 секунды, а максимальная перегрузка 221,57 единиц.

Математическое моделирование уравнений движения позволяет определять координаты возможных точек перехвата при сближении до требуемого расстояния, т.е. выполнения условия (2).

Критериями осуществления подрыва СП могут служить время в момент ее попадания в зону поражения КТ или момент увеличения расстояния между СП и КТ после их максимального сближения.

Таким образом, представленный методический подход исследования возможностей перехвата КТ позволяет судить о многогранности процессов взаимодействия высокоскоростных летящих объектов.

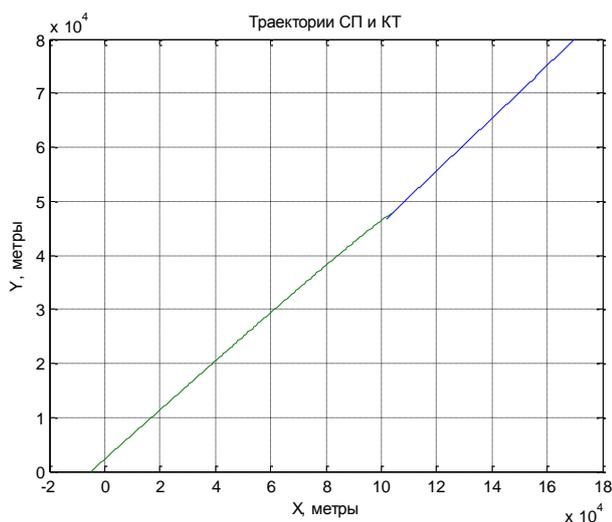


Рисунок 2. Траектории СП и КТ

На рисунке 3 представлены точки траектории при максимальном сближения СП и КТ.

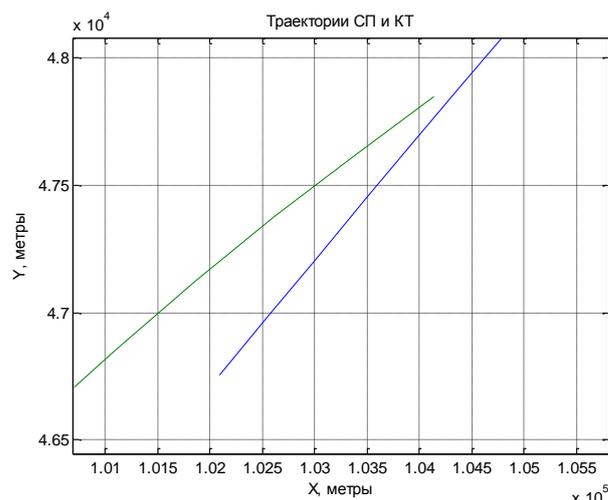


Рисунок 3. Точки максимального сближения СП и КТ

На рисунке 4 показана перегрузка СП в момент маневра при сближении с КТ.

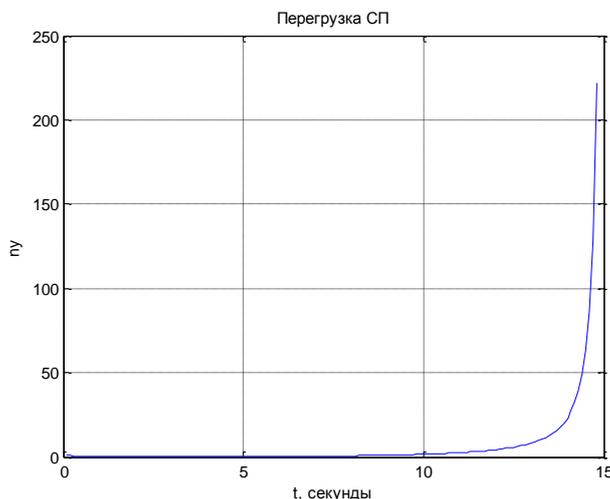


Рисунок 4. Перегрузка СП в момент маневра при сближении с КТ

Литература

1. Моделирование и оценка эффективности боевых действий РВСН. Под ред. В.Д. Ролдугина – М.: ВА РВСН, 2005. – 575с.
2. Кузнецов О.П., Лычагов С.А., Нестеров Е.П. Ракетное оружие на основе аэробаллистической концепции. – Серпухов: МО РФ, 2010. – 181с.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ШЛАМОТВАЛА ТЭЦ

Стулова Наталья Вячеславовна

Аспирант, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, г. Волгоград

THE APPLICATION OF FUZZY-SET APPROACH IN ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF THE CHP SLUDGE POOL OPERATION
 Stulova Natalya, Postgraduate student, Volgograd state University of architecture and construction, Volgograd

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена схема оценки риска загрязнения окружающей среды промышленным предприятием на примере теплоэлектроцентрали. Представлен порядок формализации исходной качественной информации при использовании аппарата теории нечетких множеств. Определены потенциальные угрозы экологической безопасности от эксплуатации шламоотвала ТЭЦ. Нечеткий логический вывод производится по методу Мамдани.

ABSTRACT

The scheme of environmental pollution risk assessment of the industrial enterprise on the example of thermal power station is considered. The procedure of formalization quality information using fuzzy sets is considered. Potential threats to environmental security from the operation of sludge pool are identified. Fuzzy inference is made on the Mamdani algorithm.

Ключевые слова: риск, нечеткий вывод, шламоотвал.

Keywords: risk; fuzzy conclusion, sludge pool.

В современном мире актуальным становится анализ и прогноз отрицательных, часто катастрофических, изменений качества окружающей среды из-за природных и антропогенных воздействий. При этом существует необходимость, как количественной оценки вероятности возникновения явлений, ухудшающих качество окружающей среды, так и количественной оценки возможных ущербов от их проявления.

Для реализации стратегии экологической безопасности развития территорий необходима система взаимосвязанных процедур, позволяющая решать задачи классификации угроз, выявления и оценки рисков.

В законе «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ экологический риск понимается как вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Степень риска рассчитывается как средневзвешенное значение, посредством суммирования величин ущерба в стоимостном выражении, умноженных на вероятность их получения. То есть, степень риска зависит от используемого закона распределения ущерба, и представляет собой величину математического ожидания ущерба:

$$R = \sum_{i=0}^n P_i X_i, \quad (1)$$

где

P_i — вероятность наступления события, которое повлечет за собой ущерб;

X_i — величина ущерба в стоимостном выражении;

R — количественная мера риска, выражаемая в тех же показателях, что и ущерб;

n — число возможных вариантов ущербов, которые могут проявляться при наступлении неблагоприятного события.

Одними из основных загрязнителей окружающей среды являются крупные ТЭЦ, которые формируют шламоотвалы. Их воздействие на окружающую среду связано с фильтрационными потерями в почву и грунтовые воды, потери суспензий при транспортировке в шламонакопители, отчуждение и загрязнение значительных земельных участков, трансформация природного ландшафта.

Шламонакопитель предназначен [1]:

- для сбора шлама и сточных вод после очистки замазученных и замасленных стоков из нефтеловушки, флотаторов, после промывок механических и угольных фильтров очистных сооружений, при текущих и капитальных ремонтах оборудования очистных сооружений;
- для приема ила с иловых площадок канализационных очистных сооружений;

- для сбора шлама и сточных вод при проведении текущих и капитальных ремонтов оборудования канализационных очистных сооружений (перегнивателей, осветлителей, вторичных отстойников, контактного резервуара).

Опишем лингвистическими переменными потенциальные угрозы экологической безопасности от эксплуатации шламоотвала ТЭЦ: угроза загрязнения поверхностного слоя почвы вблизи шламоотвала свинцом, цинком, никелем, медью, кадмием, мышьяком, ртутью (Pb, Zn, Ni, Cu, Cd, As, Hg) T1; загрязнение подотвальных грунтовых вод токсичными соединениями вследствие фильтрационных особенностей почвы T2.

В рамках угрозы T1 объектом исследования явился почвенный покров, приуроченный к шламоотвалу.

Для оценки степени загрязнения почв используются [2]:

- коэффициент концентрации загрязняющих веществ в почве

$$K_i = C_i / \text{СПДК}_i \quad (2)$$

где

C_i — средняя концентрация загрязняющего вещества в почве, мг/кг;

СПДК $_i$ — предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в почве в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06;

- суммарный показатель химического загрязнения почв тяжелыми металлами, предложенный СанПиН 4266–87 «Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами»:

$$Z = K_1 + K_2 + \dots + K_n - (n-1), \quad (3)$$

где

n — количество учитываемых тяжелых металлов,

K_i - коэффициент концентрации загрязняющих веществ в почве.

Приведем коэффициенты концентрации тяжелых металлов и мышьяка в почвах, выявленные в результате взятия проб с территории шламоотвала ТЭЦ: при взятии проб на глубине 0-20 см - коэффициент концентрации никеля 5,179; меди 4,667; свинца 1,057; мышьяка 0,693; цинка 0,508; кадмия 0,443; ртути 0,009. Таким образом, превышение ПДК зафиксировано у никеля, меди и свинца.

Суммарный показатель химического загрязнения почв для верхнего горизонта почвы составляет 6,556.

По шкале опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения, приведенной в СанПиН 4266–87 «Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами», величина суммарного показателя менее 16 характеризуется как допустимое загрязнение почв. Таким образом,

степень загрязнения почвенного покрова вблизи шламоотвала, согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 (с изменениями на 25.04.07), по состоянию на 2014 год допустима.

Для оценки степени риска экологической безопасности городской среды целесообразно применение аппарата нечетких множеств. Так, нечеткий подход использовался при оценке экологической безопасности города от воздействия автотранспорта [3, 4]. Для оценки степени риска экологической безопасности от эксплуатации шламоотвала ТЭЦ также целесообразно применение аппарата нечетких множеств.

В качестве входных переменных для оценки угрозы загрязнения поверхностного слоя почвы вблизи шламоотвала свинцом, цинком, никелем, медью, кадмием, мышьяком, ртутью (Pb, Zn, Ni, Cu, Cd, As, Hg) по суммарному показателю рассматриваются терм-множество Р (вероятность возникновения ущерба) = {Низкая, Средняя, Высокая}, терм-множество Х (величина ущерба) = {Низкая, Умеренная, Высокая, Очень высокая}. Интегральная оценка ожидаемого ущерба (риска) описывается лингвистической переменной R (риск) с терминами: «Незначительный», «Приемлемый», «Высокий», «Очень высокий» [5].

Нечеткий логический вывод для оценки экологических рисков включает в себя следующие основные этапы. При заполнении базы правил выполняется формализация эмпирических данных о предмете исследования в виде нечетких продукционных правил. На этапе фаззификации для всех входных переменных строятся соответствующие функции принадлежности. Затем, после фаззификации находится степень истинности условий по каждому из правил и определяется степень истинности каждого из подзаключений. Полученные функции принадлежности объединяются по всем правилам, и выполняется дефаззификация: находится количественное значение для выходной переменной.

Для предприятий топливно-энергетического комплекса целесообразно применение нечеткого логического вывода по алгоритму Мамдани, так как данный логический вывод осуществляется по нечеткой базе знаний, в которой все значения входных и выходных переменных заданы нечеткими множествами. Посредством дефаззификации определяется четкое значение выходной переменной. Нечеткой базой знаний называется совокупность нечетких правил <Если-то>, задающих взаимосвязь между входами и выходами исследуемого объекта.

«Нечеткая база знаний алгоритма Мамдани записывается в виде следующих продукционных правил:

ЕСЛИ $(x_1 = \tilde{a}_1, j_1)$ И $(x_2 = \tilde{a}_2, j_1)$ И...И $(x_n = \tilde{a}_n, j_1)$ с весом wj_1 , ИЛИ $(x_1 = \tilde{a}_1, j_2)$ И $(x_2 = \tilde{a}_2, j_2)$ И...И $(x_n = \tilde{a}_n, j_2)$ с весом wj_2 ,

...

ИЛИ $(x_1 = \tilde{a}_1, kj)$ И $(x_2 = \tilde{a}_2, kj)$ И...И $(x_n = \tilde{a}_n, kj)$ с весом wkj , ТО $y \approx dj$,

где

x_i – численные значения входных переменных, $i = 1, \dots, n$;

\tilde{a}_{ijp} – значения нечеткого термина в строке риз соответствующего терм-множества ($p = 1, \dots, kj$);

\tilde{d}_j – заключение j-го правила, $j = 1, \dots, m$;

wj_l – вес предпосылки в правиле j , $l = 1, \dots, kj$, принимающий значение из отрезка $[0, 1]$;

kj – количество предпосылок в правиле с номером j ;

m – количество термов-значений выходной переменной y » [6].

Экспертные знания в области оценки риска деятельности ТЭЦ можно формализовать в виде системы нечетких продукционных правил. Например:

ЕСЛИ [Вероятность реализации угрозы - Низкая] И [Величина ущерба - Низкая] ТО [Риск - Незначительный];

ЕСЛИ [Вероятность реализации угрозы - Средняя] И [Величина ущерба - Умеренная] ТО [Риск - Умеренный]; и т.д [5].

Результат логического вывода по продукционным правилам находится агрегированием нечетких множеств, которое рассматривается как объединение нечетких множеств, полученных в результате нечеткого вывода.

Для принятия решения об экологическом риске необходимо рассчитать четкое значение выхода y (дефаззификация), соответствующее входному вектору X^* :

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(x^*) y_j}{\sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(x^*)} \quad (4)$$

Вычислив дефаззификацию нечеткого множества \tilde{y} у методом центра тяжести, получаем количественное значение интегрального показателя риска.

Литература

1. Методические рекомендации по разработке проекта нормативов предельного размещения отходов для теплоэлектростанций, теплоэлектроцентралей, промышленных и отопительных котельных / Электронный ресурс / Режим доступа: <http://base1.gostedu.ru/46/46618/>
2. СанПиН 4266–87 «Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами» / Электронный ресурс / Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293852/4293852444.htm>
3. Санжапов Б. Х., Стулова Н. В. Оценка экологического риска загрязнения окружающей среды от эксплуатации шламоотвала ТЭЦ // Интернет-вестник ВолгАСУ. Сер.: Строительная информатика. 2014. Вып. 12(36). Ст. 5. Режим доступа: <http://www.vestnik.vgasu.ru/>
4. Стулова Н. В. Применение аппарата нечетких множеств для анализа экологического риска загрязнения городской среды // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). Технические науки. № 4. 2014. С. 114-116.
5. Санжапов Б. Х., Стулова Н. В. Модель поддержки принятия решений в задаче анализа экологического риска загрязнения городской среды объектами топливно-энергетического комплекса // Интернет-вестник ВолгАСУ. Сер.: Строительная информатика. 2014. Вып. 11(32). Ст. 1. Режим доступа: <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/SanzhapovStulova.pdf>
6. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/index.php>

ВЛИЯНИЕ ТУГОПЛАВКИХ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

Сульдин Вячеслав Витальевич

Магистрант 2 года обучения, Самарский Государственный Архитектурно-Строительный Университет,
г. Самара

Хлыстов Алексей Иванович

Доктор технических наук, Самарский Государственный Архитектурно-Строительный Университет, профессор кафедры «Производство Строительных Материалов Изделий и Конструкций», г. Самара

THE EFFECT OF REFRACTORY FIBER REINFORCEMENT ON THE PROPERTIES OF HEAT-RESISTANT CONCRETE

Suldin Viacheslav, Undergraduate 2 years of training, Samara State Architecture and Construction University, Samara
Hlistov Alexei, Doctor of technical Sciences, Samara State University of Architecture and Construction, Professor of the Department "Production of Building Materials, Products and Structures", Samara

АННОТАЦИЯ

Разработаны составы жаростойких фибробетонов с повышенной термостойкостью. Применение огнеупорных волокон позволило изделиям из жаростойкого бетона увеличить значительно предел прочности при изгибе. Увеличенная прочность при изгибе в жаростойких конструкциях положительно скажется на долговечности. Применение металлической фибры из жаростойкой стали позволяет создать жаростойкие железобетонные конструкции, в которых не требуется стержневая арматура.

ABSTRACT

The developed compositions of heat-resistant fiber-reinforced concrete with high thermal stability. The use of refractory fibers allowed the products from heat-resistant concrete can significantly increase the tensile strength in bending. Increased flexural strength in the heat-resistant designs have a positive impact on durability. The use of metal fibers of heat-resistant steel allows you to create heat-resistant concrete structures, which is not required bar reinforcement.

Ключевые слова: жаростойкие бетоны, портландцемент, глиноземистый цемент, жидкое стекло, базальтовая фибра, металлическая фибра, термостойкость, долговечность.

Keywords: heat-resistant concretes, Portland cement, aluminous cement, liquid glass, basalt fiber, metal fiber, thermo stability, durability.

Жаростойкие бетоны также, как и обычные бетоны имеют повышенную прочность на сжатие, но в 40-50 раз меньшую прочность на растяжение. В конструкциях, которые работают на изгиб очень важно повысить прочностные показатели на растяжение. [1]

В жаростойких бетонах применяют следующие типы вяжущих: портландцемент с тонкомолотой добавкой, глиноземистый цемент, жидкое стекло и фосфатные связующие. Заполнители для жаростойких бетонов гото-

вятся в основном путем дробления огнеупорной керамики: шамота, муллита, магнезита, хромомagneзита и других огнеупоров. [2]

В г. Москва налажено производство базальтовой фибры. Поскольку в технологическом процессе использовался высокотемпературный расплав базальта (1500оС) это волокно можно применить в жаростойком бетоне в качестве арматуры с высокой температурой применения.

В таблице 1 указаны характеристики базальтовой фибры

Таблица 1

Характеристики базальтовой фибры

Наименование показателя	Значение показателей с допустимыми нормами
Минимальный диаметр волокна, мкм	20
Максимальный диаметр волокна, мкм	400
Средний диаметр волокна, мкм	200±20
Длина отрезка волокна, мм	6, 12, 18, 24±1,0
Массовая доля влаги, не более	0,3
Массовая доля замасливателя, %: - замасливатель «парафиновая эмульсия»; - прямые замасливатели; -неорганические замасливатели	Не более 1,0 Не менее 0,3 Не менее 0,3
Плотность рыхлой массы, кг/м ³	70-80
Химическая устойчивость (потеря в весе после 3ч кипячения), г в H ₂ O в 2hNaOH в 2hHCl	1,6 2,75 2,2
Диапазон рабочих температур	-260о - +700о

Термическая стойкость жаростойких компонентов определялась по ГОСТ 20910-90. Как и следовало ожидать, возникающие растягивающие напряжения активно воспринимает огнеупорная волокнистая фибра. Так термостойкость жаростойкого бетона на портландцементе возросла с 12-15 водных теплосмен до 20-25, т.е. в 2 раза.

Оптимальное количество базальтовой фибры примерно такое же, как и у каолиновой ваты – 3-4% от массы вяжущего.

Применение базальтовой фибры заводского производства в качестве армирующего компонента также положительно сказалось не только на прочностных

показателях материала, но и на термической стойкости бетона.

Также в наших исследования мы использовали металлическую фибру. Химический состав представлен в таблице 2.

Сплав представлен легированной сталью с большим количеством хрома, поэтому температура применения достигает 1450оС.

В таблице 3 приведены составы бетонов, в которых были добавлены жаростойкие волокна в качестве армирующего компонента. [3]

Таблица 2

Химический состав металлической фибры

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Остальные
0,50	3,5	2,0	0,050	0,030	18,0-20,20,0	55-75	

Таблица 3

Составы тяжелых жаростойких бетонов

№ п/п	Состав бетона, кг/м3	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м3	Предел прочности при сжатии бетонов после сушки и обжига при температуре в оС в МПа в числителе и предел прочности при изгибе в знаменателе				Термо-стойкость, водные тепло-смены
			100	400	800	max	
1	Портландцемент ПЦ-500-ДО-220 Алюмохромистый отход ИМ-2201-220 Шамотный щебень – 650 Шамотный песок – 750 Вода – 290	2090	$\frac{32,4}{3,9}$	$\frac{36,5}{4,1}$	$\frac{11,8}{1,5}$	$\frac{38,7}{4,1}$ 1250оС	12
2	Глиноземистый цемент ГЦ-40 – 400 Шамотный щебень – 650 Шамотный песок – 750 Вода – 280	2060	$\frac{35,4}{4,1}$	$\frac{38,9}{4,3}$	$\frac{12,9}{1,6}$	$\frac{37,6}{4,2}$ 1300оС	18
3	Глиноземистый цемент ГЦ-40 – 100 Алюмохромистый отход ИМ-2201 – 300 Шамотный щебень – 650 Шамотный песок – 750 Жидкое стекло Р=1,34 г/см3 – 350	2120	$\frac{38,5}{4,2}$	$\frac{40,4}{4,4}$	$\frac{29,8}{3,8}$	$\frac{39,8}{4,3}$ 1350оС	25

В данные составы бетонов было введено армирующее волокно в количестве 4% от массы вяжущего вещества. В качестве армирующих волокон использовались: отработанное асбестовое волокно – отход Ульяновского шиферного завода; базальтовое волокно, выпускаемое в

ОАО «Вулкан» г.Москва и металлическая фибра из жаростойкой стали. У армированных жаростойких бетонов определялись следующие показатели: предел прочности при изгибе после обжига при различных температурах и термическая стойкость. Результаты испытаний представлены на данных рисунках.

