



СБОРНИК СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ
XXIII МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

Новосибирск, 2013 г.

УДК 62
ББК 30
Т38

Т38 «Технические науки — от теории к практике»: сборник статей по материалам XXIII международной заочной научно-практической конференции. (10 июля 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 128 с.

Сборник статей по материалам XXIII международной заочной научно-практической конференции «Технические науки — от теории к практике» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области прикладной науки и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития технических наук.

Рецензенты:

— *Ахмеднабиев Расул Магомедович* — канд. техн. наук, доцент Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка;

— *Ахметов Сайранбек Махсutowич* — д-р техн. наук, профессор. Ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем;

— *Елисеев Дмитрий Викторович* — канд. техн. наук, доцент Института развития дополнительного профессионального образования.

ББК 30

ISSN 2308-5991

© НП «СибАК», 2013 г.

Оглавление

Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление 6

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ
МЕТОДАМИ SEMANTIC WEB 6
Трахтенгерц Михаил Самойлович

ОЦЕНИВАНИЕ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
В ЗАДАЧЕ АКТИВНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ
ИДЕНТИФИКАЦИИ СТОХАСТИЧЕСКИХ НЕЛИНЕЙНЫХ
НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ 14
Филиппова Елена Владимировна

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ
ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ 29
Штыкова Ирина Владимировна
Мазур Наталия Владимировна

ОПИСАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
КОММЕРЧЕСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ 37
Ячный Иван Викторович
Клименко Анатолий Яковлевич

Секция 2. Машиностроение и машиноведение 45

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДСИСТЕМЫ
ИНСТРУМЕНТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОЧЕНИЯ 45
Расторгуев Дмитрий Александрович
Шевчук Андрей Николаевич

Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии 53

СИСТЕМНАЯ КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА
ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ 53
Клюев Роман Владимирович

Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии **59**

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХОЛОДНОКАТАНЫХ
ПОЛОС ИЗ СТАЛИ МАРКИ 08Ю 59

Гущина Марина Сергеевна

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ
БАЗАЛЬТОФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ 69

Охлопкива Айталипа Алексеевна

Васильев Спиридон Васильевич

Секция 5. Строительство и архитектура **74**

ПОИСК РЕШЕНИЙ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
БЛОКИРОВАННОЙ ЗАСТРОЙКИ
ДЛЯ УСЛОВИЙ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ 74

Елсукова Елена Александровна

Косильникова Юлия Александровна

Смирнова Светлана Николаевна

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОГО БЕТОНА
ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ И СЖАТИИ 79

Черноусов Николай Николаевич

Черноусов Роман Николаевич

Суханов Андрей Владимирович

Ливенцева Виктория Андреевна

О СОХРАНЕНИИ ТРАДИЦИЙ
В ХРАМОСТРОИТЕЛЬСТВЕ 86

Черныш Надежда Дмитриевна

Коренькова Галина Викторовна

Митякина Наталья Анатольевна

Секция 6. Сельское и лесное хозяйство, агроинженерные системы **92**

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ ДЕРЕВЬЕВ
В БИОГРУППЕ 92

Русинова Наталия Владимировна

Секция 7. Электротехника	98
СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ РОБОТОВ Корнеев Вячеслав Викторович Вяльцев Георгий Бенцианович	98
ПРОЕКТИРОВАНИЕ синхронного генератора с постоянными магнитами Корнеев Вячеслав Викторович Приступ Александр Георгиевич	106
Секция 8. Нанотехнологии и наноматериалы	114
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНОГО СЛОЯ МЕТАЛЛОВ Павленко Анатолий Михайлович Усенко Богдан Олегович Кошлак Анна Владимировна	114
НАНОТРУБКИ И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ПРАКТИКЕ Прокофьева Елена Васильевна Прокофьева Ольга Юрьевна Дунаева Елена Владимировна	123

СЕКЦИЯ 1.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРАЦИИ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ МЕТОДАМИ SEMANTIC WEB

Трахтенгерц Михаил Самойлович

*канд. тех. наук, вед. научный сотрудник
Объединенного института высоких температур РАН,
г. Москва*

E-mail: trachtengerts@mtu-net.ru

THE CONCEPTION OF BIBLIOGRAPHIC DATA INTEGRATION BY SEMANTIC WEB APPROACH

Trachtengerts Michael

*candidate of Science, Leading Researcher of Joint Institute for High
Temperatures, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation*

АННОТАЦИЯ

Развитие науки сопровождается накоплением большим объемом новых данных. До настоящего времени основным способом доведения этой информации до исследователей было создание банков данных (БД) по отраслям знаний. Теперь актуальной становится задача поиска нужных сведений в пределах совокупности БД. Показано, что методы Semantic WEB (специальный формат RDF, идентификатор URI, универсальный стандарт для сетевого обмена онтологической информацией Web Ontology Language — OWL) эффективны при интеграции тематических научных БД.

ABSTRACT

Development of science is connected with appearance of large volumes of new data. The main way to supply this information to researchers until now there was a creation of the databanks (DB) in different branches of knowledge. Now we see the necessity to mine knowledge and needed data within sets of DB. I show here that Semantic WEB methods (the specific RDF format, the URI identifier, the universal standard for exchange of ontological information — Web Ontology Language, OWL) are effective at integration of thematic scientific DB.

Ключевые слова: интеграция БД; научные БД; поиск данных; RDF; URI; OWL.

Keywords: Semantic WEB; DB integration; RDF; URI; OWL; knowledge mining.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ — проект № 13-07-00218.

По мере развития науки все в больших масштабах происходит накопление получаемых фактических данных и теоретических представлений. Своевременный и необременительный доступ к ним ученых в значительной мере определяет темпы дальнейшего развития научного знания. В настоящее время этот вызов находит свой ответ со стороны науки преимущественно в виде создания информационно-поисковых систем и банков данных, накапливающих информацию в конкретных научных областях, систематизирующих ее и предоставляющих нужные потребителю сведения автоматизированными методами на основании формализованных запросов. Релевантность, т. е. соответствие документа-кандидата на включение в список ответа на запрос, определяется чаще всего по перечню ключевых слов и/или по подходящему фрагменту, извлекаемого из полного текста документа. Запрос к таким системам представляет собой отрывки текста, например, последовательность букв, семантика которых известна человеку, задающему запрос, но не автоматизированной системе. Эти тексты могут быть связаны между собой логическими (И, ИЛИ, НЕ) и другими отношениями, отсеивающими нежелательные по каким-то причинам документы. Современные базы данных (БД) уменьшают возникающий информационный шум различными приемами, например, вводя в записи идентифицирующие теги (автора, названий статьи, журнала и т. д.). Тем не менее, полнота информации, выдаваемой БД по запросам ученых, далеко не достаточна.

Существует много объективных причин для пропуска нужных данных, в том числе синонимия, использование устаревающей или, наоборот, недавно введенной терминологии и др.

По мере того, как все больше БД предоставляют свои услуги через Интернет, возникает проблема адекватного понимания содержащейся в них информации. Попытки добиться унификации в системе тегов приводят к некоторому улучшению, но не решают ее полностью. Браузеры и специализированные поисковые машины, осуществляющие поиск данных научного значения непосредственно в Интернете, не обеспечивают необходимого уровня семантического анализа документов и «заваливают» пользователя подборками в тысячи и десятки тысяч документов, предоставляя ему самостоятельную работу по выбору из них достаточно адекватных.

Перспектива качественного скачка в поиске информации появилась 2001 году, когда Тим Бернерс-Ли, Дж. Хендлер и О. Лассила [5] выдвинули принципиально новую концепцию интернета для данных — *Semantic WEB*. Отметим, что Бернерс-Ли был одним из создателей известной всем сейчас версии Интернета. В новое понятие они вложили представление о будущей сети, когда в содержание страниц будет вноситься определенная структура, которая позволит программным агентам (браузерам и специализированным поисковикам) понимать их смысл и выполнять предписания пользователей. Взаимодействуя в сети, агенты должны будут иметь для каждого ресурса формальное представление значения.

Для однозначной спецификации значений представленных в публикуемых документах, авторы [5] предлагают использовать методы, применяемые в онтологиях. Онтология, рассматриваемая ими как подлинное ядро *Semantic Web*, — это система понятий предметной области, которая представлена как набор принятых в научной или другой среде и понятных специалистам сущностей, соединенных различными отношениями. Именно онтология представляет знания в виде формальной структуры, доступной для компьютерной обработки. В 2004 году World Wide Web Consortium (W3C) предложил универсальный стандарт для сетевого обмена онтологической информацией — *Web Ontology Language (OWL)*. С помощью OWL эксперты предметной области и разработчики приложений могут создавать, модифицировать и соединять различные онтологии, поддерживая в Интернет присутствие своей области.

Хотя задуманная идея *Semantic Web* относится к ресурсам любой тематики (бизнес, искусство, политика и т. п.), именно естественно-научные дисциплины образуют наиболее подходящую «площадку»

для обработки новых концепций. Понятийный багаж таких дисциплин как физика, химия, астрономия и др. уже исходно достаточно формализован, чтобы лечь в основу онтологического описания. Тем самым, открывается принципиальная возможность интеграции научных данных за счет спецификации содержимого разнородных источников. Среди других возможностей Semantic WEB — автоматизация обработки текстов, высокоточный информационный поиск, средства логического вывода и проч. В нашей статье [1] были рассмотрены уже реализованные примеры интеграции данных по физическим свойствам материалов с использованием новой концепции, что говорит о ее большом потенциале. В то же время, несмотря на отдельные успехи, нельзя сказать, что идея Semantic WEB нашла широкое применение. По-видимому, это объясняется как непривычностью предлагаемого подхода, так и необходимостью проведения дополнительных работ по ее внедрению.

В 2006 году Тим Бернерс-Ли [4] выдвигает идею, являющуюся порождением и развитием концепции Semantic Web, которая смещает главный акцент на публикацию, так называемых, «открытых связанных данных». Другой источник этой идеи — возникшее примерно в те же годы движение за «открытые данные», прежде всего, в области политики, административного управления, финансов и др. [7]. Среди организаций, практикующих открытую публикацию своих данных правительства ряда стран, Всемирный банк, ООН, «Товарищество в области возобновляемых источников энергии» (REEEP) и многие др. (подробный обзор см. [3]). Естественно, что высказанные выше идеи о путях улучшения поиска необходимых данных через Интернет применимы только для данных, предоставляемых в общее пользование.

Данные по этой концепции считаются *открытыми*, если они не только доступны обществу, но и при соблюдении ряда других принципов: полнота данных, свобода распространения без каких-либо ограничений в виде авторских прав, патентов и прочих механизмов контроля. При этом само освобождение от ограничений обеспечивается посредством публичных лицензий, например выдаваемых неприбыльной организацией **Creative Commons**, целью которой является легальное распространение и использование знаний и результатов творчества. Естественно, это может затронуть интересы обладателей интеллектуальной собственности, которые не будут следовать этим правилам.

Предполагается, что потенциал систем открытых данных в полной мере проявится, когда они будут конвертированы в систему «связанных открытых данных». Связанность означает, что будет

разработана возможность перехода от одного документа к другому, у которых система поиска обнаруживает общие сущности, зафиксированные в онтологиях. Это обеспечивает семантическую устойчивость процесса поиска. Она осуществляется путем представления документов в специальном формате RDF, который позволяет идентифицировать элементы, которые содержит документ. В этой схеме для всех объектов используются URI идентификаторы, позволяющие выделять их посредством браузера как индивидуальные данные. При полном развитии системы данные будут связаны с другими данными, образуя единый контекст, доступный пользователю.

Опишем некоторые новые понятия. Формат RDF не отменяет и не заменяет чтения документов, помещенных в Интернет, по протоколу HTTP. Он является дополнительным слоем описания смыслового содержания документа, с новых позиций развивающий уровень метаданных в XML и других подобных языках. Его принципом является то, что каждая присутствующая в документе сущность сопровождается семантической триадой, которая называется *триплетом*.

«субъект — предикат — объект»,

Субъектом в триплете может быть адрес документа в Интернет (традиционная ссылка), предикатом — запись указания на понятие, связывающее сущность и свойство, объектом — текст этого имени (автора, организации, свойства и т. п.). Таким образом описываются все присутствующие в документе сущности. В целом они могут составить довольно сложный граф. В рассматриваемой системе традиционная ссылка URL заменяется совместимым с ней более точным адресом URI (Uniform Resource Identifiers), который показывает местоположение в документе самой сущности. Это позволяет выйти на интересующий потребителя объект без вызова полной интернет-страницы.

С другой стороны, триплетная структура формата RDF при использовании в ней URI позволяет системе автоматически построить граф, связывающий источники (субъекты) с совпадающими предикатами и объектами. В этом случае специалист может легко переходить по этому графу от одного документа, релевантного его запросу, к другим, минуя процесс новых запросов.

Естественно, что при таком процессе доступа к данным, размещаемых во множестве документов различного типа, мы сталкиваемся со статусами этих документов, выходя за пределы форматов записи их самих. Содержание документов может быть полностью закрыто для широкой публики, открыто с ограничениями и быть открытым для всех. Понятие «открытость» здесь используется в смысле, упомянутом выше. Рассматриваемая концепция реализуема

в поле открытых данных, а при связывании их средствами URI образуется система, называемая в настоящее время как «связанные открытые данные» (LOD — Linked Open Data).

Первоначальный импульс общедоступности данных в сети Интернет был дан в начале 2000 годов общественностью, борющейся за доступ к правительственным и другим государственным, а также к юридическим документам, важных для жизни множества людей. В США это привело к созданию в 2009 году «Меморандума о прозрачном и открытом правительстве». К настоящему времени уже созданы методические основы и программно-системные комплексы, позволяющие реализовать эти идеи. В научно-технической информации идеи и методы LOD также обещают существенное продвижение в качестве обеспечения данными ученых. Это относится как к работе с самими БД, так и возможности их интеграции в различных рамках — институтах, отраслях, в целом по стране и на международном уровне. В научной среде получили распространение БД двух типов — библиографические и БД, содержащие численные и другие данные о научных фактах (фактографические).

Возникло отдельное направление работ, ориентированных на применение стандартов Semantic Web к миру библиотек и библиографических сервисов [6, 8]. Большие хранилища связанных данных могли бы обеспечить истинную интеграцию библиотечных ресурсов, включая все функции отбора, каталогизации, авторского контроля, разработки таксономий и поиска. Если все библиографические ресурсы будут представлены в RDF формате, при поиске можно использовать общий контролируемый словарь, заметно повышая полноту и релевантность, так называемого, федеративного поиска, то есть с охватом множества БД.

Здесь мы рассмотрим аспекты применения подхода LOD на примере библиографической БД ТЕРМАЛЬ по теплофизическим свойствам веществ, которая длительное время функционирует в ОИВТ РАН [2]. БД ТЕРМАЛЬ представляет собой фонд записей о документах, содержащих сведения об экспериментальных и теоретических исследованиях теплофизических свойствах веществ в различных состояниях, которые находят применение в большинстве отраслей промышленности и науки. Известно, что свойства используемых в промышленных установках веществ и материалов определяют и ограничивают их технические возможности. Как и в других библиографических системах, информационная запись в БД ТЕРМАЛЬ состоит из полей и подполей, содержание которых (авторы, название статьи, название журнала и др.) указывается их тегами (метками). Помимо традиционных для библиографических систем полей в ТЕРМАЛЬ имеются и другие, в которых

отражена ее тематическая специфика. Это поля, соответствующие наименованиям веществ, химическим формулам, названиям более общих классов веществ, свойств, типов свойств, фазовых состояний веществ, параметров состояния и т. д. Типовой запрос пользователя БД ТЕРМАЛЬ состоит в указании вещества и присущего ему свойства, данные о которых представлены в выдаваемых по запросу публикациях.

Специфика теплофизических исследований состоит в том, что изучается часто не одно вещество, а некоторая их группа, составленная по существенному признаку, например, щелочные металлы, гомологические ряды углеводов и тому подобные. Причем у некоторых веществ могут быть исследованы одни свойства, а у других иные. При внесении описания такой статьи в БД в соответствии с тегами в поля веществ и свойств попадают их полные перечни, и связь «вещество-свойство», очевидная из текста статьи, теряется. Это служит причиной возникновения большого информационного шума при исполнении типового запроса, который иногда затруднительно отфильтровать даже опытному исследователю без обращения к первоисточнику.

Использование триплетов при поиске в подобной базе данных в виде связей «**Вещество-Имеет-Свойство**» позволило бы исключить подобный источник информационного шума.

Кроме того, поскольку в рамках одной БД снимается вопрос об открытости этих данных, появляется возможность реализовать концепцию связанных данных (LOD) с помощью уже имеющихся программных средств.

В таблице представлена в качестве примера запись в виде RDF триплетов простого факта «**Вода замерзает при 0 градусов С**». Она имитирует гипотетический вариант записи после интеграции БД ТЕРМАЛЬ в соответствующую среду. Здесь в первой строке указано положение исходного документа, его номер 10435 в БД. Содержание дальнейших записей очевидно. В последней строке показано, как запись в явной форме может быть заменена обращениями к позициям некоторой конкретной онтологии в области термодинамики, что обеспечивает правильное понимание и использование терминов.

Таблица 1.

Запись RDF триплетов

субъект	предикат	объект
thermal: 10435	содержит	H2O
H2O	свойство	температура замерзания
Температура замерзания	значение	0
Температура замерзания	единица измерения	градус С
< http://td.org/freezing_point >	< http://td.org/unit >	< http://td.org/Celsius >

Накопление опыта внедрения концепции LOD на уровне локальных тематических БД с разработкой соответствующих онтологий и других семантических методов является необходимым шагом на пути информационной интеграции более высокого уровня.

Список литературы:

1. Еркимбаев А.О., Зицман В.Ю., Кобзев Г.А. и др. Интеграция баз данных по свойствам вещества. Подходы и технологии. // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. Всесоюзный институт научной и технической информации РАН. — 2012. — № 8. — С. 1—8.
2. Трахтенгерц М.С. Свидетельство о государственной регистрации базы данных ТЕРМАЛЬ. // № 2009620063. Зарегистрировано в Реестре баз данных 28 января 2009 г.
3. Bauer F., Kaltenböck M. Linked Open Data: The Essentials. A Quick Start Guide for Decision Makers. // Published by: edition mono/monochrom, Vienna, Austria, 2012. ISBN: 978-3-902796-05-9, [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: www.semantic-web.at/LOD-TheEssentials.pdf (дата обращения: 15.05.2013).
4. Berners-Lee T. Design Issues: Linked Data. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>. (дата обращения: 15.05.2013).
5. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web // Scientific American. — 2001. — Vol. 284. — № 5. — P. 35—43.
6. Byrne G., Goddard L. The Strongest Link: Libraries and Linked Data. // D-Lib Magazine. — 2010. — Vol. 16. — № 11/12. doi:10.1045/november2010-byrne . [сайт]. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.dlib.org/dlib/november10/byrne/11byrne.html> (дата обращения: 15.05.2013).
7. Open Data — An Introduction “Today we find ourselves in the midst of an open data revolution”. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://okfn.org/opendata/> (дата обращения: 15.05.2013).
8. Xin R.S., Hassanzadeh O., Fritz C., and oth. Publishing bibliographic data on the Semantic Web using BibBase. — Semantic Web. — 2013. — № 4. — P. 15—22.

**ОЦЕНИВАНИЕ НЕИЗВЕСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
В ЗАДАЧЕ АКТИВНОЙ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
СТОХАСТИЧЕСКИХ НЕЛИНЕЙНЫХ
НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ**

Филиппова Елена Владимировна

*магистр прикладной математики и информатики,
аспирант кафедры прикладной математики*

*Новосибирского государственного технического университета,
г. Новосибирск*

E-mail: alena-filippova@mail.ru

**ESTIMATION OF THE UNKNOWN PARAMETER
IN THE ACTIVE PARAMETRICAL IDENTIFICATION
OF STOCHASTIC NONLINEAR
CONTINUOUS-DISCRETE SYSTEMS**

Filippova Elena

*master of applied mathematics and computer science,
post-graduate student of applied mathematics department*

*of the Novosibirsk state technical university,
Novosibirsk*

АННОТАЦИЯ

Представлены оригинальные алгоритмы вычисления критерия максимального правдоподобия и его градиента для стохастических нелинейных непрерывно-дискретных систем, описывающихся моделями в пространстве состояний в задаче активной параметрической идентификации.

ABSTRACT

For stochastic nonlinear continuous-discrete systems are described of models in the state space the original algorithms for computing the maximum likelihood and its gradient are shown.

Ключевые слова: оценивание параметров; метод максимального правдоподобия.

Keywords: parameter estimation; the method of maximum likelihood.

Процедура активной идентификации при предварительно выбранной модельной структуре предполагает выполнение следующих основных этапов [1, 2, 6]:

1. Оценивание неизвестных параметров, входящих в модель, по измерительным данным, соответствующим определенному пробному сигналу,

2. Синтез на основе полученных оценок оптимального по некоторому выбранному критерию сигнала (планирование эксперимента),

3. Пересчет оценок неизвестных параметров по измерительным данным, соответствующим синтезированному сигналу.

В настоящей работе приведены вычислительные алгоритмы, связанные с оцениванием неизвестных параметров, входящим в первый и третий этапы процедуры активной идентификации.

Рассмотрим следующую модель непрерывно-дискретной системы:

$$\frac{d}{dt}x(t) = f[x(t), u(t), t] + \Gamma(t)w(t), t \in [t_0, t_N]; \quad (1)$$

$$y(t_{k+1}) = h[x(t_{k+1}), t_{k+1}] + v(t_{k+1}), k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (2)$$

где: $x(t)$ — n -вектор состояния;

$u(t)$ — детерминированный r -вектор управления (входа);

$w(t)$ — p -вектор возмущения;

$y(t_{k+1})$ — m -вектор измерения (выхода);

$v(t_{k+1})$ — m -вектор ошибки измерения.

Будем считать, что белые шумы $\{w(t), t \in [t_0, t_N]\}$ и $\{v(t_{k+1}), k = 0, 1, \dots, N-1\}$ взаимно некоррелированы и не коррелируют с начальным состоянием $x(t_0)$, причем $w(t) \in N(0, Q)$, $v(t_{k+1}) \in N(0, R)$ и $x(t_0) \in N(\bar{x}(t_0), P(t_0))$, неизвестные параметры сведены в вектор $\Theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_s)$, включающий в себя элементы вектор — функций $f[x(t), u(t), t]$, $h[x(t_{k+1}), t_{k+1}]$, матриц $\Gamma(t)$, Q , R , $P(t_0)$ и вектора $\bar{x}(t_0)$ в различных комбинациях.

Частным случаем модели (1), (2) являются модели линейной нестационарной системы

$$\frac{d}{dt} x(t) = a[u(t), t] + F(t)x(t) + \tilde{A}(t)w(t), t \in [t_0, t_N]; \quad (3)$$

$$y(t_{k+1}) = A(t_{k+1}) + H(t_{k+1})x(t_{k+1}) + v(t_{k+1}), k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (4)$$

При активной параметрической идентификации нелинейных систем (1), (2) с указанными априорными предположениями будем применять *временную* [6] и *статистическую* [1] линеаризации, в результате сводя задачу активной параметрической идентификации к соответствующей задаче для модели вида (3), (4) со специальным образом определенными векторами $a[u(t), t]$, $A(t_{k+1})$ и матрицами $F(t)$, $H(t_{k+1})$.

Оценивание неизвестных параметров математической модели (1), (2) будем осуществлять по данным наблюдений Ξ в соответствии с критерием идентификации χ . Сбор числовых данных происходит в процессе проведения идентификационных экспериментов, которые выполняются по некоторому плану ξ_v .

Предположим, что экспериментатор может произвести v независимых запусков системы, причем сигнал $u^1(t)$ он подает на вход системы k_1 раз, сигнал $u^2(t)$ — k_2 раз и т. д., наконец, сигнал $u^q(t)$ — k_q раз. В этом случае дискретный (точный) нормированный план эксперимента ξ_v представляет собой совокупность точек $u^1(t)$, $u^2(t)$, ..., $u^q(t)$ (спектр плана) и соответствующих им долей повторных запусков:

$$\xi_v = \left\{ \begin{array}{l} \left\{ u^1(t), u^2(t), \dots, u^q(t) \right\} \\ \left\{ \frac{k_1}{v}, \frac{k_2}{v}, \dots, \frac{k_q}{v} \right\} \end{array} \right\}, \quad u^i(t) \in \Omega_u \subset \mathbb{R}^r, t \in [t_0, t_N], \\ i = 1, 2, \dots, q.$$

Обозначим через Y_{ij} j -ю реализацию выходного сигнала ($j = 1, 2, \dots, k_i$), соответствующую i -му входному сигналу $u^i(t)$

($i=1,2,\dots,q$). Тогда в результате проведения по плану ξ_v идентификационных экспериментов будет сформировано множество

$$\Xi = \left\{ \left(u^i(t), Y_{ij} \right), j=1,2,\dots,k_i, t \in [t_0, t_N], i=1,2,\dots,q \right\}, \sum_{i=1}^q k_i = v$$

Уточним структуру $Y_{i,j}$:

$$Y_{ij}^T = \left\{ \left[y^{ij}(t_1) \right]^T, \left[y^{ij}(t_2) \right]^T, \dots, \left[y^{ij}(t_N) \right]^T \right\}, j=1,2,\dots,q, i=1,2,\dots,k_i$$

и заметим, что при пассивной параметрической идентификации часто встречаются случаи, когда $q=v=1$.

Априорные предположения, сделанные выше, и выполненная линеаризация, позволяют воспользоваться методом максимального правдоподобия (ММП) для оценивания неизвестных параметров, являющимся одним из наиболее универсальных и эффективных методов параметрического оценивания. Оценки, полученные методом максимального правдоподобия (ОМП), обладают хорошими асимптотическими свойствами, проявляющиеся для больших объемов выборок, а именно: при условии регулярности модели ОМП являются асимптотически несмещенными, состоятельными, асимптотически эффективными и асимптотически нормальными [3]. В соответствии с ММП необходимо найти такие значения параметров $\hat{\theta}$, для которых

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta \in \Omega_\theta} [\chi(\theta; \Xi)] \quad (5)$$

где в соответствии с [8, 9]:

$$\chi(\theta; \Xi) = -\ln L(\theta; \Xi) = \frac{Nm v}{2} \ln 2\pi + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{k=0}^{N-1} \left(\varepsilon^{ij}(t_{k+1}) \right)^T \left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1} \varepsilon^{ij}(t_{k+1}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^q k_i \sum_{k=0}^{N-1} \ln \det B^i(t_{k+1}) \quad (6)$$

причем $\varepsilon^{ij}(t_{k+1})$ и $B^i(t_{k+1})$ определяются по следующим рекуррентным уравнениям непрерывно-дискретного фильтра Калмана [5]:

$$\frac{d}{dt} \hat{x}^{ij}(t|t_k) = F^i(t) \hat{x}^{ij}(t|t_k) + a \left[u^i(t), t \right], \quad t_k \leq t \leq t_{k+1}; \quad (7)$$

$$\frac{d}{dt} P^i(t|t_k) = F^i(t) P^i(t|t_k) + P^i(t|t_k) \left(F^i(t) \right)^T + \Gamma(t) Q \Gamma^T(t), \quad t_k \leq t \leq t_{k+1}; \quad (8)$$

$$\varepsilon^{ij}(t_{k+1}) = y^{ij}(t_{k+1}) - H^i(t_{k+1}) \hat{x}^{ij}(t_{k+1}|t_k) - A^i(t_{k+1}); \quad (9)$$

$$B^i(t_{k+1}) = H^i(t_{k+1}) P^i(t_{k+1}|t_k) \left(H^i(t_{k+1}) \right)^T + R; \quad (10)$$

$$K^i(t_{k+1}) = P^i(t_{k+1}|t_k) \left(H^i(t_{k+1}) \right)^T \left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1}; \quad (11)$$

$$\hat{x}^{ij}(t_{k+1}|t_{k+1}) = \hat{x}^{ij}(t_{k+1}|t_k) + K^i(t_{k+1}) \varepsilon^{ij}(t_{k+1}); \quad (12)$$

$$P^i(t_{k+1}|t_{k+1}) = \left[I - K^i(t_{k+1}) H^i(t_{k+1}) \right] P^i(t_{k+1}|t_k) \quad (13)$$

с начальными условиями $\hat{x}^{ij}(t_0|t_0) = \bar{x}_0$, $P^i(t_0|t_0) = P_0$ для $k = 0, 1, \dots, N-1$, $j = 1, 2, \dots, k_i$, $i = 1, 2, \dots, q$.

Задача (5) с целевой функцией (6) является задачей нелинейного программирования с ограничениями. Для ее решения воспользуемся *методом последовательного квадратичного программирования* [4], что предполагает необходимость разработки алгоритмов вычисления значений критериев идентификации и их градиентов.

Эквивалентная выражению (6) запись

$$\chi(\theta; \Xi) = \frac{1}{2} \left\{ N m v \ln 2\pi + \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{i=1}^q \left[k_i \ln \det B^i(t_{k+1}) + \sum_{j=1}^{k_i} \left(\varepsilon^{ij}(t_{k+1}) \right)^T \left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1} \varepsilon^{ij}(t_{k+1}) \right] \right\} \quad (14)$$

позволяет предложить следующие **алгоритмы вычисления значения критерия максимального правдоподобия для линеаризованных моделей при некотором фиксированном Θ** .

Приведем для начала алгоритм вычисления значения критерия максимального правдоподобия для случая применения линеаризации во временной области:

Шаг 1. Определить $Q, R, \bar{x}(t_0), P(t_0), \{\Gamma(t), t \in [t_0, t_N]\}$.

Шаг 2. Положить $\chi(\theta; \Xi) = \frac{Nm\nu}{2} \ln 2\pi, \Delta_1=0, k=0$.

Шаг 3. Положить $i=1$.

Шаг 4. Выбрать $P^i(t_k | t_k) = P(t_0)$, если $k=0$.

Шаг 5. Задать $u_N^i(t)$ и, решив дифференциальное уравнение (ДУ)

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} x_1^i(t) = f[x_1^i(t), u_1^i(t), t], & t \in [t_0, t_N]; \\ x_1^i(t_0) = \bar{x}(t_0), \end{cases}$$

найти $x_N^i(t)$. Определить $u^i(t)$ и по формулам

$$\begin{aligned} a[u^i(t), t] = & f[x_1^i(t), u_1^i(t), t] - \frac{\partial f[x_1^i(t), u_1^i(t), t]}{\partial x(t)} x_1^i(t) + \\ & + \frac{\partial f[x_1^i(t), u_1^i(t), t]}{\partial u(t)} [u^i(t) - u_1^i(t)]; \end{aligned} \quad (15)$$

$$F^i(t) = \frac{\partial f[x_1^i(t), u_1^i(t), t]}{\partial x(t)} \quad (16)$$

найти $a[u^i(t), t]$ и $F^i(t)$ для $t \in [t_k, t_{k+1}]$ соответственно.

Шаг 6. Найти $A^i(t_{k+1}), H^i(t_{k+1})$ по формулам

$$A^i(t_{k+1}) = h[x_1^i(t_{k+1}), t_{k+1}] - \frac{\partial h[x_1^i(t_{k+1}), t_{k+1}]}{\partial x(t_{k+1})} x_1^i(t_{k+1}); \quad (17)$$

$$H^i(t_{k+1}) = \frac{\partial h \left[x_i^i(t_{k+1}), t_{k+1} \right]}{\partial x(t_{k+1})} \quad (18)$$

Шаг 7. Используя выражения (8), (10), (11), (13) вычислить $P^i(t_{k+1} | t_k)$, $B^i(t_{k+1})$, $K^i(t_{k+1})$, $P^i(t_{k+1} | t_{k+1})$.

Шаг 8. Вычислить $\Delta_1 = \Delta_1 + \frac{k_i}{2} \ln \det B^i(t_{k+1})$. Положить $j=1$.

Шаг 9. Если $k=0$, выбрать $\bar{x}^{ij}(t_k | t_k) = \bar{x}(t_0)$.

Шаг 10. Используя выражения (7), (9), (12) вычислить $\bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_k)$, $\varepsilon^{ij}(t_{k+1})$, $\bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_{k+1})$.

Шаг 11. Вычислить $\Delta_2 = \frac{1}{2} \left(\varepsilon^{ij}(t_{k+1}) \right)^T \left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1} \varepsilon^{ij}(t_{k+1})$.

Шаг 12. Положить $\chi(\theta; \Xi) = \chi(\theta; \Xi) + \Delta_2$.

Шаг 13. Увеличить j на единицу. Если $j \leq k_i$, перейти на шаг 9.

Шаг 14. Увеличить i на единицу. Если $i \leq q$, перейти на шаг 4.

Шаг 15. Увеличить k на единицу. Если $k \leq N-1$, перейти на шаг 3.

Шаг 16. Положить $\chi(\theta; \Xi) = \chi(\theta; \Xi) + \Delta_1$ и закончить процесс.

Большинство шагов алгоритма вычисления значения критерия максимального правдоподобия в случае применения статистической линеаризации совпадут с соответствующими шагами алгоритма, описанного выше. Уточним, какие именно шаги требуют корректировки, не повторяя шаги, оставшиеся без изменений:

Шаг 5. Определить $u^i(t)$ и, решив системы ДУ

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \bar{x}^i(t) = f_0 \left[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t \right], t \in [t_0, t_N]; \\ \bar{x}^i(t_0) - \text{дано,} \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{d}{dt} P^i(t) &= f_1[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t] P^i(t) + P^i(t) f_1^T[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t] + \\ &+ \Gamma(t) Q \Gamma^T(t), \quad t \in [t_0, t_N]; \\ P^i(t_0) &- \text{ дано,} \end{aligned} \right.$$

найти $\bar{x}^i(t)$ и $P^i(t)$. По формулам

$$a[u^i(t), t] = f_0[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t] - f_1[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t] \bar{x}^i(t); \quad (19)$$

$$F^i(t) = f_1[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t], \quad (20)$$

в которых

$$\begin{aligned} f_0[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t] &= \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n \det[P^i(t)]}} \int_{-\infty}^{+\infty} f[x^i(t), u^i(t), t] \times \\ &\times \exp\left\{-\frac{1}{2}[x^i(t) - \bar{x}^i(t)]^T (P^i(t))^{-1} [x^i(t) - \bar{x}^i(t)]\right\} dx(t); \\ f_1[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t] &= \frac{\partial f_0[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t]}{\partial \bar{x}(t)}, \end{aligned}$$

найти $a[u^i(t), t]$ и $F^i(t)$ для $t \in [t_k, t_{k+1}]$ соответственно.

Шаг 6. Найти $A^i(t_{k+1}), H^i(t_{k+1})$ по формулам

$$\begin{aligned} A^i(t_{k+1}) &= h_0[\bar{x}^i(t_{k+1}), P^i(t_{k+1}), t_{k+1}] - \\ &- h_1[\bar{x}^i(t_{k+1}), P^i(t_{k+1}), t_{k+1}] \bar{x}^i(t_{k+1}); \end{aligned} \quad (21)$$

$$H^i(t_{k+1}) = h_1[\bar{x}^i(t_{k+1}), P^i(t_{k+1}), t_{k+1}], \quad (22)$$

где

$$\begin{aligned}
h_0[\bar{x}(t_{k+1}), P(t_{k+1}), t_{k+1}] &= \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n \det[P^i(t_{k+1})]}} \int_{-\infty}^{+\infty} h[x(t_{k+1}), t_{k+1}] \times \\
&\times \exp\left\{-\frac{1}{2}[x(t_{k+1}) - \bar{x}(t_{k+1})]^T (P^i(t_{k+1}))^{-1} [x(t_{k+1}) - \bar{x}(t_{k+1})]\right\} dx(t_{k+1}) ; \\
h_1[\bar{x}(t_{k+1}), P(t_{k+1}), t_{k+1}] &= \frac{\partial h_0[\bar{x}(t_{k+1}), P(t_{k+1}), t_{k+1}]}{\partial \bar{x}(t_{k+1})} .
\end{aligned}$$

Продифференцировав равенство (14) по θ_α , получим

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \chi(\theta; \Xi)}{\partial \theta_\alpha} &= \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{i=1}^q \left\{ \frac{k_i}{2} \text{Sp} \left((B^i(t_{k+1}))^{-1} \frac{\partial B^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \right) + \right. \\
&+ \sum_{j=1}^{k_i} \left[\left(\frac{\partial \varepsilon^{ij}(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \right)^T (B^i(t_{k+1}))^{-1} \varepsilon^{ij}(t_{k+1}) - \right. \\
&\left. \left. - \frac{1}{2} \left(\varepsilon^{ij}(t_{k+1}) \right)^T (B^i(t_{k+1}))^{-1} \frac{\partial B^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} (B^i(t_{k+1}))^{-1} \varepsilon^{ij}(t_{k+1}) \right] \right\} ,
\end{aligned}$$

что позволяет предложить следующие **алгоритмы вычисления градиента критерия максимального правдоподобия для линеаризованных моделей** при некотором фиксированном Θ .

Приведем для начала **алгоритм вычисления градиента критерия максимального правдоподобия для случая применения линеаризации во временной области**:

$$\begin{aligned}
&\text{Шаг 1. Определить } Q, R, \bar{x}(t_0), P(t_0), \\
&\left\{ \frac{\partial Q}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial R}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial \bar{x}(t_0)}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial P(t_0)}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}, \{ \Gamma(t), t \in [t_0, t_N] \}, \\
&\left\{ \frac{\partial \Gamma(t)}{\partial \theta_\alpha}, t \in [t_0, t_N], \alpha = 1, 2, \dots, s \right\} .
\end{aligned}$$

$$\text{Шаг 2. Положить } \left\{ \frac{\partial \chi(\theta; \Xi)}{\partial \theta_\alpha} = 0, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}, \{ \Delta_{1\alpha} = 0, \alpha = 1, 2, \dots, s \}, k = 0 .$$

Шаг 3. Положить $i=1$.

Шаг 4. Если $k=0$, выбрать $P^i(t_k | t_k) = P(t_0)$,

$$\left\{ \frac{\partial P^i(t_k | t_k)}{\partial \theta_\alpha} = \frac{\partial P(t_0)}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$$
.

Шаг 5. Задать $u_N^i(t)$ и, решив дифференциальное уравнение (ДУ)

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1^i(t) \\ \frac{\partial x_1^i(t)}{\partial \theta_\alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f[x_1^i(t), u_1^i(t), t] \\ \frac{\partial f[x_1^i(t), u_1^i(t), t]}{\partial \theta_\alpha} \end{bmatrix}, & t \in [t_0, t_N]; \\ \begin{bmatrix} x_1^i(t_0) \\ \frac{\partial x_1^i(t_0)}{\partial \theta_\alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{x}(t_0) \\ \frac{\partial \bar{x}(t_0)}{\partial \theta_\alpha} \end{bmatrix}, \end{cases}$$

найти $x_N^i(t)$ и $\left\{ \frac{\partial x_1^i(t)}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$. Определить $u^i(t)$ и по формуле

(15) найти $a[u^i(t), t]$ и $\left\{ \frac{\partial a[u^i(t), t]}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$ для $t \in [t_k, t_{k+1}]$.

Используя

выражение (16), получить $F^i(t)$ и $\left\{ \frac{\partial F^i(t)}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$ для $t \in [t_k, t_{k+1}]$.

Шаг 6. При помощи равенств (17), (18) найти $A^i(t_{k+1})$,

$$\left\{ \frac{\partial A^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$$
 и $H^i(t_{k+1}), \left\{ \frac{\partial H^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$

соответственно.

Шаг 7. Используя соотношения (8), (10), (11), (13) вычислить $P^i(t_{k+1}|t_k)$, $B^i(t_{k+1})$, $K^i(t_{k+1})$, $P^i(t_{k+1}|t_{k+1})$.

Шаг 8. Найти

$$\left\{ \frac{\partial P^i(t_{k+1}|t_k)}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial B^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial K^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial P^i(t_{k+1}|t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$$

по формулам, вытекающим из уравнений (8), (10), (11), (13):

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial P^i(t|t_k)}{\partial \theta_\alpha} &= \frac{\partial F^i(t)}{\partial \theta_\alpha} P^i(t|t_k) + F^i(t) \frac{\partial P^i(t|t_k)}{\partial \theta_\alpha} + \\ &+ P^i(t|t_k) \frac{\partial (F^i(t))^T}{\partial \theta_\alpha} + \frac{\partial P^i(t|t_k)}{\partial \theta_\alpha} (F^i(t))^T + \\ &+ \frac{\partial \Gamma(t)}{\partial \theta_\alpha} Q \Gamma^T(t) + \Gamma(t) \frac{\partial Q}{\partial \theta_\alpha} \Gamma^T(t) + \Gamma(t) Q \frac{\partial \Gamma^T(t)}{\partial \theta_\alpha}, \quad t_k \leq t \leq t_{k+1}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial B^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} &= \frac{\partial H^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} P^i(t_{k+1}|t_k) (H^i(t_{k+1}))^T + H^i(t_{k+1}) \frac{\partial P^i(t_{k+1}|t_k)}{\partial \theta_\alpha} H^i(t_{k+1})^T + \\ &+ H^i(t_{k+1}) P^i(t_{k+1}|t_k) \frac{\partial (H^i(t_{k+1}))^T}{\partial \theta_\alpha} + \frac{\partial R}{\partial \theta_\alpha}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial K^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} &= \left[\frac{\partial P^i(t_{k+1}|t_k)}{\partial \theta_\alpha} (H^i(t_{k+1}))^T + P^i(t_{k+1}|t_k) \frac{\partial (H^i(t_{k+1}))^T}{\partial \theta_\alpha} - \right. \\ &\left. - P^i(t_{k+1}|t_k) (H^i(t_{k+1}))^T (B^i(t_{k+1}))^{-1} \frac{\partial B^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \right] (B^i(t_{k+1}))^{-1}; \end{aligned}$$

$$\frac{\partial P^i(t_{k+1}|t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} = [I - K^i(t_{k+1}) H^i(t_{k+1})] \frac{\partial P^i(t_{k+1}|t_k)}{\partial \theta_\alpha} -$$

$$-\left[\frac{\partial K^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} H^i(t_{k+1}) + K^i(t_{k+1}) \frac{\partial H^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \right] P^i(t_{k+1} | t_k)$$

Шаг 9. Вычислить

$$\Delta_{1\alpha} = \Delta_{1\alpha} + \frac{k_1}{2} \text{Sp} \left(\left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1} \frac{\partial B^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \right), \alpha = 1, 2, \dots, s.$$

Положить $j=1$.

Шаг 10. Если $k=0$, $\bar{x}^{ij}(t_k | t_k) = \bar{x}(t_0)$,

$$\left\{ \frac{\partial \bar{x}^{ij}(t_k | t_k)}{\partial \theta_\alpha} = \frac{\partial \bar{x}(t_0)}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$$

Шаг 11. Используя выражения (7), (9), (12), вычислить

$$\bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_k), \varepsilon^{ij}(t_{k+1}), \bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_{k+1}).$$

Шаг 12. Найти

$$\left\{ \frac{\partial \bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_k)}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial \varepsilon^{ij}(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial \bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$$

по формулам, вытекающим из уравнений (7), (9), (12):

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial \bar{x}^{ij}(t | t_k)}{\partial \theta_\alpha} = \frac{\partial F^i(t)}{\partial \theta_\alpha} \bar{x}^{ij}(t | t_k) + F^i(t) \frac{\partial \bar{x}^{ij}(t | t_k)}{\partial \theta_\alpha} + \frac{\partial a[u^i(t), t]}{\partial \theta_\alpha}, \quad t_k \leq t \leq t_{k+1}$$

;

$$\frac{\partial \varepsilon^{ij}(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} = -\frac{\partial H^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_k) - H^i(t_{k+1}) \frac{\partial \bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_k)}{\partial \theta_\alpha} - \frac{\partial A^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}$$

;

$$\frac{\partial \bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} = \frac{\partial \bar{x}^{ij}(t_{k+1} | t_k)}{\partial \theta_\alpha} + \frac{\partial K^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \varepsilon^{ij}(t_{k+1}) + K^i(t_{k+1}) \frac{\partial \varepsilon^{ij}(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}$$

Шаг 13. Вычислить

$$\Delta_2 \alpha = \left(\frac{\partial \varepsilon^{ij}(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \right)^T \left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1} \varepsilon^{ij}(t_{k+1}) -$$

$$-\frac{1}{2} \left(\varepsilon^{ij}(t_{k+1}) \right)^T \left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1} \frac{\partial B^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha} \left(B^i(t_{k+1}) \right)^{-1} \varepsilon^{ij}(t_{k+1}), \quad \alpha = 1, 2, \dots, s$$

$$\frac{\partial \chi(\theta; \Xi)}{\partial \theta_\alpha} = \frac{\partial \chi(\theta; \Xi)}{\partial \theta_\alpha} + \Delta_2 \alpha, \quad \alpha = 1, 2, \dots, s$$

Шаг 14. Положить

Шаг 15. Увеличить j на единицу. Если $j \leq k_i$, перейти на шаг 10.

Шаг 16. Увеличить i на единицу. Если $i \leq q$, перейти на шаг 4.

Шаг 17. Увеличить k на единицу. Если $k \leq N-1$, перейти на шаг 3.

$$\frac{\partial \chi(\theta; \Xi)}{\partial \theta_\alpha} = \frac{\partial \chi(\theta; \Xi)}{\partial \theta_\alpha} + \Delta_1 \alpha, \quad \alpha = 1, 2, \dots, s$$

Шаг 18. Положить
и закончить процесс.

Большинство шагов алгоритма вычисления градиента критерия максимального правдоподобия в случае применения статистической линеаризации совпадут с соответствующими шагами алгоритма, описанного выше. Уточним, какие именно шаги требуют корректировки, не повторяя шаги, оставшиеся без изменений:

Шаг 5. Определить $u^i(t)$ и, решив системы ДУ

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \bar{x}^i(t) \\ \frac{\partial \bar{x}^i(t)}{\partial \theta_\alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_0 \left[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t \right] \\ \frac{\partial f_0 \left[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t \right]}{\partial \theta_\alpha} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \bar{x}^i(t_0) \\ \frac{\partial \bar{x}^i(t_0)}{\partial \theta_\alpha} \end{bmatrix} - \text{дано,} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} \left[\frac{P^i(t)}{\partial P^i(t)} \right] = \left[\begin{array}{l} f_1 \left[\bar{x}^i(t), P(t), u^i(t), t \right] P^i(t) + P^i(t) f_1^T \left[\bar{x}^i(t), P(t), u^i(t), t \right] + \Gamma(t) Q \Gamma^T(t) \\ \frac{\partial f_1 \left[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t \right]}{\partial \theta_\alpha} P^i(t) + f_1 \left[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t \right] \frac{\partial P^i(t)}{\partial \theta_\alpha} + \frac{\partial P^i(t)}{\partial \theta_\alpha} \times \\ \times f_1^T \left[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t \right] + P^i(t) \frac{\partial f_1^T \left[\bar{x}^i(t), P^i(t), u^i(t), t \right]}{\partial \theta_\alpha} + \\ + \frac{\partial \Gamma(t)}{\partial \theta_\alpha} Q \Gamma^T(t) + \Gamma(t) \frac{\partial Q}{\partial \theta_\alpha} \Gamma^T(t) + \Gamma(t) Q \frac{\partial \Gamma^T(t)}{\partial \theta_\alpha} \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{l} P^i(t_0) \\ \frac{\partial P^i(t_0)}{\partial \theta_\alpha} \end{array} \right] \text{— дано,} \end{array} \right.$$

найти $\bar{x}^i(t), P^i(t), \left\{ \frac{\partial \bar{x}^i(t)}{\partial \theta_\alpha}, \frac{\partial P^i(t)}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$. По формуле (19),

найти $a \left[u^i(t), t \right]$ и $\left\{ \frac{\partial a \left[u^i(t), t \right]}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$ для $t \in [t_k, t_{k+1}]$.

Используя выражение (20), получить $F^i(t)$ и $\left\{ \frac{\partial F^i(t)}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$ для $t \in [t_k, t_{k+1}]$.

Шаг 6. При помощи равенств (21), (22) найти $A^i(t_{k+1}), \left\{ \frac{\partial A^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$ и $H^i(t_{k+1}), \left\{ \frac{\partial H^i(t_{k+1})}{\partial \theta_\alpha}, \alpha = 1, 2, \dots, s \right\}$

соответственно.

Данные вычислительные алгоритмы были программно реализованы в рамках интерактивной программной системы активной параметрической идентификации стохастических динамических систем (APIS 1.0) [7].

Для линейных нестационарных моделей вида (3), (4) алгоритмы вычисления значения критерия максимального правдоподобия и его градиента имеют похожие структуры с алгоритмами, представленными выше, но являются более простыми в силу отсутствия в формулах (6)-(13) зависимости от индекса i в матрицах $B(t)$, $F(t)$, $P(t_{k+1}|t_k)$, $H(t_{k+1})$, $K(t_{k+1})$, $P(t_{k+1}|t_{k+1})$ и векторе $A(t_{k+1})$. Матрицы и вектора, входящие в модель (3), (4), определяются по формулам, записанным в самой модели и не требуют дополнительных расчетов.

Список литературы:

1. Денисов В.И., Чубич В.М., Филиппова Е.В. Активная параметрическая идентификация стохастических непрерывно-дискретных систем, полученных в результате применения статистической линеаризации // Сибирский журнал индустриальной математики. — 2012. — Т. XV. — № 4(52). — С. 78—89.
2. Денисов В.И., Чубич В.М., Черникова О.С., Бобылева Д.И. Активная параметрическая идентификация стохастических линейных систем: монография. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. — 192 с.
3. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. — 600 с.
4. Измаилов А.Ф., Солодов М.В. Численные методы оптимизации. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 320 с.
5. Огарков М.А. Методы статистического оценивания параметров случайных процессов. М.: Энергоатомиздат, 1980. — 208 с.
6. Чубич В.М., Филиппова Е.В. Применение методов теории планирования экспериментов при параметрической идентификации стохастических нелинейных непрерывно-дискретных систем // АПЭП 2010. Актуальные проблемы электронного приборостроения: материалы X Международной конф. — Новосибирск. — 2010. — Т. 6. — С. 85—93.
7. Чубич В.М., Черникова О.С., Филиппова Е.В. Интерактивная программная система активной параметрической идентификации стохастических динамических систем (APIS 1.0) // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2012617399. — М.: Роспатент. — 2012.
8. Åström K. Maximum likelihood and prediction errors methods // Automatica, 1980. V. 16. pp. 551—574.
9. Gupta N., Mehra R. Computational aspects of maximum likelihood estimation and reduction in sensitivity function calculations // IEEE Trans. Automat. Control. — 1974. — V. 19 — № 6. — P. 774—783.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Штыкова Ирина Владимировна

*магистр экономики и бизнеса,
ст. преп. кафедры автоматизации и информационных систем,
Рудненский индустриальный институт,
г. Рудный
E-mail: Iren_2409@mail.ru*

Мазур Наталия Владимировна

*магистр экономики и бизнеса,
ст. преп. кафедры автоматизации и информационных систем,
Рудненский индустриальный институт,
г. Рудный
E-mail: masurn@mail.ru*

THE REAL TIME SOFTWARE FOR THE MINING INDUSTRY ENTERPRISES

Shtikova Irina

*economy and business master, senior teacher of automation and
information technologies department, Rudny Industrial Institute,
Rudny*

Mazur Nataliya

*economy and business master, senior teacher of automation and
information technologies department, Rudny Industrial Institute,
Rudny*

АННОТАЦИЯ

В статье проведен анализ интегрированных систем, которые используются крупными компаниями для автоматизации определенных функций в горной промышленности.

Основная цель внедрения автоматизированных систем заключается в повышении эффективности работы горного предприятия за счет улучшения организации производства, оптимизации ведения

горных работ, минимизации затрат и потерь на всех этапах добычного цикла и, как следствие, снижении себестоимости конечной продукции.

ABSTRACT

The analysis of the integrated systems which are used by the large companies for automation of certain functions in mining industry is carried out in the article.

The main objective of automated systems introduction consists in efficiency increasing of mining enterprise working at the expense of production organization improvement, conducting mining operations optimization, minimization of expenses and losses at all stages of a mining cycle and, as a result, decrease in prime cost of end products.

Ключевые слова: усреднение руд; автоматизация; интегрированные системы; функции интегрированной системы.

Keywords: ore averaging; automation; integrated systems; integrated system functions.

Некоторые полезные ископаемые могут быть использованы сразу же после их добычи. Большинство же ископаемых для непосредственного использования непригодны вследствие неудовлетворительного содержания в них основных полезных компонентов. Эти ископаемые являются лишь сырьем для переработки в продукцию требуемого качества [2].

Современная металлургия предъявляет повышенные требования к качеству железных руд, к постоянству их химического и гранулометрического состава, что позволяет стабилизировать и ускорить процесс плавки, повысить производительность доменных печей и сталеплавильных агрегатов, снизить себестоимость выплавки металла. Стабилизация качества руд дает большой эффект и в обогащательном переделе. Технологические показатели обогащения повышаются, если на обогащательную фабрику в течение определенного периода поступает однородная по составу руда, так как это позволяет строго выдерживать подобранный технологический режим обогащения.

Постоянство качества руд достигается их усреднением. Под усреднением понимают смешивание в рациональном соотношении однотипных полезных ископаемых с разным содержанием полезного компонента с целью получения сырья заданного качества. Усреднение является важным звеном технологии горного производства, особенно в карьерах, с резким колебанием качественных показателей добываемых руд. Причинами этого колебания могут быть: различный вещественный состав рудных тел,

слагающих месторождение; разубоживание полезного ископаемого при рыхлении и погрузке и др.

Усреднение качества включает в себя как технологические мероприятия горного производства, обеспечивающие благоприятные условия для смешивания, и усреднение качества в процессе добычи (изменения системы разработки и её параметров, средств механизации, общей технологии, схемы добычи и первичной переработки полезных ископаемых), так и организационно-управляющие действия.

Существуют основные способы усреднения: внутрикарьерное, на рудных складах и бункерное.