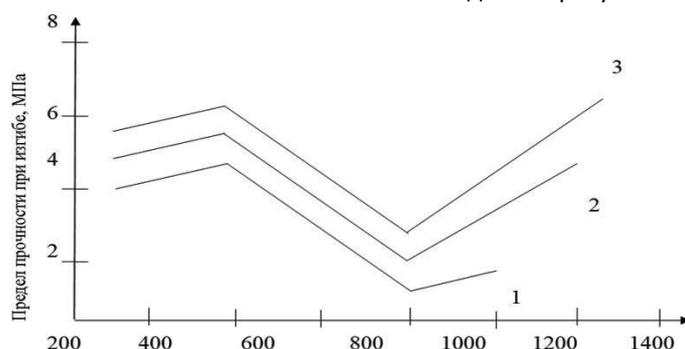


Рисунок 1. Влияние жаростойких волокон на предел прочности при изгибе бетонов на портландцементе

- 1 – жаростойкий бетон на портландцементе с асбестовым волокном
- 2 – жаростойкий бетон на портландцементе с базальтовым волокном
- 3 – жаростойкий бетон на портландцементе с металлической фиброй из нержавеющей стали

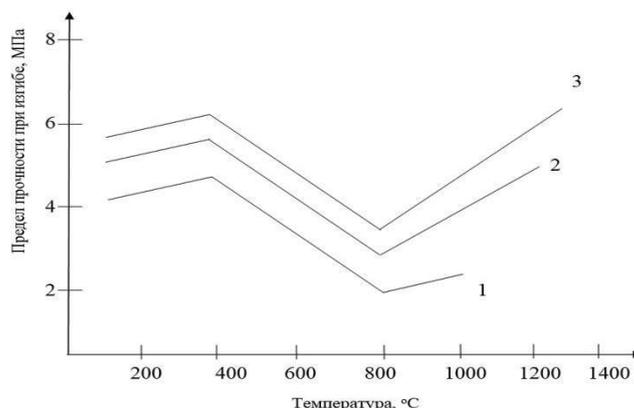


Рисунок 2. Влияние жаростойких волокон на предел прочности при изгибе бетонов на глиноземистом цементе
 1 – жаростойкий бетон на глиноземистом цементе с отработанным асбестовым волокном
 2 – жаростойкий бетон на глиноземистом цементе с базальтовым волокном
 3 – жаростойкий бетон на глиноземистом цементе с металлической фиброй из нержавеющей стали

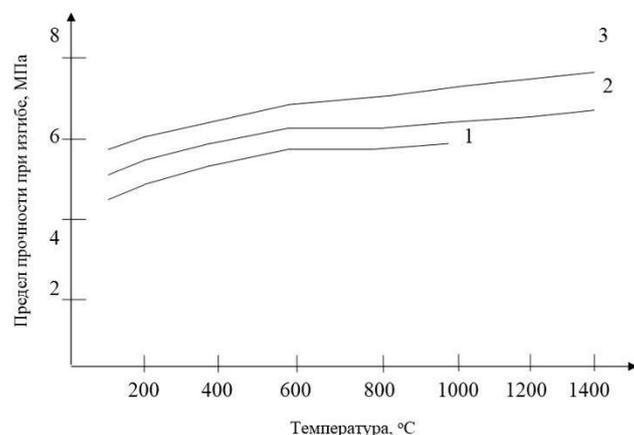


Рисунок 3. Влияние жаростойких волокон на предел прочности при изгибе бетонов на жидком стекле
 1 – жаростойкий бетон на жидком стекле с асбестовым волокном
 2 – жаростойкий бетон на жидком стекле с базальтовым волокном
 3 – жаростойкий бетон на жидком стекле с металлической фиброй из нержавеющей стали

Кроме определения прочностных показателей у данных составов бетонов с армирующими волокнами была определена термическая стойкость. Введение волокон в состав жаростойких бетонов значительно увеличило

термическую стойкость – основное свойство, определяющих их долговечность. Значения термической стойкости армированных жаростойких бетонов приведена в таблице 4. [4,5]

Таблица 4

Значения термической стойкости бетонов

Состав бетона	Вид армирующего компонента		
	Асбестовое волокно	Базальтовое волокно	Нержавеющая сталь
На портландцементе №1 по табл.1	16	18	21
На глиноземистом цементе №2 по табл.1	21	24	27
На жидком стекле №3 по табл.1	27	30	33

Выводы. 1. Введение огнеупорных волокнистых материалов в качестве армирующих компонентов позволило повысить не только предел прочности при изгибе, но и термическую стойкость жаростойких бетонов на портландцементе, на глиноземистом цементе, на жидком стекле.

2. применение волокон в качестве армирующих компонентов в составах жаростойких бетонов позволило многим жаростойким бетонным элементам использовать в

качестве изделий, которые испытывают изгибающий эффект (например в плитах перекрытия туннельных печей и в других тепловых агрегатов)

Список литературы

1. Некрасов, К.Д. Жароупорный бетон / К.Д. Некрасов. – М., 1957. –283с.
2. Лебедев, Н.Ф. Новые огнеупорные материалы на предприятиях цветной металлургии / Н.Ф. Лебедев.

- М., ЦНИИ цветмет экономики и информации. – 1981 – 48с.
3. Хлыстов, А.И. Физико-химические основы определения составов жаростойких бетонов / А.И. Хлыстов // Строительные материалы. – 1998. - №8. – С. 8-9.
 4. Хлыстов, А.И. Повышение эффективности и улучшение качества огнеупорных футеровочных материалов. Монография. г. Самара 2004-134с.
 5. Хлыстов, А.И.; Божко, А.В.; Соколова, С.В.; Рязов, Р.Т. Повышение эффективности и улучшение качества футеровочных конструкций из жаростойкого бетона / А.И. Хлыстов, А.В. Божко, С.В. Соколова, Р.Т. Рязов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2004. - №3. – С. 26-31.

СОЧЕТАНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ПО АНАЛИТИЧЕСКИМ ФОРМУЛАМ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОБТЯЖКОЙ

Сурудин Сергей Викторович

Аспирант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

COMBINATION OF FE MODELING AND CALCULATION BY ANALYTICAL FORMULAS, PROCESSES OF STRETCHFORMING

Surudin Sergey, post-graduate student, Samara State Aerospace University, Samara

АННОТАЦИЯ

В работе показана процедура сочетания конечно-элементного моделирования и расчета по аналитическим формулам процессов формообразования обтяжкой с учетом геометрической идентификации поверхности обтяжного пуансона по отношению к основным координатам обтяжного пресса.

ABSTRACT

The paper shows the procedure combination of FE modeling and calculation by analytical formulas, processes of stretchforming taking into account a geometrical identification of a surface of an stretchforming punch in relation to the main coordinates of an stretchforming press.

Ключевые слова: обтяжка, оболочка двойной кривизны, аналитические формулы, моделирование.

Keyword: stretchforming, shell of double curvature, analytical formulas, modeling.

Анализ номенклатуры обводообразующих оболочек двойной кривизны современных летательных аппаратов позволяет выявить следующие группы деталей. Первая группа - это традиционные по конструкции и по сборке обшивки из листового материала в диапазоне от 0,8 до 2,5 мм. Вторая группа – это инновационные по конструкции и по сборке обшивки из листового материала в диапазоне от 3 до 8 мм.

Однако считается, что обводообразующие оболочки определены условиями тангенциальной непрерывности, определяющие переход к безмоментной теории, несмотря на применение листового материала разной толщины. Такой переход сопровождается понижением порядка до системы двумерных уравнений рассматриваемых краевых задач и связан с дополнительными предположениями, которые мало отличаются от гипотез Кирхгофа-Лява.

Во-первых, срединная поверхность оболочек различной геометрической формы всюду имеет определенную касательную плоскость, во-вторых, внешние силы, кривизны поверхности и граничные условия достаточно гладкие и идеализированы и в-третьих, края оболочек нигде не проходят вдоль асимптотических линий и не касаются их. Кроме того, обе группы относятся к техническим оболочкам, для которых применимы гипотезы Кирхгофа-Лява, исключая влияние моментов относительно малого безразмерного параметра.

Были определены типы геометрических форм обводообразующих оболочек (рисунок 1):

- «пологие» оболочки с малой кривизной с углом охвата $2\alpha < 30^\circ$ и радиусом $R_{10} > 5000$ мм в направлении обтяжки;
- «крутые» оболочки с большой кривизной в обоих направлениях двояковыпуклой формы с $120^\circ < 2\alpha \leq 180^\circ$ и $R_{10} \leq 500$ мм.
- «крутые» оболочки с большой кривизной в обоих направлениях выпукло-вогнутой формы с $120^\circ < 2\alpha \leq 180^\circ$ и $R_{10} \leq 500$ мм.

Для установления геометрических параметров приведенных типов оболочек двойной кривизны воспользовались принципом соприкасающихся квадратичных поверхностей второго порядка в определенной точке, названной полюсом. Поверхности этих оболочек соответственно являются каноническими сферического, эллиптического и гиперболического типа. Для этого ввели две ортогональные плоскости симметрии F1 (продольная) и F2 (поперечная).

При пересечении плоскости F1 с поверхностью обтяжного пуансона установлен формообразующий контур, проходящий через «полюс» (точка «О») оболочки двойной кривизны в направлении обтяжки. При пересечении плоскости F2 с поверхностью обтяжного пуансона установлен контур центрального сечения, который также проходит через «полюс» оболочки двойной кривизны. Из теории оболочек известно, что величина обратная произведению радиусов R1 и R2 данных контуров характеризует значение гауссовой кривизны - к.

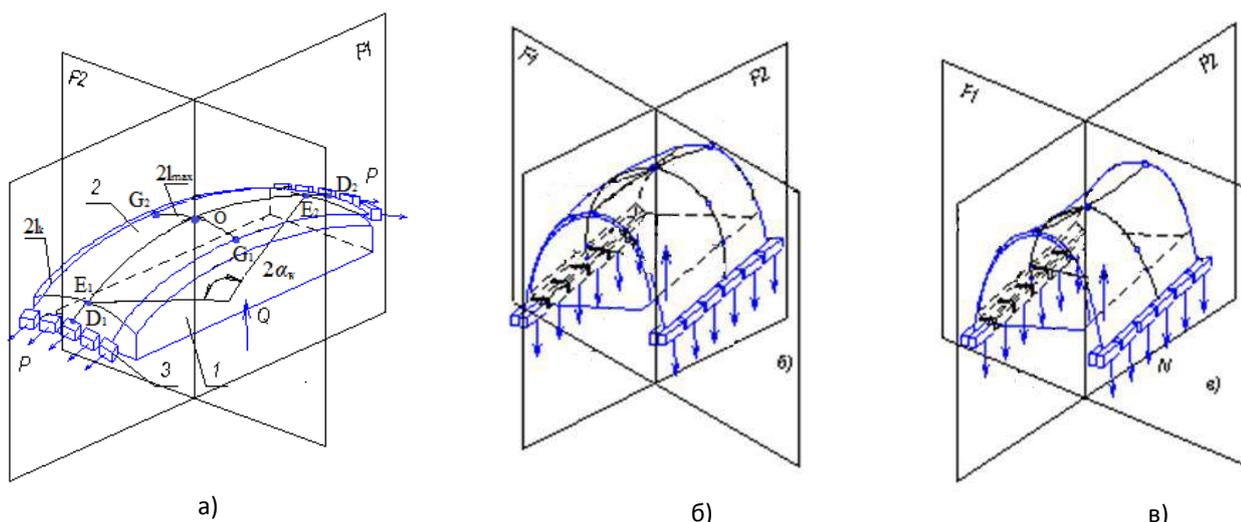


Рисунок 1. Схемы процессов обтяжки по обтяжному пуансону 1 заготовки 2, удерживаемой в зажимах прессы 3:
 а) – оболочки малой двойной кривизны, б) и в) – оболочек большой двойной кривизны двояковыпуклой и выпукло-вогнутой форм.

Гауссова кривизна определяет внутреннюю метрику оболочки двойной кривизны в «полюсе», соответствующей соприкасающейся квадратичной поверхности второго порядка. Считается инвариантом тензора кривизн линий, проходящих через этот «полюс» и сохраняет свое значение при изгибании. Это такая деформация, при которой длины нанесенных на поверхности оболочки линий и углы между ними сохраняются. Изменяется только геометрическая форма оболочки двойной кривизны, но она остается изометрически подобна предыдущей до изгибания. Поэтому гауссову кривизну можно называть просто кривизной поверхности. При этом кривизна поверхности двояковыпуклой формы имеет положительные значения, а выпукло-вогнутой формы – отрицательные значения.

Степень двойной кривизны принято характеризовать геометрическим коэффициентом обтяжки. Однако с другой стороны значение кривизны поверхности в «полюсе» оболочки связано с деформацией, необходимой для получения геометрической формы. Для доказательства данной связи была выведена формула для расчета этой деформации для оболочки двояковыпуклой формы:

$$e_{10} = -\ln\left(1 - \frac{B^2 \cdot k}{8}\right) \quad (1)$$

Приведенное представление поверхности в характеристических линиях главных кривизн, проходящий через «полюс» был предложен в качестве компонента для вычислений напряжений и деформаций в конкретных точках поверхности оболочки двойной кривизны.

Анализ процессов формообразования обтяжкой различных геометрических форм был выполнен по дихотомическому принципу на основе выбранного критерия сравнения, что позволяет быстро найти практическое решение. Дихотомическому анализу всегда предшествует анализ категорий и распространяется на признаки объекта исследования. Дихотомическое деление и последующее дихотомическое описание возможно не только для объекта, но и для процесса.

Признаком процесса формообразования обтяжкой являются деформации в характерных точках поверхности оболочки двойной кривизны. Значения этих деформаций, полученных конечно-элементным моделированием или

аналитическим способом, включены в единую категорию, несмотря на разницу их информационной значимости.

Это обеспечивает сопоставимость результатов аналитической методики и результатов компьютерного моделирования формообразования листовых оболочек двойной кривизны с использованием специализированного программного обеспечения. Однако потребовалось упростить задачу таким образом, чтобы она имела аналитическое решение, но при этом должны быть сохранены все необходимые факторы, которые делают проблему достаточно простой для сопоставимости с результатами компьютерного моделирования.

В аналитических методах решения статических видов обработки деформирования заготовки традиционно используют систему из пятнадцати уравнений. Для плосконапряженного состояния листовой заготовки при формообразовании обтяжкой их меньше: два уравнения равновесия, три геометрических соотношения, выражение основной деформации растяжения через геометрические параметры и условие перехода материала заготовки в пластическую стадию деформирования. В число неизвестных входит два напряжения и три компонента деформации. Эта система является разрешимой. Однако приведенная система уравнений связана с общей постановкой задачи. Для процессов формообразования обтяжкой обводообразующих оболочек двойной кривизны различных геометрических форм решают, так называемые, краевые задачи с граничными условиями.

Граничные условия, связанные с выбором кинематических схем обтяжки, приемов обработки, возможностями оборудования и состояния деформируемого материала. В результате получают аналитические решения для определения компонентов деформаций в листовой заготовке. В отличие от аналитических решений при использовании вычислительных программ основанных на методе конечных элементов расчет деформаций производится дискретно в элементах исследуемой заготовки. Для объединения двух методов в одну дихотомическую пару были преобразованы аналитические решения через главных кривизны путем совмещения направления обтяжки с плоскостью симметрии F1 поверхности пуансона.

К числу основных геометрических параметров оболочки отнесем:

- радиусы кривизны контуров сечений поверхности плоскостями симметрии F1 и F2 в районе точки O: R10 (продольный) и R20 (поперечный);
- длину формообразующего контура продольного сечения поверхности 2l плоскостью симметрии F1;
- длину контура краевого сечения поверхности 2lk плоскостью, параллельной F1;
- прогиб центрального контура поперечного сечения поверхности fo в плоскости симметрии F2;
- продольный 2αk и поперечный 2βk углы охвата листовой заготовки обтяжного пуансона.

Приведенные условия позволяют развернуть ряд аналитических формул в определенной последовательности, определяемых значения деформаций растяжения при формообразовании обтяжкой в характерных точках поверхности оболочки, а именно в точках: O, E1, E2, G1, G2.

Деформация $e''_{1\alpha_k}$ в точке E определяется по формуле:

$$e''_{1\alpha_k} = (e_{10} - e^I_{10}) \cdot \exp\left(\frac{\mu\alpha_k}{n}\right) \quad (2)$$

где e_{10} – деформация в полюсе центрального сечения оболочки. Для двояковыпуклой формы вычисляется по формуле (3); для выпукло-вогнутой по формуле (4).

$$e_{10} = \ln \frac{R_{10}}{R_{10} - f} \quad (3)$$

$$e_{10} = \ln \frac{R_{10} + f_o}{R_{10}} \quad (4)$$

e^I_{10} – деформация в центральном поперечном сечении в момент выхода границы очага деформации на свободной от зажимов край заготовки в районе схода с пуансона. Для двояковыпуклой формы вычисляется по формуле (5); для выпукло-вогнутой по формуле (6).

$$e^I_{10} = \ln \frac{R_{10}}{R_{10} - f^I_0} \quad (5)$$

$$e^I_{10} = \ln \frac{R_{10} + f^I_0}{R_{10}} \quad (6)$$

где $f^I_0 = R_{20} \cdot (1 - \cos \beta^I_0)$ – прогиб отформованной части заготовки в центральном сечении.

$$\cos \beta^I_0 = \frac{B}{R_{20} \cdot \exp(\mu\alpha_k)} \quad (7)$$

где β^I_0 – односторонний угловой размер очага деформации на первом этапе формообразования заготовки шириной 2B.

Формулы (2-7) имеют определенную последовательность для расчета значений деформаций растяжения в характерных точках поверхности оболочки в зависимости от ее геометрической формы, как на этапе формообразующего деформирования, так и на этапе избыточного деформирования участков заготовки, которые уже приобрели в той или иной степени свою форму.

Проводимые исследования дихотомически соединяют компьютерное моделирование и аналитические решения для логического сопровождения кинематических схем обтяжки, приемов обработки, возможностей оборудования в зависимости от кинематики развития полей деформации и состояния деформируемого листового материала. Данная логика очень близка к логике организации и проведения исследований процессов формообразования обтяжкой оболочек двойной кривизны различных геометрических форм.

Литература

1. Современные технологии авиастроения. Под общей редакцией д-ра техн.наук, профессора, заслуженного деятеля науки А.Г. Братухина и д-ра техн.наук Ю.Л. Иванова. // – М.: Машиностроение, 1999. – с.49-63.
2. Цветков, В.Я. Дихотомический анализ сложности системы [Текст] / В.Я. Цветков // Перспективы Науки и Образования. - 2014. №2(8). – С. 15-20.
3. Тихонов, А.Н. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. [Текст] / А.Н. Тихонов, А.Д. Иванников, И.В. Соловьев, В.Я. Цветков // -М.: МаксПресс, 2014, -228 с.
4. Михеев, В.А. Моделирование кинематической схемы последовательной обтяжки оболочек двояковыпуклой формы на обтяжном прессе FEKD [Текст] / В.А.Михеев, Ф.В. Гречников, С.Г. Дементьев, В.П. Самохвалов, Д.В. Савин, С.В. Сурудин // Известие Самарского центра РАН. - 2014. - Т. 16, №6. – С. 174-179.
5. Михеев, В.А. Изометрические условия при формообразовании обтяжкой оболочек двойной кривизны минимальной разнотолщинности [Текст] / В.А. Михеев, С.Г. Дементьев, В.П. Самохвалов, Д.В. Савин, С.В. Сурудин // Известие Самарского центра РАН. - 2013. - Т. 15, №6. – С. 161-166.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Титаев Павел Сергеевич,
аспирант Тверского государственного технического университета

АННОТАЦИЯ

В данной статье, автором рассмотрены основные методы математических исследований вероятности возникновения лесных пожаров.

Выяснено, что научные исследования, связанные с математическим моделированием вероятности возникновения пожаров с учетом грозовой активности и антропогенной нагрузки имеют преимущественно прикладное значение, направлены на обеспечение пожарной безопасности лесов и ликвидацию ландшафтных пожаров.

Рассматривается построение математической модели и методики решения задачи оптимизации системы обеспечения пожарной безопасности с использованием имитационного моделирования.

Ключевые слова: математическая модель, метод исследования, лесные пожары, система обеспечения пожарной безопасности, оптимизация, имитационное моделирование.

ABSTRACT

In this article, the author describes the main methods of mathematical research the probability of occurrence of forest fires.

Found that research related to mathematical modeling of fire possibility in view of thunderstorm activity and anthropogenic pressures are mainly applied value, aimed at ensuring the fire safety of forests and the elimination of landscape fire.

The construction of mathematical models and methods of solution of the optimization problem, fire safety system using simulation.

Keywords: mathematical model, a method of research, forest fires, fire safety system, optimization, simulation.

Постановка проблемы. Нужно отметить, что с каждым годом количество лесных пожаров значительно увеличивается, а вместе с этим и увеличиваются площади выгоревших лесов.

Применяемые на практике в настоящее время методики разработаны с использованием больших массивов статистических данных (Нестеров В.Г., Ноженкова Л.Ф., Viegas D.X., Van Wagner C.E., Stocks B.J., Alexander M.E., Garsia Diez E.L., Deeming I.E. и др.) и представляют собой формулы, алгоритмы, критерии, полученные в результате усреднения характеристик условий возгораний на больших выборках как по площадям, так и по времени [1-6]. При создании таких методик по существу не анализировались и не моделировались физические и химические процессы (в первую очередь наиболее значимые процессы тепло- и массопереноса в слое лесного горючего материала при воздействии локальных источников энергии в условиях возникновения возгораний).