Внутрикарьерное усреднение производится путем доставки автомобилями из забоев различных руд в рассчитанном соотношении.

Для внутрикарьерного усреднения руд следует детально изучить вещественный состав рудной массы, выявить ее разновидности по содержанию основных компонентов и установить пространственное расположение этих разновидностей по отдельным горизонтам и блокам.

Комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт. При этой системе усреднение руд происходит не только на добычных участках, но и на перегрузочных площадках, которые в этом случае выполняют функции усреднительных складов.

Показатели качества полезных ископаемых, подлежащие усреднению, в зависимости от вида и типов полезных ископаемых, их особенностей и технологии переработки различны. Наиболее часто усредняют полезные ископаемые по содержанию основного полезного компонента, гранулометрическому составу, плотности, содержанию вредных примесей.

Мероприятия по усреднению качества усложняют и удорожают технологию горных работ, т. к. при этом снижается валовая производительность горного и транспортного оборудования, возникают дополнительные капитальные и эксплуатационные затраты. Поэтому усреднение качества экономически целесообразно в случаях, если экономический эффект от его применения превышает суммарные дополнительные затраты в сфере добычи и переработки полезных ископаемых.

В последнее десятилетие XX века информационные технологии стали широко применяться в горнодобывающей промышленности. Падение цен на металлы в этот период и, как следствие этого, экономический спад в горнодобывающих отраслях промышленности стали своеобразным стимулом к развитию и внедрению на горных предприятиях информационных технологий для решения задачи

планирования и управления производством. Основная цель внедрения заключалась в повышении эффективности работы горного предприятия за счет улучшения организации производства, оптимизации ведения горных работ, минимизации затрат и потерь на всех этапах добычного цикла и, как следствие, снижении себестоимости конечной продукции.

На сегодняшний день существует большое количество интегрированных систем, которые используются крупными компаниями для автоматизации определенных функций в горной промышленности. Проведем анализ программных продуктов.

Обычный набор функций интегрированной системы включает в себя:

- Управление базами данных;
- Интерактивная 3-х мерная графика и картирование;
- Статистическая и геостатистическая обработка информации;
- Трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей;
- Проектирование открытых и подземных горных работ;
- Планирование развития рудников и календарное планирование;
- Маркшейдерские расчеты и т. д.

В настоящий момент во многих зарубежных компаниях уже внедрены интегрированные системы позволяющие автоматизировать многие процессы предприятия.

Компания Mineral Industry Computing Ltd разработала и постоянно совершенствует интегрированную систему ДАТАМАЙН [1].

Это одна из наиболее распространенных в мире систем (более 300 пользователей, в том числе в СНГ: МНПО «Полиметалл», АК «Алмазы России-САХА», Институт Гипроникель, АО «Карельский Окамыш», Казцинк, Оксус Ресурсес и т. д.), позволяющая специалистам эффективно решать широкий спектр геологических, горных и маркшейдерских задач. Она работает на всех стандартных платформах со всеми главными операционными системами.

Компьютерные продукты Datamine в совокупности сегодня представляют собой наиболее мощную и гибкую систему в мире для моделирования рудных месторождений и проектирования горных работ. Система представляет собой реляционную базу данных (собственная разработка компании) и набор объединенных с ней модулей, которые пользователь может выбирать, исходя из специфики предприятия и решаемых задач.

Datamine может успешно работать с любыми видами полезных ископаемых: рудами черных и цветных металлов, горно-химическим

сырьем, драгоценными камнями, углем, нефтью, индустриальными минералами и т. д.

Главный продукт системы — Datamine Studio создан на основе центрального Ядра, обеспечивающего гибкую, всеобъемлющую обработку и графический вывод информации, находящейся в реляционной Базе данных. Datamine Studio имеет новый стандартный интерфейс, позволяющий пользователям непосредственно обмениваться информацией с наиболее распространенными в мире компьютерными системами, а также писать макросы с помощью Javascript или VBScript в формате HTML. Эти макросы могут затем загружаться в систему для запуска и сопровождения желаемого пользователем набора процессов Datamine.

Основные модули Datamine Studio:

- Геостатистический анализ включает инструменты для построения вариограмм, их анализа и интерактивной подгонки моделей. Также включает в себя перекрестную проверку выбранных моделей вариограмм (cross-validation), несколько видов трехмерного кригинга, оценку извлекаемых запасов и т. д.
- Моделирование месторождений. Этот модуль обеспечивает все возможности для построения, просмотра, оценки и редактирования блочных моделей месторождений. Интерполяция содержаний металлов и других показателей производится традиционными и геостатистическими методами.
- Каркасное моделирование пространственных тел и поверхностей. Включает в себя набор полуавтоматических и интерактивных трехмерных инструментов для создания, модификации, показа и оценки замкнутых и топографических каркасных моделей.
- Оптимизация процесса усреднения руды. С помощью этого модуля можно оптимизировать характеристики рудопотоков предприятия для заданных критериев качества руды и имеющихся горных ограничений.
- Краткосрочное планирование открытых горных работ. Включает в себя инструменты для проектирования размещения буровзрывных скважин в границах блоков на карьерах. Там же имеется программа, позволяющая планировать последовательность отработки этих блоков для получения рудопотоков требуемого качества.
- Система управления запасами руды на складах — позволяет оптимизировать рудопотоки на обогатительную фабрику и многие другие модули.

Австралийская компания KJRA Systems, являющаяся членом известной группы компаний MAPTEK разработала и продает мощную и достаточно дорогую интегрированную систему “Vulkan” [1], имеющую большой набор модулей для решения самых разных задач в области геологии, горного дела, маркшейдерии, экологии:

- Набор программ для детальной обработки геологоразведочной информации.
- Инструменты для моделирования геологических объектов, в т. ч. — месторождений нефти и газа.
- Геостатистическое исследование месторождений и различные виды кригинга.
- Моделирование и расчет гидрогеологических характеристик объектов.
- Проектирование карьеров и подземных рудников на рудных и пластовых месторождениях.
- Моделирование устойчивых бортов карьеров геомеханические расчеты.
- Контроль качества добываемой руды.
- Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках и т. д.

Система имеет более 250 установок по всему миру.

Австралийская компания Mincom Pty Ltd [4] разработала и предлагает на рынке систему Minescape (а также программы Ellipse, MineStar, MineMarket), которая изначально была предназначена для угольных предприятий. Сейчас система может с успехом использоваться на горных предприятиях, разрабатывающих любые типы твердых полезных ископаемых. Компания предлагает не только компьютерные программы, но и готовые технические решения, разработанные на их основе.

Medsystem (Сейчас — MineSight) Американская компания Mintec Inc. сравнительно давно (с 60-х годов) одна из первых вышла на рынок со своей интегрированной системой Medsystem. Фирма насчитывает более 300 пользователей и в последнее время стремиться дать системе второе дыхание. Новое название главного компьютерного продукта — MineSight.

Система особенно широко распространена на горных предприятиях США и Канады. Она имеет кроме Ядра 5 основных модулей, каждый из которых — набор нескольких или многих специализированных программ:

- 1 Геологический модуль:
 - Обработка данных по скважинам, статистика и композирование;
 - Блочное моделирование;
 - Геостатистика;
 - Оценка запасов руды.
- 2 Горно-инженерный модуль (карьеры):
 - Оптимизация карьеров (Лерч-Гроссман, плавающий конус);
 - Оценка извлекаемых запасов;
 - Проектирование карьеров;
 - Календарное планирование.
- 3 Планирование горных работ:
 - Система контроля качества руды;
 - Краткосрочное планирование горных работ и т. д.

Система GEMCOM [3] разработана канадской компанией Gemcom Software International Inc. включает в себя все требуемые функции, начиная от ввода первичных данных и заканчивая блочным моделированием месторождений, проектированием и планированием открытых и подземных горных работ.

Система является одной из самых распространенных в мире и включает в себя следующие основные модули:

- Управление данными геологоразведки.
- Геологическое опробование.
- Моделирование месторождений.
- Геомеханические расчеты.
- Проектирование карьеров и шахт.
- Планирование горных работ.
- Календарное планирование и производственная программа.
- Контроль производства.
- Управление работой горного оборудования.
- Экологическое моделирование;
- Управление документооборотом предприятия;
- Маркшейдерские расчеты.

Программы системы построены таким образом, чтобы работать в отдаленных местах.

Представленное в настоящей статье программное обеспечение позволяет автоматизировать управление практически любыми технологическими процессами на предприятиях горнодобывающей.

Казахстан является достаточно богатым по запасам минерально-сырьевой базы. Сегодня суверенный Казахстан стремится стать

первым из развивающихся государств мира, этому сопутствуют наши полезные ископаемые: медная руда, нефть, уголь, чёрная и цветная, полиметаллические руды, хромитовые руды, торф, железная руда, природный газ и так далее.

Отечественные горные предприятия отстают в области автоматизации и компьютеризации. Во время спада производства рассчитывать на массовое внедрение автоматизированных линий и систем управления из-за боязни увеличить безработицу ожидать не приходится.

Автоматизация процессов переработки при непрерывно протекающих процессах на стационарном оборудовании, считающаяся первым этапом автоматизации, осуществлена.

Все выше сказанное обуславливается в рамках гранта МОН РК по теме «Разработка ИС поддержки принятия решений при формировании эффективных технологических схем стабилизации качества полезного ископаемого», выполняемой по бюджетной программе 055 «Научная и/или научно-техническая деятельность» (№ госрегистрации 0112РК02423).

Список литературы:

1. Васильев П.В. Развитие горно-геологических информационных систем. Информационный бюллетень. ГИС ассоциация — 1999 — № 2 (19), с. 32—33.
2. Усреднение качества руды на карьере. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://tutestinfo.ru/category/razrabotka-mestorozhdenij-poleznyx-iskopaemux> (дата обращения: 25.05.2013).
3. GEMCOM. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: http://www.rdmk.ru/com_tech/dk/gemcom.htm (дата обращения: 27.05.2013).
4. Mincom MineScape — Manzana Group — Решения для горного предприятия. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.mymine.ru/index.php?option=content&task=view&id=49> (дата обращения: 27.05.2013).

**ОПИСАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
КОММЕРЧЕСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Ячный Иван Викторович

*инженер-программист, ЗАО «НПФ «Сибнефтекарт»,
г. Томск*

E-mail: ivan.jachny@gmail.com

Клименко Анатолий Яковлевич

*д-р техн. наук, профессор, ТУСУР,
г. Томск*

E-mail: klimenko.anatoly.j@gmail.com

**DESCRIPTION OF ARCHITECTURE TOOLS
FOR CREATING AUTOMATED COMMERCIAL
AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

Jachny Ivan Viktorovich

*software Engineer, JSC "SPC" Sibneftekart",
Tomsk*

Klimenko Anatoly Jakovlevich

*doctor of Technical Sciences, Professor, TUSUR,
Tomsk*

АННОТАЦИЯ

Целью данной статьи является описание разработанной архитектуры, моделей и программ инструментальных средств для создания автоматизированных коммерческо-технологических систем (ИСКТС).

В ходе работы была разработана основная архитектура системы, а также реализованы структурные и функциональные модели программ, библиотеки классов и исполняемых модулей, пакеты программных продуктов.

Все программные решения, представленные в данной статье, были успешно протестированы и внедрены в различных проектах компании ЗАО «НПФ «Сибнефтекарт».

ABSTRACT

The purpose of this article is to describe the developed architecture, models and software tools for creating automated commercial and technological systems (STACTS).

During the work were developed basic system architecture, structural and functional software model, class libraries and executable modules of software packages.

All software solutions, presented in this article, have been successfully tested and implemented in different projects of JSC "SPC" Sibneftekart".

Ключевые слова: ИС; ИСКТС; АКТС; паттерн; плагин; архитектура.

Keywords: ST; STACTS; ACTS; pattern; plugin; architecture.

Основным назначением автоматизированной коммерческо-технологической системы (АКТС) является автоматизация как процесса совершения сделки (передача прав собственности на товар), так и управление технологией передачи самого товара, зачастую с использованием достаточно сложных технических средств. Сегодня на рынке представлено большое разнообразие АКТС. Это торговые системы супермаркетов, системы отпуска топлива на автозаправочных станциях и нефтебазах, системы бронирования и продажи билетов, системы контроля доступа и др. Рассмотрим некоторые из них.

В последнее время все большую популярность набирают коммерческие системы автоматического отпуска топлива на автозаправочных станциях. Данные системы служат для организации безоператорного отпуска топлива для ведомственных Мини АЗС.

Однако большинство из представленных решений являются узкоспециализированными, что, в совокупности с недостаточной гибкостью, приводит к сокращению периода их жизни.

Инструментальные средства (ИС) — набор программных продуктов, выполняющих функции, связанные с созданием или модернизацией новых программных систем. ИС могут включать в себя различные компоненты, такие как текстовый редактор, транслятор, графический редактор, загрузчик, а также средства отладки программных средств.

На основе типовых решений, выявленных в ходе изучения уже существующих систем, была разработана архитектура программно-инструментальных средств. Данная архитектура представлена на рисунке 1.

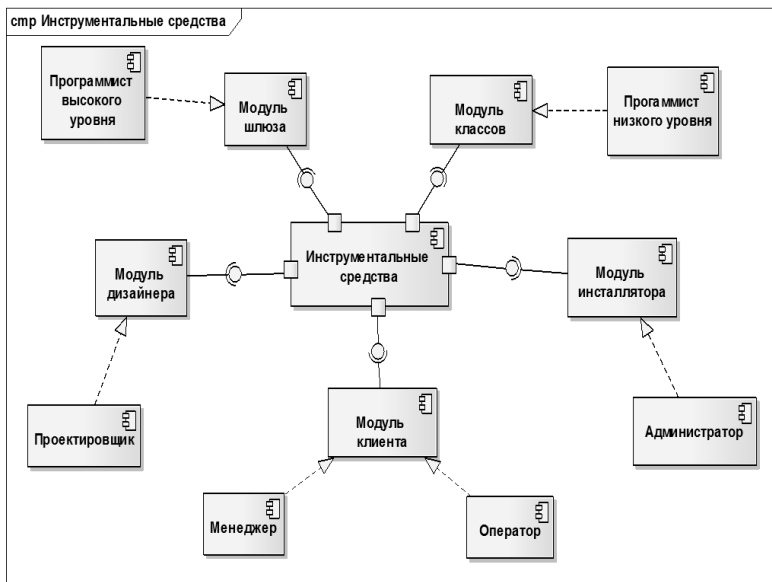


Рисунок 1. Архитектура инструментальных средств

Любое разрабатываемое инструментальное средство должно состоять из пяти основных частей:

- модуль дизайнера — программная часть, позволяющая проектировать различные системы и управлять ими;
- модуль клиента — программная часть, позволяющая обслуживающему персоналу, операторам и менеджерам просматривать результат выполнения заявленного функционала систем без возможности воздействия на него;
- модуль инсталлятора — часть системы, позволяющая администраторам автоматизировать процесс установки, обновления и удаления программных компонентов;
- модуль классов — программная часть, позволяющая внедрить разработанную систему в состав других на низком уровне, т. е. на уровне исходного кода;
- модуль шлюза — часть системы, позволяющая внедрить разработанную систему на более высоком уровне с помощью унифицированного протокола взаимодействия.

В качестве реализации разработанной архитектуры инструментальных средств используются шаблоны проектирования.

Шаблоны проектирования — универсальные, многократно используемые в различных приложениях решения. Это шаблон, который может быть использован в различных ситуациях и почти не зависит от языка программирования.

Шаблон проектирования описывает некую распространенную проблему проектирования, способ ее решения и контекст, в котором это решение используется. Описание дается в терминах взаимодействующих объектов и классов, адаптивных для решения конкретной задачи в данном контексте [4, с. 79].

В ходе реализации архитектуры инструментальных средств был разработан пакет программного обеспечения для удаленного управления объектом — «СНК — Модуль сервисного обслуживания».

Разработанное программное обеспечение имеет широкие функциональные возможности и предназначено для решения различного рода задач:

- удаленное обновление программного обеспечения;
- удаленное управление лицензиями программных продуктов;
- прием и исполнение запросов на формирование оперативной информации;
- формирование и отсылка данных по заданному расписанию;
- удаленная настройка конфигурации объекта.

На рисунке 2 приведена структурная схема продукта.

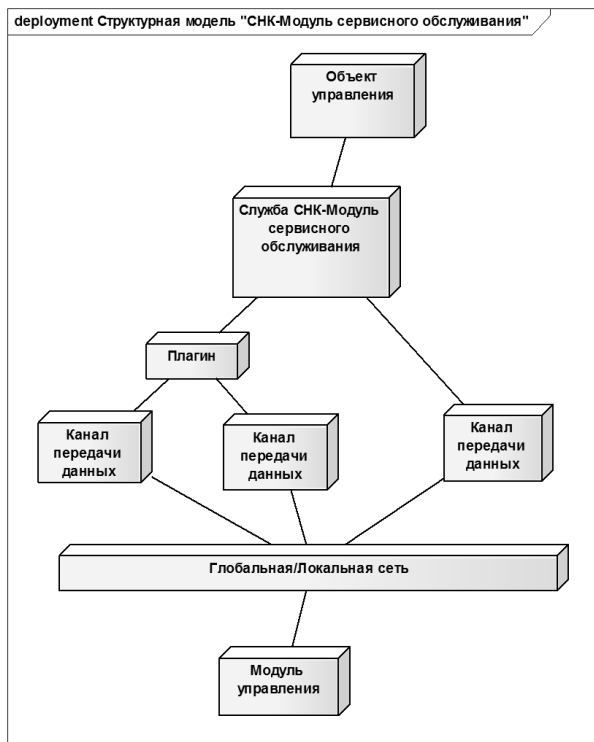


Рисунок 2. Структурная схема

Служба «СНК — Модуль сервисного обслуживания» осуществляет автоматический прием и обработку управляющих команд, поступивших через различные каналы связи. Управление и настройка службой осуществляется удаленно с помощью приложения «Модуль управления», которое взаимодействует с ней по локальной или глобальной сети.

Перед выполнением какой-либо команды, поступающие данные и управляющие инструкции могут быть предварительно обработаны. Для этого к необходимым каналам подключаются плагины, которые производят необходимые действия с данными — конвертирование, изменение формата, преобразование данных.

Диаграмма классов основной службы данного программного продукта приведена на рисунке 3.

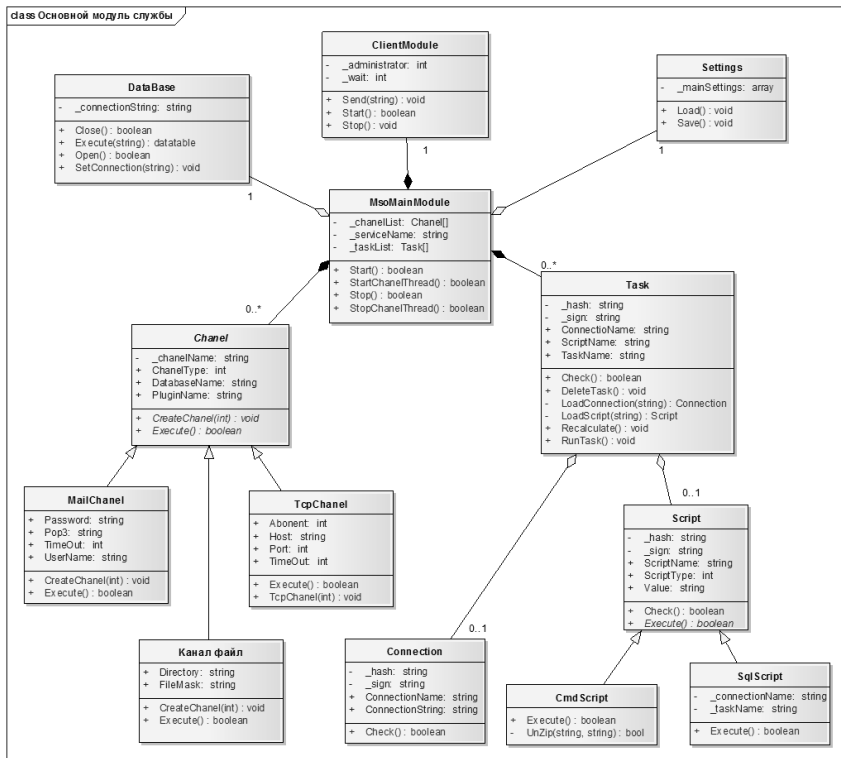


Рисунок 3. Диаграмма классов

Основным исполняемым классом пакета является класс MsoMainModule. Он содержит в себе информацию о подключенных каналах, текущие настройки службы, а также список задач на выполнение.

Класс Task — основной класс задачи, необходимой для выполнения на удаленном объекте. Он содержит информацию о выполняемых скриптах и подключениях к базе данных. Основной функцией класса является функция RunTask. Для того чтобы основной модуль вызвал данную функцию, должно производиться ряд проверок на целостность и неизменность данных. Для проведения данных проверок, в потенциально опасных классах существует цифровая подпись, а также HESH данные.

Основной задачей стояло внедрение «Модуль управления» в уже существующее приложение. Большинство программных решений

реализованы с помощью универсального языка программирования общего назначения C++. C++ и его стандартные библиотеки спроектированы так, чтобы обеспечивать переносимость. Хотя данный язык широко используется для разработки программного обеспечения, для реализации приложения «Модуль управления» был выбран один из продвинутых и современных языков программирования — C#.

Язык C# — объектно-ориентированный язык программирования разработки приложений для платформы Microsoft .NET Framework. Данный язык программирования пригоден как для быстрого написания прототипов, так и для разработки крупномасштабных приложений.

Для внедрения модуля в существующее программное решение была разработана модель, приведенная на рисунке 4.

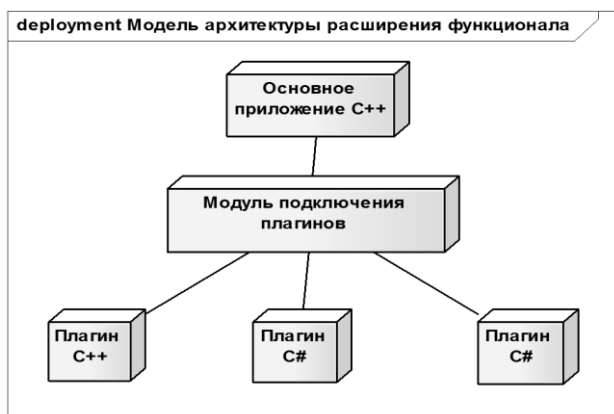


Рисунок 4. Модель архитектуры

Модуль подключения плагинов реализует интерфейс ISncProху, по которому происходит взаимодействие с различными частями приложения. На рисунке 5 приведена диаграмма классов этого модуля.

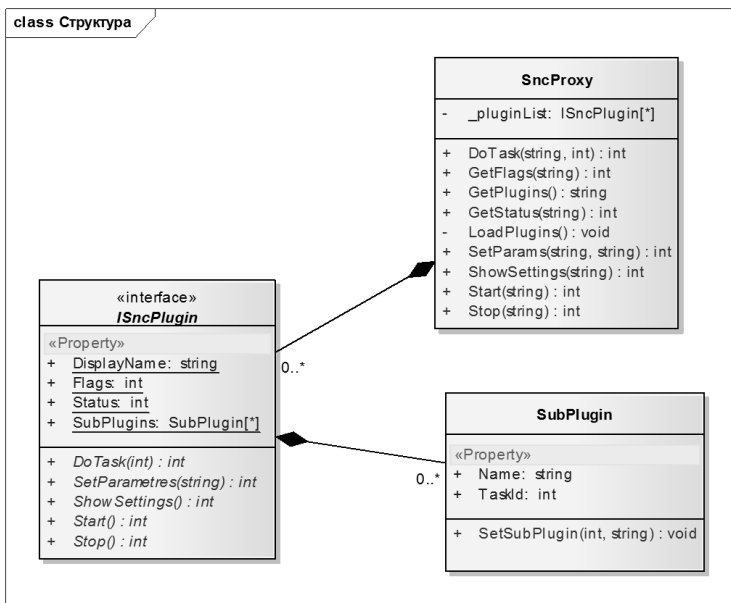


Рисунок 5. Диаграмма классов

Список литературы:

1. Вигерс К. Разработка требований к программному обеспечению: / Пер. с англ. — М.: Изд. — торговый дом «Русская редакция», 2004. — 576 с.
2. Гамма Э., Хелм Р. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования = Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software. — «Питер», Addison-Wesley, 2009. — С. 366.
3. Гильманов А.А., Клименко А.Я., Странгуль О.Н., Тарасенко В.П. Карточные технологии в автоматизации маркетинга. — Томск: Издательство НТЛ, 2000. — 380 с.
4. Гома Х. UML. Проектирование систем реального времени, параллельных и распределенных приложений: Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2002. — 704 с.

СЕКЦИЯ 2.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДСИСТЕМЫ ИНСТРУМЕНТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОЧЕНИЯ

Расторгуев Дмитрий Александрович

*канд. техн. наук, доцент ТГУ,
г. Тольятти*

E-mail: Rast_73@mail.ru

Шевчук Андрей Николаевич

*магистрант, ТГУ,
г. Тольятти*

E-mail: v-grooved@mail.ru

INFLUENCE OF PARAMETER OF TOOL SUBSYSTEM ON TURNING EFFICIENCY

Rastorguev Dmitry

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of TGU,
Togliatti*

Shevchuk Andrey

*Undergraduate of TGU,
Togliatti*

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования влияния соотношения жесткостей по координатным осям на фазовую траекторию инструмента, на устойчивость процесса точения. Коэффициенты жесткостей определялись на станке, уточнялись в ходе статических исследований МКЭ, для стандартного инструмента и резца с упругой державкой.

ABSTRACT

The article contains results on the effect of rigidities coordinate axes ratio on phase trajectory of the tool, sustainability of the turning. Stiffness coefficients were determined on the machine tool, it is specified in the static studies, FEM for a standard tool and cutter elastic tool holder.

Ключевые слова: динамическая система; нежесткая осесимметричная деталь; демпфирование; резонанс.

Keywords: dynamic system; non-rigid axisymmetric part; damping, resonance.

Одной из гипотез возникновения автоколебаний является теория координатной связи [3]. Элементы технологической системы представляются в виде приведенных масс с главными осями жесткости ζ_1 и ζ_2 , определенным образом ориентированных относительно координат y и z (рис. 1). Угол наклона координатных осей зависит от конструктивных особенностей инструментальной подсистемы станка. Для снижения деформации в радиальном направлении, максимально влияющем на обеспечение точности обработки, стараются максимально повысить жесткость именно в этом направлении. Но если не учитывать координатные связи, эффекта уменьшения деформации может не произойти. Смещения в направлении перпендикулярном направлению действия приложенной силы могут привести к нарушению устойчивости процесса обработки.