Теории распространения лесных пожаров (авторы моделей и алгоритмов решения задач Субботин А.Н., Гришин А.М., Перминов В.А., Катаева Л.Ю., Доррер Г.А., Зверев В.Г., Шипулина О.В. и др.) не ориентированы на прогноз лесной пожарной опасности. Следствиями решения задач таких теорий являются характеристики пожара (температурные поля, скорости движения продуктов сгорания, давления и плотности газов, скорости движения фронта горения и т.п.) [7-14].

Представляется перспективной разработка нового подхода к прогнозированию лесной пожарной опасности, отличающегося от известных к настоящему времени (опирающихся на статистическую информацию) - имитационным моделированием.

В России в настоящее время прогнозирование лесных пожаров проводится с недостаточной эффективностью, что является причиной возникновения опасных возгораний. Поэтому тема статьи посвящена разработке имитационной модели вероятности возникновения лесных пожаров с учетом грозовой активности и антропогенной нагрузки.

Приведем определение имитационной модели — это логико-математическое определение предметной области, которое может быть использовано для экспери-

ментирования на компьютере в целях исследования поведение объектов предметной области в зависимости от некоторых входных факторов [15].

Разделяют два вида имитационных моделей:

- метод статистических испытаний Монте-Карло
- статистическое моделирование как метод имитационного моделирования [16].

Опишем суть метода математических испытаний Монте-Карло. Допустим, известны вероятности возникновения некоторых входных факторов модели. Перебирая наугад комбинацию входных факторов модели, можно многократно воссоздавать поведение модели, сохраняя при этом одинаковые характеристики факторов [17]. В результате многократного прогона модели можно собрать статистические данные, как будто бы они были собраны в реальном времени.

Но на сегодняшний день на территории Тверской области пока не изучены вероятности возникновения входных факторов модели (в нашем случае – антропогенное воздействие на лесную среду и грозовая активность). Метод Монте-Карло применим после того, как будут установлены вероятности возникновения входных факторов модели.

Обратимся к статистическому моделированию. Статистическое и эконометрическое моделирование составляют методы исследования предметной области на их статистических моделях [18]. Сюда входит построение и изучение моделей объектов, с целью получения объяснений этих явлений, и в результате – предсказания явлений или показателей, интересующих исследователя.

Оценка параметров таких моделей производится с помощью статистических методов. Например: метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов, метод моментов [19].

Напрашивается следующий вывод: оценив с помощью статистического моделирования вероятность возникновения лесных пожаров в зависимости от рассматриваемых входных факторов, необходимо применить метод статистических испытаний, уточняя картину возникновения лесных пожаров. Изменяя вероятности входных факторов (управляя входными воздействиями, например, снижая антропогенный фактор) можно прогнозировать

результат: например, доказать, что антропогенный фактор несет большую вероятность возникновения лесного пожара, чем природный и, подтверждая исследования статистическими данными, начать проработку мер по снижению риска возникновения лесного пожара.

Изучим входные статистические данные предметной области. Для этого используем данные официального сайта Правительства Тверской области. В табл. 1 приведем статистические данные о площади лесных насаждений[20].

Таблица 1

Наименование	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Общая площадь земель лесного фонда, тыс. га	2684,4	4875,6	4875,6	4875,6	4875,6	4875,6
Площадь земель, покрытых лесной растительностью, тыс.га	2258,3	4408,1	4421,4	4428	4434,7	4440,3
Общий средний прирост, млн. куб. м	7,32	14,71	14,82	14,83	14,82	14,81

Таблица 2

	2007	2008	2009	2010	2011
Число случаев лесных пожаров	123	156	108	360	91
из них по причинам:					
сельскохозяйственной палы	2	19	41	14	1
по вине граждан	119	137	62	319	82
Лесная площадь, пройденная пожарами, га	446	566	394	2333	540

В табл. 2 приведем статистические данные о характере лесных пожаров по данным официального сайта Правительства Тверской области[20].

Обратимся к последнему фактору предметной области – грозовой активности. По данным сайта «Климат Тверской области» так описан характер погоды летом:

«Преобладающей воздушной массой над Тверской областью является континентальный воздух умеренных широт (кВУШ). Она либо формируется непосредственно над территорией Верхневолжья, либо приходит из соседних областей. В среднем за год в Твери эта воздушная

масса наблюдается в 56,9% случаев. Континентальный воздух умеренных широт определяет летом теплую погоду с температурами +15, +20°С 2 (днем до +20, +25°С), с переменной кучевой облачностью, с небольшими скоростями ветра, которые к ночи снижаются до штиля. Нередко при данном типе погоды в середине дня случаются ливневые осадки и грозы...»

Приведем данные о грозовой активности в табл.3[21].

Таблица 3

2007	2008	2009	2010	2011
19	21	23	32	22

Поставим своей задачей проанализировать динамику изменения входных факторов модели, а также динамику изменения результирующего фактора в зависимости и силу влияния каждого фактора на характер развития лесных пожаров.

Рассмотрим фактор – площадь лесных насаждений. Построим график изменения этого фактора (рис. 1) [21]. Видим, что по данным графика в 2008 году наблюдался «выброс» – статистическое данное, сильно отличающееся от среднего по ряду.



Рисунок 1 – График изменения общей площади лесного фонда по годам (с «выбросом» в 2008 году)

Поэтому перестроим график для годов с 2008 по 2011 (рис.2). Кроме того, добавим на график линейный тренд с помощью средств Microsoft Excel (линию регрессии) с коэффициентом детерминации модели (доля резуль- тативного признака объясняющего влиянием вход- ных переменных).

Метод построения линейного тренда в этой про- грамме основывается на методе наименьших квадратов и на методе вычисления коэффициента корреляции между двумя рядами признаков – x и y [22]. Приведем алгоритм расчета:

1. Найдем x_B, y_B - средние выборочные, которые находятся по формуле арифметической средней (1):

$$x_B = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad y_B = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (1)$$

2. Далее найдем среднеквадратические отклоне- ния по формулам:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum (x - x_B)^2} \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum (y - y_B)^2} \quad (2)$$

3. найдем корреляционный момент:

$$K_{xy} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - x_B) \cdot (y_i - y_B) \quad (3)$$

4. Выборочный коэффициент регрессии по фор- муле отыскиваем по формуле (4):

$$r_B = \frac{K_{xy}}{s_x^2} \quad (4)$$

5. Найдем уравнение линейной регрессии y на x в виде $y=ax+b$, где a и b - коэффициенты линейной регрес- сии по формуле (5).

$$y - y_B = r_B \cdot (x - x_B) \quad (5)$$

Коэффициент регрессии r_B характеризует измене- ние оценок по данной совокупности на единицу. Увеличи- вая x на 1, y увеличивается на r_B .

6. Найдем выборочный коэффициент корреляции с помощью формулы (6):

$$r_{xy} = \frac{K_{xy}}{s_x \cdot s_y} \quad (6)$$

Выборочный коэффициент корреляции показывает меру корреляционной связи между двумя рядами при- знаков. Если >0 , то связь прямая, если <0 – связь обрат- ная. Чем ближе $|r_{xy}|$ к 1, тем сильнее корреляционная зависимость.

7. Найдем коэффициент детерминации, который оценивает долю влияния входных факторов модели на ее результат.

$$R^2 = r_{xy}^2 \quad (7)$$

8. Проверим значимость выборочного коэффи- циента корреляции при $\alpha=0.05$ и числу степеней свободы $k=n-2$. Вычислим наблюдаемое значение критерия Стью- дента (7):

$$T_{nabl} = \frac{r_{xy} \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} \quad (8)$$

По таблице критических точек распределения Стью- дента, по уровню значимости $\alpha=0.05$ и числу степеней свободы $k=n-2$ находим критическую точку $t_{кр}(\alpha; n-2)$

Если $T_{nabl} > |t_{кр}|$ - отвергаем гипотезу о равенстве нулю генерального коэффициента корреляции. Следова- тельно, x и y имеют тесную корреляционную зависимость.

Весь этот расчет выполняет программа Microsoft Excel, вычисляя уравнение регрессии и коэффициент де- терминации по построенному графику(рис.2)[22].

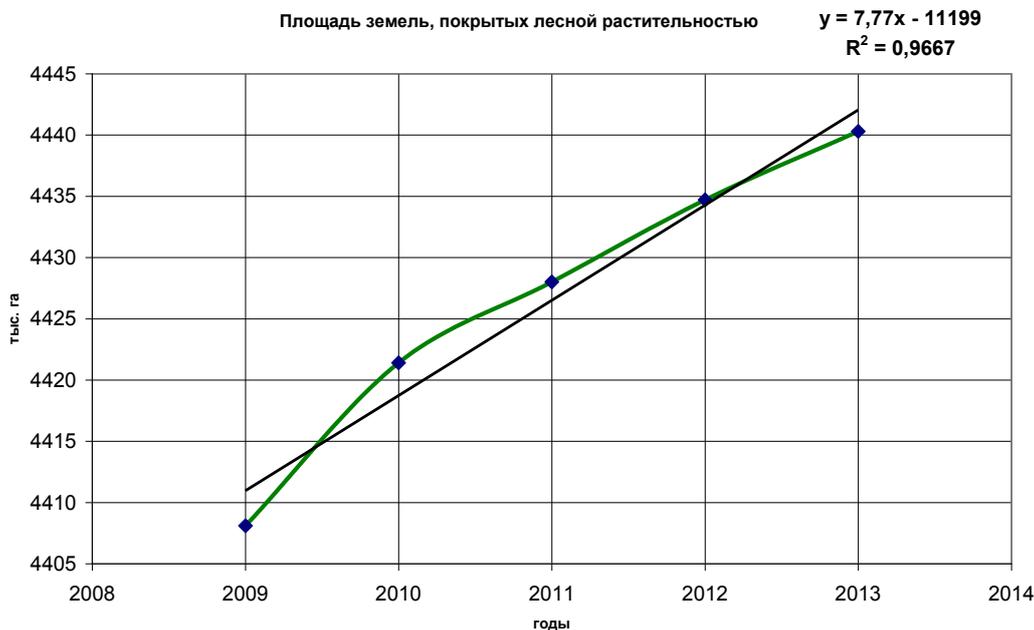


Рисунок 2– График изменения общей площади лесного фонда по годам (с нанесенной линией тренда)

Данный график показывает, что существует небольшой устойчивый прирост общей площади лесного фонда по годам, а именно на 7,77 тыс. га (7770 га) каждый год с вероятностью 0,9667.

Обратимся к таблице 2, к строке «Лесная площадь, пройденная пожарами, га» и возьмем среднее арифметическое по годам. Оно составляет 855,8 га в год. Нетрудно вычислить процент от прироста зеленых насаждений, страдающих от лесных пожаров

$$\frac{855.8}{7770} \cdot 100\% = 11.014\% \quad (9)$$

В результате анализа видим, что 11% прироста лесного фонда губится в результате лесных пожаров.

Проанализируем изменение площади лесных пожаров в Тверской области по данным таблицы 2, строка «лесная площадь, пройденная пожарами», исключая статистический выброс в 2010 году(рис.3)[22].

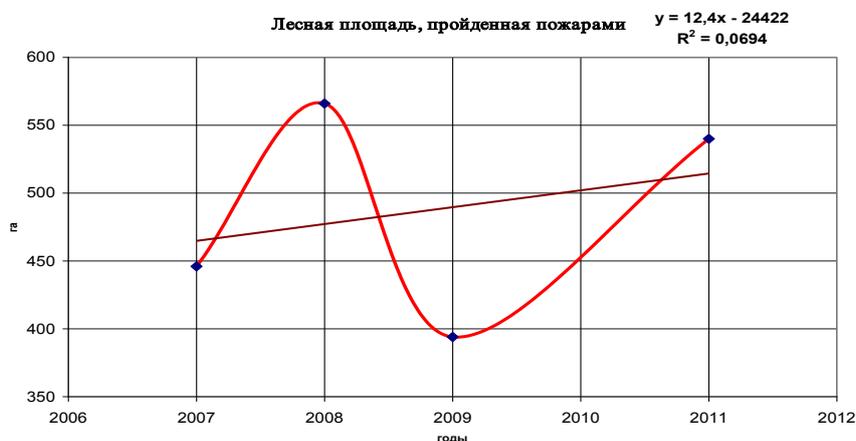


Рисунок 3 – График изменения лесной площади, пройденной пожарами

Нанесенная на график линия тренда показывает, что каждый год площадь лесных пожаров увеличивается на 12,4 га. Коэффициент детерминации этой статистической модели низок – это означает, что временной фактор модели развития пожаров составляет всего 6%. Иначе говоря, течение времени не влияет на величину площади развития лесных пожаров. Докажем это с помощью критерия Стьюдента:

Проверим значимость выборочного коэффициента корреляции при $\alpha=0.05$ и числу степеней свободы $k=n-2=2$. Вычислим наблюдаемое значение критерия Стьюдента:

$$T_{nabl} = \frac{r_{xy} \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} = \frac{\sqrt{0.0694} \cdot \sqrt{4-2}}{\sqrt{1-0.0694}} = 0.3862$$

По таблице критических точек распределения Стьюдента, по уровню значимости $\alpha=0.05$ и числу степеней

свободы $k=n-2$ найдем критическую точку $t_{кр}(\alpha;2)=2.631307$.

Так как $T_{nabl} < t_{кр}$ - принимаем гипотезу о равенстве нулю генерального коэффициента корреляции. Следовательно, ряды признаков не имеют корреляционной зависимости.

Отметим, что если проверить все предыдущие модели с помощью критерия Стьюдента на принятие гипотезы о равенстве нулю генерального коэффициента корреляции, то во всех предыдущих случаях отвергнем эту гипотезу. Это означает, что корреляционные связи предыдущих моделей значимы.

Исходя из статистического ряда «годы – лесная площадь, пройденная пожарами» видим, что:

- лесная площадь пожаров значительно не уменьшается;
- лесная площадь пожаров не зависит от времени.

Проанализируем отдельно зависимость числа случаев возникновения лесных пожаров в зависимости от антропогенного фактора. Для этого доработаем таблицу 3, взяв процент от числа всех случаев лесных пожаров к числу случаев пожаров из-за антропогенного фактора (табл.4) [23].

Таблица 4

Вычисление процента антропогенного фактора возникновения пожара от числа случаев всех пожаров

	2007	2008	2009	2010	2011
Число случаев лесных пожаров	123	156	108	360	91
из них по причинам:					
сельскохозяйственной палы	2	19	41	14	1
по вине граждан	119	137	62	319	82
Итого антропогенный фактор	121	156	103	333	83
	98,37%	100,00%	95,37%	92,50%	91,21%

Возьмем среднее значение признака «Процент антропогенного фактора возникновения пожара». Он равен 95,5%. Это означает, что в 95% случаев пожар возникает по вине человека.

Построим регрессионную модель зависимости «годы – процент антропогенного фактора» (рис.4) [24].

Видим, что процент причин возникновения пожара по вине человеческого фактора с каждым годом снижается, но всего на 2% в год, средний же уровень ряда, как уже отмечалось, составляет 95,5%. Эта статистическая модель значима, так как коэффициент корреляции очень близок 1.

$$r_{xy} = \sqrt{R^2} = \sqrt{0.8519} = 0.923$$

Иначе говоря, верным оказывается утверждение, что только на 2% в год снижается уровень антропогенного фактора от всех случаев лесных пожаров.

Проанализируем также зависимость площади лесных пожаров от количества грозных дней(рис.5) [24].

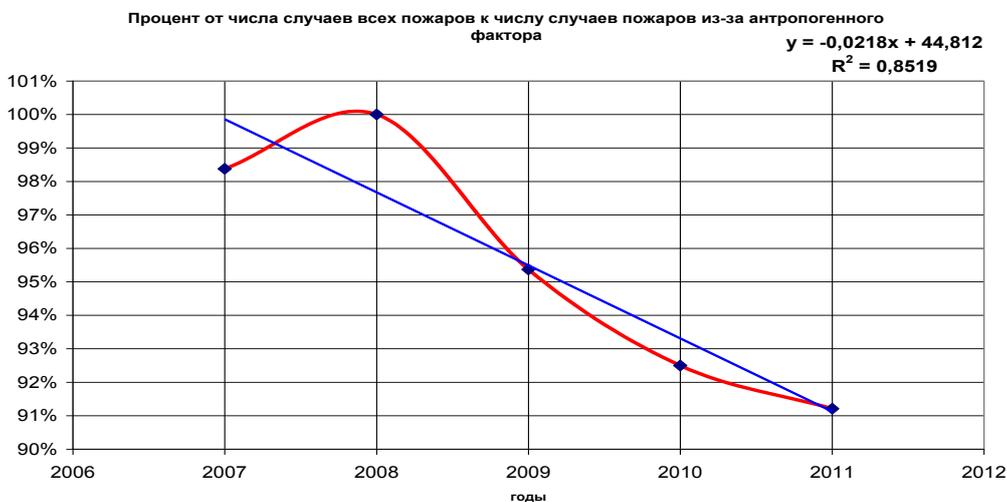


Рисунок 4– График зависимости процента антропогенного фактора от числа всех причин возникновения пожара по годам



Рисунок 5 –График зависимости площади лесных пожаров от количества грозных дней.

Зависимость очень прямая, сильная. Каждый грозной день «добавляет» к площади пожаров в среднем 157 (га). Эта модель строилась в условиях, когда антропогенный фактор также был велик (то есть при другом постоянном входном значении модели), поэтому построим многомерную регрессионную модель, где входными фак-

торами будут являться «процент антропогенного фактора», «среднегодовое число дней с грозой», а результатом фактором «лесная площадь, пройденная пожарами, га» с целью установления совместной связи этой пары признаков на риск возникновения пожара. Сведем исходные данные в таблицу 5 [25].

Таблица 5

Исходные данные для многомерного анализа

Процент антропогенного фактора X	Среднегодовое число дней с грозой Y	Лесная площадь, пройденная пожарами (га) Z
0,9837	19	446
1,0000	21	566
0,9537	23	394
0,9250	32	2333
0,9121	22	540

Получаем следующие результаты (табл.6) (рис.4) [26].:

Таблица 6

Параметры модели «Регрессионная статистика»

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,9574
R-квадрат	0,9166
Нормированный R-квадрат	0,8333
Стандартная ошибка	338,3395
Наблюдения	5

Множественный R — коэффициент корреляции R (близок к 1, связь сильная, прямая, так как R – положительный);

R-квадрат — коэффициент детерминации R²;

Нормированный R - квадрат — нормированное значение коэффициента детерминации, рассчитывается по формуле:

$$R_{нор}^2 = 1 - \left(1 - R^2\right) \frac{n - 1}{n - m - 1}, \quad (10)$$

где n – число наблюдений, m - количество факторных признаков (m=1).

Нормированный R-квадрат не сильно отличается от R-квадрат.

Наблюдения — это число исходных наблюдений (n).

В таблице 7 приведем результаты дисперсионного анализа[27].

F – расчетное значение критерия Фишера. Вычисляется по формуле: $F = MS(\text{регрессия})/MS(\text{остатки}) = 1259040,74/114473,66=11,00$

Коэффициент F значим, если принять уровень значимости больше чем 0,05. Даже при очень высоком уровне значимости 0,05 построенная модель значима.

Коэффициенты – это значения коэффициентов уравнения регрессии, которые представлены в столбце «Коэффициенты» (табл.8) [28].

Таблица 7

Дисперсионный анализ модели

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	2	2518081,48	1259040,74	11,00	0,008
Остаток	2	228947,32	114473,66		
Итого	4	2747028,80			

Таблица 8

Коэффициенты линейной многомерной модели

	Коэффициенты
Y-пересечение	-6337,6896
Процент антропогенного фактора X	3349,8816
Среднегодовое число дней с грозой Y	170,7122

Получаем следующую формулу регрессионной зависимости (11):

$$Z = 3349,8816X + 170,7122 * Y - 6337,6896 \quad (11)$$

Если увеличить процент антропогенного фактора на 0,01, то площадь лесных пожаров увеличивается на $3349,8816/100=33,49$ (га). Если число дней с грозой увеличивается на 1, то площадь лесных пожаров увеличивается на 170,7122 (га).

Используя построенную модель «разыграем» случайную величину Z – площадь лесных пожаров в га. Пусть количество испытаний будет равно 10. Будем вначале задавать значения входных признаков X и Y в интервалах их

фактических данных (от минимального к максимальному значению).

Величина X изменяется на основании фактических данных изменяется от 91,21% к 100%. Y изменяется от 19 до 32 (дней).

Составим расчетную таблицу со случайными X, Y, которые случайно изменяются в фактических интервалах значений, причем Y изменяется значимо (от 19 до 32). Максимальное значение 32 для Y был статистическим «выбросом» в 2010 году, когда было аномально жаркое лето. Это тут же отражается на эксперименте(табл.9) [29]. Средняя полученная площадь лесных пожаров (1105,68 га) больше выведенной средней (855,8 га).

Таблица 9

Разыгранные значения Z (эксперимент 1),

№	X (доля)	Y (дней)	Z (га)
1	0,9290	20	188,68
2	0,9366	20	214,20
3	0,9509	27	1457,04
4	0,9655	30	2017,88
5	0,9997	20	425,35
6	0,9188	29	1690,76
7	0,9446	26	1265,17

№	X (доля)	Y (дней)	Z (га)
8	0,9901	23	905,46
9	0,9736	30	2045,23
10	0,9217	24	847,03
Средние	0,9531	24,9000	1105,68

Таблица 10

Разыгранные значения Z (эксперимент 2),

№	X (доля)	Y (дней)	Z (га)
1	0,9573	23	795,52
2	0,9948	19	238,36
3	0,9935	19	233,82
4	0,9755	23	856,66
5	0,9136	24	819,70
6	0,9538	20	271,59
7	0,9598	22	633,15
8	0,9283	24	869,06
9	0,9173	24	832,27
10	0,9960	23	925,20
Средние	0,9590	22,1000	647,53

Снизим значения Y до среднестатистических от (19 до 25) (эксперимент 2), а процент влияния антропогенного фактора оставим прежним (табл.10) [30].

Когда количество грозных дней в среднем снижается от 25 до 22, процент снижения лесных пожаров достигает: $100\% - 647,53/1105,68 * 100\% = 41,43\%$. Таким образом, погодный фактор оказывает значительное влияние.

Об этом утверждает также построенная одномерная модель «площадь пожара» - «количество грозных дней».

Проведем третий эксперимент. Снова оставим высоким количество грозных дней (от 19 до 32), а процент антропогенного фактора будет изменяться от 0,7 до 0,75 (табл.11) [31].

Таблица 11

Данные эксперимента 3

№	X (доля)	Y (дней)	Z (га)
1	0,7038	24	117,1406
2	0,7486	24	267,2178
3	0,7918	23	241,1006
4	0,7075	28	812,3472
5	0,7329	28	897,2821
6	0,7404	19	0,0000
7	0,7680	27	844,1173
8	0,7596	27	815,9899
9	0,7973	26	771,5269
10	0,7280	30	1222,4580
Средние	0,7478	25,6000	598,9180

Произошло далее снижение площади лесных пожаров на $=100\% - 598,9180/647,53 * 100\% = 7,5\%$.

Дальнейшее снижение антропогенного фактора (от 0,6 до 0,7) приводит к дальнейшему снижению площади

лесных пожаров (хотя погодные факторы остаются неблагоприятными, табл.12) [32].

Дальнейшее снижение антропогенного фактора (от 0,5 до 0,6) приводит к значительному сокращению площади лесных пожаров (табл.13) [32].

Таблица 12

Данные эксперимента 4

№	X (доля)	Y (дней)	Z (га)
1	0,6021	29	629,9652
2	0,6231	25	17,4155
3	0,6503	30	961,9462
4	0,6495	21	0,0000
5	0,6349	26	227,7194
6	0,6229	28	528,9926

№	X (доля)	Y (дней)	Z (га)
7	0,6094	19	0,0000
8	0,6962	24	91,6805
9	0,6611	31	1168,9514
10	0,6511	26	281,9462
Средние	0,6401	25,9000	390,8617

Таблица 13

данные эксперимента 5

№	X (доля)	Y (дней)	Z (га)
1	0,5929	27	257,7400
2	0,5325	25	0,0000
3	0,5315	26	0,0000
4	0,5237	28	196,4297
5	0,5197	20	0,0000
6	0,5768	23	0,0000
7	0,5102	21	0,0000
8	0,5941	30	773,9138
9	0,5865	25	0,0000
10	0,5007	24	0,0000
Средние	0,5469	24,9000	122,8084

Таким образом, лесные пожары относительно легко возникают из-за грозовой активности, но ущерб, наносимый человеком лесным насаждениям, не сравнится с ее влиянием.

Исследовав числовые данные и проанализировав результаты вычислительного эксперимента, можно сделать следующие выводы:

- прирост площади зеленых насаждений в Тверской области составляет 7,7 тыс.га в год и примерно 11% этого прироста уничтожается в ходе пожаров;
- вероятность лесного пожара увеличивается с увеличением количества грозовых дней в году;
- вероятность лесного пожара увеличивается в связи с неблагоприятной деятельностью человека;
- количество зафиксированных лесных пожаров, произошедших по вине человека составляет 95% от общего количества пожаров;
- площадь лесных пожаров не снижается в последние несколько лет.

Если увеличить процент антропогенного фактора на 0,01, то площадь лесных пожаров увеличивается на $3349,8816/100=33,49$ (га). Если число дней с грозой в году увеличивается на 1, то площадь лесных пожаров увеличивается на 170,7122 (га) в год. И это утверждение верно на 95,74% (значение множественного R многомерной регрессионной модели).

Сравнение данных экспериментов 1 и 5 говорит о том, что если грозовая активность останется на прежнем (высоком) уровне и при этом процент антропогенного фактора снизится от 0,95 до 0,55, площадь лесных пожаров уменьшится, чуть ли не в 10 раз.

В связи с этим, исследование, назначением которого является оптимизация математической модели и комплекса программ мониторинга и прогнозирования возникновения природных пожаров на основе имитационного моделирования, является актуальным.

Список использованных источников

1. Canadian Forest Fire Danger Rating System / B. J. Stocks, M.E.Alexander, R. S. Mc Alpine et al. Canadian Forestry service, 1987. 500 p.
2. Н.П. Курбатский, Т.В. Костырина. Национальная система расчета пожарной опасности США. // Сб. «Обнаружение и анализ лесных пожаров». Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1977. с. 38-90.
3. Deeming I.E., Lancaster I.W., Fosberg M.A., Furman R.W., Schroeder M.HI. The National Fire-Danger Rating System. USDA Forest Service Research Paper RM-84 February, 1972. 165 p
4. Garcia Diez E. L., Rivas Soriano L., de Pablo F., Garcia Diez A. Prediction of the daily number of forest fires// Int. J. Wildland Fire. 1999. V. 9, N3. P. 207—211.
5. Viegas D. X., Bovio G., Ferreira A. etal. Comparative study of various methods of fire danger evaluation in Southern Europe// Ibid. 1999. V. 10, N 4. P. 235—246.
6. Нестеров В.Г. Горимость леса и методы ее определения. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 76 с.
7. Гришин А.М., Барановский Н.В. Сравнительный анализ простых моделей сушки слоя ЛГМ, включая данные экспериментов и натуральных наблюдений //Инженерно-физический журнал, 2003, Т. 76. № 5, С. 166-169.
8. Гришин А. М., Фильков А. И. Прогноз возникновения и распространения лесных пожаров. Кемерово: Практика, 2005. 202 с.
9. Гришин А. М., Катаева Л. Ю., Лобода Е. Л. Математическое моделирование сушки слоя лесных горючих материалов // Вычислительные технологии, 2001- Т. 6, ч. 2. С. 140—144.
10. Субботин А.Н. Математическая модель распространения низового лесного пожара // Пожарная безопасность. 2008. - № 1. - С. 109-116.

11. Перминов В.А. Математическое моделирование распространение плоского фронта верхового лесного пожара // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11. С. 108-115.
12. Гришин А.М., Перминов В.А. Переход низового лесного пожара в верховой // Физика горения и взрыва. 1990. Т.26, № 6. С. 27-35.
13. Кулеш Р.Н., Субботин А.Н. Зажигание торфа внешним локальным источником тепла // Пожаровзрывобезопасность. 2009. - Т. 18, № 4. -С. 13-18.
14. Preisler H. K., Brillinger D. R., Burgan R. E., Benoit J.W. Probability based models for estimation of wildfire risk // Int. J. Wildland Fire. 2004. V. 13, N2. P. 133—142.
15. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении: Учеб. пособие. –М. Дело, 2000. – 440 с.
16. Джефферс Д. "Введение в системный анализ: применение в экологии", М., 1981
17. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва «Высшая школа», 2008.
18. Гришин А.М. Экспериментальная проверка эффективности действия дезинтегратора ДНЛП на фронт низового лесного пожара / А.М. Гришин, В.П. Зима, В. И. Самойлов // Материалы международной конференции Томск: изд-во ТГУ, 1999. С.48-53.
19. Горстко А.Б., Домбровский Ю.А., Сурков Ф.А. Модели управления эколого-экономическими системами. М., 1984.
20. Гришин А.М. Моделирование и прогноз катастроф: Часть2: Учебное пособие. Кемерово: Изд-во «Практика», 2005. — 562 с.
21. Заславский Б.Г., Полуэктов Р.А. Управление экологическими системами. М..1988
22. Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Математические модели биологических продукционных процессов. М., Изд. МГУ, 1988
23. Франс Дж., Торнли Дж. «Математические модели в сельском хозяйстве», М., 1987
24. http://www.region.tver.ru/region/region_forest.html
25. Shikin E.V., Chhartishvili A.G. Matematicheskie metody i modeli v upravlenii: Ucheb. posobie. –M. Delo, 2000. – 440 s.
26. Djeffers D."Vvedenie v sistemny analiz: primenenie v ekologii", М., 1981
27. Gorstko A.B., Dombrovski Ju.A., Surkov F.A. Modeli upravleniia ekologo-ekonomicheskimi sistemami. М., 1984.
28. Zaslavski B.G., Poluektov R.A. Upravlenie ekologicheskimi sistemami. М..1988.
29. Riznichenko G.Iu., Rubin A.B. Matematicheskie modeli biologicheskikh produkcionnyh processov. М., Izd. MGU, 1988.
30. Gmurman V.E. Teoriia veroiatnoste i matematicheskaia statistika. Mo-skva «Vysshaia shkola», 2008.
31. Frans Dj., Tornli Dj. «Matematicheskie modeli v selskom hoziastve», М., 1987.
32. http://www.region.tver.ru/region/region_forest.html

ОЦЕНКА ПАРЦИАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕХОДА УГЛЕРОДА ПРИ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКЕ*

Вотинова Екатерина Борисовна

старший преподаватель, кафедры «Технология сварочного производства», Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Шалимов Михаил Петрович

проф., доктор техн. наук, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

THE ESTIMATION OF THE PARTIAL CONVERSION FACTORS OF CARBON WITH THE MANUAL ARC WELDING

Votinova Ekaterina, the instructor of department "technology of welding engineering", Ural federal university, Ekaterinburg
Shalimov Mikhail, the professor, the doctor of the technical sciences, Ural federal university, Ekaterinburg

АННОТАЦИЯ

В работе приводится методика оценки парциальных коэффициентов перехода при ручной дуговой сварке, а также зависимость парциальных коэффициентов углерода при наплавке электродами основного типа.

ABSTRACT

In the work is given the procedure of the estimation of partial conversion factors with the manual arc welding, and also the dependence of the partial coefficients of carbon with the hard-facing by basic type electrodes.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка; коэффициент перехода элемента; расчет состава металла шва.

Keywords: arc welder; coefficient of transition elements; calculation of the weld metal.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, контракт № Н979.425.002/14 «Исследование физических и химических процессов в зоне сварки для создания научных основ оптимизации технологий и разработки материалов»*

Состав наплавленного металла определяется усредненными коэффициентами перехода элементов, а последний зависит от множества физико-химических

процессов, протекающих в зоне сварки. Характер и полнота протекания реакции связаны с такими параметрами режима сварки, как мощность дуги и диаметр электрода.

В связи с этим, была поставлена задача разработать методику определения парциальных коэффициентов перехода элементов, т.е. коэффициентов перехода на каждой стадии нагрева и плавления, и их зависимости от параметров режима сварки.

Общий коэффициент перехода элемента показывает, какая доля элемента теряется в процессе сварки [1]. При плавлении электрода протекают следующие процессы в дуговом промежутке:

- плавление стержня электрода и формирование капель металла;
- плавление металлической части покрытия электрода (ферросплавов) и формирование капель металла;
- плавление неметаллической части покрытия электрода (оксидов, органических соединений) и формирование капель шлака;
- удаление газообразных компонентов из зоны сварки;
- восстановление металлических компонентов из оксидов шлака.

В соответствии с выделенными процессами, протекающими при плавлении электрода, введем следующие обозначения:

$K_1^{Э_i}$ – доля массы компонента Э_i металлической части покрытия электрода, окисляемой газом и шлаком;
 $K_2^{Э_i}$ – доля массы компонента Э_i металла стержня, окисляемой газом и шлаком;

$K_3^{Э_i}$ – доля массы оксида компонента Э_i неметаллической части шихты (покрытия), переходящей в металл в результате реакций восстановления на стадии капли.

Введем уравнения связывающие величины $K_1^{Э_i}$, $K_2^{Э_i}$ и $K_3^{Э_i}$ с парциальными коэффициентами перехода $\eta_{Э_i}$:

$$1 - K_1^{Э_i} = \eta_{Э_i}^{\phi}, \tag{1}$$

$$1 - K_2^{Э_i} = \eta_{Э_i}^{ст}, \tag{2}$$

$$K_3^{Э_i} = \eta_{Э_i}^{ш}, \tag{3}$$

где $\eta_{Э_i}^{ст}$, $\eta_{Э_i}^{\phi}$, $\eta_{Э_i}^{ш}$ - парциальные коэффициенты перехода элемента Э_i в наплавленный металл из стержня, ферросплавов и шлака, соответственно.

В связи с этим можно предположить, что общий (усредненный) коэффициент перехода имеет следующую взаимосвязь с парциальными коэффициентами:

$$\eta_{Э_i} = a\eta_{Э_i}^{ст} + b\eta_{Э_i}^{\phi} + c\eta_{Э_i}^{ш} = a(1 - K_1^{Э_i}) + b(1 - K_2^{Э_i}) + cK_3^{Э_i}, \tag{4}$$

где a, b, c - доли участия электродного стержня, ферросплавов и восстановленного из шлака металла в наплавленном металле; $\eta_{Э_i}$ – общий, усредненный коэффициент перехода элемента Э_i.

Определение парциальных коэффициентов перехода заключается в решении системы уравнений с тремя неизвестными (5).

$$\left\{ \begin{aligned} &\eta_{Э_i} = a\eta_{Э_i}^{ст} + b\eta_{Э_i}^{\phi} + c\eta_{Э_i}^{ш} = a(1 - K_1^{Э_i}) + b(1 - K_2^{Э_i}) + cK_3^{Э_i}, \tag{5} \\ &m_{Э_i} = m_{эл} \frac{1 - K_{пот}}{1 + K_{мп}} \times \\ &\times \left\{ \frac{[Э_i]_{ст}}{100} (1 - K_2^{Э_i}) + \frac{K_{мп}}{1 + \frac{\alpha\beta}{100}} \left(\sum_{k=1}^k \frac{\% фер_k}{100} \frac{[Э_i]_k}{100} (1 - K_1^{Э_i}) + \sum_{j=1}^j \frac{\% j}{100} \frac{(Э_{in} O_m)_j}{100} + \frac{\alpha\beta}{100} \frac{(Э_{in} O_m)_{св}}{100} \right) \frac{M_{Э_i}}{M_{Э_{in} O_m}} K_3^{Э_i} \right\} \\ &m_{Э_{in} O_m} = \frac{m_{эл}(1 - K_{пот})}{1 + K_{мп}} \times \\ &\times \left\{ \frac{[Э_i]_{ст}}{100} \frac{M_{Э_{in} O_m}}{M_{Э_i}} K_2^{Э_i} + \frac{K_{мп}}{1 + \frac{\alpha\beta}{100}} \left(\sum_{k=1}^k \frac{\% фер_k}{100} \frac{[Э_i]_k}{100} \frac{M_{Э_{in} O_m}}{M_{Э_i}} K_1^{Э_i} + \left(\sum_{j=1}^j \frac{\% j}{100} \frac{(Э_{in} O_m)_j}{100} + \frac{\alpha\beta}{100} \frac{(Э_{in} O_m)_{св}}{100} \right) (1 - K_3^{Э_i}) \right) \right\} \end{aligned} \right.$$

где $m_{Э_i}$ – масса элемента Э_i в данном объеме металла, кг;
 $m_{эл}$ – масса электрода, кг; $K_{пот}$ – коэффициент потерь, учитывающий испарение компонентов и разбрызгивание металла; $K_{мп}$ – коэффициента массы покрытия; $[Э_i]_{ст}$ – концентрация компонента Э_i в стержне электрода, мас.%;
 $\% фер_k$ – концентрация ферросплава k в покрытии электрода, мас.%; $[Э_i]_k$ – концентрация компонента Э_i в ферросплаве k, мас.%; $\% j$ – концентрация минерала j в покрытии электрода, мас.%; $(Э_{in} O_m)$ – концентрация оксида Э_iinO_m в минерале j, мас.%; $(Э_{in} O_m)_{св}$ – концентрация оксида Э_iinO_m в жидком стекле, мас.%; $M_{Э_i}$ – атомная масса

элемента Э_i, кг/моль; $M_{Э_{in} O_m}$ – молекулярная масса оксида Э_iinO_m, кг/моль; $m_{Э_{in} O_m}$ – масса оксида Э_iinO_m в шлаке, кг; α - содержание связующего (жидкого стекла) в покрытии электрода, мас.%; β - массовая доля сухого остатка связующего.

Массу компонента в металлической или шлаковой ванне определяем следующим образом.

$$m_{Э_i} = \frac{m_{св. ванны} \cdot [Э_i]_{распл}}{100} \tag{6}$$

$$m_{Э_{in} O_m} = \frac{m_{шлак. ванны} \cdot (Э_{in} O_m)_{распл}}{100} \tag{7}$$

где $m_{\text{св.ванны}}$ – масса сварочной ванны, кг; $[Э]_{\text{распл}}$ – концентрация компонента Эi в расплаве (сварочной ванне), мас.%; $m_{\text{шлак.ванны}}$ – масса шлаковой ванны, кг; $(ЭiO_m)_{\text{распл}}$ – концентрация оксида ЭiO_m в шлаке (шлаковой ванне), мас.%.
 Для решения системы уравнений (5) необходимы следующие справочные: коэффициент массы покрытия; концентрация компонента Эi в стержне электрода; концентрация ферросплава k в покрытии электрода; концентрация компонента Эi в ферросплаве k; концентрация минерала j в покрытии электрода; концентрация оксида ЭiO_m в минерале j; атомная масса элемента Эi; молекулярная масса оксида ЭiO_m; масса оксида ЭiO_m в шлаке; содержание связующего (жидкого стекла) в покрытии электрода; массовая доля сухого остатка связующего

и экспериментальные данные: масса сварочной ванны; концентрация компонента Эi в расплаве; коэффициент потерь; масса шлаковой ванны; масса расплавленного электрода; концентрация оксида ЭiO_m в шлаке.
 Для получения экспериментальных данных были проведены опыты на электродах с основным типом покрытия марки УОНИ 13/55 диаметром 3 и 4 мм.
 Эксперименты показали, что изменение масс сварочной и шлаковой ванн при варьировании параметров режима достаточно хорошо коррелирует с мощностью дуги [2].

$$m^3_{\text{св.ванны}} = 74,37 - 2,95P \quad (8)$$

$$m^4_{\text{св.ванны}} = 85,80 - 2,95P \quad (9)$$

$$m^3_{\text{шлак.ванны}} = 19,18 - 0,95P, \quad (10)$$

$$m^4_{\text{шлак.ванны}} = 21,66 - 0,95P \quad (11)$$

где P – мощность дуги, кВт

Кроме того, статистическая обработка экспериментальных данных показала, что целесообразно оперировать понятием «плотность мощности», т.е. ввести единый

показатель, связывающий мощность дуги и диаметр электрода. В этом случае зависимость парциальных коэффициентов перехода имеет линейный характер.

После проведения расчетов были выведены регрессионные уравнения, связывающие парциальные коэффициенты перехода углерода с плотностью мощности.

$$\eta_c^1 = 0 \quad (12)$$

$$\eta_c^2 = 1,443 - 2,17 \frac{P}{S} \quad (13)$$

$$\bar{\eta}_c^{\text{н.м.}} = 1,20 - 1,61 \frac{P}{S} \quad (14)$$

$$\bar{\eta}_c^{\text{шов}} = 0,8 + 0,39 \frac{P}{S} \quad (15)$$

где η_c^1 – коэффициент перехода углерода из металлической части покрытия электрода, η_c^2 – коэффициент пере-

хода углерода из стержня электрода, $\bar{\eta}_c^{\text{н.м.}}$ – усредненный коэффициент перехода углерода в наплавленный металл, $\bar{\eta}_c^{\text{шов}}$ – усредненный коэффициент перехода углерода в сварной шов.

Разработанная методика позволяет оценивать парциальные коэффициенты перехода элементов в зависимости от параметров режима. Дальнейшие расчеты позволят вывести зависимости коэффициентов перехода на другие элементы, а также рассматривать вопрос о распространении данных зависимостей на электроды с другим типом покрытия.

Список литературы

1. Вотинова Е.Б., Шалимов М.П. Разработка методики расчета состава металла шва при сварке покрытиями электродами или порошковой проволокой. // Сварка и диагностика, № 5, 2011. С. 31-35.
2. Вотинова Е.Б., Шалимов М.П., Разинов Н.М. Методика определения парциальных коэффициентов перехода элементов при ручной дуговой сварке. // Сварка и диагностика, № 1, 2012. С. 28-31.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СЛОЯ ТРЕХСЛОЙНОГО АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ

Надилов Казим Садыкович

докт. х. наук, профессор Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан, г. Шымкент

Жантасов Манап Курманбекович

Бимбетова Гульмира Жанкабыловна

канд. т. наук, доценты Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан, г. Шымкент

Орынбасаров Арсланбек Калдыкулович

канд. х. наук, доцент Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан, г. Шымкент

INVESTIGATION OF MIDDLEWARE THREE-LAYER ANTI-CORROSION COATINGS

Nadirov Kazim, Doctor of Chemistry, professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent
 Zhantassov Manap, Candidate of tech. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

Bimbetova Gulmira, Candidate of tech. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

Orynbasarov Arslanbek, Candidate of Chem. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University Republic of Kazakhstan, Shymkent

АННОТАЦИЯ

Разработан состав промежуточного слоя трехслойного антикоррозионного покрытия для защиты нефтепроводов (на основе госсиполовой смолы, полиэтилена, сэвилена, вермикулита) и исследованы его свойства.