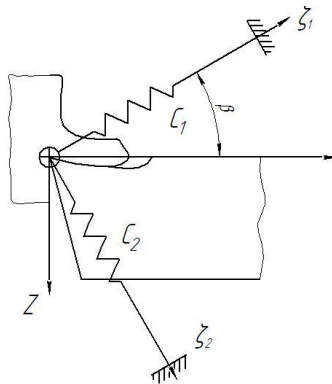


Рисунок 1 Расчетная схема положения главных осей жесткости

При экспериментальных исследованиях влияния параметров упругой подсистемы инструмента на устойчивость обработки и при сверлении [2], и при фрезеровании [4], и при точении [1, 5] наблюдается эффект перераспределения баланса деформаций. Увеличение податливости в тангенциальном направлении уменьшает деформации в радиальном. Для описания данного эффекта было проведено моделирование динамики процесса.

Модель представлена ниже

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 z}{dt^2} + h_{zz} \frac{dz}{dt} + h_{yz} \frac{dy}{dy} + c_{zz} z + c_{yz} y &= P_z; \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} + h_{zy} \frac{dz}{dt} + h_{yy} \frac{dy}{dy} + c_{zy} z + c_{yy} y &= k_1 P_z; \\ T_{pz} \frac{dP_z}{dt} + P_z &= k_2 y; \end{aligned} \quad (1)$$

где: m — приведенная масса, кг;

h_{ij} — коэффициент демпфирования;

c_{ij} — коэффициент жесткости, Н/м;

P_z — тангенциальная сила резания, Н;

k_1 — коэффициент трения;

k_2 — коэффициент жесткости резания, Н/м;

y, z — координатные направления, радиальное и тангенциальное;

$i=y, z; j=y, z$. Первый индекс обозначает направление силы или возмущения, второй — направление смещения.

Рассматривались особенности фазовой траектории вершины резца в плоскости y - z в зависимости от соотношения параметров жесткостей координатных осей. Примеры результатов моделирования по модели (1) в Simulink MATLAB с параметрами системы, приведенными в подрисуночных подписях, приведены на рис. 2, 3. При этом принималось направление осей жесткости ζ_1, ζ_2 , ориентированных по осям y, z . Соотношение жесткостей меняется. Жесткость в тангенциальном направлении снижается, что наблюдается при введении упругого резца. Из рисунков видно, что объем фазовой траектории вдоль меньшей оси эллипса стягивается. При определенных соотношениях жесткостей он может выродиться в линию. Необходимо учесть, что в реальной системе оси жесткости ориентированы под углом β к координатным осям y и z .

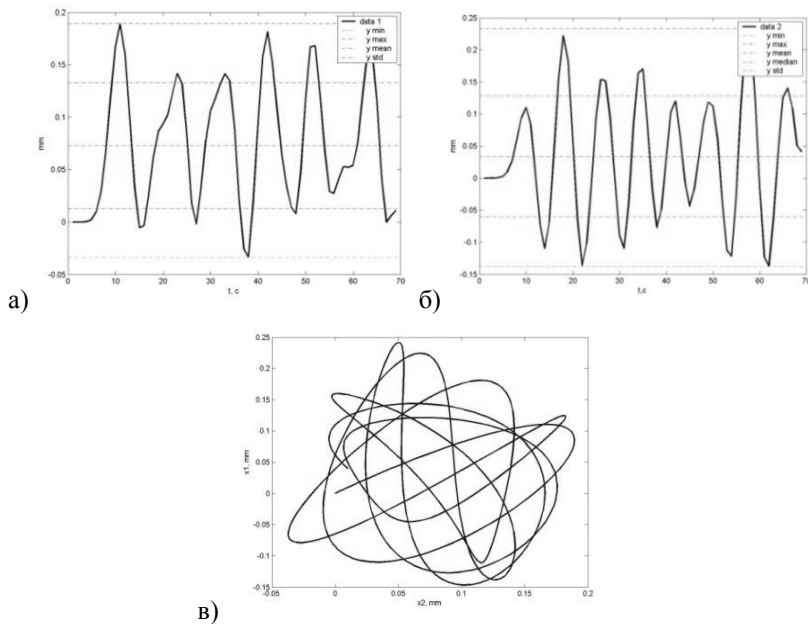


Рисунок 2. Результаты моделирования: а — поперечные смещения y ; б — тангенциальные смещения z ; в — фазовая траектория при следующих параметрах: масса $m=10 \text{ Н с}^2/\text{м}$; коэффициенты демпфирования $h_{z,z}=5000 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$; $h_{y,z}=400 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$; $h_{z,y}=400 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$; $h_{y,y}=3000 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$; коэффициенты жесткости $c_{1,1}=1\cdot 10^7 \text{ Н}/\text{м}$; $c_{1,2}=0,6\cdot 10^7 \text{ Н}/\text{м}$; $c_{2,1}=0,6\cdot 10^7 \text{ Н}/\text{м}$; $c_{2,2}=1,5\cdot 10^7 \text{ Н}/\text{м}$; постоянная времени $T_c=0,2 \text{ с}$. Входная частота $1 \text{ рад}/\text{с}$.

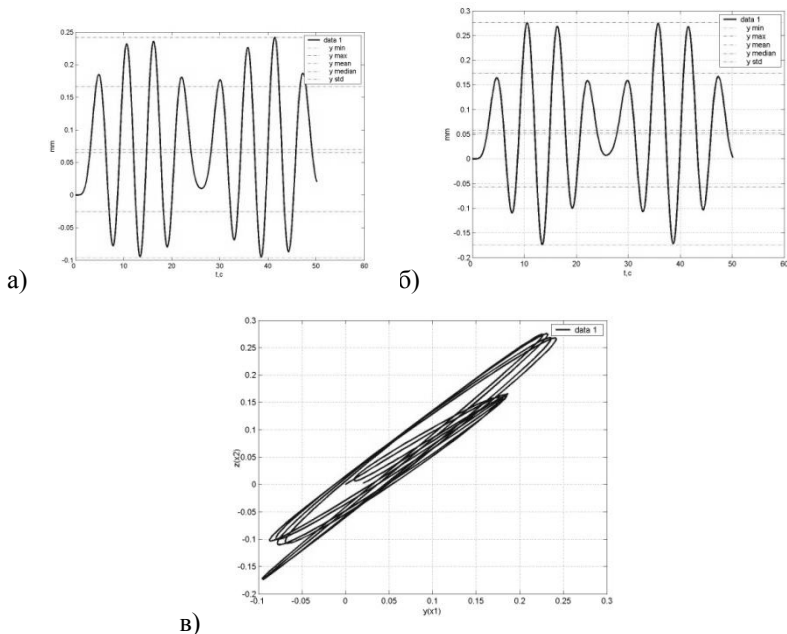


Рисунок 3. Результаты моделирования: а — поперечные смещения y ; б — тангенциальные смещения z ; в — фазовая траектория при следующих параметрах: масса $m=10$ кг·с²/мм; коэффициенты демпфирования $h_{z,z}=5000$ Н·с/м; $h_{z,y}=400$ Н·с/м; $h_{y,z}=400$ Н·с/м; $h_{y,y}=3000$ Н·с/м; коэффициенты жесткости $c_{z,z}=1\cdot 10^7$ Н/м; $c_{z,y}=0,5\cdot 10^7$ Н/м; $c_{y,z}=0,5\cdot 10^7$ Н/м; $c_{y,y}=1,1\cdot 10^7$ Н/м; постоянная времени $T_c=0,2$ с.

Для исследования влияния изменения параметров осей жесткостей был проведен эксперимент, основанный на экспериментально-литературных данных. На рис. 4 приведена диаграмма радиальной и ортогональной податливостей для станка 1К62 с вылетом резца 35 мм. Резцы проходные с главным углом в плане $\varphi=60^0$ двух типов: стандартный и с упругой державкой. Сечение державки ослаблялось проточкой в поперечном сечении. На ней точками отмечены значения, полученные экспериментально при помощи динамометрического устройства при статических исследованиях на станке. Были проведены также статические исследования деформаций державок резцов в программе МКЭ по схеме, представленной на рис. 5. Для резцов проводилось моделирование статического смещения под действием

силы 1000, 2500 и 4000 Н, ориентированной под различными углами (90° , 60° , 30° , 0°). Была составлена таблица смещений в радиальном, по линии действия силы, и в ортогональном направлениях. Определенные значения показаны на рис. 4. Для резца с упругой державкой податливость в направлении оси и по экспериментальным данным на станке и расчету в ANSYS показали увеличение жесткости в радиальном направлении при снижении жесткости в тангенциальном, а также снижение ортогональной податливости в направлении оси y . Это означает поворот осей жесткости по часовой стрелке для упругого резца относительно положения осей для базового резца. При этом при моделировании нагружения МКЭ наблюдалось изменение соотношения радиальной и ортогональной податливости при изменении силы резания, что может дополнительно усложнять картину динамических смещений.

По модели, представленной в [5] с учетом значений коэффициентов жесткости, демпфирования и инерционности, полученных расчетом и экспериментально проведено моделирование, результаты которого представлены на рис. 6.

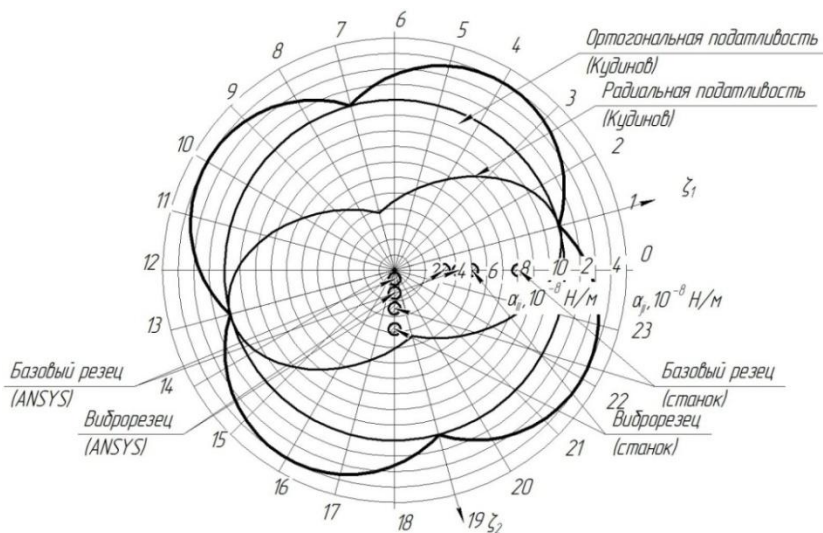


Рисунок 4. Эпюра радиальной и ортогональной податливости подсистемы инструмента (экспериментальные значения отмечены)

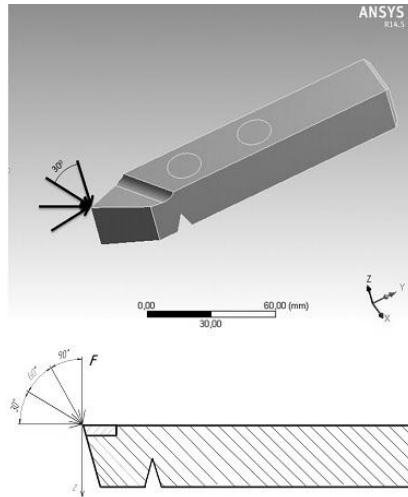


Рисунок 5. Схема нагружения реза в программе ANSYS

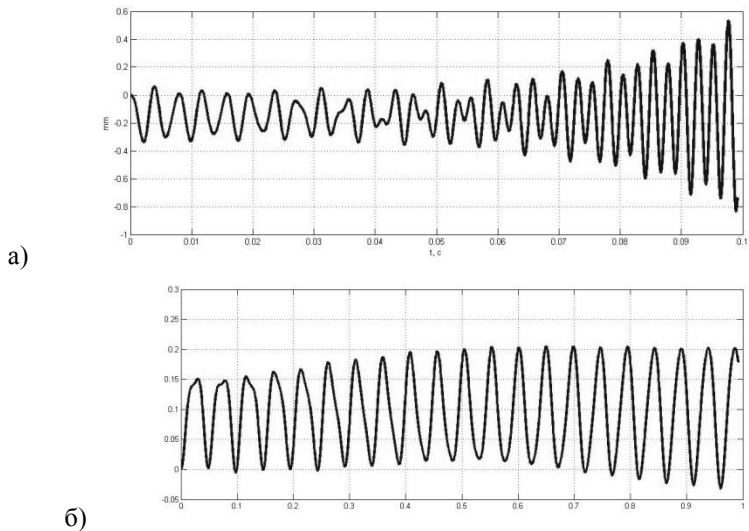


Рисунок 6. График переходного процесса для базового (а) и упругого (б) резцов в направлении оси y при возмущении ступенчатым воздействием

Погрешность значений, полученных экспериментально на станке, относительно литературных данных, возникает из-за неполного учета всех перемещений при нагружении системы. При моделировании задавалось смещение только режущей части резца, без учета деформаций всей суппортной группы.

Реальные эксперименты показали обоснованность предложенных моделей. Статическая составляющая смещения заготовки в радиальном направлении, измеренная бесконтактным датчиком при обработке упругим резцом, оказались в среднем в три раза меньше деформации при обработке базовым резцом. Соответственно, точность обработки диаметра в три раз выше.

Список литературы:

1. Драчев О.И. Исследование динамики процесса резания методом вейвлет-анализа/ О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев//Металлообработка. 2008. № 4. С. 2—6.
2. Драчев О.И. Повышение эффективности вибрационной обработки глубоких отверстий/О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев, Д.Е. Салабаев // Металлообработка. 2006. № 2. С. 2—5.
3. Кудинов В.А. Динамика станков. — М.: Машиностроение, 1967. — 359 с.
4. Расторгуев Д.А. Моделирование вибрационного фрезерования концевыми фрезами/Д.А. Расторгуев, А.А. Царев//Самара. Изв. Самарского науч. центра РАН. Спец. выпуск: «Технология управления организацией. Качество продукции и услуг», вып. 7. — 2008. — С. 178—183.
5. Расторгуев Д.А. Настройка подсистемы инструмента при вибрационной обработке нежестких осесимметричных деталей/Д.А. Расторгуев, А.Н. Шевчук// Технические науки - от теории к практике. 2013. № 19. С. 47—55.

СЕКЦИЯ 3.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

СИСТЕМНАЯ КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Клюев Роман Владимирович

*канд. техн. наук,
зав. кафедрой электроснабжения промышленных предприятий,
доцент Северо-Кавказского горно-металлургического института
(государственного технологического университета),
г. Владикавказ*

E-mail: kluev-roman@rambler.ru

SYSTEM CONCEPTS FOR ANALYSIS OF POWER CONSUMPTION FOR NON-FERROUS METALS

Klyuev Roman Vladimirovitch

*candidate of Science, Head of industrial power supply department,
associate professor of North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
(State Technological University),
Vladikavkaz*

АННОТАЦИЯ

Целью работы является разработка комплексной методики анализа электропотребления предприятий цветной металлургии, включающей исследование тепловых и энергетических характеристик оборудования, использование потребителей-регуляторов электроэнергии, разработку математических моделей расчета и прогнозирования удельного расхода электроэнергии. На основе проведенных исследований формируется комплекс мероприятий для минимизации энергетической составляющей затрат в себестоимости продукции.

ABSTRACT

The aim is to develop a comprehensive methodology for the analysis of energy consumption of non-ferrous metallurgy, which includes the study of heat and power of the equipment, the use of electricity consumers — regulators, development of mathematical models for calculating and predicting the specific energy consumption. Based on these studies formed a set of measures to minimize the component of the energy costs in the cost of production.

Ключевые слова: потребление электроэнергии; модели; металлургия.

Keywords: power consumption; models; metallurgy.

В программе развития электроэнергетики РФ первоочередная роль отводится разработке и внедрению в производство комплекса энергосберегающих мероприятий, получаемых в процессе исследования параметров электропотребления на основе проведения энергетического обследования (энергоаудита). Это позволяет проследить весь процесс производства электроэнергии, и изучить влияние различных технико-экономических факторов на него. Значимость факторов во всем цикле можно оценить в ходе математического моделирования электропотребления с помощью проведения активных и пассивных экспериментов, теплоэнергетического анализа, использования потребителей-регуляторов (ПР) и т. д.

Для предприятий цветной металлургии, как правило, заявка на почасовое потребление электроэнергии формируется отделом главного энергетика (ОГЭ) на ближайшие сутки с учетом потребности каждого подразделения завода по объему выпускаемой продукции. Для примера, на рисунке 1 приведен график заявки на для предприятия по производству твердых сплавов (заявленное почасовое электропотребление по предприятию составляет 6 МВт·ч). Анализ графика (рис. 1) показывает, что заявки отражают неравномерный процесс потребления электроэнергии в течение суток по отдельным цехам.

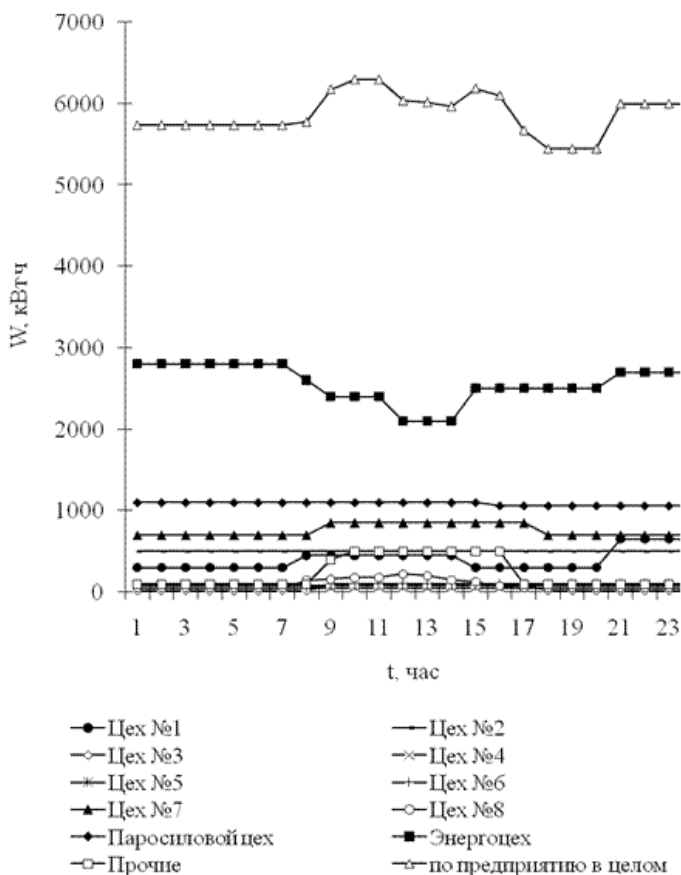


Рисунок 1. График заявленного электропотребления по отдельным цехам ОАО «Победит» и по предприятию в целом

Для системного анализа электропотребления предприятий цветной металлургии следует предусмотреть:

- разработку комплексной методики исследования тепло-энергетических характеристик потребителей ноевой и поинтер каст H -распределения предприятий цветной металлургии, позволяющей получить статистические оценки электропотребления в статическом и динамическом режимах работы предприятия;

- минимизацию энергетической составляющей затрат в себестоимости продукции за счет улучшения количественных показателей целевой функции: использования потребителей-регуляторов (ПР) электроэнергии ноевой и пойнтер каст в пиковых зонах суток; снижения удельного потребления электроэнергии в стационарном и динамическом режимах работы технологического оборудования;

- разработку математических моделей расчета и прогнозирования удельного расхода электроэнергии в диапазоне технологической защиты оборудования;

- разработку алгоритма функционирования автоматизированной системы диспетчерского управления электропотреблением на предприятиях по производству твёрдых сплавов;

- разработку и внедрение комплекса мероприятий, позволяющего снизить потребляемую активную мощность в часы максимума нагрузки; удельный расход электроэнергии и стоимость энергетической составляющей в себестоимости производства твёрдых сплавов.

Для оптимизации всех показателей на отдельных этапах системного анализа электропотребления на предприятии должна быть разработана и внедрена комплексная программа расчета и прогнозирования электропотребления, которая должна быть включена в базу автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) и диспетчерской службы в режиме on-line, что обеспечит наибольшую эффективность ПР при корректировке суточных графиков нагрузки.

Комплексная методика включает:

1. методику статистической обработки и анализа экспериментальных данных, позволяющую оценить статический режим электропотребления;

2. методику построения математических моделей удельного расхода электроэнергии на основе полного факторного эксперимента (ПФЭ) типа $N=2^2$, $N=2^3$, позволяющую оценить динамический режим электропотребления в режиме on-line и, с учетом требований технологической защиты процессов производства, оптимизировать и прогнозировать электропотребление как по отдельным подразделениям, так и по предприятию в целом;

3. использование ПР электроэнергии, позволяющих в полупиковых и пиковых зонах и допустимом диапазоне нормального технологического процесса, регулировать почасовое потребление электроэнергии.

Методика расчета и анализа параметров исследуемых величин включает использование вероятностно-статистических методов обработки полученных выборок [1], по следующему алгоритму:

1. Проверка выборок на репрезентативность и однородность;
2. Расчет статистических моментов параметров выборок;
3. Построение гистограммы распределения измеряемых величин;
4. Проверка закона распределения параметров по показателям асимметрии, эксцесса, статистическим критериям χ^2 -Пирсона и Колмогорова-Смирнова;
5. Расчет доверительного интервала среднего и стандарта выборки при принятом уровне значимости $\alpha=0,05$.

Алгоритм получения математической модели на основе ПФЭ приведен ниже [2, 3].

1. По данным текущего технологического контроля исследуемых факторов определяются условия проведения опытов в натуральном и кодовом масштабах.

2. Составляется матрица планирования ПФЭ, в которой приведены результаты экспериментов. Для расчета дисперсий выходного параметра (удельного расхода электроэнергии) и проверки их однородности проводятся параллельные опыты, числом m .

3. Осуществляется проверка гипотезы H_0 : при принятом уровне значимости $\alpha=0,05$ — дисперсии однородны. Проверка однородности дисперсий проводится по критерию Кохрена G_{\max} . Табулированное критическое значение критерия Кохрена $Gt(f_1, f_2)$ определяется при значениях $f_1=m-1; f_2=N$ и $\alpha=0,05$.

4. По данным матрицы планирования ПФЭ определяются коэффициенты уравнения регрессии.

5. Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии проводится на основе метода регрессионного анализа по расчетным значениям t -критерия Стьюдента. Значимыми являются коэффициенты, для которых выполняется условие $t_{ij} > t_m(f_1, \alpha)$.

6. Проверка адекватности полученного уравнения регрессии осуществляется по значениям дисперсий \bar{s}_o^2 — средней по ПФЭ и остаточной $\bar{s}_{ост}^2$ — уравнения регрессии. Уравнение регрессии адекватно описывает исследуемый процесс, если выполняется условие $\bar{s}_o^2 > \bar{s}_{ост}^2$.

7. Производится переход от кодовых значений независимых переменных к их значениям в натуральных единицах.

В процессе энергетического обследования (энергоаудита) на предприятиях цветной металлургии должны быть определены потребители, как наиболее эффективные ПР [4], оказывающие существенное влияние на снижение максимальных нагрузок в пиковых

зонах суток и удельного расхода электроэнергии. В частности, для предприятия по производству твердых сплавов: вращающиеся камерные печи сопротивления; трубные печи сопротивления; электролизеры; специальное электротермическое оборудование (печи спекания, карбидизации, щелевые, прокалочные, сварочные аппараты).

На основе разработанной комплексной методики системного анализа электропотребления на предприятиях цветной металлургии формируется комплекс мероприятий [5], позволяющий снизить:

- потребляемую активную мощность в часы максимума нагрузки;
- удельный расход электроэнергии;
- стоимость энергетической составляющей в себестоимости производства продукции.

Список литературы:

1. Васильев И.Е., Ключев Р.В. Методологические основы энергоаудита на горно-металлургических комбинатах // Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ: отдельный выпуск № 8 «Электрификация и энергосбережение, 2009. — С. 131—134.
2. Васильев И.Е., Ключев Р.В. Анализ и расчёт удельного расхода электроэнергии в процессе восстановления диоксида молибдена на основе полного факторного эксперимента (ПФЭ) // Электрика. — 2002. — № 7. — С. 22—25.
3. Васильев И.Е., Ключев Р.В. Математическая модель расчёта и прогнозирования удельного расхода электроэнергии при производстве водорода // Изв. Вузов. Электромеханика. — 2002. — № 3. — С. 59—62.
4. Васильев И.Е., Ключев Р.В., Васильев Е.И. Использование газгольдера в качестве эффективного потребителя-регулятора суточного электропотребления на предприятиях твердосплавного производства // Электрика. — 2005. — № 4. — С. 10—13.
5. Васильев И.Е., Ключев Р.В. Разработка комплекса эффективных мероприятий по снижению максимума нагрузки на предприятиях по производству твердых сплавов // Тезисы докладов научно-технической конференции, посвященной 65-летию научно-исследовательского сектора. — Владикавказ, 2004. — С. 54—55.

СЕКЦИЯ 4.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХОЛОДНОКАТАНЫХ ПОЛОС ИЗ СТАЛИ МАРКИ 08Ю

Гущина Марина Сергеевна

*аспирант Магнитогорского государственного
технического университета им. Г.И. Носова»,*

г. Магнитогорск

E-mail: marina.mgn.89@mail.ru

STUDYING THE EFFECT OF THE CHEMICAL COMPOSITION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE COLD ROLLED STRIPS OF LOW-CARBON STEELS

Gushchina Marina

postgraduate student

of Magnitogorsk State Technical University of G.I. Nosov,

Magnitogorsk

АННОТАЦИЯ

Для стали марки 08Ю был проведен корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязей процентного содержания C, Si, Mn, S, P, Cr, Ni, Cu, N, Al в контрольном химическом анализе и механических свойств, в частности, предела текучести, временного сопротивления разрыву, относительного удлинения и твердости. Разработаны рекомендации относительно химического состава стали для обеспечения высоких показателей штампуемости.

ABSTRACT

To assess the effect on the mechanical properties of low carbon steel content of various impurities was carried out correlation and regression analysis. Developed recommendations regarding the chemical composition of low-carbon steel to ensure high levels of formability.

Ключевые слова: низкоуглеродистая сталь; механические свойства; примеси; корреляционный и регрессионный анализ.

Keywords: low-carbon steels; mechanical properties; impurities; correlation and regression analysis.

Холоднокатаный стальной листовой прокат в полной мере относится к конкурентоспособным высокорентабельным видам металлопродукции. Одной из центральных задач, постоянно стоящих перед металлургической промышленностью, является повышение качества проката, в частности улучшение его механических свойств, которые определяют поведение металлов и сплавов при эксплуатации и обработке.

Для изготовления большого круга деталей, применяемых в различных отраслях промышленности, получаемых методом холодной штамповки со сложной (СВ), особо сложной (ОСВ) и весьма особо сложной (ВОСВ, ВОСВ-Т) вытяжкой, широко используется низкоуглеродистая тонколистовая холоднокатаная сталь марки 08Ю. Основное применение данного вида продукции — штамповка кузовных деталей автомобилей. Металл вытяжек ОСВ и ВОСВ назначается на лицевые детали, например: крылья, панель капота, панель крыши багажника, передняя и задняя панель, панель пола, боковина.

Основные требования к холоднокатаному прокату из стали марки 08Ю по механическим свойствам в зависимости от категории вытяжки, а также требования к химическому составу определены ГОСТ 9045-93.

Сталь является многокомпонентным сплавом, содержащим углерод и ряд постоянных или неизбежных примесей Mn, Si, S, P, O, N и др., которые оказывают влияние на ее свойства. Характер и степень этого влияния показан на рисунке 1 [1, с. 371].

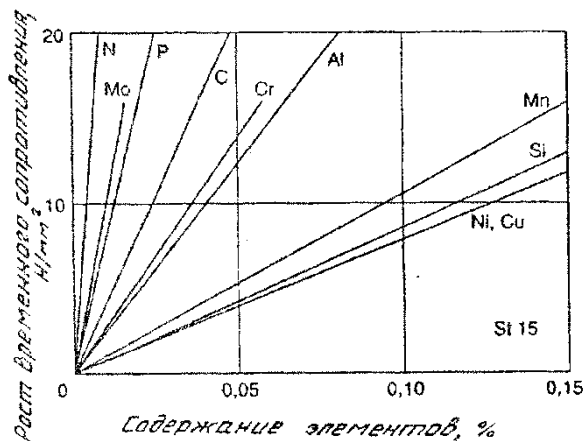


Рисунок 1. Влияние небольших содержаний химических элементов на временное сопротивление холоднокатаной отожженной стали для глубокой вытяжки

Для оценки влияния на механические свойства стали 08Ю содержания различных примесей был проведен пассивный эксперимент на более чем 60 плавках. Тем самым был сформирован репрезентативный массив параметров, необходимых для получения достоверных зависимостей между процентным содержанием химических элементов и значениями показателей механических свойств готовых полос и листов. Проведен корреляционно-регрессионный анализ взаимосвязей процентного содержания C, Si, Mn, S, P, Cr, Ni, Cu, N, Al в контрольном химическом анализе и механических свойств, в частности, предела текучести σ_T , временного сопротивления разрыву $\sigma_{\text{в}}$, относительного удлинения δ_4 и твердости HR15T.

Коэффициенты корреляции предела текучести, временного сопротивления разрыву, относительного удлинения и твердости с химическими элементами значимо отличаются от нуля при уровне значимости 0,05 (табл.1). Значимость коэффициентов подтверждается тем, что соответствующие расчетные числа Стьюдента больше табличных.

Таблица 1.

Коэффициенты корреляции во взаимосвязях предела текучести, временного сопротивления разрыву, относительного удлинения и твердости с процентным содержанием элементов контрольного химического состава для марки 08Ю

Параметр	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	N	Al
σ_T , Н/мм ²	0,34	0,29	0,09	0,25	0,19	0,23	0,16	0,14	0,22	0,24
σ_B , Н/мм ²	0,44	0,54	0,51	0,14	0,36	0,25	0,15	0,16	0,31	0,18
δ_4 , %	-0,23	-0,21	-0,35	-0,24	-0,23	-0,16	-0,16	-0,13	-0,27	-0,07
HR15T	0,19	0,11	0,12	0,28	0,20	0,17	0,13	0,15	0,11	0,17

Наибольшее влияние на предел текучести при прямо пропорциональной зависимости оказывают C, Si, S, Al, Cr; на величину временного сопротивления разрыву — содержание Si, Mn, C, P; на твердость — S, P, C, Cr. На относительное удлинение наибольшее влияние при обратной зависимости оказывают содержание Mn, N, S, C, P, Si.

Влияние углерода. Структура стали после медленного охлаждения состоит из двух фаз — феррита и цементита. Количество цементита возрастает в стали прямо пропорционально содержанию углерода. Частицы цементита повышают сопротивление движению дислокаций, т. е. повышают сопротивление деформации и, кроме того, они уменьшают пластичность и вязкость. Вследствие этого с увеличением в стали углерода возрастают твердость, временное сопротивление, предел текучести, уменьшаются относительное удлинение, относительное сужение и ударная вязкость.

Низкое содержание углерода увеличивает склонность стали к росту зерна. Так в случае содержания в стали углерода менее 0,03 %, структура матрицы состоит из относительно крупных зерен феррита, выросших после холодной прокатки во время рекристаллизационного отжига в колпаковых печах (рисунок 2). Колонии этих зерен образуют в процессе штамповки детали кузова на ее поверхности дефект — «апельсиновая корка», выводящий стальной лист в некондицию [1, с. 369]. Следовательно, для обеспечения соответствия микроструктуры холоднокатаной стали 08Ю требованиям ГОСТ 9045-93 необходимо установить нижний предел содержания углерода 0,03 %.

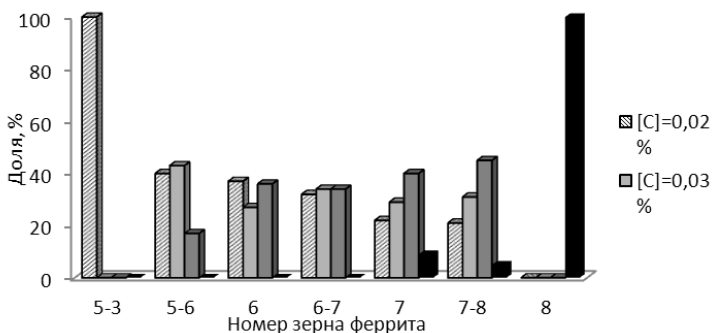


Рисунок 2. Распределение автолита из стали 08Ю при различном содержании углерода по номеру зерна феррита

Для получения холоднокатаного металла высокой категории вытяжки (ВОСВ) количество углерода не должно превышать 0,05 %, т. к. при более высоком его содержании снижается штампуемость.

Таким образом, оптимальное содержание углерода в стали 08Ю составляет 0,03—0,05 %.

Влияние кремния и марганца. Кремний и марганец переходят в сталь в процессе ее раскисления при выплавке. Кремний, остающийся после раскисления в твердом растворе (в феррите), сильно повышает предел текучести. Это снижает способность стали к вытяжке.

Для получения стали 08Ю высокой категории вытяжки содержание кремния не должно превышать 0,02 %

Важное влияние на свойства низкоуглеродистой стали оказывает марганец. Прежде всего, он упрочняет феррит матрицы, что для стали марки 08Ю нежелательно. Марганец вводится из-за необходимости связывания серы в сульфиды, предупреждая тем самым образование дефектов полосы при горячей прокатке стали. При низком содержании Mn на фоне равномерно распределенных частиц MnS размером 0,1—0,5 мкм присутствуют скопления более мелких частиц, при этом снижается пластичность и штампуемость [3, с. 14]. Кроме того, марганец оказывает заметное влияние на кинетику старения, замедляя выделение азота из кристаллической решетки железа.

В связи с упомянутыми свойствами марганца его вводят в сталь в количестве, превышающем в 10—15 раз содержания в стали серы. Для достижения высоких вытяжных свойств содержание марганца в стали не должно превышать 0,25 %.

Влияние серы. Традиционно считалось, что сера является вредной примесью, снижающей механическую прочность и свариваемость стали, а также ухудшающей ее электротехнические, антикоррозионные и другие свойства. Поэтому приводились рекомендации по ограничению содержания серы не только согласно требованиям стандарта, но и в соответствии с возможностями металлургических технологий (не более 0,020 %) [2, с. 153].

Проведенный корреляционно-регрессионный анализ влияния серы (0,12—0,24 %) на предел текучести ($150—215 \text{ Н/мм}^2$) при толщине холоднокатаного проката (0,8—1,0) мм и фиксированном содержании С (0,02—0,03 %) показал тенденцию к снижению предела текучести при увеличении содержания серы.

Однако в работе [3, с. 17] отмечено, что при снижении содержания серы ниже определенного уровня на некоторых партиях металла стали наблюдаться «провалы» — высокие значения предела текучести.

В работе [5, с. 52] исследовано формирование частиц сульфида марганца и их влияние на свойства стали 08Ю. Было показано, что с точки зрения стабильного получения требуемой структуры и свойств через выделение MnS , оптимальный диапазон значений произведения $[\text{Mn}] \times [\text{S}]$ составляет 0,0025—0,0035. При большем содержании марганца и серы и, соответственно, большем значении их произведения (более 0,035) возможности повышения штампуемости снижаются. В этом случае необходимо уменьшить содержание серы. Повышение содержания серы более 0,020 % будет приводить к снижению штампуемости.

При величине произведения $[\text{Mn}] \times [\text{S}]$ ниже 0,002 % (содержание серы 0,014) для улучшения свойств необходимо повысить температуру прокатки в черновой группе клетей (обеспечить значение T_5 более $1080 \text{ }^\circ\text{C}$ при использовании энкопанелей).

Также в работе [3, с. 17] делается предположение, что снижение содержания серы до 0,008 % и менее и содержания марганца до уровня 0,08—0,15 % можно обеспечить очень высокий уровень штампуемости без специальных технологических приемов.

Влияние фосфора. Фосфор является вредной примесью. Растворяясь в феррите, фосфор сильно искажает кристаллическую решетку, при этом увеличиваются временное сопротивление и предел текучести, а пластичность и вязкость уменьшаются. Снижение вязкости тем значительнее, чем больше в стали углерода. Фосфор повышает порог хладноломкости стали и уменьшает работу развития трещины.

Для достижения высоких вытяжных свойств содержание фосфора в стали не должно превышать 0,006 %.

Влияние остаточных элементов. Сопровождающие примеси, к которым относятся медь, хром, никель попадают в сталь в основном из скрапа. Влияние большинства химических элементов связано с упрочнением твердого раствора (рисунок 1).

Хром повышает твердость, прочность, вязкость, износостойкость, повышает коррозионную стойкость, но понижает пластичность и теплопроводность.

Никель повышает прочность, твердость, вязкость при низких температурах, прокаливаемость и коррозионную стойкость стали и при этом незначительно снижает пластичность.

Для получения холоднокатаного металла с высокими пластическими свойствами содержание примесей должно быть следующим: $Cr \leq 0,03 \%$, $Ni \leq 0,04 \%$, $Cu \leq 0,07 \%$. Для производства проката категории ВОСВ-Т следует назначать сталь, содержащую не более 0,15 % суммарного содержания хрома, никеля и меди.

Алюминий вводят в сталь для удаления из расплава кислорода, насытившего его за время выплавки и выпуска в сталеразливочный ковш, а также для связывания азота в нитрид алюминия AlN и предупреждения склонности к старению. Алюминий, имея приблизительно такой же атомный радиус, как и железо, в минимальной степени упрочняет сталь. Оптимальным содержанием растворенного алюминия в низкоуглеродистой стали марки 08Ю считается 0,03—0,04 %.

Кроме того, условия выделения AlN влияют на штампуемость. Выделение AlN в процессе рекристаллизационного отжига на начальных стадиях рекристаллизации повышает штампуемость. Если же он выделяется в горячекатаном подкате, то уровень прочностных характеристик возрастает, то есть штампуемость снижается.

Традиционно считалось, что уменьшение содержания в стали азота в интервале 0,004—0,006 % — путь к снижению предела текучести, повышению штампуемости.

В работе [4, с. 60] исследованы закономерности формирования частиц нитрида алюминия в стали с пониженным содержанием азота. Показано, что холоднокатаный прокат из слябов с более низким содержанием азота (0,002—0,003 %) характеризуется более высокой штампуемостью по сравнению с прокатом из слябов с содержанием азота 0,004—0,006 %.

Необходимо соблюдать условие $Al/N = 6—10$ при содержании азота в диапазоне 0,004—0,006 %. Увеличение отношения Al/N свыше 10 приводит к измельчению зерна и снижению штампуемости (рисунок 3). Снижение значения Al/N менее 6 также недопустимо, так как такая сталь проявляет склонность к старению после

дрессировки из-за сохранения азота в твердом растворе. При снижении содержания азота до 0,002—0,003 % оптимальный уровень свойств можно получить и при более высоком значении Al/N.

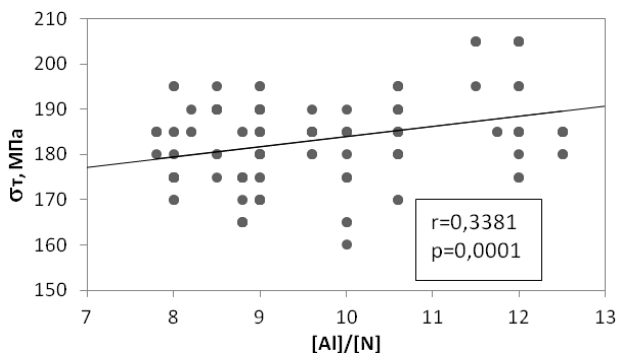


Рисунок 3. Зависимость предела текучести от отношения алюминия к содержанию азота (r — коэффициент корреляции, p — вероятность ошибки)

Методом множественного регрессионного анализа были получены модели, определяющие зависимость значений показателей механических свойств холоднокатаных полос от процентного содержания химических элементов в стали марки 08Ю:

$$\begin{aligned} \sigma_T = & 151,04 + 546,61C - 161,64Mn + 1013,45S + 618,802P + \\ & + 402,19Cr + 90,63Ni - 289,97Cu - 916,015N + 517,76Al, \end{aligned} \quad (1)$$

где: σ_T — предел текучести, H/mm^2 ;

$$\begin{aligned} \sigma_B = & 214,24 + 434,82C - 327,24Si + 79,97Mn + 330,882S + \\ & + 1239,807P + 252,80Cr + 444,38Ni - 177,629Cu + 451,605N + 465,967Al, \end{aligned} \quad (2)$$

где: σ_B — временное сопротивление разрыву, H/mm^2 ;

$$\begin{aligned} \delta_4 = & 49,42 - 17,38C + 88,28Si - 2,52Mn - 14,497S - 282,617P - \\ & - 9,09Cr - 111,15Ni + 20,58Cu - 844,095N - 19,19Al, \end{aligned} \quad (3)$$

где: δ_4 — относительное удлинение, %;

$$\begin{aligned} HR15T = & 73,168 + 35,71C - 60,36Si - 11,72Mn - 24,632S + \\ & + 249,966P - 39,73Cr + 70,16Ni - 35,77Cu + 272,959N + 20,273Al, \end{aligned} \quad (4)$$

где: $HR15T$ — твердость по шкале Супер-Роквелла.

Значения множественного коэффициента корреляции R и коэффициента детерминации R^2 для полученных уравнений регрессии приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Статистические показатели математической модели

Параметр	Множественный коэффициент корреляции R	Коэффициент детерминации R^2
σ_T , Н/мм ²	0,67	0,45
σ_B , Н/мм ²	0,79	0,63
δ_4 , %	0,43	0,18
HR15T	0,47	0,22

Таким образом, приведенный анализ показывает, что при фиксированной технологии производства стали 08Ю, предназначенной для глубокой вытяжки, решающую роль в достижении необходимых свойств играет ее химический состав. Представленные результаты открывают пути оптимизации производства, в частности обосновывают требования по пределам содержания в стали различных химических элементов.

Установлено, что для получения холоднокатаной стали 08Ю с высокими пластическими свойствами содержание химических элементов должно быть следующим: 0,03—0,05 % С, не более 0,02 % Si, 0,20—0,25 % Mn, не более 0,020 % S, не более 0,006 % P, не более 0,03 % Cr, не более 0,04 % Ni, не более 0,07 % Cu, 0,03—0,05 % Al, не более 0,006 % N.

Список литературы:

1. Беньковский М.А. Маслеников В.А. Автомобильная сталь и тонкий лист. Череповец: издательский дом «Череповец», 2007, 636 с.
2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. — М.: ООО «ТИД «Аз-Book», 2009. — 448 с.

3. Радионова И.Г., Мишнев П.А., Жиленко С.В., Быкова Ю.С., Чиркина И.Н., Адигамов Р.Р., Ефимова Т.М. Металловедческие основы и технологические аспекты получения высокоштампруемых низкоуглеродистых сталей. //Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2011. № 4. С. 12—28.
4. Радионова И.Г., Шапошников Н.Г., Эндель Н.И., Могутнов Б.М., Жиленко С.В., Стрижакова Т.И. Условия образования нитридной и сульфидной фаз в сталях для глубокой вытяжки. I. Нитрид алюминия. // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2008. № 3. С. 60—67.
5. Радионова И.Г., Шапошников Н.Г., Эндель Н.И., Могутнов Б.М., Жиленко С.В., Стрижакова Т.И. Условия образования нитридной и сульфидной фаз в сталях для глубокой вытяжки. II. Сульфид марганца. // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2008. № 4. С. 52—58.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БАЗАЛЬТОФТОРОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ

Охлопкова Айталина Алексеевна

*д-р техн. наук, зав. кафедрой
высокомолекулярных соединений и органической химии,
профессор Северо-Восточного федерального университета,
г. Якутск*

Васильев Спиридон Васильевич

*младший научный сотрудник
ФГБУН Института проблем нефти и газа СО РАН,
г. Якутск
E-mail: spira_ira_vas@mail.ru*

INVESTIGATION OF COMPOSITE BAZALTFLUOROPLAST

Okhlopkova Aytalina

*doctor of science,
department chair of high-molecular connections and organic chemistry,
professor of North-Eastern Federal University,
Yakutsk*

Vasiliev Spiridon

*junior researcher FGBUN Institute of problem of oil and gas SB RAS,
Yakutsk*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты исследований по разработке износостойких полимерных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена и активированных базальтовых волокон. Показана эффективность использования активированных базальтовых волокон для получения материалов с повышенной износостойкостью без ухудшения физико-механических характеристик.

ABSTRACT

In given paper investigation results on development of wear resistant polymeric composite materials based on polytetrafluoroethylene and

activated basalt fibers are presented. Effectiveness of activated basalt fiber using to create materials with improved wear resistance without strength reducing is shown.

Ключевые слова: политетрафторэтилен (ПТФЭ); полимерный композиционный материал (ПКМ); трение; базальтовое волокно; полимер; износостойкость.

Keywords: polytetrafluoroethylene (PTFE); polymer composite materials (PCM); friction; basalt fiber; polymer; wear resistance.

Объемы производства и сферы применения полимерных композитов, армированных волокнами, во всем мире непрерывно растут. Для ответственных конструкций, узлов трения машин и механизмов перспективными являются полимеры, армированные стеклянными, углеродными и базальтовыми волокнами. Применение углеродных волокон в качестве армирующих компонентов полимеров в силу дороговизны затрудняет их массовое применения в промышленности и строительстве, а производство стекловолоконистых наполнителей сдерживается из-за дефицита специальных технологических компонентов (оксида бора, соды и др.). В связи с этим, особенное значение приобретают наполнители, способные заменить стекло- и углеродные волокна в композиционных материалах. Таковыми могут быть базальтовые волокна, т. к. они, являясь разновидностью стекловолокон, имеют практически все позитивные свойства стеклянных и углеродных волокон, а также ряд существенных преимуществ: при производстве базальтовых волокон не нужно введение специальных компонентов, сырье общедоступно и дешево, а запасы ее неограниченны. В свете проблем получения армированных пластиков на основе прочных, термо- и химически стойких волокон из недефицитного и дешевого сырья в настоящее время возрос интерес в мире к использованию базальтового волокна для получения различных композиционных и конструкционных материалов. При этом наблюдается устойчивый рост их потребления. По мнению ведущих отечественных и зарубежных специалистов материалы из базальта являются материалами XXI века. Базальтоармированные пластики по основным техническим характеристикам не только не уступают стеклопластикам и углепластикам, но и превосходят их по модулю упругости, ударной вязкости и стойкости к агрессивным средам [2].

Одной из основных проблем создания конструкционных полимерных композиционных материалов (ПКМ), содержащих армирующие волокна, является обеспечение условий соединения

волокон с полимерной матрицей в единое целое таким образом, чтобы наиболее полно реализовать свойства наполнителя как армирующего элемента [1]. Существуют различные способы повышения адгезионного взаимодействия между матрицей и наполнителями, но наиболее часто используемым способом является активация наполнителя. Механическая активация наполнителя повышает активность наполнителя в процессах формирования ПКМ. Повышение активности наполнителя по отношению к полимеру связано с уменьшением размера его частиц в 1,5—2,0 раза, разрыхлением и повышением реакционной активности поверхности за счет образования некомпенсированных связей, что обуславливает направленное формирование надмолекулярной структуры композита, при этом наблюдается изменение свойств: увеличивается износостойкость и эластичность композита.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования являлись политетрафторэтилен (ПТФЭ) (ГОСТ 10007-80), и полимерные композиционные материалы (ПКМ), армированные активированными базальтовыми волокнами (БВ) производства НПО «Композит» г. Зеленоград.

Перед использованием в качестве наполнителя ПТФЭ, волокна подвергали измельчению с применением режущей мельницы Fritsch Pulverizette 15 с установленным ситом размерностью 0,25 мм. При этом средний размер длины измельченных волокон составлял 30—90 мкм, а их диаметр 8—10 мкм. Использование рубленых волокон позволяет без усложнения технологических операций получать ПКМ на основе ПТФЭ. Механическую активацию БВ осуществляли в планетарной мельнице АГО-2 в течение 2 мин. После механической активации длина волокон практически не меняется, но поверхность волокон вследствие активации становится разрыхленной. Отношение длины (l) и диаметра волокон (d) больше единицы ($l/d > 1$), что приводит к появлению фактора анизотропии, определяющего эффективность применения рубленых и активированных БВ в качестве армирующего компонента ПТФЭ.

Физико-механические свойства — предел прочности при растяжении (σ) и относительное удлинение при разрыве (ε) определяли на разрывной машине “UTS” при скорости движения подвижных захватов 100 мм/мин (ГОСТ...). Для испытаний использовали образцы в форме «лопаток». Количество испытательных образцов для одной композиции — 5—10 единиц. Скорость изнашивания полимерных композитов определяли на машине трения СМТ-1 (схема трения «вал-втулка» при контактном давлении 0,45 МПа, скорости скольжения 0,39 м/с) (ГОСТ26614-85). Скорость изнашивания (I)

оценивали по потере массы образцов в единицу времени. Исследуемый образец втулка с внутренним диаметром 26, внешним диаметром 34 и высотой 21 мм; контртело — стальной вал из стали 45 с твердостью 45—50 HRC и шероховатостью $Ra=0,50—0,63$ мкм.

ИК-спектры образцов в области частот 400—4000 см^{-1} получали с применением ИК-Фурье спектрометра Varian FTIR 7000 с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения, позволяющего получать спектры образцов практически любой формы.

Обсуждение результатов исследований. Оптимальный комплекс свойств достигается при содержании 2 мас. % активированного базальтового волокна. Установлено, что модификация ПТФЭ активированными базальтовыми волокнами приводит к повышению деформационно-прочностных и триботехнических характеристик по сравнению с ПКМ, содержащими неактивированные БВ. Прочность при растяжении ПКМ при наполнении активированными БВ повышается на 15—38 %, а относительное удлинение при разрыве — на 20—95 % по сравнению с композитами с содержанием неактивированных БВ. Износостойкость ПКМ с содержанием активированных волокон повышается в 475 раз по сравнению с ненаполненным ПТФЭ и в 5 раз по сравнению с композитами, содержащими неактивированное БВ.

С целью изучения адгезионного взаимодействия в базальтофторопластах исследованы термодинамические параметры ПКМ методом дифференциальной калориметрии (ДСК). Зарегистрировано увеличение температуры плавления, энтальпии плавления и степени кристалличности ПКМ по сравнению с ненаполненным ПТФЭ. Показано, что значения степени кристалличности ПКМ уменьшаются с ростом содержания наполнителя. Это, вероятно, обусловлено тем, что скорость кристаллизации полимера определяется ограничением подвижности макромолекул в слоях полимера, непосредственно прилегающих к поверхности наполнителя [1].

ИК-спектры ПКМ до и после трения по характеристическим пикам идентичны. Наиболее интенсивными являются полосы, относящиеся к валентным колебаниям CF_2 групп (1202 и 1146 см^{-1}). Кроме этого, на ИК-спектрах ПКМ до и после трения зарегистрированы пики в области 2926 см^{-1} , 2850 см^{-1} и 1460 см^{-1} , относящиеся к валентным и деформационным колебаниям CH_2 -группы и к молекулам кристаллизационной воды. Повышение интенсивности пиков, относящихся к колебаниям наполнителя, после трения свидетельствует об активном участии БВ в процессах трения. Это свидетельствует о протекании сложных трибохимических реакций на поверхности трения, окислении фрагментов трибораспада ПТФЭ

вследствие разрушения структуры материала, разрыва цепей и «аморфизации» поверхностного слоя.

Заключение. На основании проведенных исследований физико-механических и трибологических свойств ПТФЭ, наполненного базальтовыми волокнами, можно сделать заключение, что активированные базальтовые волокна являются эффективными наполнителями ПТФЭ. Позволяющими получить материалы триботехнического назначения, характеризующиеся стабильными и низкими значениями интенсивности изнашивания при сохранении деформационно-прочностных показателей.

Список литературы:

1. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. — М.: Химия, 1991. — 260 с.
2. Старцев О.В.// Высокомолекулярные соединения, 1983. Т. 25, № 11. С. 2267—2270.

СЕКЦИЯ 5.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ПОИСК РЕШЕНИЙ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ БЛОКИРОВАННОЙ ЗАСТРОЙКИ ДЛЯ УСЛОВИЙ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Елсукова Елена Александровна

*студент кафедры Проектирование зданий
Поволжского государственного технологического университета,
г. Йошкар-Ола*

Email: Elsukova_L@mail.ru

Косильникова Юлия Александровна

*студент кафедры Проектирование зданий
Поволжского государственного технологического университета,
г. Йошкар-Ола*

Email: u.kosulya@gmail.com

Смирнова Светлана Николаевна

*научный руководитель, канд. арх.,
доцент кафедры Проектирование зданий
Поволжского государственного технологического университета
г. Йошкар-Ола*

Email: smirnovskie_ns@mail.ru

SEARCHING FOR SOLUTIONS OF THE ENERGY EFFICIENCY OF THE TERRACED HOUSING AREAS IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Elsukova Elena

*chair of building design Volga State University of Technology,
Yoshkar-Ola*

Kosulnikova Yuliia

*chair of building design Volga State University of Technology,
Yoshkar-Ola*

Smirnova Svetlana

*phD in Architecture, associate professor of building design
Volga State University of Technology,
Yoshkar-Ola*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматривается проблема энергорасточительности России в сфере строительства и предложены решения по энергоэффективности для блокированной застройки для условий Среднего Поволжья.

ABSTRACT

The article describes the issue of the energy wastefulness in Russia in the field of construction and suggests the solutions of the energy efficiency for terraced housing in Middle Volga region

Ключевые слова: энергоэффективность; блокированная застройка.

Key words: energy efficiency; terraced housing areas.

Повышение энергоэффективности зданий в последние десятилетия стало одним из основных направлений развития строительной индустрии. За рубежом начало разработок по улучшению теплозащиты эксплуатируемых зданий явилось следствием энергетического кризиса 70-х годов, и с 1976 года в большинстве зарубежных стран нормируемые величины теплозащиты конструкций увеличились в 2—3,5 раза. В настоящее время процесс этот не стоит на месте: требования к используемым теплоизолирующим материалам постоянно повышаются, ужесточаются нормативы теплопроницаемости

и смежных параметров отдельных строительных конструкций и сооружений в целом [1].

Теплоизоляция зданий и сооружений преследует несколько практических целей: повышение уровня комфортности, тепло- и звукоизоляции, экономию топливных ресурсов и сокращение эксплуатационных расходов.