ABSTRACT

Developed a three-layer structure of the intermediate layer anticorrosion coating to protect oil pipelines (based on gossipolovoy resins, polyethylene, sevilene, vermiculite) and its properties are investigated.

Ключевые слова: госсиполовая смола, полиэтилен, сэвилен, вермикулит, адгезия, промежуточный слой, полимерное трехслойное покрытие, коррозия.

Keywords: gossypol resin, polyethylene, Sevilene, vermiculite, adhesion, an intermediate layer, three-layer polymeric coating of corrosion.

Полимерный адгезионный подслоя (клей-расплав) служит промежуточным слоем в конструкции трехслойного покрытия труб для защиты от коррозии. Его функции состоят в обеспечении сцепления (адгезии) между наружным полиэтиленовым слоем и внутренним эпоксидным слоем. В Казахстане доступным сырьем для таких клеев-расплавов являются только сэвилен. Учитывая ранее полученные положительные результаты [1] по применению смесевых сэвиленовых композиций в качестве адгезивов по металлу и жидкой эпоксидной грунтовке, представляет интерес изучить возможность их использования в качестве адгезива в трехслойном покрытии, включающем внутренний слой - праймер.

Целью данного исследования является разработка состава промежуточного слоя трехслойного антикоррозионного покрытия для защиты нефтепроводов на основе госсиполовой смолы, полиэтилена, сэвилена, вермикулита и исследование его свойств. В результате исследований предполагается повысить механические характеристики композиции, адгезионную способность покрытия к стали, расширить спектр применяемых смол для получения полимерных антикоррозионных композиций, снизить расход дорогих компонентов, т.к. госсиполовая смола имеет низкую стоимость. Госсиполовая смола (ОСТ 1-114-73) – это отход производства хлопкового масла из семян хлопчатника (гудрон дистилляции жирных кислот), однородная вязкотекучая масса от темно-коричневого до черного цвета. В госсиполовой смоле содержится от 52 до 64 % сырых жирных кислот и их производных, остальная часть - продукты конденсации и полимеризации госсипола и его превращений, образующиеся при извлечении масла, главным образом, в процессе дистилляции кислот из мыластоков. Выделенная из госсиполовой смолы жирная часть (ЖЧГС) имеет темно-коричневый цвет, удельный вес - 0,981т/м³, кислотное число -112,8 мг КОН/г, число омыления - 228,3 мг КОН/г, эфирное число - 155,43 мг КОН/г, йодное число – 1,44 г I₂/100 г, температура застывания – 57оС. Для установления жирнокислотного состава жирной части смолы применялся метод газожидкостной хроматографии. Результаты анализа показали, что в составе жирной фракции содержатся 11 ЖК, в основном, ненасыщенные - 7 кислот (86,8 мас.д., %), преимущественно линолевая (30,5 мас. д., %) и олеиновая кислоты (26,5 мас. д., %) [2].

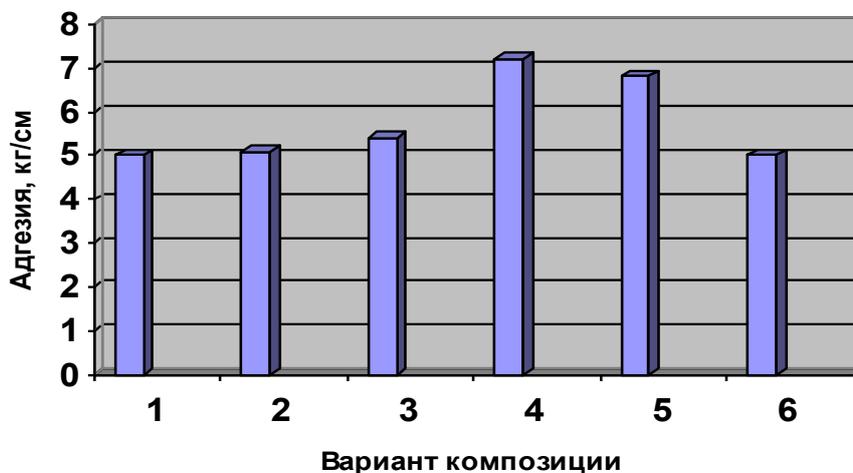
Основной сложностью выбора оптимальной технологии и компонентов композиции, обеспечивающих требуемую адгезию, является отсутствие объективного количественного критерия оценки некоторых параметров

нанесения, например, чистоты поверхности подложки, степени ее активации и др. На практике часто приходится сталкиваться со сложными системами нескольких пленок, вступающих в адгезионный контакт. В нашем случае - это трехслойное покрытие труб нефтепроводов. Считается, что адгезионная прочность системы тел определяется слабейшей границей. Важно, что слабейшими могут быть различные границы в зависимости от условий отрыва. Исходя из вышеизложенного и основываясь на основных положениях существующих теорий, нами предпринята попытка создания промежуточного слоя с повышенной адгезионной способностью. Поставленная при этом техническая задача – это повышение сдвигающего напряжения при отрыве адгезионного состава промежуточного слоя от внутреннего слоя - праймера и от слоя разработанного композита, образующего внешний слой, с низкой поверхностной энергией. В настоящее время разработано большое число адгезионных композиций на основе сополимера этилена с винилацетатом. Недостатком их является недостаточно высокая адгезионная прочность к металлам при сдвиге и отслаивании, а также высокое содержание дорогих смол различной природы (35-55 мас.%).

Предлагаемая композиция имеет состав масс. %: полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) - 69-78, сополимер этилена с винилацетатом (сэвилен, СЭВА) марки 11104-030 -7 - 9; госсиполовая смола ОСТ 1-114-73 – 10-15, вермикулит вспученный (ВВ) по ГОСТ 12865-67 (0,6) – 5-7. Нами для исследований выбран ПЭНП - низкомолекулярный дешевый полиэтилен Шуртанского газо-химического комплекса, в котором отсутствовал стабилизатор, т.к. перспективы улучшения его свойств более целесообразны. Новым в композиции является: использование госсиполовой смолы, обеспечивающей стабилизацию полиэтилена за счет содержания госсипола и повышение механических характеристик композиции, и минерального наполнителя - вермикулита вспученного, способствующего усилению взаимодействия полимерной матрицы со сталью. По сравнению с аналогичными составами содержание дорогого компонента – сэвилена снижено с 62- 90 масс. % до 7 - 9%. Высокие технические характеристики заявляемой композиции можно объяснить за счет возникновения синергетического эффекта между госсиполовой смолой и вермикулитом вспученным, т.к. по отдельности эти компоненты композиции дают минимальный эффект, равно как и применение других минеральных наполнителей, типа талька, слюды (рисунок 1). Вермикулит - минерал из

группы гидрослюд, имеющих слоистую структуру, благоприятную для многих физических и химических, в том числе синергетических, взаимодействий. Он биологиче-

ски стоек - не подвержен разложению и гниению под действием микроорганизмов, не является благоприятной средой для насекомых и грызунов, а также химически инертен - нейтрален к действию щелочей и кислот.



Состав, мас. %: 1- сополимер этилена с винилацетатом – 62 – 90, тальк - 1-10, γ -аминопропилэтоксисилан - 1-5, канифоль - 5-20, слюда - 1-3 (прототип); 2 - ПЭНП - 78, СЭВА – 7; госсиполовая смола– 15; 3 - ПЭНП - 78, СЭВА - 15; ВВ – 7; 4 - ПЭНП- 78, СЭВА - 7; госсиполовая смола– 10, ВВ – 5; 5 - ПЭНП- 78, СЭВА- 7; ЖЧГС– 10, ВВ – 5; 6 - ПЭНП- 78, СЭВА- 7; ЖЧГС– 10, тальк – 5.

Рисунок 1. Влияние состава композиции на величину адгезии к стали

Поверхность наполнителя - вермикулита имеет повышенную дефектность, и это предопределяет наличие активных центров на поверхности наполнителя, способных к образованию физических связей типа водородных с полимерной матрицей: полиэтилен + СЭВА. Таким образом, вермикулит упрочняет композицию, повышает ее теплостойкость. В госсиполовой смоле содержится от 52 до 64 % сырых ЖК и их производных, остальная часть - продукты конденсации и полимеризации госсипола и его превращений. Существование госсипола в виде трех таутомерных форм — нафтил-альдегидной, или основной, нафталон-карбинольной и нафталин-лактольной [2] – предполагает образование не менее 4 внутримолекулярных циклов: двух пяти-членных $\text{OH}\dots\text{OH}$ (1,1') и двух шестичленных $\text{OH}\dots\text{O}=\text{C}$ (2,2'). Вследствие этого химическое строение госсипола предопределяет его активность как синергетика. Как показали исследования, синергетическое действие госсипола обусловлено присутствием четырех гидроксильных групп в положении 6,6' и 7,7'. Альдегидные группы в молекуле госсипола усиливают этот эффект. Следует отметить, что при адгезии полимера к металлу роль химической природы адгезива оказывается решающей. Причем важно, чтобы адгезив не просто содержал в определенном количестве полярные группы, а чтобы эти группы обладали способностью вступать в интенсивное взаимодействие с поверхностными группами субстрата, например, выполняли роль доноров электронов. Кроме того, различные химические связи могут возникать между поверхностью металла, покрытой гидратированной окисной пленкой, и функциональными группами полимеров и госсипола. Влияние других компонентов госсиполовой смолы и степень их участия в образовании синергетического эффекта в предлагаемой композиции дополнительно исследуется. Установлено значитель-

ное изменение кристалличности композиции в зависимости от состава, особенно в присутствии госсиполовой смолы или ЖЧГС. В настоящее время исследуется совместимость компонентов состава, энтропия их смешения и адгезия в межфазной области. Физико-химические исследования структуры и свойств композиций (ударная прочность, стойкость к растрескиванию, эластичность и морозостойкость) показывают, что влияние госсипола в индивидуальном виде значительно ниже, чем нативной госсиполовой смолы.

В результате многочисленных экспериментов и математической оптимизации с использованием алгебраического языка моделирования LINGO были определены границы существования оптимальных составов композиций на основе ПЭНП, СЭВА, госсиполовой смолы и вермикулита. Разработан метод приготовления состава адгезионного слоя и испытаны некоторые его свойства. Известно, что многие модификаторы химически взаимодействуют с наполнителем и матрицей, поэтому их лучше вводить во время переработки, например, во время экструзии. Применение метода экструзии обеспечивает важные преимущества, которые заключаются в совмещении в одном экструдере ряда процессов: диспергирования, перемешивания, гомогенизации, термической обработки (охлаждения) и т.д. и в непрерывности и высокой производительности процесса. Приготовление композиции осуществляется следующим образом. Смешение ведут в экструдере при нагревании до 110-120 $^{\circ}\text{C}$, куда первоначально подают полиэтилен, сэвilen, затем добавляют вермикулит вспученный и госсиполовую смолу. По мере продвижения композиции к зоне выгрузки экструдера происходит ее смешение и нагрев. После получения гомогенной смеси происходит ее выгрузка из экструдера при 130 - 140 $^{\circ}\text{C}$.

В таблице 1 приведены свойства полученных композиций, нанесенных на стальные трубы диаметром 820 мм (марка стали СТ17Г1С(К-52), ГОСТ 20295-85), проверенные в условиях повышенной влажности в сильноокислых средах. Механические характеристики и деформационно-прочностные свойства композиций находятся на стадии исследования, но предварительные испытания показывают перспективность дальнейшей разработки данного состава.

Оптимальное соотношение компонентов наблюдается для состава №3, при этом допустимы изменения концентраций в заявленных пределах (пример №1 и №2), но температура расплава на выходе из экструдера должна

составлять 130 - 140оС. При повышении содержания сэвилена выше 9 мас % и понижении меньше 7 масс.% снижаются все показатели. При повышении содержания госсиполовой смолы выше 15% снижает все прочностные свойства композиции, кроме того композиция долгое время не отвердевает, а снижение менее 10% значительно уменьшает адгезию и температуру хрупкости. Введение в полимер госсиполовой смолы облегчает достижение контакта между адгезивом и субстратом, снижаются остаточные напряжения, но в тоже время ухудшаются прочностные свойства композита. Повышение содержания вермикулита более 7% снижает температуру хрупкости, а уменьшение концентрации ниже 5% снижает адгезию к металлу и коррозионную стойкость.

Таблица 1

Данные испытаний адгезионной композиции

Основные показатели свойств покрытий	Номер примера					Норма по ГОСТ Р 51 164
	1	2	3	4	5	
1. Исходная адгезия к стали, кг/см, при температурах испытаний: 20±5 °С	6,0	7,0	8,3	3,0	2,5	От 3,5 до 5,0
60±3 °С	1,0	1,2	2,0	0,8	0,9	От 0,9 до 1,2
2. Адгезия покрытия к стали, кг/см, после 1000 ч. испытаний в воде при температурах: 20±5 °С	4,4	4,7	5,0	3,6	3,1	От 3,0 до 3,5
60±3 °С	3,9	4,0	4,5	2,6	2,4	От 3,0 до 3,5
3. Площадь катодного отслаивания, см ² , после испытаний при температурах: 20±5 °С	2,0	2,0	3,0	9,0	6,0	Менее 5,0
40±3 °С	3,5	2,5	3,5	12,5	8,5	Менее 10,0
60±3 °С	5,5	4,5	5,5	13,5	13,5	Менее 15,0
4. Ударная прочность, Дж/мм толщины покрытия, при 20 °С	5,5	5,8	5,4	4,0	3,1	5,0
5. Стойкость к растрескиванию под напряжением, час	1200	1320	1300	800	600	Не менее 1000
6. Коррозионная стойкость (набухание в грунтовых водах), % начальная	0,16	0,09	0,14	0,21	0,19	-
через 60 суток	0,18	0,12	0,10	0,22	0,22	-

Таким образом, разработанный состав позволяет осуществить эффективную защиту нефтепроводов, которые эксплуатируются в условиях большой влажности, при этом разработанная композиция обеспечивает использование дешевого местного сырья (в том числе отходов, ухудшающих экологическую обстановку) с одновременным достижением повышенных механических характеристик, коррозионной стойкости и адгезионной способности покрытия. Проведенные исследования свидетельствуют также о том, что возможно дальнейшее улучшение эксплуатационных качеств промежуточного слоя путем тщательной оценки вклада каждого из компонентов смеси в

структурные особенности и деформационно-прочностные характеристики композита.

Литература

1. Хузаханов Р.М. Свойства химически сшитых смесей ПЭВД + СЭВА / Р.М. Хузаханов, Я.В. Капицкая // Интенсификация химических процессов переработки нефтяных компонентов: Сб. науч. тр. КГТУ. Казань. - Нижнекамск: ИПЦ, - 2004. - № 6. - С.38- 42.
2. Глушенкова А.И., Назарова И.П. Госсипол, его производные и их использование.- Ташкент: Фам, - 1993.- 78 с.

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА ОКСИЭТИЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Надилов Казим Садыкович

докт. х. наук, профессор Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан, г. Шымкент

Жантасов Манап Курманбекович

Бимбетова Гульмира Жанкабыловна

канд. т. наук, доценты Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан, г. Шымкент

Орынбасаров Арсланбек Калдыкулович

канд. х. наук, доцент Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан, г. Шымкент

JUSTIFICATION OF SYNTHESIS ETHOXYLATED FATTY ACID DERIVATIVES

Nadirov Kazim, Doctor of Chemistry, professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

Zhantassov Manap, Candidate of tech. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

Bimbetova Gulmira, Candidate of tech. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

Orynbasarov Arslanbek, Candidate of Chem. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent

АННОТАЦИЯ

Проведены обзор литературных данных и экспериментальные исследования для обоснования условий синтеза оксиэтилированных жирных кислот госсиполовой смолы. В результате выбраны основные параметры проведения процесса.

ABSTRACT

A review of the literature data and experimental studies to justify the conditions of synthesis of ethoxylated fatty acids gossypol resin. As a result, the basic parameters of the selected process.

Ключевые слова: оксиэтилирование, жирные кислоты, госсиполовая смола, условия синтеза, состав побочных продуктов.

Keywords: oxyethylation, fatty acids, gossypol resin, synthesis conditions, the composition of the by-products.

Оксиэтилированные жирные кислоты (ОЖК) получают обычно путем присоединения оксида этилена к соответствующим жирным кислотам (ЖК). Реакция оксиэтилирования достаточно хорошо изучена и широко применяется в промышленном органическом синтезе [1,2]. Выбор исходного сырья определяет технико-экономические показатели процесса, т.к. в настоящее время используемое сырье для производства ПАВ является труднодоступным из-за своей дороговизны или сложности получения и наиболее эффективно использовать местное сырьё, побочные продукты или отходы производства. При рациональном подходе отходы производства можно превратить в ценные продукты. Утилизация госсиполовой смолы – отхода производства хлопкового масла – способствует комплексному решению как экологических, так и экономических вопросов, так как на её основе можно получить ряд ценных продуктов. Учитывая потенциал масложировых предприятий юга Казахстана, задача эффективной переработки вторичных ресурсов масложировой промышленности, в частности, госсиполовой смолы, выходит за рамки отрасли и приобретает государственное значение.

Цель исследования - обоснование и выбор условий синтеза оксиэтилированных жирных кислот госсиполовой смолы. Реакция оксиэтилирования очищенных ЖК, выделенных из госсиполовой смолы, реализуется впервые [3], поэтому обоснование и выбор методик, способа и условий оксиэтилирования проведены на основании собственных предварительных лабораторных исследований

и имеющихся литературных данных. В ходе реакции постоянно осуществлялся контроль за изменением концентрации ЖК. Расчет выполняли с использованием программ «STATISTICA» для обработки данных и «OXIET-12», чтобы рассчитать среднюю степень оксиэтилирования в зависимости от температуры и времени реакции и другие параметры реакции.

Оксиэтилированные ЖК в промышленности получают действием этиленоксида или этерификацией ЖК полиэтиленгликолями. В первом случае реакцию обычно проводят при 120-200°C и 0,2-0,8 МПа в присутствии оснований (KOH, NaOH, CH₃ONa, R₃N); реакция протекает через образование комплексов кислоты с этиленоксидом или кислоты с её солью. Побочные продукты - полигликолевые эфиры ЖК, моно- и диэфиры этиленгликоля, полиэтиленгликоли. Использование в качестве катализаторов третичных аминов позволяет подавить образование побочных продуктов лишь на стадии образования моноэфира (его содержание в реакционной среде достигает 90-98%) [4,5]. Гетерогенность реакционной системы обуславливает невысокую конверсию исходных реагентов и образование достаточно большого количества побочных продуктов. В условиях промышленного синтеза это увеличивает расходные коэффициенты по сырью и снижает производительность реактора по целевому продукту. Периодические методы более распространены вследствие простоты технологии, но непрерывные методы дают возможность добиться высокой производительности, однако

надо следить за тем, чтобы выделяющееся тепло не приводило к повышению температуры и к любым побочным реакциям. Важным преимуществом интенсивных методов проведения периодических и непрерывных процессов оксиэтилирования является возможность утилизации большого количества выделяющегося тепла для получения технологического пара. Анализ литературных данных показал, что в настоящее время существуют альтернативные варианты аппаратно-технологического оформления процесса оксиэтилирования. Они базируются на двух принципиальных способах ведения процесса: в гетерофазных (газ – жидкость и газ – жидкость – твердое тело) и гомофазных (жидкость – жидкость) условиях [4-6].

Суммарная реакция конденсации оксида этилена с ЖК протекает через образование промежуточного комплекса. Гидрофильной составляющей всех неионогенных ПАВ являются полиэтиленгликолевые цепи, полученные посредством последовательного присоединения оксида этилена к гидрофобной составляющей по месту подвижного атома водорода. Выход продукта зависит от комплекса факторов: природы стартового вещества, типа катализа, температуры процесса, мольного соотношения реагентов. Такая реакция может протекать без катализатора, при кислотном и основном (нуклеофильном) катализе. Механизм реакции оксиэтилирования в присутствии кислотных и щелочных катализаторов различен. Полученные группировки способны к дальнейшему присоединению молекул этиленоксидов. В результате происходят последовательно-параллельные реакции с образованием продуктов всё более высокой степени оксиэтилирования. Именно так получают неионогенные ПАВ с длинной цепочкой оксиэтильных групп. При дальнейшем развитии последовательно-параллельных реакций образуются полимеры высокой молекулярной массы. Продукты оксиэтилирования состоят из большого числа полимергомологов. Состав образующихся продуктов и селективность процесса по целевому продукту зависят от отношения констант скорости последовательных стадий и от соотношения реагентов.

Как рассчитано нами, при оксиэтилировании ЖК госсиполовой смолы полученные результаты описываются известным уравнением, которое характеризует дифференциальную селективность по первому промежуточному продукту:

$$\varphi_B = 1 - \frac{k_2}{k_1} \cdot \left[\frac{ACH_2 - CH_2O^-}{A^-} \right] = 1 - \frac{G_2}{G_1} \left(\frac{k_2}{k_1} \right)^\alpha \cdot \left[\frac{ACH_2 - CH_2OH}{AH} \right] \quad (1)$$

где k_2/k_1 - отношение кислотностей первого продукта и исходной модельной смеси жирных кислот, G и α – постоянные уравнения Бренстеда.

Из наклона полученных прямых рассчитаны значения α , которые составили: при нуклеофильном катализе – 0,71, при некаталитической реакции – 0,19, при кислотном катализе – 0,11. Расчеты констант скоростей (k) реакций получения оксиэтилированного продукта при разных температурах проводили по степенному кинетическому уравнению при $n=1$ (kI), $n=2$ (kII), $n=3$ (kIII):

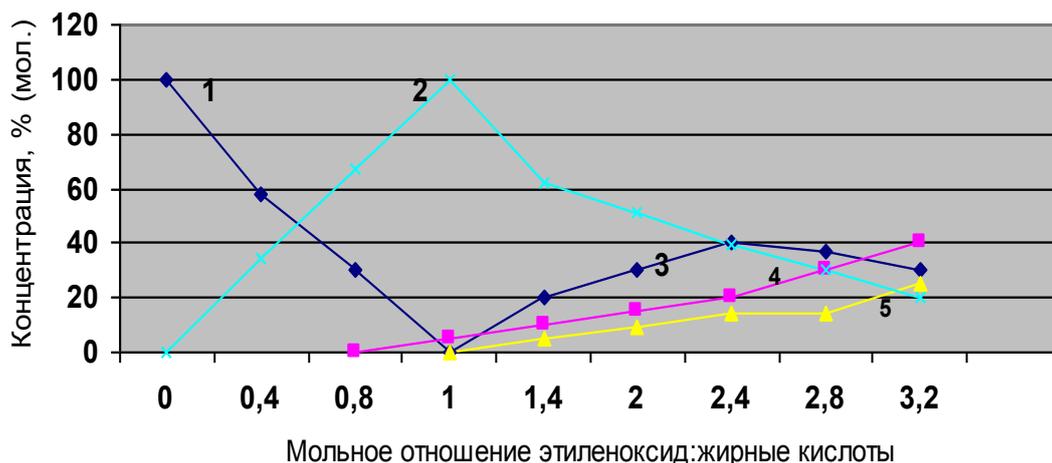
$$u = kCA^n, \quad (2)$$

Были определены кинетические параметры реакций, из которых можно сделать вывод, что в исследуемых условиях реакции оксиэтилирования протекают в диффузионной и переходной областях. Это предположение основано на том, что реакции, проходящие в кинетической области, характеризуются большими величинами энергии активации – 80-250 кДж/моль. Результаты по исследованию кинетики процесса в дальнейшем были использованы при выборе технологических параметров и аппаратно-технологического оформления процесса оксиэтилирования.

Как следует из данных рисунка 1, в условиях основного катализа первая стадия присоединения четко отделена от последующих, первый промежуточный продукт можно получить с выходом, близким к 100%, и только после исчерпания исходных веществ образуются последующие продукты присоединения этиленоксида, что хорошо согласуется с экспериментальными данными для процесса оксиэтилирования других ЖК.

Полученные закономерности определяют зависимость состава реакционной массы от мольного соотношения этиленоксида и исходных ЖК и интегральную селективность процесса. Для достижения высокого выхода оксиэтилированного продукта с большим числом этиленоксидных групп нужен избыток этиленоксида, соответствующий желаемой длине цепи, но при этом необходимо выбирать оптимальное соотношение исходных реагентов с учетом экономических затрат на отгонку и рециркуляцию избыточного реагента. Решению этой проблемы в значительной мере способствует рациональное аппаратно-технологическое оформление процесса.

Процесс оксиэтилирования экзотермичен и сопровождается увеличением объёма, плотности и вязкости реакционной смеси. При взаимодействии с кислородом воздуха этиленоксид склонен к взрывному разложению. Всё это накладывает дополнительные трудности на промышленную реализацию процесса оксиэтилирования. По химическому составу готовый продукт неоднороден, так как при постепенном росте цепи образуется смесь соединений с различным числом этиленоксидных групп. Содержание соединений разной степени оксиэтилирования примерно соответствует функции распределения Пуассона, потому что скорости отдельных стадий довольно близки друг к другу. Поэтому в результате реализуется определенное молекулярно-массовое распределение оксиэтильных полимергомологов в реакционной смеси. Молекулярно-массовое распределение (ММР) однозначно связано с вероятностными характеристиками случайного процесса образования и превращения оксиэтильных полимергомологов и именно ММР определяет физико-химические свойства НПАВ, определяющие их применение. На рисунке 2 приведены кривые распределения оксиэтилированных продуктов в зависимости от числа введенных этиленоксидных групп, полученные после хроматографического разделения суммарного продукта синтеза в реакторе полного смешения.



Условия: основной катализ, температура – 180 оС, давление - 2 МПа, 1 - исходные жирные кислоты, 2 – монозамещенное, 3 - дизамещенное, 4 – тризамещенное, 5 – тетразамещенное.

Рисунок 1. Зависимость выхода и состава продуктов оксиэтилирования от соотношения исходных реагентов

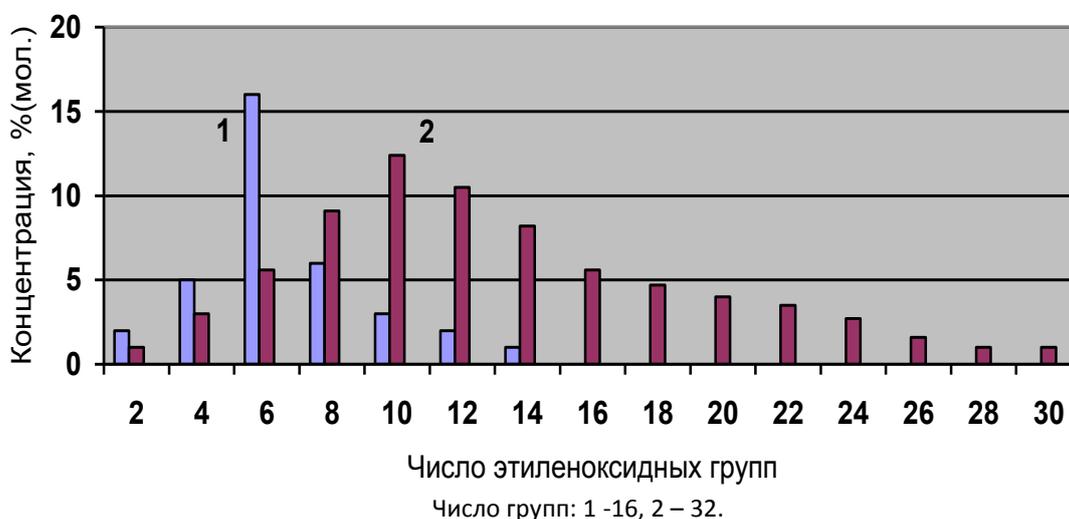


Рисунок 2. Кривые распределения оксиэтилированных продуктов в зависимости от числа введенных этиленоксидных групп

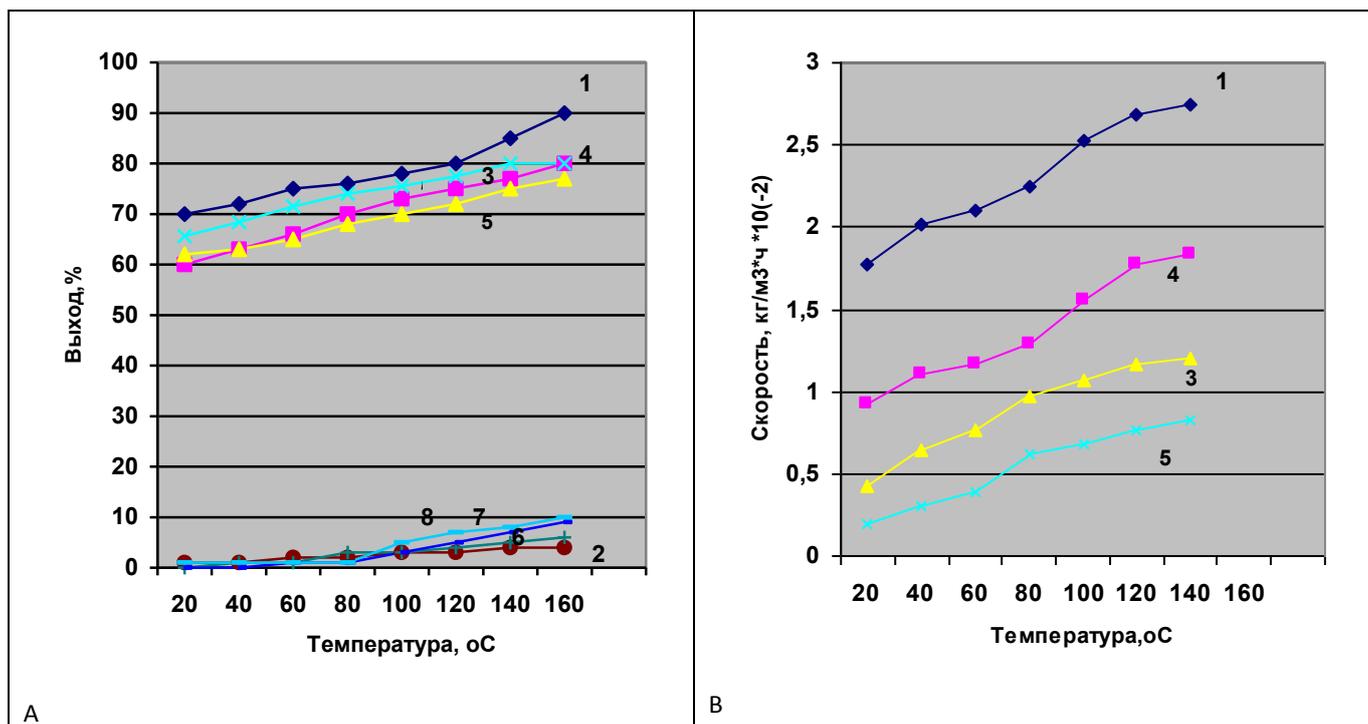
Для проведения основного синтеза в качестве катализатора нами выбран метилат натрия (или едкие щелочи) в концентрации - 0,25 - 0,35 % от массы оксиэтилируемых веществ, т.к. в этом случае выход и чистота оксиэтилированных кислот максимальны. Следует отметить, что резкого влияния природы и концентрации катализатора не обнаруживается, поэтому в дальнейшем, при проектировании аппаратно-технологического оформления процесса оксиэтилирования, стали возможны изменения этого параметра.

Исходя из вышеизложенного, в дальнейшем выбраны или определены исходные значения основных параметров проведения процесса оксиэтилирования, которые затем были оптимизированы для каждого варианта аппаратно-технологического оформления процесса. Все процессы при использовании основного катализа проводили при 150-200о С при атмосферном или повышенном (до 4 МПа) давлении.

На рисунке 3 приведена информация о влиянии температуры на скорость процесса, на выход и чистоту суммарного продукта оксиэтилирования ЖК в реакторах разной конструкции при периодическом и непрерывном

синтезе. Из полученных данных следует, что повышение температуры увеличивает скорость протекания реакции оксиэтилирования независимо от конструкции реактора, но при этом увеличивается также скорость побочных реакций, что приводит к увеличению выхода побочных продуктов.

Из литературных данных известно, что при оксиэтилировании ЖК образуются особенно сложные смеси с высоким содержанием побочных продуктов. Установлено, что состав суммарного побочного продукта практически не зависит от конструкции реактора и условий синтеза, меняется только его выход. Известно, что большинство этих побочных продуктов не проявляет поверхностно-активных свойств, а их высокое содержание в целевом продукте в некоторых случаях может снижать поверхностно-активные свойства и качество получаемых ПАВ, поэтому в дальнейшем необходимо найти компромиссный вариант, учитывающий снижение качества конечного продукта за счет наличия примесей, усложнение технологического режима для снижения содержания этих побочных продуктов в составе оксиэтилированного продукта и экономические затраты на производство.



А – выход продукта, В – скорость процесса.

1,3,4,5 – оксиэтилированные продукты, 2, 6,7,8 – побочные продукты. Режим: 1,2- непрерывный, 3-8 – периодический, тип реактора: 1-3,6 - трубчатый реактор, 4,7 - горизонтальный секционный реактор с распылением жидкости, 5,8 - камерный реактор с центробежным перемешиванием.

Рисунок 3. Влияние температуры на скорость процесса, на выход и чистоту суммарного продукта оксиэтилирования жирных кислот

Сходство условий синтеза обусловлено тем, что основная стадия наращивания этиленоксидной всегда одна и та же: последовательное присоединение этиленоксида к спиртовым группам первичного оксиэтилированного продукта. Однако первая стадия специфична для каждого типа исходного вещества и отличается от последующих стадий. Этот начальный этап имеет более низкую скорость и отделен от последующих (рисунок 1). Если в качестве исходного сырья используют высшие карбоновые или жирные кислоты, то необходимо учесть также, что сложные эфиры склонны к реакциям алкоголиза и переэтерификации, особенно при катализе алкоголятом, образующимся из щелочи. В результате нами определены основные параметры, условия и положения для выбора условий оксиэтилирования:

1. Наиболее экономично использовать интенсивный периодический метод с использованием гомофазного варианта аппаратно-технологического оформления процесса оксиэтилирования.
2. Температура – 150 - 160°C, в зависимости от аппаратно-технологического оформления процесса оксиэтилирования (типа реактора) необходима оптимизация.
3. Давление – 2,5-3,5 МПа, в зависимости от аппаратно-технологического оформления процесса оксиэтилирования (типа реактора) необходима оптимизация.
4. Катализатор – едкие щелочи или метилат натрия в количестве 0,25 - 0,35% от массы оксиэтилируемых веществ.

5. Чистота этиленоксида должна составлять не менее 99,5%, максимальное содержание ацетальдегида - 0,01%, воды – 0,02%. Перед оксиэтилированием необходимо провести стадию обезвоживания этиленоксида.

На основании этих исследований разрабатывается технология и её аппаратное оформление для получения ОЖК госсиполовой смолы в оптимальном режиме.

Литература

1. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ применение / Под. ред. Л.П. Зайченко. - Спб.: Профессия. - 2007.- С. 240.
2. Теддер Дж., Нехватал А., Джуфф А. Промышленная органическая химия. – М.: Мир. - 1977. – 702 с.
3. Надиров К.С и др. Дезэмульгатор для обезвоживания и обессоливания сырой нефти. Инновац. патент (19) KZ (13)A4(11)26788. Бюл. № 4. опубли. 15.04. 2013.
4. Новые процессы органического синтеза.//Р.Б. Серебряков, Р. М. Масагутов, В. Г. Правдин и др./ Под ред. С. П. Черных. — М. Химия, 1989. - 400 с.
5. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. – М.: Химия. – 1988. – 592с.
6. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение. – Л.: Химия, -1988. – 200 с.
7. Адельсон С.В., Вишнякова Т.П., Паушкин Я.М. Технология нефтехимического синтеза - М.: Химия, - 1985. – 606 с.

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ ПРОЦЕССА ОКСИЭТИЛИРОВАНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ГОССИПОЛОВОЙ СМОЛЫ

Надиров Казим Садыкович

докт. х. наук, профессор Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан,
г. Шымкент

Жантасов Манап Курманбекович

Бимбетова Гульмира Жанкабыловна

канд. т. наук, доцент Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан,
г. Шымкент

Орынбасаров Арсланбек Калдыкулович

канд. х. наук, доцент Южно-Казахстанского государственного университета, Республика Казахстан,
г. Шымкент

DEVELOPMENT HARDWARE-TECHNOLOGICAL DECOR OF PROCESS OF SORBITAN FATTY ACIDS GOSSYPOL RESIN

Nadirov Kazim, Doctor of Chemistry, professor of South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan, Shymkent
Zhantasov Manap, Candidate of tech. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University, Republic of
Kazakhstan, Shymkent

Bimbetova Gulmira, Candidate of tech. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University, Republic of
Kazakhstan, Shymkent

Orynbasarov Arslanbek, Candidate of Chem. Sciences, associate professor of South Kazakhstan State University
Republic of Kazakhstan, Shymkent

АННОТАЦИЯ

Целью данного исследования является разработка аппаратурно-технологического оформления процесса оксиэтилирования жирных кислот госсиполовой смолы. Переход от модельных лабораторных условий к промышленным вызывает достаточно сложные технологические проблемы. Предлагаемый способ технологичен и может быть использован при организации промышленного производства продуктов оксиэтилирования как мало- так и крупнотоннажного производства, энергоёмкость такого производства будет значительно меньше, чем при производствах в обычном режиме.

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop hardware-technological design process sorbitan fatty acid gossypol resin. The transition from the laboratory to the model industry is a fairly complex technological problems. The inventive method is technologically and can be used in the organization of the industrial production of sorbitan as a low-and large-scale production, the production of the energy consumption will be considerably smaller than in a normal production mode.

Ключевые слова: аппаратурно-технологическое оформление, процесс оксиэтилирования, жирные кислоты, госсиполовая смола, реактор.

Keywords: hardware-technological design process, sorbitan, fatty acid, gossypol resin, reactor.

Синтез неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ) с оптимальными потребительскими свойствами требует разработки и оптимизации аппаратурно-технологического оформления процесса оксиэтилирования. В настоящее время существуют альтернативные варианты реализации этого процесса. Они базируются на двух принципиальных способах: в гетерофазных (газ - жидкость) и гомофазных (жидкость - жидкость) условиях [1-3], процесс можно проводить в периодических и непрерывных условиях. При периодическом производстве используют аппараты из нержавеющей стали, часто они снабжены рубашкой для нагрева или охлаждения, реакционную смесь перемешивают или рециркулируют, пропуская через теплообменник, находящийся вне реактора (рисунок 1). Недостатком данного способа является проведение в одном аппарате нескольких стадий процесса получения НПАВ: загрузка исходного вещества и катализатора, их обезвоживание, оксиэтилирование и выгрузка готового продукта. Это существенно снижает производительность реактора, который к тому же не может обеспечить для каждой отдельной операции оптимальный режим. При периодическом производстве с циркуляцией

вещество, подлежащее оксиэтилированию, насосом подают в реактор, жидкий этиленоксид вводят в реакционную зону с такой скоростью, чтобы поддерживать желаемое давление. Периодический способ с циркуляцией лежит также в основе оксиэтилирования с коротким временем реагирования [2-5]. Другим периодическим способом оксиэтилирования является метод фирмы Prgess — Industria: циркулирующую жидкость вбрызгивают в газовое пространство реактора, куда вводят этиленоксид (рисунок 2).

При непрерывном производстве применяют трубчатые аппараты под давлением. Непрерывные методы дают возможность добиться высокой производительности, однако надо следить за тем, чтобы выделяющееся тепло не приводило к повышению температуры и к любым побочным реакциям. В 2012 году на ООО "Завод синтанолов" (г. Дзержинск, Нижегородская область) состоялся пуск новой инновационной установки оксиэтилирования. Новая установка оксиэтилирования создана на базе двух реакторов оксиэтилирования, один из которых

является инновационным высокократным реактором нового поколения, аналогов которого нет в России и в Западной Европе.

Благодаря данному инновационному проекту предприятие увеличит ассортимент выпускаемой продук-

ции и снизит затраты на их производство. Универсальность технологических схем оксигилирования позволяет быстро переходить на выработку практически любых видов этоксилированных продуктов [6].

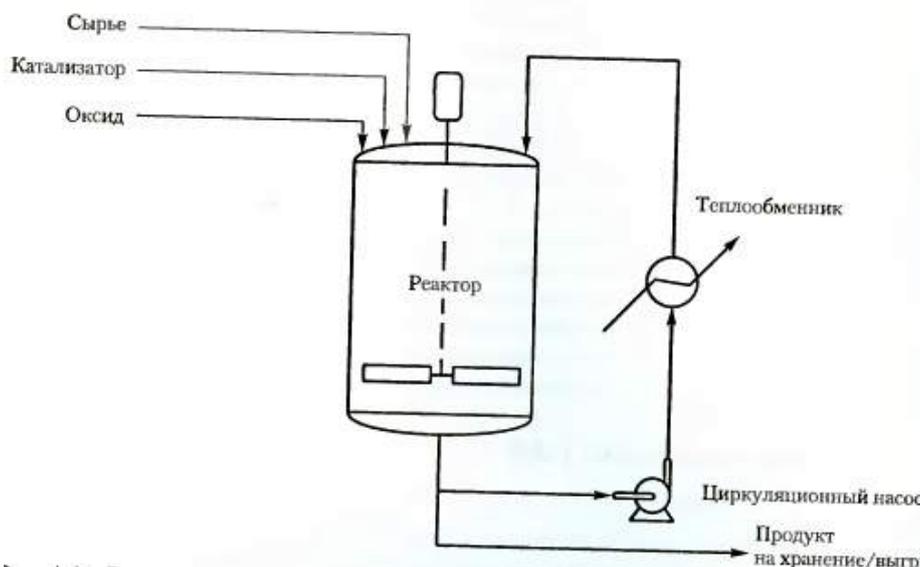


Рисунок 1. Схема процесса оксигилирования в реакторе с перемешиванием

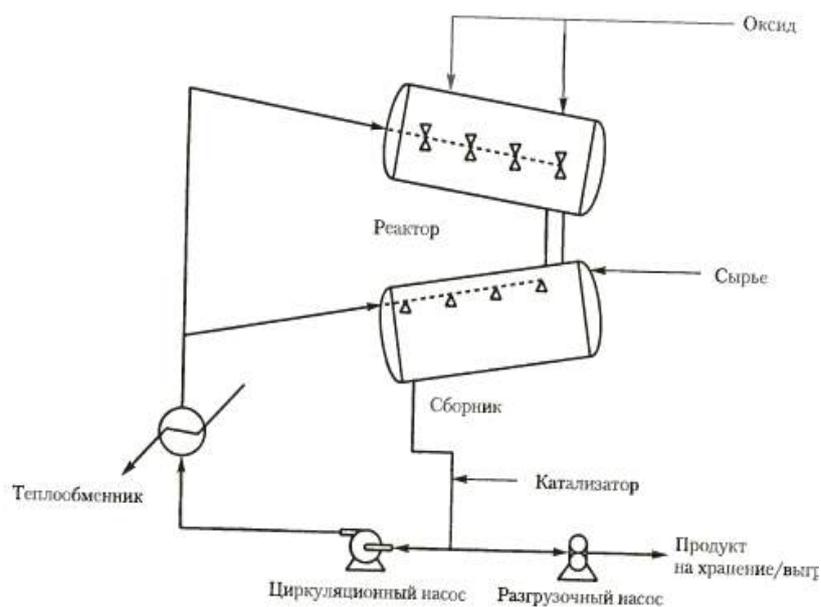


Рисунок 2. Схема процесса оксигилирования в циркулирующем распыленном объеме

Целью данного исследования является разработка аппаратно-технологического оформления процесса оксигилирования жирных кислот (ЖК) госсиполовой смолы на основе анализа литературных данных, моделирования технологических процессов и собственных лабораторных и полупромышленных исследований. Госсиполовая смола (ОСТ 1-114-73) - это отход производства хлопкового масла из семян хлопчатника (гудрон дистилляции ЖК), поэтому она является дешевым сырьем для извлечения ЖК для их последующего оксигилирования. В лабораторных экспериментах мы проводили процесс взаимодействия ЖК с оксидом этилена периодическим гомофазным оксигилированием при температуре около 190°C и давлении около 0,7 МПа в присутствии катализаторов - третичных

аминов - соединений типа R3N (или едких щелочей). В полупромышленных условиях был исследован процесс оксигилирования ЖК госсиполовой смолы в периодических и непрерывных условиях в реакторах разной конструкции.