Россия была и остается одним из мировых «лидеров» по энергорасточительности в сфере теплоснабжения. По данным Международного института энергосбережения (ЕС), по энергоемкости ВВП Россия уступает промышленно развитым странам Запада в 3—3,6 раза, Японии — в 5 раз, США — в 2 раза, Канаде — в 1,7 раз. Расход энергии на единицу промышленной продукции в России в 2,5—3 раза выше, чем в индустриально развитых странах мира [1]. Это объясняется не столько суровыми климатическими условиями, сколько тем, что в ряде российских регионов до 80 % зданий жилого фонда — дома из сборного железобетона, который, как известно, по своим теплоизоляционным характеристикам в 1,5—2 раза хуже кирпича, температура в таких домах не поднимается выше 18°C, на обогрев улиц уходит от 50 до 70 % подводимого к домам тепла.

Для России задача энергосбережения — это вызов, серьезный вопрос, решение которого — залог успешности и конкурентоспособности страны в современном мире. Внедрять высокоэффективные технологии нужно уже сейчас, ужесточая энергетические нормы при строительстве новых зданий, реконструируя старые, добиваясь снижения теплопотерь на каждом этапе возведения здания, используя потенциал российской промышленности и опыт развитых стран.

Целью данной работы является изучение мирового опыта строительства блокированных энергоэффективных жилых домов и обобщение результатов в виде рекомендаций для проекта такого дома для условий Среднего Поволжья.

Блокированный жилой дом — жилой дом с количеством этажей не более чем три, состоящий из нескольких блоков, каждый из которых предназначен для проживания одной семьи, имеет общую стену (общие стены) без проемов с соседними блоками. Жилые дома блокированного типа состоят из повторяемых блоков-квартир, каждая из которых имеет изолированный вход с приквартирного усадебного участка. Блокированная застройка сочетает в себе черты городского жилища с более высоким, чем в квартире многоэтажного секционного дома, уровнем комфорта [2]. Создание энергоэффективной блокированной застройки — актуальная проблема, которая уже успешно

решена в развитых европейских странах, таких как Германия, Нидерланды, Дания, Великобритания.

Опыт строительства именно этих стран и лёг в основу нашего исследования.

Нами были изучены следующие объекты: комплекс блокированных домов-апартаментов в г. Сочи, жилой комплекс «Солнечный сад» во Фрайбурге, Германия, Блокированные дома с низким энергопотреблением “Carvisen”, г. Хеерлен, Нидерланды, комплекс из 54 блокированных домов “Zenderpark” в Иссельстейне и Румберге, Голландия, а также блокированные жилые дома в Дании. Результаты исследования были сведены в таблицу, которая наглядно показывает, какие из градостроительных решений находят отражение в архитектурных объектах тех или иных стран в зависимости от географической широты.

Исходя из этого, следует вывод, что на выбор архитектурных и инженерных решений при проектировании, в первую очередь, влияют климатические условия места строительства. Так, в более южных странах широкое применение находят экологичные материалы, рециркулярные системы экономного потребления воды, инженерные решения по использованию энергии солнца и ветра. В северных же странах на первый план выходят вопросы уменьшения теплопотерь и организации систем отопления.

Таким образом, в ходе исследования предложены наиболее рациональные решения для строительства энергоэффективного блокированного жилого дома для условий Среднего Поволжья.

Градостроительные решения:

- увеличение поверхности южного фасада за счет создания широтной ориентации формы плана,
- организация входа с восточной стороны.

Архитектурно-планировочные принципы:

- блокирование не более 5 объектов,
- тепловое зонирование внутреннего пространства,
- защита от зимних ветров путем создания направленности формы и применения веранды,
- стремление к компактности формы здания.

Конструктивные принципы:

- применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления,

- устройство застеклённых лоджий.

Инженерные решения:

- применение солнечных коллекторов на крыше в целях активного использования солнечной энергии с уклоном $56—72^\circ$ к горизонту,
- использование вторичной энергии для инженерного обеспечения.

В качестве вывода о проделанной работе можно сказать следующее: повышение энергоэффективности зданий — важная задача, решение которой лишь в последнее время стало входить в круг интересов российской политики. Данная индустрия, как никогда, нуждается в развитии не только для повышения статуса России в системе мировой строительной практики, но и для улучшения жизни населения.

Список литературы:

1. Архитектурное проектирование жилых зданий. М.: Изд-во литературы по строительству. 2004. — 267 с.
2. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита / Фокин В.М. — М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. — 256 с.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО
ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОГО БЕТОНА
ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ И СЖАТИИ**

Черноусов Николай Николаевич

*канд. техн. наук,
доцент кафедры сопротивления материалов
Липецкого государственного технического университета,
г. Липецк
E-mail: nto_tezis@mail.ru*

Черноусов Роман Николаевич

*канд. техн. наук,
доцент кафедры сопротивления материалов
Липецкого государственного технического университета,
г. Липецк
E-mail: ozzgood@inbox.ru*

Суханов Андрей Владимирович

*аспирант кафедры сопротивления материалов
Липецкого государственного технического университета,
г. Липецк
E-mail: pm03sav@mail.ru*

Ливенцева Виктория Андреевна

*студент
Липецкого государственного технического университета,
г. Липецк
E-mail: v-livenceva@mail.ru*

SIMULATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FINE-GRAINED SAND-CEMENT CONCRETE IN AXIAL TENSION AND COMPRESSION OF

Chernousov Nikolay Nikolaevich

*candidate of Science, assistant professor of the strength of materials
Lipetsk State Technical University,
Lipetsk*

Chernousov Roman Nikolaevich

*candidate of Science, assistant professor of the strength of materials
Lipetsk State Technical University,
Lipetsk*

Sukhanov Andrey Vladimirovich

*graduate student of the strength of materials
Lipetsk State Technical University,
Lipetsk*

Liventseva Victoria Andreevna

*student of Lipetsk State Technical University,
Lipetsk*

АННОТАЦИЯ

Проведены исследования физико-механических свойств мелкозернистых песчаных бетонов (МЗБ) с целью выявления применимости известных зависимостей для описания работы МЗБ при осевом растяжении и сжатии. Исследования осуществлялись на опытных образцах в виде «восьмёрок», которые испытывались в специально разработанном устройстве, позволяющем определять модуль упругости при растяжении и осуществлять квазистатическое нагружение. На основании опытных данных получена формула, которая позволяет определять прочность МЗБ при растяжении в зависимости от прочности при сжатии. Построена деформационная модель работы мелкозернистого цементно-песчаного бетона при осевом растяжении.

ABSTRACT

The investigations of the physical and mechanical properties of fine-grained sand concrete (FGSC) in order to identify the applicability of the well-known relations for the description of the FGSC under axial tension

and compression. Studies were carried out on test specimens in the form of "eights", which were tested in a specially designed device that allows to determine the tensile modulus and to implement a quasi-static loading. On the basis of experimental data, a formula that allows to determine the tensile strength of the FGSC, depending on the compression strength. Deformation model is constructed of fine-grained sand-cement concrete with axial tension.

Ключевые слова: Осевое растяжение; осевое сжатие; мелкозернистый песчаный бетон; аналитические зависимости

Keywords: Axial tension; axial compression; fine-grained sand concrete; analytical relations

В Липецком государственном техническом университете на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры сопротивления материалов с целью построения деформационной модели работы мелкозернистого цементно-песчаного бетона (МЗБ) проводятся исследования его физико-механических свойств при осевом растяжении. Испытания опытных образцов в виде «восьмёрок» толщиной 40 мм осуществляются в специально разработанном устройстве, позволяющем определять модуль упругости при растяжении и осуществлять квазистатическое нагружение. Опытные образцы и экспериментальная установка приведены на рис. 1, 2, 3.

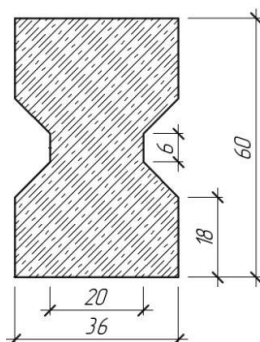


Рисунок 1. Опытный образец

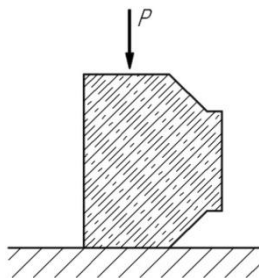


Рисунок 2. Схема испытания на сжатие фрагмента образца

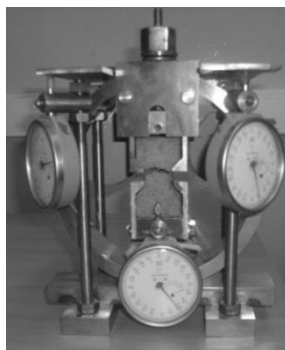


Рисунок 3. Экспериментальная установка

Для построения деформационной модели проводились испытания четырёх серий по три образца в каждой, в которых варьировалось отношение цемента к песку: 1:1, 1:1,5, 1:2, 1:3.

После разрыва образца производились испытания на сжатие его фрагментов в прессе ИП-100.

Результаты испытаний опытных образцов на осевое растяжение и сжатие приведены в таблице 1.

Известна формула, связывающая предел прочности бетона при растяжении (R_{bt}) с прочностью при сжатии (R_m):

$$R_{bt} = 0,5\sqrt[3]{R_m^2} \quad (1)$$

Из опытов установлено, что прочность при осевом растяжении составляет приблизительно 0,05...0,1 прочности при сжатии.

Таблица 1.

**Результаты испытания опытных образцов
на осевое растяжение и сжатие**

№ серии	Ц/П	Прочность МЗБ, МПа				Отклонение опытных значений $R_{bt}^{(o)}$ от расчётных	
		Опытные значения средней прочности		Расчётные значения прочности при осевом растяжении, R_{bt}		$\frac{R_{bt}^{(1)}}{R_{bt}^{(o)}}$	$\frac{R_{bt}^{(2)}}{R_{bt}^{(o)}}$
		при сжатии, R_m	при осевом растяжении, $R_{bt}^{(o)}$	по формуле (1), $R_{bt}^{(1)}$	по формуле (2), $R_{bt}^{(2)}$		
2	3	4	5	6	7	8	
1:1	23,23	2,64	4,05	2,43	1,53	0,92	
1:1,5	14,72	1,68	2,99	1,79	1,78	1,07	
1:2	11,75	1,48	2,56	1,54	1,73	1,04	
1:3	7,83	0,84	1,95	1,17	2,32	1,39	
Среднее значение:						1,87	1,12

В результате обработки опытных данных получена зависимость

$$R_{bt} = 0,3\sqrt[3]{R_m^2} \quad (2)$$

которая позволяет определять прочность МЗБ при растяжении в зависимости от прочности при сжатии. Анализ опытных значений показал, что прочность при растяжении, определяемая по формуле (2) лучше согласуется с опытными данными.

Результаты исследования деформативных свойств при испытаниях опытных образцов на растяжение приведены на рис. 4.

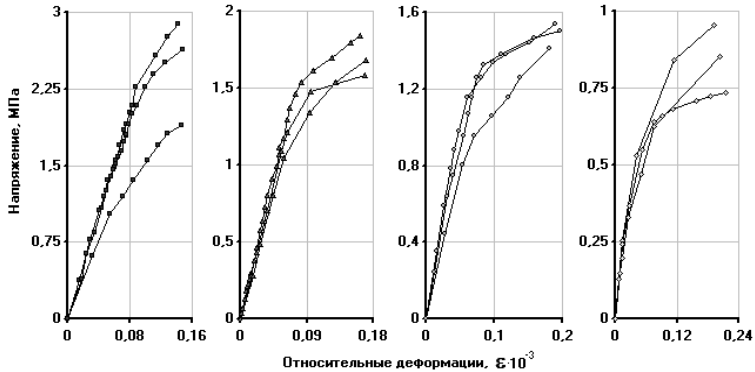


Рисунок 4. Эмпирические зависимости для 4-х серий «напряжение-деформация»

Моделирование физико-механических свойств МЗБ при осевом растяжении, основанное на опытных данных, осуществлено с использованием аналитического выражения, устанавливающего связь между напряжениями и деформациями бетона (формула Саржина [2, с.123]):

$$\frac{\sigma_{bt}}{R_{bt}} = \frac{k \left(\frac{\varepsilon_{bt}}{\varepsilon_{btR}} \right) - \left(\frac{\varepsilon_{bt}}{\varepsilon_{btR}} \right)^2}{1 + (k - 2) \frac{\varepsilon_{bt}}{\varepsilon_{btR}}}, \quad (3)$$

где: σ_{bt} , R_{bt} — соответственно текущее значение напряжения и предел кратковременной прочности бетона при осевом растяжении, определяемый по формуле (2), МПа;

ε_{bt} , ε_{btR} — соответственно текущее значение относительной деформации и значение относительной деформации, соответствующее пределу кратковременной прочности R_{bt} ;

k — коэффициент, характеризующий «кривизну» диаграммы («упругость» бетона), $k = 1/\lambda_R$ ($\lambda_R = R_{bt}/(E_{bt}^0 \varepsilon_{btR})$ — коэффициент упругости бетона).

Другой вариант представления диаграммы зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ε_{bt} для мелкозернистых бетонов можно вывести из предложений Карпенко Н.И. [1, с. 278] о построении диаграмм «напряжение-деформация» с использованием коэффициента изменения секущего модуля.

С целью определения наиболее оптимального варианта зависимости σ_{bt}/R_{bt} от ε_{bt} для построения модели работы МЗБ при растяжении были проанализированы экспериментальные данные.

Выявлено, что для моделирования физико-механических свойств МЗБ при растяжении применимы зависимости «напряжение-деформация», предложенные Саржиным М. и Карпенко Н.И.

Список литературы

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. М.: Стройиздат, 1996. — 412 с.
2. Sargin M. Stress-Strain Relationships for Concrete and the Analysis of Structural Concrete Sections. Ontario, Canada, University of Waterloo, 1971. — 167 p.

О СОХРАНЕНИИ ТРАДИЦИЙ В ХРАМОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

Черныш Надежда Дмитриевна

*доцент БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород*

Коренькова Галина Викторовна

*доцент БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород*

Митякина Наталья Анатольевна

*канд. тех. наук, доцент БГТУ им. В.Г. Шухова,
г. Белгород*

E-mail: G-korenkova@yandex.ru

ON THE PRESERVATION OF TRADITIONS IN CHURCH-BUILDING

Chernysh Nadezhda

associate of Professor of BGTU. Belgorod

Korenkova Galina

associate of Professor of BGTU. Belgorod

Mityakina Natalia

*candidate of technical science. Associate of Professor of BGTU.
Belgorod*

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается необходимость сохранения традиций при проектировании и строительстве православных храмов. В данной работе приведены виды форм основания храмов по православному канону, а также приводится зависимость формообразования здания церкви от решения основных помещений. Авторы приходят к заключению, что современное строительство зданий церковей осуществляется по канонам, отражающим церковные нормы в творчестве.

ABSTRACT

The article discusses the need to preserve traditions in the design and construction of Orthodox churches. In this paper we present the kinds of forms the base of the Orthodox churches to the canon, and shows the dependence of formation of the church building from the main premises solutions. The authors conclude that the modern construction of buildings is carried out by the canons of the churches, reflecting the norms of the Church in the works.

Ключевые слова: храм; канон; формообразование; строительство.

Keywords: church; canon; morphogenesis; building.

Культовая архитектура — явление самостоятельное. Строительство храмов, хотя и обходилось дорого обществу, но в свое время вызвало к жизни новые конструктивные решения, повлиявшие на ход развития архитектуры. Храмовая архитектура часто представляет собой лучшие достижения строительного искусства.

Назначения храма обязывает относиться к созданию храма с максимальной ответственностью. При этом следует рассматривать храмы не только как произведения архитектуры, но как сооружения, архитектура которых отвечает содержанию.

В истории Российского государства проблема строительства храмов вставала не раз [1]. В середине XIX в. огромное значение для закрепления «русско-византийского» типа храма имело издание атласов образцовых проектов церквей. По «образцовым проектам» был сооружен целый ряд храмов, имевших между собой много общего во внешнем облике, с применением стандартных элементов и приемов. Ориентация на русско-византийский стиль вошла в нормы Строительного устава 1841 г.: «При составлении проектов на построение, починку и распространение церквей должно быть соблюдено достоинство и приличие в архитектурном отношении, с сохранением предпочтительно древнего Византийского стиля».

В течение тысячелетий храмы выполняли не только религиозные, но и общественные функции (торжественные собрания, церемонии). В символике архитектурных частей и декоративного убранства храма раскрывались основные черты мировоззрения эпохи. Проектирование храма осуществляют в соответствии со строго прописанными каноническими требованиями храмостроительного искусства, которые основаны на традициях, а также на нормах и правилах для общественных зданий культового назначения.

Храмы различают по вместимости, основному строительному материалу и особенностям объемно-планировочного и композиционного решения. Храмы бывают одноэтажными, двухэтажными или с цокольным этажом.

Форма основания храма отличает его от всех прочих зданий и имеет глубокое символическое значение. По православному канону храм может быть:

- в форме «Корабля» (прямоугольник), символизирующего мысль, что мир есть «житейское море», полное бурь, а Церковь — корабль, на котором можно безопасно переплыть бурное море, достигнуть мирной пристани — царствия небесного;
- крестообразной формы, символизирующей крест Христов, через который верующие получили спасение;
- в форме круга, символизируя вечность Церкви, так как круг, не имеющий ни начала, ни конца, есть символ вечности;
- в форме «звезды» (восьмиугольника), выражающей мысль, что Церковь подобно Вифлеемской звезде указывает путь верующим ко спасению;
- возможны комбинации форм.

Формообразование церкви зависит от решения основных (главных) помещений — притвора, средней части и алтаря. Остальные помещения подчиняют общему решению здания. Объемно-пространственные схемы однопрестольного храма могут быть построены на основе: единого бесстолпного объема; сочетания объемов, соответствующих трехчастной структуре храма; крестово-купольной системы; зального типа храмов, заимствованного из западноевропейской архитектуры.

В храмах, построенных на основе единого бесстолпного объема, выражено стремление создать центричный объем, устремленный к верхней точке над средней частью храма.

Структура церкви, основанная на присоединении объемов, соответствующих трехчастной структуре храма более функциональна. Части храма: притвор, средняя часть, алтарь достаточно обособлены и выделены в объеме здания. Объемы, соответствующие трехчастной структуре, могут иметь различные очертания в плане. Средняя часть храма может иметь в плане вид прямоугольника, восьмиугольника, креста. Алтарь может быть прямоугольным, полукруглым или граненым. Притвор — узким и длинным с выделенным объемом высокой колокольней или широким и коротким, составляющим единое целое со средней частью, но меньше ее по высоте. Завершением храма может быть купол, шатер, скаты, любые вариации и число глав.

Крестово-купольные храмы наиболее традиционны. Основу структуры образует четко читаемый в плане равноконечный греческий крест, над центром которого возводится купол. На основе этой схемы можно создать компактные пирамидальные композиции, устремленные к центральному верхнему кресту.

Храмы, основанные на зальной схеме, заимствованной от западноевропейской архитектуры, имеют в плане прямоугольник или вытянутый крест, разделены двумя рядами колонн на три равновысоких нефа. Ближе к восточной стороне храма располагают центральную главу. Над входом в храм с западной стороны размещают колокольню, значительно превышающую высотой центральную главу.

Степень распространения каждой схемы различна. Выбор схемы решается под влиянием архитектурного стиля, присущего времени, сложившейся окружающей ситуации и личных пристрастий заказчика и архитектора.

В современных нормативных документах объемно-планировочный элемент определен как обособленная часть сооружения или здания с определенным конструктивным решением, функциональным назначением, формой и размерами. Для православных храмов это определение дополняет соответствие объемно-планировочному элементу способа его перекрытия или свода.

Здание храма обыкновенно завершает купол, вид которого напоминает о небе. Купол заканчивает глава, называемая также маковицей, на которой ставят крест. Часто на храме строят несколько глав. Одна глава служит знаком того, что глава Церкви есть един Иисус Христос; три главы ставят в честь трех ипостасей Святой Троицы; пять куполов указывают на Иисуса Христа с четырьмя евангелистами; семь — на семь Вселенских Соборов и семь священных Таинств; девять — на девять чинов ангельских; тринадцать — на Иисуса Христа с двенадцатью апостолами [2].

В храме каждый строительный или конструктивный элемент несет в себе второй смысл, связанный с богослужебным назначением объекта. Например, кирпичная кладка стен. Кирпичи в сознании священнослужителя или прихожанина храма символизируют людей, а сам храм — это образ Церкви. Следовательно, «тело» храма должно состоять из отдельных кирпичей, также как основу Церкви образует множество верующих людей. Массивность стен подчеркивает фундаментальность православной традиции.

Сейчас строить храм на бутовом фундаменте или на дубовых сваях, как это делали в древности, нельзя. Уместнее применять сбор-

ные или монолитные железобетонные фундаментные конструкции с последующей гидроизоляцией, выполняемой обмазочными составами.

В качестве кровельных материалов, особенно покрытия глав, традиционно используют металлические кровли: из медного листа с покрытием сусальным золотом на специальном натуральном лаке — мордане, которое «горит» при любой погоде. Современное покрытие нитрид титана имитирует золото при солнечном освещении, но в пасмурный день эффект пропадает.

В церковном строительстве не должно быть имитаций. Если нет средств на медь и позолоту, допустимо временно покрыть главы оцинкованной или даже черной сталью, которую можно покрасить или на черную сталь наносят смесь натуральной олифы и графита. Это обеспечивает сохранность глав в течение сотен лет.

Для наружной отделки и с целью повышения паропроницаемости штукатурного намета, наносимого на внутреннюю поверхность стены, следует применять известь, в которую добавляют наполнители-сорбенты, способные интенсивно поглощать влагу из воздуха, но не задерживать ее в стене. Внутренняя плоскость стены должна быть ровной настолько, чтобы добиться впечатления легкой воздушной пелены или полупрозрачной дымки, характерной для классической росписи, которая в храмах выполняется в технике фресковой живописи.

В качестве напольных покрытий в храмах целесообразно использовать доломит, который характеризует малая пористость, хорошая износостойкость, достаточно высокая теплоемкость.

Перечисленные материалы обладают балансом звукоотражающих и звукопоглощающих свойств и позволяют решать специфические задачи эксплуатации храма, в том числе — придание помещению необходимых акустических свойств.

При выборе места для строительства церкви руководствуются религиозными установками и традициями; функциональными удобствами территории для храма; эстетическими соображениями [3].

Ставить храм религиозные традиции предписывают на месте старого, разрушенного, поскольку такое место является освященным. Храмы ставят в местах знаменательных событий религиозной и общественной жизни.

К функциональным факторам выбора места для храма следует отнести: наличие удобных безопасных подходов к церкви; необходимость ориентации восток-запад; возможность размещения всего комплекса зданий, сопутствующих приходской церкви; возможность дальнейшего развития и т. д.

К эстетическим факторам относят связь с природным окружением и городской средой.

Церковное искусство канонично. Канон предостерегает автора от ошибок, а вовсе не предписывает ему как что делать от «а» до «я». Слово «канон» обозначает «правило», отражает церковные нормы в творчестве.

Современное строительство церквей — естественный процесс, отвечающий потребности верующих людей. В основном, можно видеть традиционные по внешнему облику сооружения, и это, наверное, правильно, поскольку само православное вероучение консервативно.

Список литературы:

1. Возняк Е.Р., Горюнов В.С., Семенцов С.В. Архитектура православных храмов на примере храмов Санкт-Петербурга: учеб. пособие. СПб.: СПбГАСУ, 2010. — 80 с.
2. Малков И.Г., Ковалев Д.П., Малков И.И. Православные храмы: учеб.-метод. пособие. Гомель: Изд-во БелГУТ, 2009. — 36 с.
3. Черныш Н.Д., Коренькова Г.В. Храмы: проектирование, реконструкция, восстановление: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. — 100 с.

СЕКЦИЯ 6.

СЕЛЬСКОЕ И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АГРОИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В БИОГРУППЕ

Русинова Наталия Владимировна

*канд. техн. наук,
Поволжский государственный технологический университет,
г. Йошкар-Ола,
E-mail: lessi_nat@mail.ru*

DYNAMICS OF GROWTH OF TREES IN BIOGRUPPE

Rusinova Nataliia

*candidate of Technical Sciences, Volga State University of Technologi,
Yoshkar-Ola*

АННОТАЦИЯ

Цель работы — оценка правильности отбора в рубку деревьев по соотношению занимаемых ими площадей произрастания в биогруппе. Для достижения поставленной цели применялись лесохозяйственные методы оценки состояния растущего дерева. Процентный рост площади произрастания лучшего дерева означает рубку конкурентного или мешающего дерева, занимающего значительную часть площади биогруппы. Анализ динамики площадей произрастания деревьев в биогруппе до и после рубок ухода позволит контролировать процесс роста лучшего дерева.

ABSTRACT

The aim of this work is to assess the correct selection of trees to be felled by the ratio of their areas of growth in biogruppe. To achieve the target forest condition assessment methods were growing tree. Percentage growth area of tree felling better means of competition or nuisance tree that occupies a large part of the area of biogruppy. Analysis of dynamics of

growth of trees in biogruppe before and after thinning would control the process better growth of the tree.

Ключевые слова: биогруппа деревьев; рубки ухода; площадь произрастания.

Keywords: biogroup of trees; thinning; the area of growth.

Рубки ухода (прореживания и проходная) направлены на создание благоприятных условий для роста лучших деревьев. В связи с этим качество рубок связано с оценкой состояния и динамики таксационных показателей, а также размещением деревьев внутри биогрупп и на участке леса.

Под биогруппой понимается совокупность одного центрального (лучшего) дерева и нескольких (4—12) окружающих (вспомогательных и нежелательных) его деревьев. Лучшее дерево выбирается в соответствии с требованиями, регламентирующими проведение рубок ухода [2]. Вокруг этого дерева формируется биогруппа (рис. 1) по состоянию до и после проведения рубки. Биогруппа до рубки состоит из расположенных в непосредственной близости растущих деревьев и пней. Биогруппу после рубки образуют только близрастущие деревья.

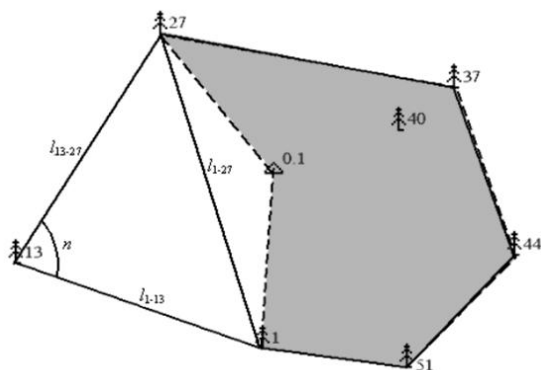


Рисунок 1. Биогруппа деревьев, состоящая из центрального (лучшего) дерева № 40 и шести окружающих деревьев (цветом выделена биогруппа до рубки) (Республика Марий Эл)

Площадь био группы складывается из площадей произрастания всех деревьев группы. Площадь произрастания лучшего дерева в био группе зависит от площадей произрастания соседних деревьев. Нежелательное дерево в био группе занимает наибольшую площадь произрастания в сравнении с другими соседними деревьями. Такое дерево подлежит рубке в том случае, если площадь его произрастания приблизится или превысит площадь произрастания лучшего дерева. Выявление нежелательных деревьев выполняется по классификации, учитывающей три показателя: качество кроны, ствола, характер роста. В большинстве случаев вместо нежелательных вырубается полезные деревья, что влечет на природ, в частности по диаметру, лучшего дерева.