В таблице 1 приведены сравнительные показатели процесса и достигнутые результаты, которые свидетельствуют о том, что проведение процесса оксигилирования в непрерывном режиме позволило добиться более высокой производительности, однако возросло число побочных реакций, что снизило выход основных продуктов. Кроме того в этом случае возникли сложности при техническом обслуживании процесса и при выделении готового продукта из реакционной смеси.

Таблица 1

Сравнительные характеристики процессов периодического и непрерывного оксиэтилирования жирных кислот в трубчатом реакторе

Метод оксиэтилирования	Давление, МПа	Температура, оС	Выход основного продукта, %	Выход побочных продуктов, %	Производительность, кг/м ³ *час	Возникающие проблемы, % от лабор. экспер.
Периодический	2,5-3,5	150-160	95	5	90-110	7-12
Непрерывный	8-9	1 секция- до 240, 2 секция – до 350	89	11	340-360	21-25

Поэтому в дальнейшем исследования были направлены на усовершенствование технологии и аппаратного оформления процесса периодического оксиэтилирования жирных кислот. Было изучено в модельных условиях 3 варианта проведения процесса (таблица 2):

1. Оксиэтилирование с коротким временем реагирования. При этом жидкий этиленоксид в определенном соотношении к циркулирующему потоку непрерывно вводился в циркулирующую реакционную смесь. При соблюдении оптимального соотношения между давлением пара и гидродинамическим давлением в месте ввода этиленоксида этиленоксид реагирует спонтанно, так что его парциальное давление над поверхностью жидкости составляет очень малую величину, которой можно пренебречь. Вследствие короткого времени превращения этиленоксида в реакторе не повышается давление (повышенное давление обусловлено только избытком азота).
2. Оксиэтилирование с циркулирующей жидкостью, которую вбрызгивали в газовое пространство реактора, объем которого был заполнен парами оксида этилена. Благодаря большой поверхности контакта фаз достигалась высокая интенсивность процесса и сокращалась длительность операции до 3 ч.

3. Оксиэтилирование с предварительным введением катализатора в поток ЖК.

При выборе типа реактора критериями выбора являлся сравнительный анализ его основных показателей работы: производительности и интенсивности работы, выхода этиленоксидного производного и наибольшей селективности процесса, энергетических затрат на перемешивание и транспортировку материалов через реактор, использование тепла, стоимости изготовления реактора и его ремонта с учетом взаимосвязи и противоречивости перечисленных показателей. Повышение требований к качеству работы реакторов – устойчивости, надежности, расширение их функциональных возможностей обуславливают актуальность и необходимость поиска путей совершенствования процессов управления химическими реакторами [7,8]. Нами были опробованы следующие варианты: из реакторов для гомогенных процессов: 1. камерный реактор с центробежным перемешиванием; из реакторов для гетерогенных процессов в системе газ-жидкость: 2. с распылением жидкости, 3. трубчатый реактор. Как следует из данных рисунка 3, наиболее оптимальным является вариант с использованием распыления жидкости, однако при этом возникают другие технологические проблемы.

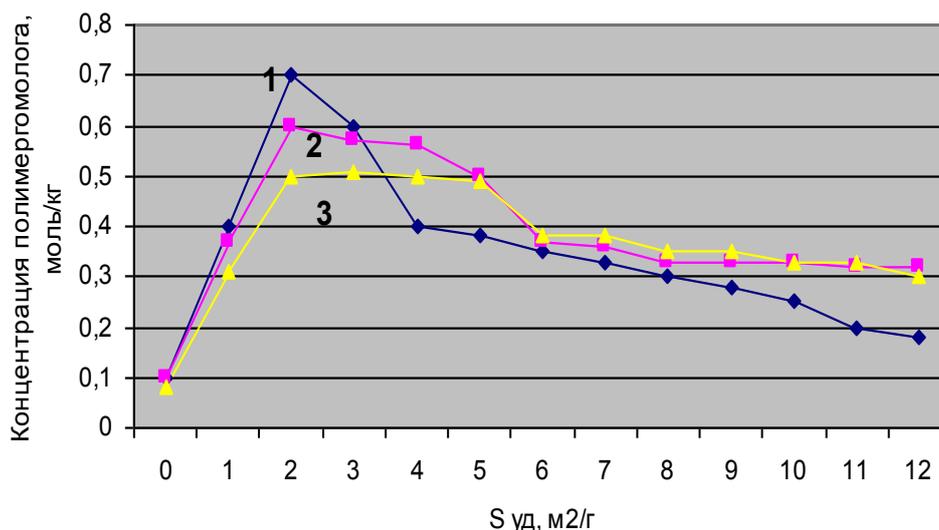
Таблица 2

Сравнительные характеристики процессов периодического оксиэтилирования ЖК в различных вариантах аппаратно-технологического оформления процесса

Вариант аппаратно-технологического оформления процесса	Конструкция реактора	Выход основного продукта, %	Выход побочных продуктов, %	Производительность, кг/м ³ *час	Частота нарушений технологического режима, сут -1
Оксиэтилирование с коротким временем реагирования	Вертикальный вытеснительный аппарат колонного типа	90	10	85-105	5
Оксиэтилирование с циркулирующей жидкостью	Реактор с распылением жидкости	91	9	90-110	4
	Горизонтальный секционный реактор	96	4	100-120	3
Оксиэтилирование с предварительным введением катализатора	камерный реактор с центробежным перемешиванием	94	6	80-90	2
	трубчатый реактор	95	5	90-110	2

Обычно при периодическом производстве используют аппараты из нержавеющей стали обычно объемом 2-5 м³, а иногда и значительно больше. Часто они снабжены рубашкой для нагрева или охлаждения. Реакционную смесь перемешивают или рециркулируют, пропуская че-

рез теплообменник, находящийся вне реактора. При периодическом производстве с циркуляцией вещество, подлежащее оксиэтилированию, насосом подают в реактор, жидкий этиленоксид вводят в реакционную зону с такой скоростью, чтобы поддерживать желаемое давление.



Тип реактора: 1 - реактор с распылением жидкости, 2 - камерный реактор с центробежным перемешиванием, 3 - трубчатый реактор

Рисунок 3. Влияние S уд на концентрацию полимергомолога

Испаряющийся этиленоксид реагирует с исходным веществом, причем для отвода выделяющегося тепла (и соответственно для поддержания желаемой температуры) реакционная смесь постоянно циркулирует через теплообменник, расположенный вне реакционного аппарата [1,3,7]. Преимущества этого способа следующие: а) интенсивное перемешивание и хороший контакт реагентов, что ускоряет реакцию и повышает производительность установки; б) лучшая возможность управлять процессом и соответственно поддерживать нужную температуру. Периодический способ с циркуляцией лежит также в основе оксиэтилирования с коротким временем реагирования. Благодаря организации потоков заметно подавляются нежелательные побочные реакции в газовой фазе. Выделяющееся тепло непрерывно отводится в теплообменнике [9,10].

Полученные нами результаты и анализ литературных данных свидетельствуют, что любой исследованный вариант проведения процесса оксиэтилирования позволяют получить удовлетворительные и сопоставимые результаты как по выходу основного продукта и его чистоте, так и по производительности. Однако переход от модельных и лабораторных условий к промышленным вызывает достаточно сложные технологические проблемы, поэтому в дальнейшем отработывался только третий вариант аппаратно-технологического оформления процесса (оксиэтилирование с предварительным введением катализатора в поток ЖК), который в лабораторных условиях обеспечил наилучшие показатели, и использовали новый разработанный нами горизонтальный секционный реактор. В новом варианте горизонтального реактора оксид этилена подается в поток исходного вещества, содержащего катализатор гидроксид натрия, дробными частями, причем каждая часть поступает в определенный сектор реакционной трубы. Точки ввода оксида этилена удалены друг от друга таким образом, чтобы концентрация оксида этилена была одинаковой. Такая организация процесса позволяет поддерживать оптимальный температурный режим по всей длине реактора, избегая резкого подъема температуры в зоне ввода оксида этилена, а, значит, избежать протекания побочных реакций, влияющих на качество продукта оксиэтилирования. Температурный режим в реакторе поддерживается оптимальным для полного

присоединения оксида этилена к исходному веществу, давление зависит от температуры и подаваемого количества оксида этилена и поддерживается на уровне 2,5-3,5 МПа.

В полупромышленных испытаниях установлено, что предлагаемый способ технологичен и может быть использован при организации промышленного производства продуктов оксиэтилирования как мало- так и крупнотоннажного производства, энергоемкость такого производства будет значительно меньше, чем при производствах в обычном режиме.

Литература

1. Левченко Д.Н. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения. - М.: Химия, - 1967. - 200 с.
2. Шенфельд Н. Поверхностно-активные вещества на основе оксизэтилена / Н. Шенфельд. - Пер. с нем./ Под ред. Лебедева Н.Н. Изд. 2-е. - М.: Химия. - 1982. - 752 с.
3. Козловский Р.А. Теоретические основы управления селективностью в промышленных каталитических процессах оксиэтилирования. Автореферат докт. хим. наук. - Москва. - 2011.
4. Волгина Т.Н., Сорока Л.С. Промышленная органическая химия: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ. - 2008. - 154 с.
5. Джейкок М., Парфит Дж. Химия поверхностей раздела фаз. Пер. с англ./Под ред. А.П.Карнаухова. - М.: Мир. - 1984. - С. 463.
6. <http://www.norchem.ru/news/145;>
http://www.pcar.ru/about/54_0.htm
7. Химическая технология органических веществ: учебное пособие / Т.П. Дьячкова, В.С. Орехов, К.В. Брянкин, М.Ю. Субочева. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та. - 2008. - Ч. 2. - 100 с.
8. Теддер Дж., Нехватал А., Джубб А. Промышленная органическая химия. - М.: Мир. - 1977. - 702 с.
9. Новые процессы органического синтеза.//Р.Б. Серебряков, Р.М. Масагутов, В. Г. Правдин и др./ Под ред. С.П. Черных. - М. Химия. - 1989. - 400 с.
10. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. - М.: Химия. - 1988. - 592с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (НА ПРИМЕРЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЁТА МИ-8)

Чекрыжев Николай Викторович

Кандидат тех. наук, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF PERFORMANCE OF OPERATION OF MAINTENANCE SERVICE OF ONBOARD SYSTEMS OF THE AIRCRAFT (BY THE EXAMPLE OF THE HYDRAULIC SYSTEM OF THE HELICOPTER MI-8)

Chekrizhev Nikolay, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Aircraft Maintenance Department, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University), Samara

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросу оценки эффективности выполнения технического обслуживания конкретных систем летательного аппарата.

ABSTRACT

This article considers efficiency assessment method for maintenance for onboard systems or aggregates of aircraft.

Ключевые слова: процесс технического обслуживания, эффективность технологического процесса, показатель качества выполнения операции технического обслуживания.

Key words: process of maintenance, technological process efficiency, quality index operation maintenance.

Одной из ключевых задач авиационной транспортной системы является повышение эффективности эксплуатации летательных аппаратов (ЛА), связанного с увеличением налёта его в течение суток и, как следствие, с сокращением продолжительности технического обслуживания (ТО) на земле.

С целью обеспечения эффективности и высокого качества ТО в настоящее время в соответствии с требованиями Европейского агентства по авиационной безопасности (EASA) внутри каждого эксплуатационного предприятия создаётся Система управления и обеспечения качества ТО, структурная схема которой представлена на рисунке 1.

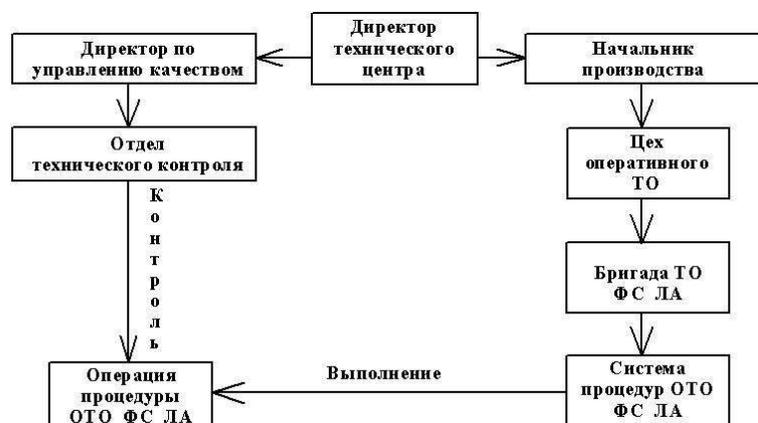


Рисунок 1. Общая схема контроля качества выполнения операции ТО ЛА в соответствии с EASA Part-145

В настоящее время, важнейшим экономическим показателем оценки совершенства системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) является трудоёмкость операций регламентных работ (РР) соответствующего вида ТО ЛА [1 с. 54], которая определяется как сумма:

$$T_i = \sum T_k + \sum T'_{k.n}$$

где T_i - трудоёмкость i - процедуры вида ТО ЛА, T_k - трудоёмкость k - операции i - процедуры вида ТО ЛА, $T'_{k.n}$ - трудоёмкость n - работы восстановления k - операции i - процедуры вида ТО ЛА.

При таком традиционном подходе расчёта трудоёмкости, а, следовательно, и стоимостных показателей

процедур системы ТОиР ЛА, не учитывается оборудование специальными сооружениями аэродрома, на котором производятся работы по ТО ЛА конкретной авиакомпании относительно стоянок обслуживаемого ЛА, характер деятельности и условия работы авиаспециалиста по ТО, оснащённость авиакомпании средствами наземного обслуживания (СНО), соответствующих современному уровню обслуживаемой авиационной техники, структура и общая организация ТО ЛА конкретной авиакомпании и т.д.

Таким образом, различные условия и режимы ТО одного и того же типа ЛА в различных авиакомпаниях оцениваются различной величиной продолжительности выполнения технологических операций ТО.

В данной ситуации руководству авиакомпании сложно проанализировать и дать качественную оценку общей организации выполнения ТО ЛА, а, следовательно, выработать необходимое управляющее воздействие на изменение свойств операции ТО с целью снижения материальных затрат и средств при сохранении заданного уровня безопасности полёта ЛА.

Одним из факторов решения этой задачи является получение достоверной информации о временных характеристиках выполняемых операций ТО функциональных систем (ФС) ЛА и выработки мер по его корректировке.

Для количественного оценивания и анализа качества операции ТО удобно использовать иерархическое дерево свойств данной операции (рис. 2) [3 с. 149].

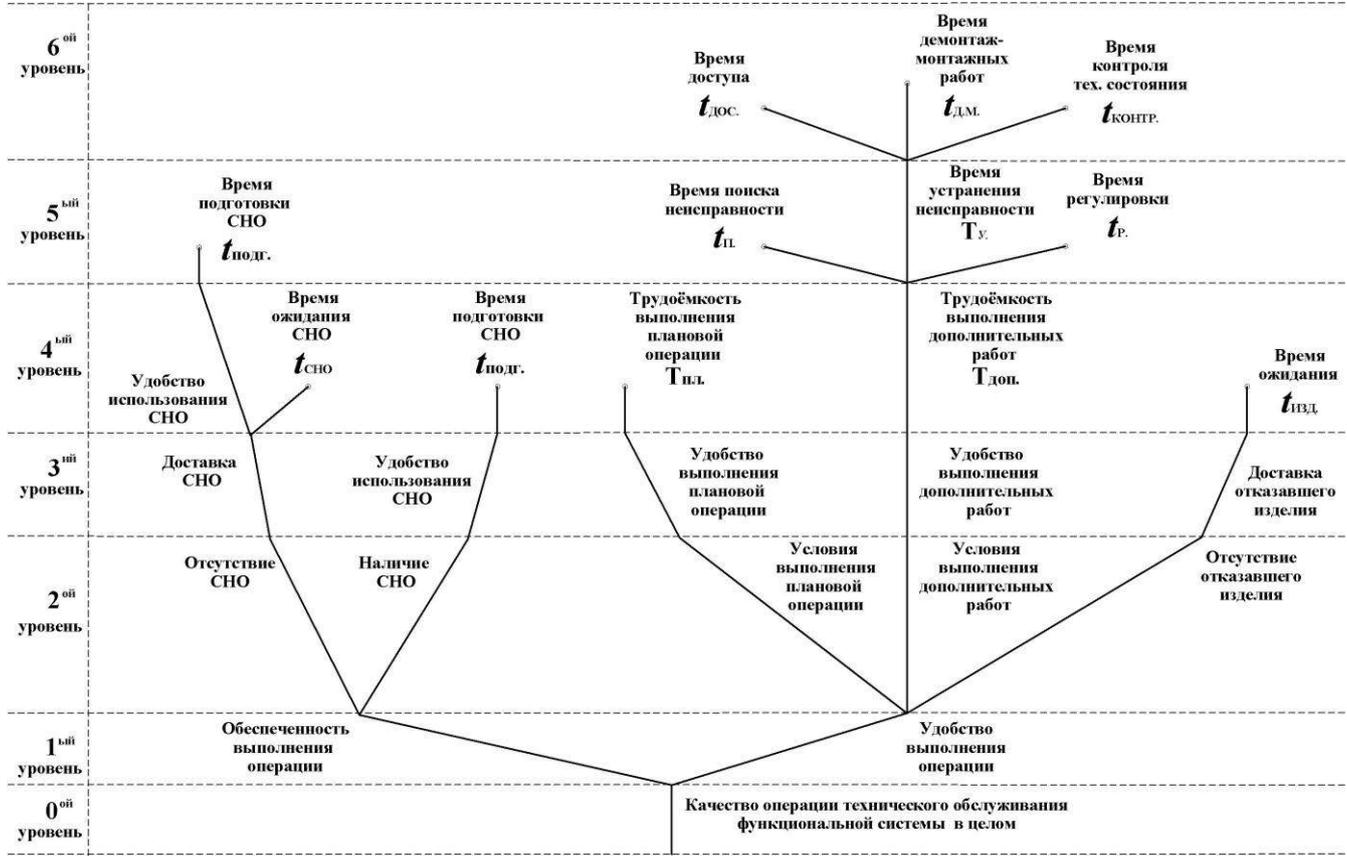


Рисунок 2. Иерархическое дерево свойств операции технического обслуживания

Анализ качества выполнения операции ТО рассмотрим на примере выполнения контроля технического состояния гидроупора дополнительной загрузки ручки управления на вертолёте Ми-8 при оперативном техническом обслуживании (ОТО).

Основным видом работ по контролю технического состояния гидроупора согласно технологической карты (ТК) 1.08.01 [2 с.104], является его внешний осмотр, в результате которого возможны следующие состояния данного изделия:

- состояние C_0 - гидроупор исправен и удовлетворяет техническим требованиям (ТТ),
- состояние C - гидроупор неисправен.

В соответствии с руководящими эксплуатационными документами трудоёмкость выполнения данных операций определится:

1. «Гидроупор исправен и удовлетворяет ТТ». Общая трудоёмкость выполнения операции, согласно ТК 1.08.01 составляет $T_0^{ПЛ.} = 0,04$ чел. ч., т.е. продолжительность её выполнения $t_0^{ПЛ.} = 0,04$ ч.

2. «Гидроупор неисправен». Общая трудоёмкость операции восстановления (ТК 1.08.01, ТК 2.05.09, ТК 47, ТК 2.07.05) работоспособности гидроупора определится как:

$$T_{ДОП.}^{ПЛ.} = T_0^{ПЛ.} + T_{ЗАМ.} + T_{РЕГ.} + T_{СНО.} + T_{ПОД.}$$

где $T_{ДОП.}^{ПЛ.}$ - общая трудоёмкость выполнения дополнительных работ операции восстановления работоспособности гидроупора согласно РР, $T_0^{ПЛ.}$ - трудоёмкость контроля состояния гидроупора ($T_0^{ПЛ.} = 0,04$ чел. ч), $T_{ЗАМ.}$ - трудоёмкость замены гидроупора ($T_{ЗАМ.} = 2$ чел. ч), $T_{РЕГ.}$ - трудоёмкость регулировки гидроупора после замены ($T_{РЕГ.} = 0,6$ чел.ч.).

Таким образом, общая продолжительность выполнения операции замены гидроупора составит: $t_0^{ПЛ.} = t_0^{ПЛ.} + t_{ЗАМ.}^{ПЛ.} + t_{РЕГ.}^{ПЛ.} = 2,64$ ч.(159 мин.)

Для анализа качества выполнения операции восстановления работоспособности гидроупора, разобьём состояние «гидроупор неисправен» на две составляющие:

- состояние C_1 - неисправность его механической части (трещина на пружине, деформация коромысла и т.д.),

- состояние C_2 - неисправность гидравлической части (внутренняя и внешняя негерметичность, нарушение регулировки и т.д.).

В этом случае возможны следующие варианты восстановления работоспособности гидроупора:

а) состояние C_1 требует замены отдельных элементов механизма гидроупора без подключения наземной гидроустановки.

Данный дефект механизма гидроупора предполагает его замену, т.е. доставку со склада запасных частей.

Следовательно, используя иерархическое дерево свойств (рис. 2) данной операции, общая продолжительность процедуры восстановления работоспособности гидроупора составит:

$$t_{1.доп.} = t_{1.п.} + t_{1.изд.} + t_{1.в.} = t_{1.п.} + t_{1.изд.} + t_{1.дос.} + t_{1.д.м.} + t_{1.р.} + t_{1.контр.}$$

где $t_{1.доп.}$ - продолжительность дополнительной работы по устранению неисправности механической части гидроупора, $t_{1.п.}$ - продолжительность поиска неисправности, $t_{1.изд.}$ - время ожидания доставки изделия со склада, $t_{1.дос.}$ - время, обусловленное приспособленностью конструкции ЛА к выполнению данной работы, $t_{1.д.м.}$ - время выполнения демонтно-монтажных работ, $t_{1.р.}$ - время регулировки механизма гидроупора после замены, $t_{1.контр.}$ - время контроля технического состояния выполненной работы.

б) состояние C_2 требует замены механизма гидроупора с подключением наземной гидроустановки в случае выявления негерметичности корпуса гидроупора, что предполагает его замену на новый с последующей проверкой работоспособности от наземной гидроустановки.

Используя выше изложенную методику:

$$t_{2.доп.} = t_{2.п.} + t_{2.изд.} + t_{2.дос.} + t_{2.д.м.} + t_{2.контр.} + t_{2.р.} + t_{сно.} + t_{подг.}$$

где $t_{2.доп.}$ - продолжительность выполнения дополнительной работы по замене механизма гидроупора, $t_{2.п.}$ - продолжительность поиска неисправности, $t_{2.изд.}$ - время ожидания доставки изделия со склада запасных частей, $t_{2.дос.}$ - время, обусловленное приспособленностью конструкции ЛА к выполнению данной работы, $t_{2.д.м.}$ - время выполнения демонтно-монтажных работ, $t_{2.контр.}$ - время контроля технического состояния выполненной работы, $t_{2.р.}$ - время регулировки механизма гидроупора после замены, $t_{сно.}$ - время ожидания наземной гидроустановки, $t_{подг.}$ - время подготовки наземной гидроустановки к применению.

Информативной характеристикой эффективности выполнения операции контроля состояния гидроупора является продолжительность периода её выполнения, что представлено на временной диаграмме реализации операции контроля состояния гидроупора вертолёта Ми-8 на учебном аэродроме Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ) (рис. 3)



Рисунок 3. Временная диаграмма реализации операции контроля состояния гидроупора вертолёта Ми-8 при оперативном техническом обслуживании

C_0 - состояние гидроупора соответствует ТТ, C_1 - состояние гидроупора не соответствует ТТ, C_2 - состояние гидравлической части гидроупора не соответствует ТТ, $t_0^{пл.}$ - время контроля состояния гидроупора согласно ТК, $t_{зам.}^{пл.}$ - время замены гидроупора согласно ТК, $t_п$ - время поиска неисправности, $t_{изд.}$ - время доставки изделия, $t_{дос.}$ - время обеспечения доступа к обслуживанию, $t_{д.м.}$ - время демонтно-монтажных работ,

$t_р$ - время регулировки, $t_{подг.}$ - время подготовки СНО, $t_{сно.}$ - время ожидания СНО, $t_к$ - время контроля выполнения работы.

Для оценки качества выполняемой операции введём эталонный (минимальный) показатель затрат на её выполнение, что соответствует состоянию гидроупора C_0 - гидроупор исправен и удовлетворяет ТТ, трудоёмкость операции составляет $T_0^{пл.} = 0,04$ чел. ч., операционное время $t_0^{пл.} = t_{этал.} = 0,04$ час., $t_{0.доп.} = 0$, показатель качества $E_{этал.} = 1$ (100%).

Используя выражение

$$E = \frac{A}{3}$$

где E - показатель качества операции ТО ЛА, A - плановое время выполнения операции ТО, 3 - время выполнения дополнительных работ операции, и данные временной диаграммы (рис. 3) определим показатель качества E_1 и E_2 операции восстановления работоспособности гидроупора из состояния C_1 и C_2 .

$$E_i = \frac{t_{i\text{этал.}}}{t_{i\text{доп.}}}$$

где $t_{\text{этал.}} = 0,04$ час.

$$t_{1\text{доп.}} = t_{1\text{п.}} + t_{1\text{изд.}} + t_{1\text{дос.}} + t_{1\text{д.м.}} + t_{1\text{п.р.}} +$$

$t_{1\text{контр.}} = 0,41$ (час.)

$$E_1 = \frac{t_{1\text{этал.}}}{t_{1\text{доп.}}} = \frac{0,04}{0,41} = 0,1$$

$$t_{2\text{доп.}} = t_{2\text{п.}} + t_{2\text{изд.}} + t_{2\text{дос.}} + t_{2\text{д.м.}} + t_{2\text{контр.}} + t_{2\text{п.р.}} + t_{\text{сно.}} + t_{\text{подг.}} = 0,88 \text{ (час.)}$$

$$E_2 = \frac{t_{2\text{этал.}}}{t_{2\text{доп.}}} = \frac{0,04}{0,88} = 0,05$$

Если принять $E_{\text{этал.}} = 1$ за 100%, то, соответственно, показатели качества выполнения операции $E_1 = 10\%$, $E_2 = 5\%$.

Графическая зависимость показателя качества E_i от величины общих затрат выполнения операции восстановления работоспособности гидроупора вертолёта Ми-8 представлена на рисунке 4.

На основании полученной оценки показателей эффективности выполненной операции ТО ЛА принимается решение о корректировке технологического процесса ТО с целью выполнения требования регулярности полётов, снижения продолжительности обслуживания при заданном уровне безопасности полёта.

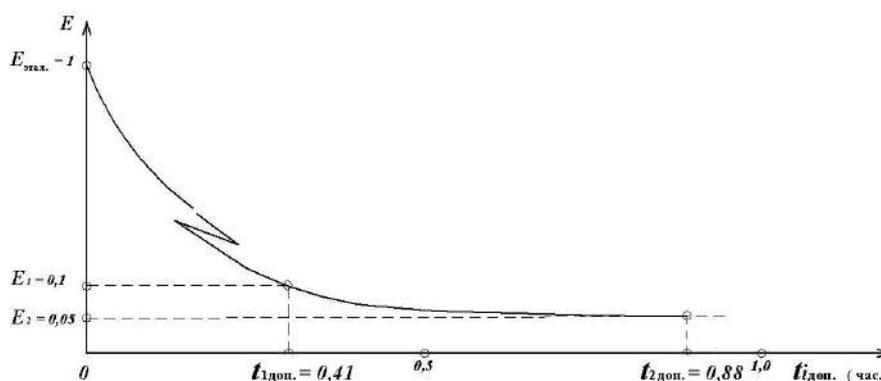


Рисунок 4. График изменения показателя качества E от общих затрат выполнения операции восстановления работоспособности гидроупора вертолёта Ми-8 при ОТО

Список литературы

1. Деркач О.Я. Формирование систем технического обслуживания самолетов при их создании. – М.: Машиностроение, 1993. – 224 с.
2. Технологические указания по выполнению регламентных работ на вертолёте Ми-8. Оперативные виды технического обслуживания. – М.: Воздушный транспорт, 1981. – 200 с.
3. Чекрыжев Н.В. Разработка методов и моделей повышения эффективности технического обслуживания летательных аппаратов и их систем // Диссертация на соискание учёной степени к.т.н. специальность 05.07.07. Самара, 2014. – 177 с.

СТРУКТУРА УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Федонин Олег Николаевич

Петрешин Дмитрий Иванович

доктора технических наук, профессора, Брянский Государственный Технический Университет, г. Брянск

Карпушкин Владимир Александрович

Аспирант, Брянский Государственный Технический Университет, г. Брянск

THE STRUCTURE CONTROLLER IN THE AUTOMATED SYSTEM OF COLLECTION AND ANALYSIS OF PRODUCTION DATA

Oleg Fedonin, Doctor of technical sciences, professor of Bryansk state technical University, Bryansk

Dmitriy Petreshin, Doctor of technical sciences, professor of Bryansk state technical University, Bryansk

Vladimir Karpushkin, Graduate of Bryansk state technical University, Bryansk

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается структура автоматизированной системы сбора и анализа производственных данных с металлорежущих станков с ЧПУ и структура устройства сопряжения. Особое внимание уделяется предлагаемому способу организации обмена информацией между устройством сопряжения и сервером в автоматизированной системе.

Ключевые слова: микроконтроллер; устройство сопряжения; сервер; автоматизированная система; протокол TCP/IP; ARP; ICMP; API; TCP; IP.

ABSTRACT

The article discusses the structure automated system for the collection and analysis of production data with CNC machine tools and the structure controller. Special attention is given to the proposed method the organization of information exchange between the controller and the server in the automated system.

Keywords: microcontroller; controller; server; automated system; protocol TCP/IP; ARP; ICMP; API; TCP; IP.

«Автоматизированная система сбора и анализа производственных данных с металлорежущих станков позволяет осуществлять мониторинг работы оборудования в реальном времени, выполнять анализ и классификацию причин простоя оборудования, информировать цеховые службы предприятия о простое оборудования, выполнять администрирование технологических программ на станках с ЧПУ, вести журнал технического обслуживания (ТО), который предназначен для напоминания о необходимости ТО, создавать отчеты о его работе и причинах

простоя. Таким образом, использование автоматизированной системы должно обеспечивать повышение эффективности организации планирования производства и функционирования станков с ЧПУ» [1, с. 107].

Предлагается следующая структура автоматизированной системы сбора и анализа производственных данных (рис. 1.). В состав системы входит: определенное количество (n) станков с ЧПУ и устройств сопряжения (УС), сетевой(ые) коммутатор(ы), сервер.

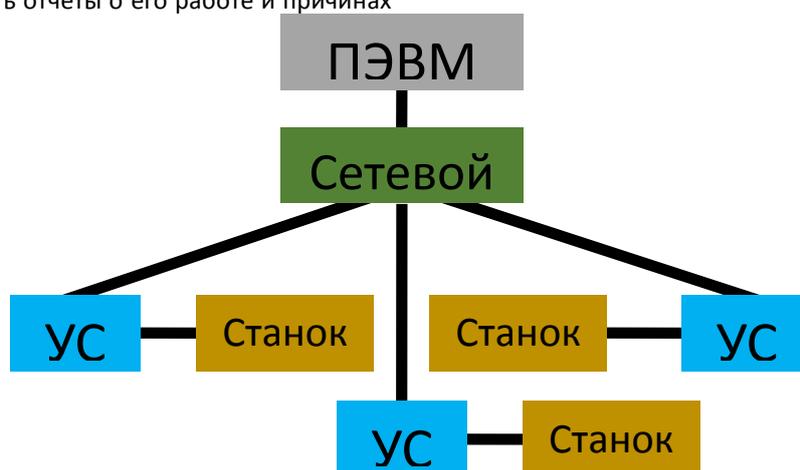


Рис. 1. Структура автоматизированной системы сбора и анализа производственных данных с металлорежущих станков с ЧПУ

«Предлагаемое УС осуществляет сбор информации с УЧПУ, датчиков, установленных на станке, производит первичную обработку полученной информации о работе металлорежущего станка с УЧПУ и состоянии его элементов, и передает ее на ПЭВМ (сервер). В случае отсутствия сетевого соединения информация сохраняется в карте памяти, как только соединение восстанавливается, записанная информация с карты передается на ПЭВМ, а после успешной передачи стирается с карты памяти. Устройство сопряжения (рис. 2) содержит: блок оптронной развязки (БОР), модуль часов реального времени (ЧРВ), модуль контроля режущего инструмента (КРИ), микроконтроллер (МК), модуль Ethernet (МЕ), преобразователь интерфейсов TTL/RS232 (П), модуль карты памяти.

Блок оптронной развязки предназначен для подключения к дискретным входным и выходным каналам УЧПУ металлорежущего станка. Для получения информации о текущем времени (год, месяц, число, время) в УС используется модуль часов реального времени, подключаемый к микроконтроллеру УС. Модуль контроля режущего инструмента, предназначен для контроля состояния режущего инструмента в процессе механической обработки деталей машин.

Микроконтроллер, используемый в УС, предназначен для управления работой подключаемых к нему модулей, а также получаемой и передаваемой информацией. Модуль Ethernet, используется для передачи информации, полученной от микроконтроллера через сетевой коммутатор в ПЭВМ. Преобразователь интерфейсов TTL/RS232, предназначен для преобразования сигналов последовательного порта RS-232 в сигналы, используемые в цифровых схемах на базе ТТЛ технологий. При отсутствии подключения к сети или ПЭВМ информация, поступающая от микроконтроллера, записывается на карту памяти, для этого используется модуль карты памяти. Вход 1 служит для подключения к дискретным выходным каналам УЧПУ, выход 2 служит для подключения к дискретным входным каналам УЧПУ. Для подключения датчиков тока в УС используется вход 3. Вход 4 предназначен для подключения считывателя Rfid метки. Выход 5 предназначен для подключения УС к ПЭВМ или сетевому коммутатору, а выход 6 предназначен для подключения к конвертеру RS232/CAN, который в свою очередь подключается к счетчику электроэнергии.

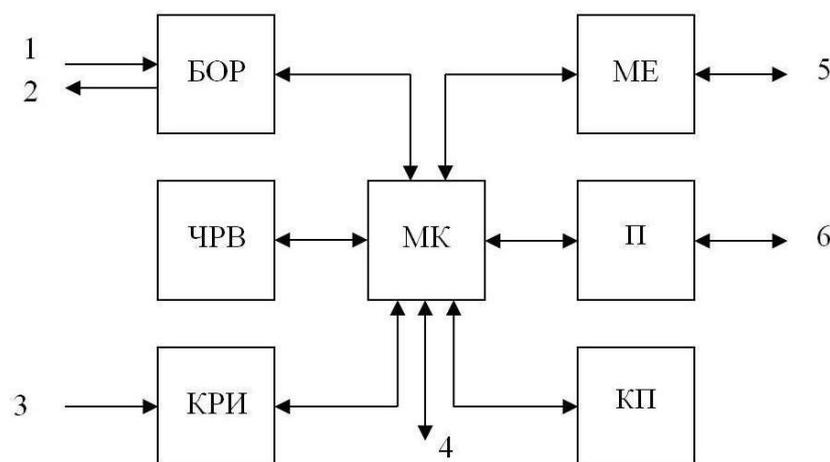


Рис. 2. Структура устройства сопряжения

Микроконтроллер получает информацию о состоянии металлорежущего станка с ЧПУ (например, станок выключен, станок включен, работа по управляющей программе, количество выполненных деталей, авария электрической части и пр.). Данная информация формируется в УЧПУ программой логики станка. Информация от УЧПУ в микроконтроллер передается через вход блока оптронной развязки. После поступления информации микроконтроллер производит ее первичную обработку и при активном сетевом подключении при помощи модуля Ethernet передает информацию через сетевой коммутатор, на ПЭВМ. Данная информация может быть обработана на ПЭВМ с помощью специального программного обеспечения и предоставлена в форме удобной для пользователя: графиков, диаграмм и таблиц. Если же сетевое подключение отсутствует, информация записывается на карту памяти с помощью модуля карты памяти. В том случае, когда необходимо оповестить оператора, о событии, которое произошло на станке, например, износ или поломка режущего инструмента, устройство сопряжения с помощью микроконтроллера отправляет соответствующий сигнал в УЧПУ станка через блок оптронной развязки и выход, подключенный к дискретному входу УЧПУ станка.

Модуль часов реального времени предназначен для фиксации времени, когда произошло то или иное событие, например, станок, выключили или включили и т.д.

Модуль контроля режущего инструмента в устройстве сопряжения предназначен для предотвращения

некачественной механической обработки деталей по причине изношенного режущего инструмента или его поломки в процессе обработки. Для осуществления, выше сказанного к входу 3 данного модуля подключаются датчики тока (основанные на эффекте Холла), которые устанавливаются в питающих проводах привода подачи и привода главного движения станка. Он включает в себя: аналого-цифровой преобразователь, источник опорного напряжения, микроконтроллер, блок индикации, жидкокристаллический индикатор.

К микроконтроллеру устройства сопряжения можно подключить следующие дополнительные устройства: счетчик электроэнергии и Rfid считыватель. Счетчик электроэнергии используется для учета энергозатрат станка. Он подключается с помощью конвертера RS232-/CAN, который подключается к выходу 6 преобразователя интерфейсов TTL/RS232. Считыватель Rfid метки используется для фиксации сотрудников, которые работали на станке (оператор, ремонтный персонал и т.д.). Он подключается к входу 4» [2, с 126].

Рассмотрим модуль Ethernet подробнее. Основой данного модуля является микросхема ENC28J60. Микросхема ENC28J60 взаимодействует с МК УС по интерфейсу SPI (Serial Peripheral Interface, последовательный периферийный интерфейс). Она включает протокол приема/передачи данных, MAC адрес, и протокол физического уровня в одной микросхеме (рис. 3).



Рис. 3. Структурная схема подключения ENC28J60.

Особенности микросхемы ENC28J60: соответствует спецификации стандарта IEEE 802.3; полная совмести-

мость с 10/100/1000 Base – Т сетями; встроенный MAC адрес; поддерживается полу и дуплексный режим передачи данных; программируемая автоматическая ретрансляция

на столкновения; программируемое заполнение и генерирование контрольной суммы; программируемый автоматический отказ от ошибочных пакетов; интерфейс SPI с тактовой частотой до 20 МГц [3].

УС производит первичную обработку информации и записывает ее в буфер данных в памяти МК. Как только буфер заполняется, данные передаются по каналу

Ethernet по протоколу TCP/IP через сетевой коммутатор на ПЭВМ. Под Ethernet УС подразумевается конкретный стандарт IEEE 802.3i. В этом стандарте физический уровень — это 10BASE-T, 10 Мбит/с по витой паре. В УС реализован следующий стек протоколов TCP/IP, который содержит в себе стек из протоколов: TCP, ICMP, IP, ARP, Ethernet (рис. 4).

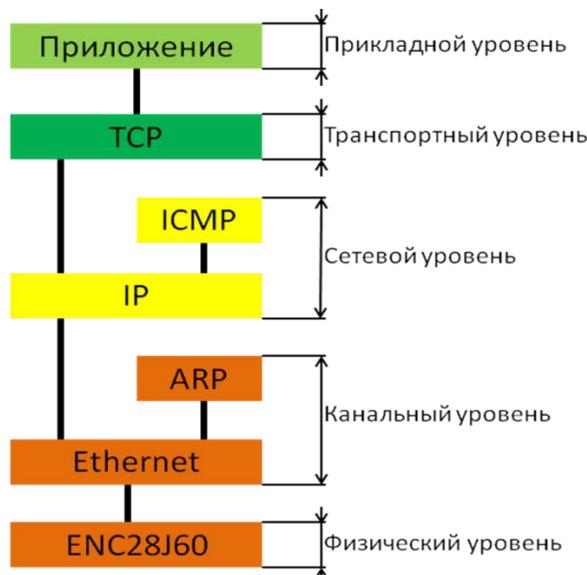


Рис. 4. Стек протоколов реализованных в УС.

Грамотно реализованный стек протоколов TCP/IP позволит быстро обнаруживать потери связи УС с сервером или выход его из строя.

Список использованной литературы

1. Петрешин, Д.И. Модуль контроля режущего инструмента в автоматизированной системе сбора и анализа производственных данных с металлорежущих станков с ЧПУ/ Д.И. Петрешин, О.Н. Федонин, В.А. Карпушкин // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 3

– 5 декабря 2014 г. / редкол.: Г.С. Подгородецкий Ю. И. Еременко, Е. В. Ильичева, Л. Н. Крахт, А. А. Кожухов, А.В. Макаров, Ю.В. Вертакова. – Старый Оскол, 2014. – Том 2. – 365 с.

2. Петрешин, Д.И. Устройство сопряжения для автоматизированной системы сбора и анализа производственных данных/ Д.И. Петрешин, О.Н. Федонин, В.А. Карпушкин/ Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. №4 (44). – 125-128 с.
2. ENC28J60 Data Sheet: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.chipdip.ru/205/DOC000205306.pdf> – Загл. с экрана.