Целью работы является оценка правильности отбора в рубку деревьев по соотношению занимаемых ими площадей произрастания в био группе.

Для анализа динамики площадей произрастания деревьев в био группе рекомендуется вычислять процент площади произрастания до и после рубки

$$P_{S_i} = \frac{S_i}{S_B} \cdot 100, \quad (1)$$

где: P_{S_i} — процент площади произрастания, %;

S_B — площадь био группы, м²;

S_i — площадь произрастания i -го дерева в био группе, м²

Снижение процента площади произрастания лучшего дерева после рубки свидетельствует о неправильном отборе деревьев в рубку, то есть в процессе лесосечных работ из числа окружения были вырублены деревья с меньшим, чем у лучшего дерева, процентом площади произрастания. Проведенная рубка не ухудшит условия произрастания лучшего дерева, но замедлит его рост по диаметру на несколько лет. Процентный рост площади произрастания лучшего дерева означает рубку конкурентного или мешающего дерева, занимающего значительную часть площади био группы.

Площадь био группы вычисляется по определенным с помощью геодезического оборудования (тахеометр, GPS-приемники) координатам граничных деревьев группы

$$S_B = \frac{\sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})}{2}, \quad (2)$$

где: S_B — площадь био группы, м²;

x_i — абсцисса соответственно искомой точки, последующей и предыдущей, м;

y_{i+1} , y_{i-1} — ордината соответственно искомой точки, последующей и предыдущей, м.

Площадь произрастания i -го дерева в био группе вычисляется по формуле [1, с. 34]

$$S_i = \frac{S_B (S_{сек})_i}{\sum_{i=1}^n (S_{сек})_i}, \quad (3)$$

где: S_i — площадь произрастания i -го дерева в био группе, м²;

S_B — площадь био группы, м²;

$\sum_{i=1}^n (S_{сек})_i$ — суммарная площадь секторов всех деревьев группы, м²;

$(S_{сек})_i$ — площадь сектора i -го дерева в био группе, м².

Площадь сектора ствола дерева определена по формуле

$$S_{сек} = \frac{\pi D_{1,3}^2}{40000} \times \frac{n}{360}, \quad (4)$$

где: $S_{сек}$ — площадь сектора дерева, входящего в био группу, м²;

$D_{1,3}$ — диаметр дерева в коре на высоте 1,3 м;

n — угол между образующими сторонами сектора, град.

В примере при анализе площадей произрастания деревьев (табл. 1) видно, что площадь произрастания лучшего дерева № 40 после рубки увеличивается от 8,78 м² до 10,64 м². При этом увеличивается площадь произрастания дерева № 1 от 4,11 м² до 5,66 м², которое является конкурентом лидера. У остальных деревьев наблюдается тенденция к уменьшению площади произрастания. Таким образом, результаты расчетов показывают, что лучшее дерево этой био группы подавляет рост по диаметру своих соседей.

Таблица 1.**Расчет площади произрастания деревьев до и после рубки**

№ дер.	Площадь произрастания до рубки, м ²	№ дер.	Площадь произрастания после рубки, м ²							
			1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год
40	5,79	40	8,78	8,90	9,15	9,38	9,60	9,64	9,91	10,64
0,1 (пень)	4,35	13	3,56	3,51	3,40	3,30	3,20	3,13	3,07	2,94
27	1,09	27	5,21	5,13	4,97	4,82	4,68	4,58	4,48	4,30
37	2,90	37	4,66	4,59	4,45	4,31	4,19	4,10	4,01	3,85
44	1,99	44	3,56	3,51	3,40	3,30	3,20	3,13	3,07	2,94
51	2,35	51	3,84	3,78	3,92	3,80	3,69	3,61	3,54	3,40
1	1,45	1	4,11	4,32	4,45	4,82	5,17	5,54	5,66	5,66

По данным табл. 2 видно, что через год после рубки ухода (проходная) процент площади произрастания лучшего дерева био группы уменьшился приблизительно на 3 %.

В течение шести лет развивалась конкурентная борьба за господствующее положение между деревьями в новой био группе. На седьмой год площадь произрастания лучшего дерева достигла процента занимаемой им площади в био группе до рубки, то есть 29,38 % (до рубки — 29,08).

Таблица 2.**Расчет процента площади произрастания деревьев до и после рубки**

№ дер.	Площадь произрастания до рубки, %	№ дер.	Площадь произрастания после рубки, %							
			1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год	8 год
40	29,08	40	26,03	26,39	27,13	27,81	28,46	28,58	29,38	31,54
0,1 (пень)	21,85	13	10,55	10,41	10,08	9,78	9,49	9,28	9,10	8,72
27	5,47	27	15,45	15,21	14,73	14,29	13,87	13,58	13,28	12,75
37	14,57	37	13,82	13,61	13,19	12,78	12,42	12,16	11,89	11,41
44	9,99	44	10,55	10,41	10,08	9,78	9,49	9,28	9,10	8,72
51	11,80	51	11,38	11,21	11,62	11,27	10,94	10,70	10,50	10,08
1	7,28	1	12,18	12,81	13,19	14,29	15,33	16,42	16,78	16,78

Таким образом, расчеты площадей произрастания и их процентов подтверждают правильность выполненного отбора в рубку деревьев из биогруппы. Проведенная рубка ухода визуально отобранного дерева не ухудшила условия произрастания лучшего дерева, но замедлила его рост по диаметру на шесть лет.

В связи с этим рекомендуется, *во-первых*, отбор в рубку деревьев из биогруппы сопровождать расчетом абсолютных и относительных значений площадей произрастания; *во-вторых*, осуществлять выбор технологии лесосечных работ с учетом оставляемых на корню деревьев; *в-третьих*, выполнять мониторинг состояния деревьев биогруппы в среднем один раз в три-пять лет с целью выявления нежелательных деревьев, что позволит ускорить процесс выращивания качественной древесины.

Список литературы:

1. Русинова Н.В. Разработка технологии рубок ухода (прореживания) с учетом размещения биогрупп деревьев: дис...канд. техн. наук: 05.21.01: защищена 23.12.2003: утв. 05.03.2004. Йошкар-Ола, 2003. — 195 с.
2. Санитарные правила в лесах Российской Федерации: утв. Приказом МПР РФ 27.12.2005. М., 2006. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.wood.ru/ru/fzsanit.html> (дата обращения 08.07.2013).

СЕКЦИЯ 7.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ РОБОТОВ

Корнеев Вячеслав Викторович

*магистрант 1 года обучения, кафедра Электромеханики,
Новосибирский Государственный Технический Университет,
г. Новосибирск
E-mail: heart1981@bk.ru*

Вяльцев Георгий Бенцианович

*инженер, кафедра Электромеханики,
Новосибирский Государственный Технический Университет,
г. Новосибирск
E-mail: el.mexan@gmail.com*

MODERN DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF REMOTE- CONTROLLED ROBOTS

Korneev Vyacheslav

*postgraduate student of 1st year of study, the department of
Electromechanics, Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk*

Valtcev George

*engineer, the department of Electromechanics,
Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk*

АННОТАЦИЯ

Анализ текущих разработок в области малоразмерных телеуправляемых роботов для силовых структур. Описываются основные требования предъявляемые к разведывательных роботам и возможные

конструкции двигателей и их особенности, влияющие на технико-тактические характеристики изделия. Сформирована концепция разведывательного робота и представлен прототип.

ABSTRACT

Analysis of current developments in the field of remote-controlled small robots for law enforcement agencies. paper is describes the main requirements to the robots and possible design and motor characteristics affecting the technical and tactical characteristics of the product. Formed the concept of and a prototype of the intelligence robot.

Ключевые слова: мини-робот; телеуправляемый; колесный; шасси.

Keywords: mini-robot; remote-controlled; wheeled; chassis.

При выполнении различных боевых задач все чаще используется различные технические средства для уменьшения риска сотрудников силовых ведомств. Одной из самых опасных задач, решаемых разведывательными, мотопехотными и спецподразделениями является разведка и досмотр различных помещений в условиях городской застройки (включая частные дома). Во многих странах мира ведется разработка автономных роботов для разведки и наблюдения при спецоперациях. Применение при досмотровых мероприятиях мобильных мини-роботов приводит к уменьшению риска жизни личного состава. Опыт, полученный иностранными военными подразделениями в ходе военных конфликтов последнего времени показывает эффективность их применения.

Наибольшая активность в данной области наблюдается в последние годы. Это обусловлено развитием электроники и техники, уменьшением размеров электронных компонентов, ее повсеместным внедрением в различные сферы деятельности, увеличением номенклатуры выпускаемых изделий и снижения стоимости оборудования. В сумме эти тенденции привели к тому, что необходимое для создания различных роботов оборудование стало доступным даже для частных лиц. Другим важным фактором является возрастающая потребность в данных устройствах.

К автономным телеуправляемым роботам предъявляется ряд требований, который определяют их конструкции. Важнейшим требованием являются массогабаритными показатели. Вес робота обычно ограничивается 10—15 килограммами. Робот и система управления должны легко транспортироваться одним-двумя бойцами. Габариты должны позволять роботу проходить между завалами, в дверные

проемы и проломы в стенах. Часто рассматривается возможность заброса робота через окна. Для достижения необходимой проходимости на мобильный мини-робот должен устанавливаться достаточно мощный двигатель. Роботы среднего размера должны обладать возможностью транспортировать грузы и переносить различное навесное оборудование. Крайне важным параметром является подвижность модели. Устанавливаемая на мини-роботы системы телеуправления и передатчики видеосигнала с камер наблюдения должны обеспечивать устойчивый сигнал на дистанциях не менее 50 метров от оператора внутри помещения и не менее километра на открытой местности [3].

Данные характеристики обеспечиваются применением композитных материалов корпуса робота, энергоэффективных приводных двигателей с большим тяговым усилием и малыми размерами, применением различных систем движителей (колесный или гусеничный).

Так как возможность погибнуть при выполнении разведывательной операции очень высока стоимость мобильных мини-робот должна быть минимальной.

В последнее время широко развивается тенденция создание роботов по модульной системе. Согласно этой системе для выполнения конкретных задач робот собирается из нескольких типовых модулей, которые способны работать автономно.

Мобильным мини-роботам необходимо иметь достаточное время активной работы на одном заряде аккумулятора — в диапазоне от 30 минут до 2—3 часов и более [3]. Иметь возможность быстрой подзарядки или даже смены питающих элементов, масса аккумуляторов должна при этом быть минимальной.

Для повышения живучести роботов разведчиков возможно применение бронированного корпуса. Однако данное усовершенствование приводит к увеличению массогабаритных и стоимостных характеристик модели, что не удовлетворяет запросам потребителей и не приводит к значительному повышению работоспособности. Поэтому чаще всего корпус робота защищает только от падения и воздействия внешней среды.

Наибольшее количество разработок мини-роботов разведчиков ведется в США. Лидирующими компаниями являются iRobot, QinetiQ и Boston Dynamics. Их разработки ведутся в тесном сотрудничестве с армией и при непосредственном финансировании со стороны государственного департамента США. Компания iRobot одной из первых начала разработки роботов разведчиков. Большое количество ее роботов используется в различных странах мира. Компания

производит гусеничные роботы, обладающие довольно неплохой проходимостью и тяговыми характеристиками, но при этом используется система с внешней гусеницей, более сложная в эксплуатации по сравнению с колесной.

Компания QinetiQ производит мини-роботы, которые могут оснащаться как гусеничным, так и колесными движителями. Разработка ведется совместно с Национальным исследовательским техническим центром робототехники (National Robotics Engineering Center) и Университетом Карнеги-Меллона (США) [2].

Компания Boston Dynamics производит шагающих роботов, но их использование затруднительно из-за высокой массы и не достаточно хорошей проходимости, и заметности ввиду большой высоты. Кроме того в них применяется сложная кинематическая схема и система управления. Одна из последних разработок компании Boston Dynamics является колесный мини-робот разведчик с функцией прыжка [1].

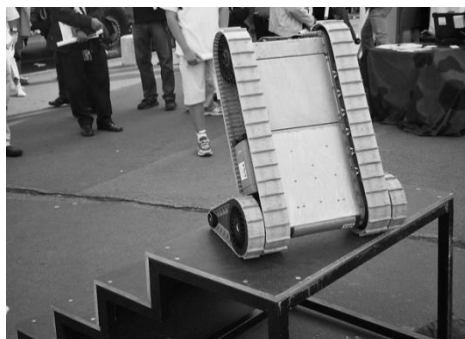


Рисунок 1. Робот Packbot производства фирмы iRobot США



Рисунок 2. Робот BigDog производства компании Boston Dynamics

Одним из лидеров в разработке и проектирование мобильных роботов разведчиков является израильская компания ODF Optronics. Данная компания производит робота EyeDrive. Этот робот компактен, может выдерживать заброску и падение, быстро приходит в рабочее состояние, имеет малую массу. Однако как и других иностранных разработок имеет значительную стоимость. Близок по характеристикам к роботу EyeDrive является разработка швейцарской фирмы **Macroswiss под названием SpyRobot 4WD.**

В России главным разработчиком роботов для военного применения является НИИ СМ при МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Авторами данной публикации, коллективом кафедры ЭМ НГТУ ведется работа по созданию собственного робота разведчика условно наименованного Еж.

В таблице 1 приведены характеристики различных роботов по материалам [1] и других источников.

Таблица 1.

Характеристики некоторых мини-роботов

Название	Фирма	Страна	Тип шасси	Габарит, разм.. мм	Вес, кг	Скорость м/с	Время ра-боты, ч	Даль-ность, м
PackBot Scout	iRobot	США	4-гус.	686x520x200	18	2,2...3,9	2...12	800
SUGV320	iRobot	США	4-гус.	607x437x165	14,5	2,8	6	1000
Dragon Runner DR20	QinetiQ NA	США	4-колес	422x310x152	6,4	11,1	1,5	-
			2-гус.	725x330x165	7,7	-	0,75	-
X-Bot	IRT	США	4-колес	533x445x241	13,6	5,3	3,5	500
RHEX	Boston Dynamics	США	шагаю-щий	470x200x120	7,2	2,25	0,1...0,8	600
SpyRobot 4WD	Macroswiss	Швейцария	4-колес	427x290x170	6	2,8	4...12	400
VIPER	Elbit Systems	Израиль	2-гус. транс-форм.	460x460x230	11	2,2	4...12	2000
EyeDrive	ODF Optronics	Израиль	4-колес, 2-гус.	280x250x110	3,8	1,11	3...24	300
Cobra	ECA	Франция	4-колес.	364x392x170	5,6	2,1	2	130
MiniUGV	Eventronic	Испания	4-колес.	310x320x160	2,8	4,2	2	100
Scout	PIAP	Польша	4-колес, 2-гус, 4-гус.	530x543x180	13	2,2...2,8	-	500
X-MUTS	DSTO	Австралия	4-колес.	400x300x120	10	-	0,5	2000
МРК-01	НИИ СМ	Россия	6-колес.	570x480x210	20	0,7	3	60
СМР-01	ЦНИИ РТК	Россия	6-гус. или 4-колес	390x318x87	12,4	1	4	130
Ежик	Каф. ЭМ НГТУ	Россия	6-колес.	300x200x150	5		1,5	

Как видно из приведенной таблицы наиболее часто для мобильных мини-роботов используются колесные движители, обеспечивающие минимальные массогабаритные показатели и высокие скоростные показатели. Малая масса позволяет легко переносить робота-разведчика силами одного человека. Малые габариты позволяют легко транспортировать робота. Для увеличения площади соприкосновения колес и поверхности могут использоваться различные конфигурации, количества колес и конструкции шин. Применение колес, заполненных воздухом или с мягким внешним слоем, позволяет повысить поверхность контакта с различными поверхностями и при преодолении различных препятствий, отказаться от применения подвески на модели. Отказ от подвески значительно упрощает и удешевляет конструкцию мобильного мини-робота, что положительно сказывается на конечной стоимости робота, на его ремонтпригодности и простоте сборки, увеличивает внутреннее пространство для установки более мощных моторов или дополнительного оборудования [4]. При использовании гусениц возникает необходимость применения подвески катков для сохранения постоянного достаточного контакта траков гусениц с поверхностью, особенно при преодолении препятствий и движению по неровной поверхности. Гусеничная система увеличивает массу и габариты робота, усложняет конструкция.

Именно поэтому при проектировании дистанционно управляемой машины на кафедре электромеханика (ЭМ) НГТУ было принято решение строить ее на колесном шасси. В качестве базы для разработки НГТУ была выбрана 6-ти колесная схема с независимым приводом каждого колеса. Корпус робота вместе с колесами имеет габариты 300x230x150 мм. В разработке технического задания робота принимали участие представители отряда «Антитеррор» УФСБ Новосибирской области. Согласно техническому заданию перед роботом не ставится задача преодолевать препятствия высотой более 15 см и производить подъем по лестнице. Это условие позволило укоротить колесную базу, сделать робота легче и существенно дешевле, отказавшись от использования гусениц. Управление роботом осуществляется дистанционно по радиоканалу с переносного пульта управления. Робот оснащен тремя камерами, работающими через два независимых разнесенных по частоте радиоканала.

В мае 2013 г. прототип Еж 02 прошел первые испытания на региональных сборах отрядов специального назначения. Прототип успешно выполнил поставленные задачи и заслужил одобрение со стороны сотрудников силовых структур.

Список литературы:

1. Васильев А.В. Мобильные мини-роботы разведки: текущее состояние характерные черты и общие тенденции развития // Известия ЮФУ. Технические науки Тематический выпуск. 2010. — С. 119—123.
2. Семенов А.Г., Солонович А.А., Элизов А.Д. Мобильные роботы: проект робота «Квадрокластер» для спецопераций // Научно технические ведомости СПбГПУ 2005. —№ 39 — С. 200—208.
3. Семенов Д.К. Дистанционно управляемый мобильный робот, видеокамера мобильного робота, звукоприемная система самонаведения мобильного робота, сферическая граната // Патент на изобретение № 2473863 РФ.
4. Цюй Дуньюэ. Разработка динамической модели для управления колесными роботами // Техника и технология 2012. — № 2 — С. 6—11.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Корнеев Вячеслав Викторович

*магистрант, кафедра Электромеханики,
Новосибирский Государственный Технический Университет,
г. Новосибирск
E-mail: heart1981@bk.ru*

Приступ Александр Георгиевич

*канд. техн. наук, доцент,
Новосибирский Государственный Технический Университет,
г. Новосибирск
E-mail: a_pristup@mail.ru*

DESIGN OF PERMANENT MAGNETIC SYNCHRONOUS GENERATOR

Korneev Vyacheslav

*postgraduate student, the department of Electromechanics,
Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk*

Pristup Alexander

*candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk*

АННОТАЦИЯ

В статье описывается современный подход к процессу проектирования специальных электрических машин на примере синхронного генератора с постоянными магнитами для системы аварийного динамического торможения крановой установки. Особенности проектирования данного класса электрических машин.

ABSTRACT

The article describes the modern approach to the design process special electric machines on the example of permanent magnetic

synchronous generator for emergency system dynamic brake crane. Design features of this class of electrical machines.

Ключевые слова: синхронный генератор с постоянными магнитами; дробная зубцовая обмотка; проектирование электрических машин.

Keywords: permanent magnet synchronous generator; fractional winding; design of electrical machine.

В последнее время с развитием техники и оборудования возникает потребность в различных специальных электрических машинах. Кафедра электромеханики разрабатывает специальные электрические машины с возбуждением от постоянных магнитов и дробно-зубцовыми обмотками статора. Проектирование данных электрических машин требует использования методов проектирования, учитывающих конструктивные особенности электрических машин и их режимы работы. В связи с участием автора в проектирование синхронного генератора, с возбуждением от постоянных магнитов для системы аварийного динамического торможения крановой установки атомной электростанции. Особенности конструкции и функционирования разрабатываемого генератора потребовали формирования специального подхода к проектированию такой машины.

Одной из основных задач проектирования является выбор геометрических и обмоточных данных, свойств материалов и анализ на их основе прогнозируемых характеристик электромагнитного устройства. Традиционные методы проектирования представляет методику из набора относительно простых формул и соотношений, позволяющих произвести расчет с применением микрокалькулятора или даже логарифмической линейки. В таких классических методиках для упрощения расчетов применяются допущения и преобразования, которые дают достаточную для практики точность при расчете машин общепромышленного применения, однако дают повышенную погрешность при расчетах машин нетрадиционных конструкций и машин с высокой степенью использования электротехнических материалов. В традиционных методиках происходят операции с линейными зависимостями кривых намагничивания и не оперируют комплексными числами. Поэтому целесообразно для эффективного проектирования электромеханических устройств применять методики с использованием современных программных продуктов.

Процесс проектирования генератора для динамического торможения состоит из следующих этапов: выбор геометрических и обмоточных

данных, электромагнитный расчет, расчет характеристик машины. Более подробная схема процесса проектирования представлена на рисунке 1.

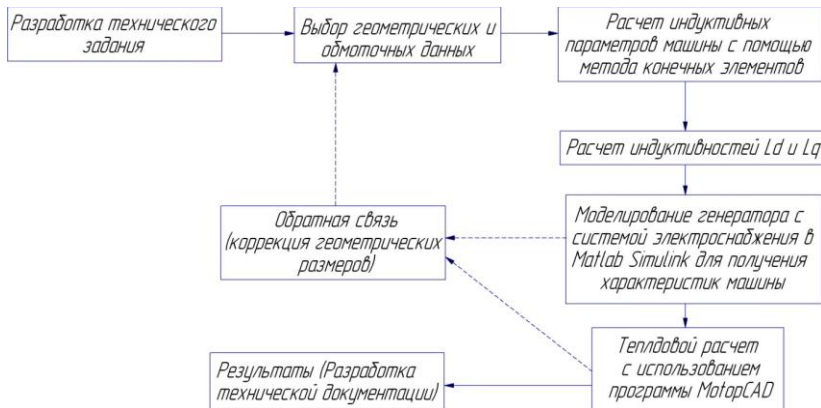


Рисунок 3. Схема процесса проектирования

В связи с ограничением по массогабаритным показателям генератор выполняется с высоким использованием материалов. Особенностью генератора является то, что он работает на выпрямительный мост, откуда выпрямленное напряжение идет на обмотку статора асинхронного двигателя. В связи с этим отсутствует необходимость выполнять генератор со стандартной частотой сети. Для обеспечения массогабаритных и энергетических показателей на статоре применяется дробная зубцовая обмотка с числом пазов на полюс и фазу $q = 6/17$. Данное обстоятельство позволяет на заданном диаметре расточки статора разместить требуемое количество полюсов без измельчения зубцово-пазовой зоны. Частота выходного напряжения на зажимах генератора получается равной 8,5 Гц при номинальной частоте вращения 30 об/мин. Выбор геометрических и обмоточных данных производится по методике [1], разработанной на кафедре электромеханики НГТУ. Для автоматизации процесса проектирования методика записывается в инженерном калькуляторе Mathcad с использованием встроенных возможностей программы, таких как округление значений и автоматический выбор величин проводника из ряда стандартных, что позволяет повысить скорость проектирования.

Применяемые дробно-зубцовые обмотки имеют ряд особенностей по сравнению с классическими обмотками. Данные обмотки имеют шаг равный единице и охватывают лишь один зубец, что позволяет

уменьшить вылет и длину лобовых частей электрической машины [1]. Однако при проектировании машин с дробно-зубцовыми обмотками необходимо учитывать ряд особенностей данных обмоток. Однозубцовой обмоткой создаются две основные пространственные гармоники магнитодвижущей силы с близкими поллюстностями, амплитудой и перемещаются в воздушном зазоре в разные стороны. Магнитное поле, созданное магнитодвижущей силой в воздушном зазоре машины, имеет несинусоидальный характер [5]. В синхронных машинах с постоянными магнитами и дробными зубцовыми обмотками магнитное поле реакции якоря в воздушном зазоре содержит целый ряд гармоник высшего и низшего порядков по отношению к рабочей гармонике, обуславливающих повышенное индуктивное сопротивление дифференциального рассеяния [4]. Применение на статоре дробно-зубцовых обмоток обуславливает необходимость коррекции классического расчета индуктивных сопротивлений обмотки статора, реакции якоря и магнитной цепи машины. Наряду свыше обозначенными особенностями и наличием участков насыщения и нелинейными зависимостями магнитной цепи был произведен расчет параметров электромагнитного поля на основании методов конечно-элементного анализа. Как видно из рисунка 2, при моделировании поля образуются мостики насыщения в месте сближения пазов магнитов на поверхности ротора и внутри пакета ротора. Мостики насыщения могут оказывать значительное влияние на поля рассеяния постоянных магнитов и параметры электрической машины. Не учет насыщения данных участков приводит к некорректному выбору объема и геометрии постоянных магнитов, определению индуктивностей, и соответствующему неточному определению электромагнитного момента, создаваемого электрической машиной. В результате для обеспечения требуемых показателей после создания опытного образца возможно необходимость корректировки расчета активного ядра электрической машины.

Все большее применение различных программных продуктов в процессе проектирования обусловлено развитием и удешевлением компьютерной техники, развитием языков программирования и разработкой специализированных программных продуктов. Также это обусловлено все большей конкуренцией в области электромашиностроения и необходимостью быстрого проектирования при минимуме затрат. Моделирование поля производилось с помощью метода конечных элементов, реализованного в программе FEMM с учетом нелинейности магнитных свойств материалов и насыщения элементов магнитной цепи. Программа FEMM позволяет быстро и с требуемой

точностью произвести расчет электромагнитного поля в активном объеме электрической машины при минимальных затратах компьютерных ресурсов.

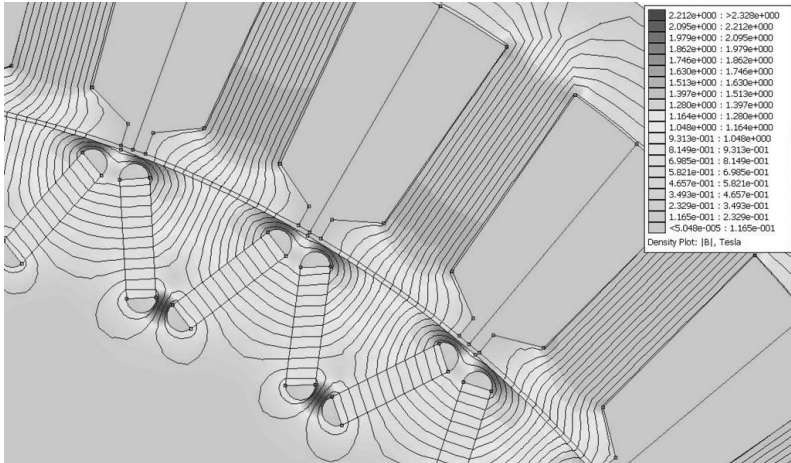


Рисунок 4. Моделирование в FEMM

Однако расчет электромагнитного поля является только предварительным промежуточным результатом. Далее на основе полученный данных был произведен расчет характеристик электрической машины. Как было сказано ранее, генератор работает через выпрямитель на нагрузку, которой является обмотка асинхронного двигателя с активным сопротивлением $0,25 \text{ Ом}$. Малая величина нагрузки приводит к тому, что генератор работает фактически в режиме короткого замыкания. При работе выпрямителя под нагрузкой на выпрямленное напряжение существенно влияют индуктивность источника питания, активное сопротивление, внутреннее сопротивление вентилей, а также эквивалентное падение напряжения в индуктивности со стороны выпрямленного тока [2].

$$\Psi_{\phi} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\psi_{\text{фам},i} - \psi_{\text{фм}})^2}, \quad (1)$$

где: $\psi_{\text{фам}}$ — потокосцепление фазы от тока фаз и поля постоянных магнитов ротора;

$\psi_{\text{фм}}$ — потокосцепление фазы от поля постоянных магнитов.

$$I_{\phi} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n i_{\phi,i}^2}; \quad (2)$$

Определяются синхронные индуктивности по оси d и q по формуле (3) в зависимости от ориентации ротора относительно оси фазы.

$$L = \frac{\Psi_{\phi}}{I_{\phi}} \quad (3)$$

Ввод параметров генератора осуществляется в окне стандартного блока, имеющего строки ввода с указанием параметра и размерности величины. Имеются также другие варианты, когда задается не поток от постоянных магнитов, а постоянная напряжения или постоянная момента. Например, при задании потока программа автоматически пересчитывает параметры постоянных, тоже самое происходит при другой специфике внесения данных. Стандартный блок синхронных машин с постоянными магнитами может моделировать как двигатели, так и генераторы. Для моделирования генератора на блок через механический канал задается скорость, с которой вращается вал реального генератора. С выходов трехфазной обмотки модели напряжение и ток идет на стандартный блок, моделирующий выпрямитель с указанием внутренних потерь и временем отклика реального выпрямителя. Далее по цепи идет нагрузка, которая моделирует обмотку асинхронного двигателя в виде активной нагрузки, так как величина индуктивности обмотки мала. Остальные элементы являются вспомогательными для измерения величин и определения характеристик.

По результатам моделирования электромагнитного поля и характеристик генератора происходит сравнение параметров с требуемыми показателями. После расчета альтернативных вариантов был выбран наиболее оптимальный, удовлетворяющий требованиям технического задания.

Высокое использование материалов и отсутствие принудительного охлаждения требует подробного теплового расчета. Основное влияние температура оказывает на изоляцию обмотки статора и на постоянные магниты, которые при перегреве могут размагничиваться и теряют свои свойства. Особое рассмотрение теплового состояния требует режим холостого хода, то есть когда генератор отключен от нагрузки, но при работе крановой установки на подъем груза вращается со скоростью 1200 об/мин, т. к. жестко связан через редуктор с асинхронным двигателем. В описанном режиме практически отсутствуют электрические потери в обмотке статора из-за малой величины протекающего тока, но присутствуют большие потери в стали из-за высокой частоты перемагничивания. Проверка теплового состояния машины является важным этапом проверки правильности проектирования. По результатам теплового расчета максимальная температура машины составляет 130 °С, что удовлетворяет классу изоляции F.

На основе проведенных расчетов и моделирования выбран вариант генератора системы аварийного динамического торможения, на основании которого произведена разработка конструкторской документации для изготовления и испытания опытного образца.

Список литературы:

1. Бухгольц Ю.Г., Комаров А.В., Шевченко А.Ф., Шевченко Л.Г. Многополюсные синхронные машины. Часть 2. Электромагнитный расчет и программа расчета на ЭВМ. Методическое указание. Новосибирск: НГТУ. 1996. — 49 с.
2. Флора В.Д. Электрические машины специальных конструкций и принципов действия. Запорожье.: Информационная система iElectro. 2011. — 254 с.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. СПб.: Питер, 2008. — 280 с.
4. Честюнина Т.В. Анализ поля возбуждения магнитоэлектрического генератора с зубцовыми обмотками/ Т.В.Честюнина//: материалы четвертой науч.-технич. конф. с международным участием ЭЭЭ-2009, — Новосибирск: изд-во НГТУ, 2009. — С. 78—83.
5. Честюнина Т.В. Особенности расчета индуктивных сопротивлений магнитоэлектрических машин с дробными зубцовыми обмотками/ Т.В.Честюнина// материалы XVII междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технологии», Томск: изд-во ТПУ, — 2011. — 1Т. С. 559—561.

СЕКЦИЯ 8.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНОГО СЛОЯ МЕТАЛЛОВ

Павленко Анатолий Михайлович

*д-р техн. наук, зав. кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции
и теплоэнергетики, профессор Полтавского национального
технического университета имени Юрия Кондратюка,
г. Полтава*

E-mail: am.pavlenko@i.ua

Усенко Богдан Олегович

*аспирант кафедры теплогазоснабжения, вентиляции
и теплоэнергетики, ассистент Полтавского национального
технического университета имени Юрия Кондратюка,
г. Полтава*

E-mail: assistant_pntu@ukr.net

Кошлак Анна Владимировна

*канд. техн. наук, кафедра теплогазоснабжения, вентиляции и
теплоэнергетики, доцент Полтавского национального технического
университета имени Юрия Кондратюка,
г. Полтава*

E-mail: am.pavlenko@yandex.ua

THE RESEARCH PROCESS FORMING AMORPHOUS LAYER OF METALS

Pavlenko Anatoly

*doctor of Science, Head of heat and gas supply,
ventilation and heat power engineering department,
professor of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,
Poltava*

Usenko Bogdan

*postgraduate of heat and gas supply,
ventilation and heat power engineering department,
assistant of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University,
Poltava*

Koshlak Anna

*candidate of Science, heat and gas supply,
ventilation and heat power engineering department,
associate professor of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk
University,
Poltava*

АННОТАЦИЯ

Разработан алгоритм решения тепловой задачи скоростного охлаждения тонкого слоя расплава. Технология формирования аморфной структуры реализуются путём быстрого теплоотвода и обеспечения высокой скорости охлаждения расплава. При этом скорость охлаждения не должна быть ниже $10^4 \dots 10^6$ К/с для сплавов и 10^6 К/с для чистых металлов. По результатам экспериментального исследования была получена аморфная структура наплавленного металла и определены условия реализации данной технологии.

ABSTRACT

Developed an algorithm solving the problem of high-speed thermal cooling of a thin layer of melt. The technology of forming the amorphous structure realized by rapid heat transfer and provide a high cooling rate of the melt. The rate of cooling should not be below $10^4 \dots 10^6$ K/s for alloys and 10^6 K/s for pure metals. Based on the results of experimental study was to obtain an amorphous structure of the deposited metal and the conditions for the implementation of this technology.

Ключевые слова: закалка из жидкого состояния; аморфная структура; скорость охлаждения; наплавка

Keywords: quenching from the liquid state; the amorphous structure; the cooling rate; melting

В технологии закалки из жидкого состояния слой расплавленного металла контактирует с поверхностью массивного тела (телом-холодильником) и охлаждается посредством отведения тепла в его внутренние слои. В этом случае процессы формирования первичной структуры сплавов, а так же дальнейшие твердофазные превращения сопровождаются образованием разных типов метастабильных структурных состояний (аморфной структуры), экспериментальному исследованию которых и посвящена данная работа.

Для получения аморфной структуры металла на установке УД-209 УХЛ4 были наплавлены образцы с низколегированной стали рис. 1. Наплавку образцов проводили проволокой диаметром 3 мм на постоянном токе обратной полярности при силе сварочного тока 400 А, напряжении на дуге 32...36 В, скорости подачи проволоки 160 м/час, шаге наплавки 6...8 мм и скорости наплавки 12...16 м/час [2, с. 156].

Структура наплавленного металла определяется условиями охлаждения, которые влияют на процессы затвердения металла и на диффузионные процессы. Поэтому на данной установке предусмотрена система принудительного охлаждения поверхностного слоя расплава. С целью изучения макроструктуры и микроструктуры наплавленного металла, исследования закономерностей образования структуры и зависимостей влияния структуры на свойства металла после наплавки были выполнены металлографические исследования, в результате которых установлено, что наплавленный слой имеет кристаллическую в основном ферритную структуру. Слой наплавленного металла, представленный на рис. 1 имеет столбчатое строение, так как процесс кристаллизации в наплавленном металле имеет направленность: кристаллы растут в направлении, обратному отведению тепла, вглубь жидкой ванны, и метал, приобретает столбчатую структуру. В корне наплавленного слоя, ближе к переходной зоне, дендриты разветвлены минимально. При более высоких скоростях охлаждения в наплавленном металле этих сталей кроме феррита и перлита присутствуют так же мартенсит, бейнит и остаточный аустенит. Мартенсит определяется в таких сталях как бесструктурный. Количество структурных составляющих изменяется в зависимости от температурного цикла наплавки. Так как структура

исследованных образцов, представленная на рис. 1 имеет кристаллическое строение, можно сделать вывод, что без применения

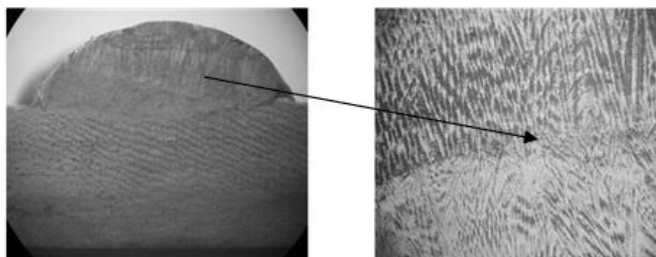


Рисунок 1. Структура наплавленного металла (C%0,12; Mn%2,04; Si%0,48; Cr%0,98; Ni%0,07; S%0,015; P%0,04)

технологических приемов во время наплавки, которые направлены на увеличение скорости охлаждения расплава, с целью быстрого отвода тепла, получить аморфную структуру наплавленного металла невозможно. Известно, что при наплавке скорость охлаждения расплава напрямую зависит от погонной энергии процесса, с уменьшением погонной энергии скорость охлаждения возрастает. Значимым параметром режима наплавки, который влияет на погонную энергию, является скорость наплавки $V_{п}$. С увеличением скорости наплавки, снижается погонная энергия, что в свою очередь увеличивает скорость охлаждения процесса [2, с/ 223]. Наплавку последующих образцов проводили с увеличением скорости наплавки $V_{п}$ 16...18 м/час, остальные параметры режима оставили без изменений. Наплавку выполняли проволокой диаметром 3 мм на постоянном токе обратной полярности при силе сварочного тока 400 А, напряжении на дуге 32...36 В, скорости подачи проволоки 160 м/час, шаге наплавки 6...8 мм [2, с. 89].

После наплавки выполняли металлографические исследования, результаты которых представлены на рис. 2. Полученные результаты структуры наплавленного металла показали, что увеличение скорости наплавки привело к измельчению зерен и улучшению структуры металла.

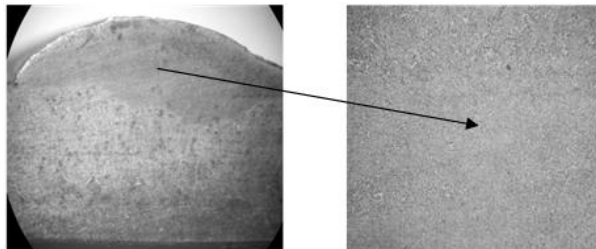


Рисунок 2. Структура наплавленного металла (C%0,22; Mn%2,09; Si%0,28; Cr%1,57; Ni%0,12; S%0,012; P%0,029)

Для получения аморфной структуры наплавленного металла нужно применять технологические приемы, которые обеспечат быстрый отвод тепла от места наплавки, обеспечивать высокую скорость охлаждения $10^4 \dots 10^5$ К/с и выше. С целью быстрого отвода тепла от места наплавки, на наплавочной установке конструктивно было выполнено приспособление для охлаждения расплава, что дало возможность добиться высокой скорости охлаждения расплава. Исходя из результатов металлографических исследований структура наплавленного металла, представленная на рис. 3 близка к аморфной структуре, на рис. 4 была получена аморфная структура наплавленного металла.

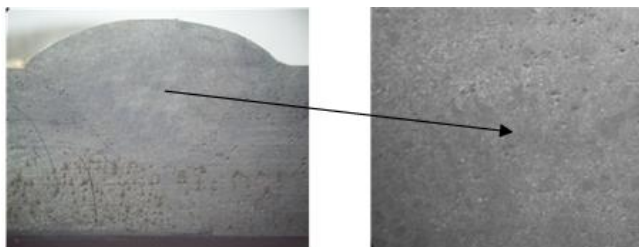


Рисунок 3. Аморфная структура наплавленного металла

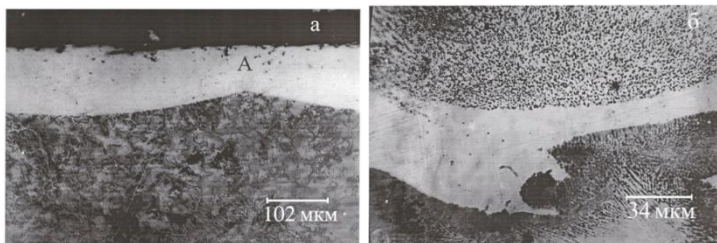


Рисунок 4. Аморфная структура наплавленного металла

Аморфную структуру наплавленного металла можно достичь только при взаимодействии таких факторов, как скорость охлаждения, толщина слоя расплава и масса наплавленного металла, которые непосредственно влияют на образование аморфной структуры металла. Скорость охлаждения сплавов рассчитывали путем численного решения задачи теплообмена между тонким слоем расплава и массивной металлической пластиной с высокой теплопроводностью [4, с. 318]. В процессе охлаждения слоя расплавленного металла температура верхних слоев массива повышается и соответствует условиям теплопередачи со стороны расплава, тогда как на большом расстоянии от рабочей поверхности ее температура не изменяется [1, с. 56] (рис. 5).

Одномерная схема отведения тепла с условием, что температура расплава изменяется в направлении перпендикулярном контактной поверхности подложки, может быть представлена уравнением теплопроводности в виде [3, с. 25]:

$$c_1 \rho_1 \cdot \frac{\partial T_1(x_1, t)}{\partial t} = k_1 \cdot \frac{\partial^2 T_1(x_1, t)}{\partial x_1^2},$$

где: $T_1(x_1, t)$, c_1 , ρ_1 , k_1 — соответственно, температура, теплоемкость, плотность и теплопроводность расплава;

t — время.

Начальное условие

$$T_1(x_1, 0) = T_{пл} + \Delta T,$$

где: $T_{пл}$ — температура плавления исследуемого металла;

ΔT — степень предыдущего перегрева расплава.

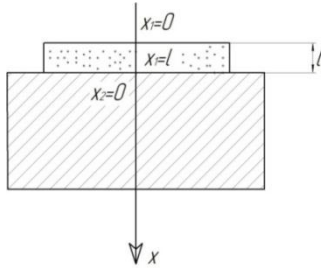


Рисунок 5. Схема охлаждения: l — толщина слоя расплава; x_1 — координата в направлении теплоотвода в границах слоя расплава ($0 \leq x_1 \leq l$); x_2 — координата в направлении теплоотвода в границах подложки ($0 \leq x_2 \leq \infty$).

Граничные условия:

$$\text{при } x_1=0: \quad -k_1 \cdot \frac{\partial T_1(0, t)}{\partial x_1} = 0$$

$$\text{при } x_1=l: \quad -k_1 \cdot \frac{\partial T_1(l, t)}{\partial x_1} = \alpha [T_1(l, t) - T_2(0, t)],$$

где: α — коэффициент теплопередачи на границе расплав-массив;

$T_2(x_2, t)$ — температура массива.

Для формализации процессов отведения тепла в массив использовали общее уравнение теплопроводности для соответствующего материала, а так же условия, отражающие физические аспекты тепловой задачи:

$$c_2 \rho_2 \cdot \frac{\partial T_2(x_2, t)}{\partial t} = k \cdot \frac{\partial^2 T_2(x_2, t)}{\partial x_2^2}$$

$$T_2(x_2, 0) = T_0,$$

$$-k_2 \cdot \frac{\partial T_2(0, t)}{\partial x_2} = -\alpha [T_2(0, t) - T_1(l, t)],$$

где: c_2, ρ_2, k_2 — теплоемкость, плотность и теплопроводность подложки;

T_0 — начальная температура массива ($x=0$).

В результате решения уравнений получены графики зависимости скорости охлаждения для алюминия и никеля от толщины расплава при разных значениях коэффициента теплопередачи α (рис. 6).

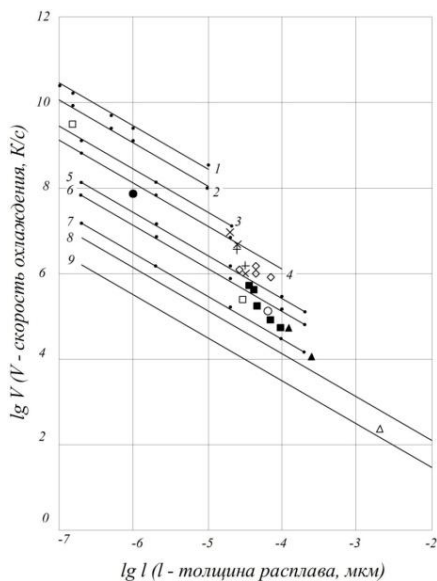


Рисунок 6. Зависимости скорости охлаждения алюминия и никеля от толщины расплава при разных значениях коэффициента теплопередачи α

$$\begin{aligned}
 1 - \alpha &= 10^7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); 2 - \alpha = 5 \cdot 10^6 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); 3 - \alpha = 10^6 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); \\
 4 - \alpha &= 5 \cdot 10^5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); 5 - \alpha = 10^5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); 6 - \alpha = 5 \cdot 10^4 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); \\
 7 - \alpha &= 10^4 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); 8 - \alpha = 5 \cdot 10^3 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}); 9 - \alpha = 10^3 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К});
 \end{aligned}$$

Как видно из графика значение скоростей охлаждения заметно прогрессируют с уменьшением толщины расплава. Другими технологическими факторами, с помощью которых можно управлять режимом скоростного охлаждения расплава, являются степень перегрева расплава и исходная температура массива. При изменении температуры подложки от -200 до 200°C наблюдается снижение скорости охлаждения, таким образом можно прийти к выводу, чем ниже температура подложки тем выше скорость охлаждения.

Теоретические расчеты даже по упрощенной математической модели дают возможность оценить скорость охлаждения расплава и вероятность получения аморфной структуры металла.

Список литературы:

1. Молодых Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. М.: Машиностроение, 1989. — 480 с.
2. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния. — М.: Metallurgia, 1982, 168 с.
3. Ruhl R.C. Mater. Sci. Eng., 1967, 1, 313—320.
4. Predeki P., Mullendore A. W., Grant N.J. A study of the splat cooling technique. — Trans. Met. Soc. AIME, 1965, 233, 1581—1586.

НАНОТРУБКИ И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ПРАКТИКЕ

Прокофьева Елена Васильевна

*канд. физ.-мат. наук, преподаватель ВА МВД России,
г. Волгоград
E-mail: olenyonok83@mail.ru*

Прокофьева Ольга Юрьевна

*преподаватель ВПК им. В.И. Вернадского,
г. Волгоград*

Дунаева Елена Владимировна

*преподаватель ВПК им. В.И. Вернадского,
г. Волгоград*

NANOTUBES AND BASED ON IT MATERIALS IN JUDICIAL EXPERT PRACTICE

Prokofieva Elena

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, Teacher of The
Volgograd Academy of the Russian Internal Affairs Ministry,
Volgograd*

Prokofieva Olga

*teacher of V.I. Vernadsky Volgograd Polytechnic College,
Volgograd*

Dunaeva Elena

*teacher of V.I. Vernadsky Volgograd Polytechnic College,
Volgograd*

АННОТАЦИЯ

В свете стремительно развивающихся нанотехнологий в нашей повседневной жизни все больше появляется наномодифицированных веществ, материалов и изделий из них. В данной статье предпринята попытка рассмотреть влияние нанообъектов на технико-криминалистические методы и средства раскрытия преступлений.

ABSTRACT

In terms of rapidly developing nanotechnologies in our everyday life appear more and more nanomodified chemicals, materials and made of it hardware. In this article was taken a shot at consideration of nanoobjects' influence on technical-criminalistics methods and means of detection of crimes.

Ключевые слова: нанотрубки; однослойные углеродные нанотрубки модифицированные материалы; наноматериалы; судебно-экспертная практика, криминалистика; технико-криминалистические средства.

Keywords: nanotubes; single-wall carbon nanotubes; modified materials; nanomaterials; judicial expert practice; criminalistics; technical-criminalistics means.

Наиболее яркое проявление взаимной обусловленности в разработке материалов, конструкций и технологий, а также методов и средств их исследования, связано с композитными материалами на основе углеродных нанотрубок, находящими все более широкое распространение в различных областях науки и техники.

Материалы, модифицированные углеродными нанотрубками, все чаще фигурируют в качестве объектов исследования в судебно-экспертной практике. Например, в делах связанных с дорожно-транспортными происшествиями лакокрасочное покрытие, модифицированное наночастицами металлов, все чаще становится объектом исследования криминалиста.

Нанотрубка с открытыми концами как физический объект характеризуется новыми физическими свойствами. Такая трубка может работать как капилляр, всасывая в себя атомы, размеры которых сравнимы с внутренним диаметром трубки. О возможности заполнения углеродных нанотрубок различными элементами известно уже довольно давно [2].

Насыщение внутренней полости однослойных углеродных нанотрубок различными химическими элементами позволило создавать на их основе всевозможные, новые композитные структуры, обладающие удивительными и ценными свойствами. Так, например, появилось холодное оружие из наномодифицированной стали на основе интеркалированных нанотрубок. Присутствие нанотрубок в металле значительно увеличило его прочностные характеристики.

Надо отметить, что неотъемлемой частью наномодифицированных материалов являются углеродные нанотрубки. Открытие УНТ

относится к наиболее значительным достижениям современной науки. Нанотрубки следует рассматривать как новый материал с уникальными свойствами, открывающие большие возможности для их широкого применения.

Объектами судебной экспертизы выступают материальные предметы, подлежащие экспертному исследованию для установления обстоятельств имеющих значение для рассмотрения расследуемого дела.

С помощью углеродного наноматериала не только модифицируются объекты судебной экспертизы, переводя все методы и средства их исследования на новый уровень, но и претерпевают модификацию сами методы и средства, а также вспомогательные материалы судебной экспертизы [3].

При решении вопросов в рамках криминалистической экспертизы материалов веществ и изделий, касающихся индивидуализации веществ или изделий, определения их качественного и количественного состава современные физические методы исследования поверхности и анализа наноструктур позволяют оперировать не просто малыми количествами веществ, а индивидуальными молекулами. Остановимся на требованиях, которые предъявляются к методам экспертного исследования:

- неизменность вещественных доказательств;
- высокая чувствительность метода с целью изучения небольших (микро) количеств объекта;
- экспрессность анализа;
- методика должна быть научной, пройти апробацию и внедрение.

Объектами, представленными на исследование судебному эксперту материаловеда, могут быть разнообразные вещества неизвестной природы. Наиболее часто вопросы касаются работы со следующими объектами

- продукты выстрела, взрывчатые вещества
- лакокрасочных материалов (ЛКМ) и покрытий (ЛКП);
- волокнистых материалов и изделий из них;
- стекла и изделий из него;
- металлов, сплавов и изделий из них;
- пластмасс, резин и изделий из них.

Как показывает практика, оборудование исследования поверхности и анализа наноструктур (растровые, просвечивающие электронные микроскопы, атомно-силовые и сканирующие зондовые микроскопы, а также оборудование рентгеновской фотоэлектронной

спектроскопии) становятся востребованы материаловедами при проведении судебных экспертиз [1].

Например, сегодня используется углеродный наноматериал для создания дактилоскопической пленки, баллистического желатина и т. д., а также для улучшения свойств средств криминалистической техники — дактилоскопического порошка, слепочного материала. Углеродные нанотрубки могут значительно увеличить упругие характеристики материалов путем их допирования. В данном случае использование углеродного наноматериала позволит создать дактилоскопическую пленку для получения отпечатков пальцев рук, следов обуви, для извлечения микрообъектов и других целей, отличную от применяемой в настоящее время.

Современные дактилоскопические пленки представляют собой сложный композиционный материал, состоящий из комплекта полимерных пленок, липкого покрытия различной степени липкости и защитной пленки. Ввиду такой сложной многослойной структуры она не обладает достаточной пластичностью и не позволяет извлекать следы из труднодоступных мест.

В настоящее время для добычи следового материала из таких неудобных мест применяют канцелярский скотч.

Однако наличие клевого покрытия на скотче делает невозможным изъятие следов биологического происхождения. Поэтому полиэтиленовая пленка, армированная углеродными наноматериалами, но не имеющая инородного внешнего клевого покрытия, позволит решить многие проблемы при сборе следового материала экспертами.

В настоящее время для изъятия объемных следов (резин протекторов, обуви и т. д.) используют слепочные материалы, к которым относятся гипс, силиконовая паста «К», пластилин, а также слепочные массы, применяемые в зубопротезной практике.

Однако все современные слепочные материалы имеют ряд недостатков, которые затрудняют изъятие или сохранение следового материала: гипс хрупок, силиконовая масса и пластилин при высоких температурах (порядка 35 °С) теряют форму. Поэтому армирование известных слепочных материалов углеродными нанотрубками, либо создание нового полимерного композитного материала на основе полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, допированного углеродным наноматериалом позволит создать и сохранять качественные термостойкие слепки объемных следов [1].

Нанотрубки и наноматериалы на их основе позволяют значительным образом расширить границы применения криминалистических средств судебной экспертизы. На сегодняшний

день, нанотехнологичные материалы и изделия из них все больше и шире входят в нашу повседневную жизнь, и как следствие, в поле зрения микроскопа криминалиста все больше попадает наномодифицированных объектов.

Список литературы:

1. Васильев В.А., Латышов И.В., Ермакова Т.А., Запороцкова И.В. Нанотехнологии в судебной экспертизе // Нанотехнологии и наноматериалы: современное состояние и перспективы развития в условиях Волгоградской области: тр. 3-й Всерос. научно-технич. конференции, г. Волгоград, 22—23 декабря 2010 г. — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2010. — С. 65—69.
2. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применения. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 294 с.
3. Прокофьева Е.В., Прокофьева О.Ю. Некоторые модификации исследовательской приборной базы для изучения наноструктур // Технические науки — от теории к практике. НП «Сибирская ассоциация консультантов»: тр. IX Междунар. Заоч. научно-практич. конференция г. Новосибирск, 2012 г. С. 146—150.

«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Сборник статей по материалам
XXIII международной заочной научно-практической конференции

10 июля 2013 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 15.07.13. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 8. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3